# PROCEEDING BOOK

ANADOLU 16. ULUSLARARASI UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ

VAN
20 - 22 ARALIK 2024

# ANADOLU
# 16. ULUSLARARASI UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ



www.anadolukongresi.org

## ANADOLU
## 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
**DECEMBER 20 - 22, 2024 – VAN**

**ISBN : 978-625-5962-06-5**

**Academy Global Publishing House**

# ANADOLU
# 16TH INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
# DECEMBER 20 - 22, 2024 – VAN

**Edited By**
PROF. DR. BAŞAK HANEDAN

**CONGRESS ORGANIZING BOARD**
**Head of Conference :** Prof . Dr. Ali Bilgili
**Head of Organizing Board:** Dr Gültekin Gürçay
**Organizing Committee Member::** Prof. Dr. Hülya Çiçek
**Organizing Committee Member:** Prof. Dr. Dwi Solisworo
**Organizing Committee Member:** Prof. Dr. Naile Bilgili
**Organizing Committee Member:** Prof. Dr. BAşak Hanedan
**Organizing Committee Member:** Prof. Dr. Dody Hartando
**Organizing Committee** Member: Prof. Dr. Yakup Babayev
**Organizing Committee Member:** Assoc. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu
**Organizing Committee Member:** Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari
**Organizing Committee Member:** Assoc. Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi
**Organizing Committee** Member: Assoc. Prof. Dr. Feran Aşur
**Organizing Committee Member:** Assoc. Prof. Dr. Raihan Yusoph
**Organizing Committee Member:** Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti
**Organizing Committee Member:** Assoc. Prof. Ivaylo Staykov
**Organizing Committee Member:** Assist. Prof. Dr. Mahrux Dövlətzadə
**Organizing Committee Member:** Assist. Prof. Dr. K. R. Padma
**Organizing Committee Member:** Dr. Mehdi Meskini Heydarlou
**Organizing Committee Member:** Aynurə Əliyeva
**Organizing Committee Member:** Dr. Amaneh Manafidizaji

*All rights of this book belong to Academy Conferences Publishing House*
*Without permission can't be duplicate or copied.*
*Authors of chapters are responsibleboth ethically and juridically.*

*Academy Global–2024 ©*

# CONFERENCE ID

## ANADOLU
## 16TH INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES

**DATE – PLACE**
**DECEMBER 20 - 22, 2024**
**VAN**

**ORGANIIZATION**
**ACADEMY GLOBAL CONFERENCES & JOURNALS**

**EVALUATION PROCESS**
**All applications have undergone a double-blind peer review process.**

**PARTICIPATING COUNTRIES**

Turkey – Azerbaijan – Iran -Sudan- Egypt – Syria- Israel - Saudi Arabia- Malaysia- South Korea- Nigeria – Ukraine – Uzbekistan- Kazakhstan- Romania.- Ethiopia.- South Africa.- Kenya.- Zambia.- Ghana.- Tunisia- Thailand- Poland- China- Sudan- Pakistan- Czech Republic- Serbia – Taiwan – Indonesia- Brazil- Argentina- Jamaica- Nepal – Bangladesh – Singapore – Russia

**PRESENTATION**
**Oral presentation**

**ASSOCIATION & ACADEMIC INCENTIVES :**
**132 papers presented by participating from Turkey and 159 papers from other Countreies**
**Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an "official assignment letter"**

Issued: 28.12.2024
***ISBN***: 978-625-5962-06-5

# Scientific & Review Committee

Prof. Dr. Ali BILGILI – Turkiye
Prof. Dr. Naile BİLGİLİ – Türkiye
Prof. Dr. Başak HANEDAN – Türkiye
Prof. Dr. Hülya Çiçek KANBUR – Turkiye
Prof. Dr. Emine KOCA – Turkiye
Prof. Dr. Fatma KOÇ – Turkiye
Prof Dr. Bülent KURTİŞOĞLU – Turkiye
Prof. Dr. Hajar Huseynova – Azerbaijan
Prof. Dr. Dwi SULISWORO – Indonesia
Prof. Dr. Natalia LATYGINA – Ukraina
Prof. Dr. Yunir ABDRAHIMOV – Russia
Prof. Muntazir MEHDI – Pakistan
Prof. Dr. Raihan YUSOPH – Philippines
Prof. Dr. Akbar VALADBIGI – Iran
Prof. Dr. F. Oben ÜRÜ – Turkiye
Prof. Dr. T.Venkat Narayana RAO – India
Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ – Turkiye
Prof. Dr. Mustafa BAYRAM – Turkiye
Prof. Dr. Saim Zeki BOSTAN – Turkiye
Prof. Dr. Hyeonjin Lee – China
Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet AYDIN – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat BARAN - Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Dilorom HAMROEVA - Ozbekstan
Assoc. Prof. Dr. Abbas GHAFFARI – Iran
Assoc. Prof. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ - Turkiye
Assoc. Prof. Ivaylo STAYKOV - Bulgaria
Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Ümit AYATA – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Okan SARIGÖZ – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Eda BOZKURT – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Ahmet TOPAL – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Kırbaş – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Mesut Bulut – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Fahriye Emgili – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Sandeep GUPTA – India
Assoc. Prof. Dr. Veysel PARLAK – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Mahmut İSLAMOĞLU – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade – Azerbaijan
Assist. Prof. Dr. Göksel ULAY – Turkiye
Assist. Prof. K. R. PADMA – India

Assist. Prof. Dr. Omid AFGHAN - Afghanistan
Assist. Prof. Dr. Maha Hamdan ALANAZİ - Saudi Arabia
Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich ALTAYEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amina Salihi BAYERO – Nigeria
Assist. Prof. Dr. Baurcan BOTAKARAEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif FAKHEER - Jordania
Assist. Prof. Dr. Gültekin GÜRÇAY – Turkiye
Assist. Prof. Dr. Dody HARTANTO - Indonesia
Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini HEYDALOU – Iran
Assist. Prof. Dr. Bazarhan İMANGALİYEVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşulı JAYLIBAY - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Mamatkuli JURAYEV – Ozbekistan
Assist. Prof. Dr. Kalemkas KALIBAEVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bouaraour KAMEL – Algeria
Assist. Prof. Dr. Alia R. MASALİMOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amanbay MOLDIBAEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Ayslu B. SARSEKENOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bhumika SHARMA - India
Assist. Prof. Dr. Gulşat ŞUGAYEVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. K.A. TLEUBERGENOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Cholpon TOKTOSUNOVA – Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Hoang Anh TUAN - Vietnam
Assist. Prof. Dr. Botagul TURGUNBAEVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Dinarakhan TURSUNALİEVA - Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Yang ZİTONG – China
Assist. Prof. Dr. Gulmira ABDİRASULOVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Imran Latif Saifi – South Africa
Assist. Prof. Dr. Zohaib Hassan Sain – Pakistan
Assist. Prof. Dr. Murat GENÇ – Turkiye
Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India
Assist. Prof. Dr. Vaiva BALCIUNIENE – Lithuania
Assist. Prof. Dr. Meltem AVAN – Turkiye
Aynurə Əliyeva - Azerbaijan
Sonali MALHOTRA - India

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Veteriner Fakültesi Dekanlığı

Sayı : E-36643897-000-2300315795 05.10.2023
Konu : Görevlendirilme.

KLİNİK BİLİMLER BÖLÜMÜ BAŞKANLIĞINA

İlgi : 04.10.2023 tarihli ve E-36643897-000-2300313904 sayılı belge.

İlgide kayıtlı yazıda belirtildiği üzere, Bölümünüz Veterinerlik İç Hastalıkları Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Prof. Dr. Başak HANEDAN'ın, "Academy Global Conferences & Publishing tarafından önümüzdeki tarihlerde düzenlenecek olan uluslararası kongrelerde; kongre başkanı, kongre düzenleme ve bilim kurulu üyesi olarak görevlendirilmesi Dekanlığımızca uygun görülmüştür.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. Yavuz Selim SAĞLAM
Dekan

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: c147f559-545f-45be-8400-8eec2b215b38 Doğrulama Adresi: https://www.turkiye.gov.tr/ataturk-universitesi-ebys

Atatürk Üniversitesi Veteriner Fakültesi 25240 Erzurum
Tel: +90 442 2317222
Elektronik Ağ: http://www.atauni.edu.tr/#!birim=veteriner-fakultesi
Kep Adresi: atauni@hs01.kep.tr
Bilgi: Derya FINDIK
Faks: +90 442 2317244
E-Posta: vetfak@atauni.edu.tr

# ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
# ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
# MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN

**Kongre Bağlantı Linki :**

**Join Zoom Meeting**

**https://us06web.zoom.us/j/88571518350?pwd=fOYazCWBmbAiWrHygjKSjkbbSvotfd.1**

**Meeting ID: 885 7151 8350**

**Passcode: 202224**



## ÖNEMLİ AÇIKLAMA (Lütfen okuyunuz)

- ZOOM bağlantısı için yukarıda verilen bağlantıyı veya yine yukarıda verilen giriş bilgilerini kullanabilirsiniz.
- Oturum içerisinde en KIDEMLİ olan moderator olarak seçilir. Moderatörün oturum düzenini gözetmesi, akademisyen adaylarını yönlendirmesi beklenmektedir.
- Oturuma bağlanmadan önce Salon numaranızı adınızın önüne aşağıdaki gibi ekleyiniz. Bu sayede kongre açılışında beklemeden oturumlarınıza gönderilebileceksiniz. Ör. 5 Ahmet Ahmetoglu
- Sunum süresi 10 dakikadır. Bu sürenin aşılmamasını moderatörler temin edecektir.
- Sunum sonrası 5 dakikayı geçmeyen soru-cevap, tartışma süresi verilmektedir.
- Sunumlar TÜRKÇE veya İNGİLİZCE yapılabilmektedir.
- Kameralar, oturum süresince toplam % 70 oranında açık olmak zorundadır.
- Sunum yapan katılımcının kamerası açık olmak zorundadır.
- Sunum yapmak zorunludur. Herhangi bir nedenle sunum yapmamış olan katılımcıya sertifika verilmesi ve çalışmasının yayınlanması sözkonusu olamaz.
- Katılımcı, kendi oturumda, oturum bitene kadar bulunmak zorundadır.
- Katılımcıların kendi oturumları dışındaki oturumlara katılma zorunluluğu yoktur.
- ZOOM platformunun kapasite sınırı nedeniyle, DİNLEYİCİ, sadece kapasite izin verdiği sürece kabul edilebilmektedir.

## IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- To be able to make a meeting online, login via https://zoom.us/join site, enter ID instead of “Meeting ID
- or Personal Link Name” and solidify the session.
- The Zoom application is free and no need to create an account.
- The Zoom application can be used without registration.
- The application works on tablets, phones and PCs.
- Speakers must be connected to the session **10 minutes before** the presentation time.
- All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- During the session, your camera should be turned on **at least %70** of session period
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

## TECHNICAL INFORMATION

- Make sure your computer has a microphone and is working.
- You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
- Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.
- Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number,

| ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>December 20 - 22, 2024<br>VAN<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **20 Aralık / Dec 20, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| **HALL / SALON 1** | **Dr. Öğr. Üyesi BELGİN LİMAN** | 1 | ÇOCUĞUN GELİŞİMİNDE BABA KATILIMININ BAZI DEMOGRAFİK DEĞİŞKENLER AÇISINDAN İNCELENMESİ | Dr. Öğr. Üyesi BELGİN LİMAN<br>Doç. Dr. AYLİN MENTİŞ |
| | | 2 | INVESTIGATION OF DIGITAL GAME ADDICTION OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS REGARDING PERSONALITY TRAITS AND BODY MASS INDEX | Assoc. Prof. Dr. Deniz Mertkan GEZGİN<br>Clinical Psychologist Ecem ATABAY GEZGİN |
| | | 3 | INVESTIGATION OF THE PREVALENCE OF CYBERCHONDRIA AMONG TEACHERS REGARDING VARIOUS VARIABLES | Computer Instructor Seda AVCI<br>Assoc. Prof. Dr. Deniz Mertkan GEZGİN |
| | | 4 | ORTAÖĞRETİM BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ÖĞRETİM PROGRAMININ KAPSAYICI EĞİTİM BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ | HÜ SBE YL Öğrencisi, NURİYE BOLAT<br>Dr. Öğr. Üyesi METİN KUŞ |
| | | 5 | SONSUZLUK, BELİRSİZLİK VE TANIMSIZLIK KAVRAMLARINA YÖNELİK İLKÖĞRETİM MATEMATİK ÖĞRETMENİ ADAYLARININ KAVRAM YANILGILARININ BELİRLENMESİ | ÖKKEŞ BOYNUKISA<br>Dr. Öğr. Üyesi NESLİHAN ŞAHİN |
| | | 6 | PRESERVICE PRESCHOOL TEACHERS' ATTITUDES TOWARDS ILLUSTRATED CHILDREN'S BOOKS ACCORDING TO THEIR LEARNING STYLES | Yüksek Lisans Öğrencisi Nurefşan ÖZTÜRK<br>Doç. Dr. Yaşar BARUT<br>Prof. Dr. Soner ÇANKAYA |
| | | 7 | THE RELATIONSHIP BETWEEN ADOLESCENTS' LONELINESS LEVELS AND THE RISK OF ONLINE ABUSE | Yüksek Lisans Öğrencisi Ceren AKKAYA<br>Doç. Dr. Yaşar BARUT<br>Prof. Dr. Soner ÇANKAYA |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / Dec 20, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 2** | **Doç. Dr. Nurkan YILMAZ** | 1 | PLANLANMIŞ 8 HAFTALIK ANTRENMANLARIN BELİRLENMİŞ MOTOR BECERİ PERFORMANS ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ | Doç. Dr. Nurkan YILMAZ |
| | | 2 | SPOR OKULUNDA ANTRENMAN GÖREN ÇOCUKLARIN FLAMİNGO DENGE PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ | Doç. Dr. Nurkan YILMAZ |
| | | 3 | PHYSICAL EDUCATION TEACHER CANDIDATES' ATTITUDES TOWARDS VIOLANCE PERFORMED AGAINST WOMEN IN THE NAME OF HONOR | Doktora Öğrencisi Burhan PARSAK<br>Prof. Dr. Zeynep F. DİNÇ<br>Prof. Dr. Leyla SARAÇ |
| | | 4 | GELENEKSEL SPORLARIN TOPLUMSAL STATÜ VE AİDİYET ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ | Doç. Dr. Fatih KARAKAŞ<br>Doktora Öğrencisi Faik ÖZ |
| | | 5 | KAZAK BOZKIRLARINDA CENGİZ HAN'DAN GÜNÜMÜZE GELENEKSEL SPORLAR VE SAVAŞ SANATLARI | Doktora Öğrencisi Faik ÖZ<br>Doç. Dr. Fatih KARAKAŞ |
| | | 6 | SPORDA ŞİDDET: FENERBAHÇE-TRABZONSPOR MAÇINDAKİ TARAFTAR YORUMLARI | Yüksek Lisans Öğrencisi, Kadir UÇAR<br>Doç. Dr. Seda SABAH<br>Prof. Dr. Soner ÇANKAYA |
| | | 7 | SPOR VE SOSYAL MEDYA: BİLGİ KAYNAĞI MI? BİLGİ KİRLİLİĞİ Mİ? | Yüksek Lisans Öğrencisi, Gökhan BAŞ<br>Doç. Dr. Seda SABAH |
| | | 8 | EXAMINATION OF PREVENT TO PARTICIPATION IN PHYSICAL ACTIVITY ACCORDING TO VARIOUS VARIABLES | Doç. Dr. MEHMET FATİH YÜKSEL |
| | | 9 | EARLY CHILDHOOD AND EXERCISE | Doç. Dr. MEHMET FATİH YÜKSEL |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / Dec 20, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 3** | **Doç. Dr. Sevra Fırıncıoğulları** | 1 | AI AND HUMAN RIGHTS: THEORETICAL DISCUSSION | Dr. Öğr. Üyesi Özge Öz Döm |
| | | 2 | UNIVERSAL HUMAN VALUES IN PAL STREET CHILDREN'S WORK | Doç. Dr. Sevra Fırıncıoğulları |
| | | 3 | GENÇ ARAŞTIRMACILARDA BELİRSİZLİĞE TAHAMMÜLSÜZLÜK: NİTEL BİR ÇALIŞMA | Arş. Gör. Yağmur KAYA<br>Prof. Dr. Seydi Ahmet SATICI<br>Dr. Öğr. Üyesi Hasan KÜTÜK<br>Doç. Dr. Begüm SATICI<br>Prof. Dr. Mehmet Engin DENİZ |
| | | 4 | OSMANLI DÖNEMİ GİYİM KÜLTÜRÜNDE TOPLUMSAL CİNSİYETE DAYALI YAKLAŞIMLAR | Arş. Gör., FEYZA NUR KURAN |
| | | 5 | FORDİST ÜRETİM TARZININ ÇALIŞMA HAYATINDA GETİRDİĞİ DEĞİŞİKLİKLER | Muhammed Vefa ŞAŞ |
| | | 6 | KÜRESELLEŞMENİN EKONOMİK BOYUTUNUN AİLE ÜZERİNDEKİ ETKİSİ | Muhammed Vefa ŞAŞ |
| | | 7 | ÇAĞDAŞ ELİTLER | Dr. Mehmet DEĞİRMENCİ |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / Dec 20, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 4** | **Prof. Dr. Çiğdem KILIÇ** | 1 | MATEMATİK VE BİLİM UYGULAMALARI DERSİ BİLİM UYGULAMALARI MODÜLLERİ KAZANIMLARININ BİLGİ VE BİLİŞSEL SÜREÇ AÇISINDAN İNCELENMESİ | Lisansüstü Öğrenci, EBRANUR ULUSOY<br>Doç. Dr. SALİH DEĞİRMENCİ<br>Prof. Dr. SEVİLAY KARAMUSTAFAOĞLU |
| | | 2 | DERS İMECE MODELİ UYGULAMASINDA MATEMATİK ÖĞRETMENLERİNİN DEĞİŞİM ALANLARININ İNCELENMESİ | Yasemin AKAY<br>Dr. Öğretim Üyesi Gülay AGAÇ<br>Prof. Dr. Mehmet Fatih ÖZMANTAR |
| | | 3 | MATEMATİK ÖĞRETMENLERİNİN SAYI ÖRÜNTÜLERİNİ GENELLEMEDE ÖĞRENCİLERDE OLMASI GEREKEN BİLGİ VE BECERİLERE YÖNELİK FARKINDALIKLARI | Süleyman YILDIZ<br>Prof. Dr. Çiğdem KILIÇ |
| | | 4 | ÜSTÜN YETENEKLİ ÖĞRENCİLERE MATEMATİK ÖĞRETİMİNDE MÜZE ETKİNLİKLERİNİ UYGULAMA İLE İLGİLİ İLKÖĞRETİM MATEMATİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ DENEYİMLERİ | Prof. Dr. Çiğdem KILIÇ |
| | | 5 | TÜRKİYE VE BELÇİKA'DA İLKOKUL EĞİTİMİ: BENZERLİKLER VE FARKLILIKLAR | Kübra TUTAL ŞENGEZER<br>Prof. Dr. Belgin ARSLAN CANSEVER |
| | | 6 | TÜRKİYE VE JAPONYA ÖĞRETMEN YETİŞTİRME SİSTEMLERİ ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI BİR ÇALIŞMA | İkra Çağla COŞKUN<br>Prof. Dr. Belgin ARSLAN CANSEVER<br>Prof. Dr. Pınar ÇAVAŞ |
| | | 7 | THE STATUS OF OUT-OF-SCHOOL LEARNİNG ENVİRONMENTS İN THE MARİİF MODEL SCİENCE COURSE TEACHİNG PROGRAMME | Fatmanur Gür<br>Doç. Dr. Kadriye Kayacan |
| | | 8 | INVESTİGATİNG OUT-OF-SCHOOL LEARNİNG ENVİRONMENTS: THE CASE OF 'BİLGEHANE' | Doç. Dr. Kadriye Kayacan<br>Fatmanur Gür |

| ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>December 20 - 22, 2024<br>VAN<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **20 Aralık / Dec 20, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| **HALL / SALON 5** | **Doç. Dr. Hare KILIÇASLAN** | 1 | ATIK BAZALT TOZU VE UÇUCU KÜL ESASLI GEOPOLİMERLERİN ERKEN YAŞ DAYANIM GELİŞİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI | Yüksek Lisans Öğrencisi Halime KARAMAN<br>Doç. Dr. Serhat ÇELİKTEN |
| | | 2 | BİMS BLOK ÜRETİMİNDE YÜKSEK FIRIN CÜRUFU VE PRİZ HIZLANDIRICI KATKI ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI | Yüksek Lisans Öğrencisi Halime KARAMAN<br>Doç. Dr. Serhat ÇELİKTEN |
| | | 3 | AYDINLATMA BAĞLAMINDA GÜVENLİK ALGISI: KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ KANUNİ KAMPÜSÜ'NDE YÜRÜYÜŞ DENEYİMLERİ | Öğrenci, MELİSA YALÇİN<br>Öğrenci, TALHA NİYAZ<br>Doç. Dr. Hare KILIÇASLAN |
| | | 4 | CFRP LAMİNATE İLE YAPI GÜÇLENDİRME UYGULAMASI | Muhammet Hüseyin ŞENEL<br>Dr. Öğr. Üyesi Erdem ÇOBAN |
| | | 5 | ENZİMLERİ İYİLEŞTİRİCİ MADDE OLARAK KULLANARAK ASFALT KAPLAMALARININ KENDİ KENDİNİ İYİLEŞTİRİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI | Lisans Öğrenci, NDEYE ASTOU SECK<br>Doç.Dr., HALİL İBRAHİM YUMRUTAŞ |
| | | 6 | 6 ŞUBAT DEPREMLERİ SONRASI KIRSAL DEPREM KONUTLARI ULAŞIM VE OTOPARK ALTYAPILARININ İNCELENMESİ: KAHRAMANMARAŞ KIRSAL DEPREM KONUTLARI ÖRNEĞİ | Lisansüstü Öğrenci, ALİCAN ERGİN<br>Dr. Öğr. Üyesi, ÖZLEM BATTAL ŞAL<br>Doç.Dr., HALİL İBRAHİM YUMRUTAŞ |
| | | 7 | VEHICLE IMPACT PERFORMANCE ANALYSIS OF FUEL STATION DISPENSER BOLLARDS VIA SIMULATION SOFTWARE JORDAN AND TURKEY CASE STUDY | TARIQ NAWWAF M SHAWABKEH<br>Halil İbrahim YUMRUTAŞ<br>Mustafa Yurdabal APAK |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / Dec 20, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 6** | **Doç. Dr. Devrim VURAL YILMAZ** | 1 | TÜRKİYE'DE FAALİYET GÖSTEREN YABANCI SERMAYELİ MEVDUAT BANKALARININ ÇKKV YÖNTEMLERİ İLE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ | Yüksek Lisans Öğrencisi Eslem YÜZBAŞIOĞLU<br>Prof. Dr. Selahattin KOÇ |
| | | 2 | UNDERSTANDING WHAT TOTAL QUALITY MANAGEMENT (TQM) IS. | Assist. Prof. Dr. Oya ÖNALAN |
| | | 3 | COMPARISON OF G7 COUNTRIES IN TERMS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE INDICATORS: AN INTEGRATED APPROACH WITH LODECI AND MAUT METHODS | Dr. Öğr. Üyesi Serdar YARLIKAŞ |
| | | 4 | AFET SONRASI EKONOMİK SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİ | Dr. Şule EKİNCİ<br>Prof. Dr. Kahraman ÇATI<br>Arş. Gör. Ebru OSKALOĞLU |
| | | 5 | ANALYSIS OF THE IMPACT OF AGRICULTURE INFLUENCERS ON THE NEW AGRICULTURAL LIFESTYLE BY TEXT MINING METHOD | Doç. Dr. Ahmet Kâmil Kabakuş<br>Öğr. Gör. Uğur Dagtekin |
| | | 6 | TÜRKİYE'DE İNSAN KAYNAKLARI YÖNETİMİ VE YAPAY ZEKA KONULU MAKALELERİN ANALİZİ | Doç. Dr. Devrim VURAL YILMAZ |
| | | 7 | ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN KARİYER YETKİNLİKLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA | Doç. Dr. Devrim VURAL YILMAZ |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / Dec 20, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 7** | **Arş. Gör. Dr. Necibe Nur ALAYDIN** | 1 | TÜRKİYE'DE İSTATİSTİKLERLE GENÇLİK, 2023 | Doç. Dr. Rukiye ARSLAN<br>Dr. Öğr. Üyesi Süreyya YİĞİTALP RENÇBER |
| | | 2 | GÖÇMEN VE MÜLTECİ ÇOCUKLARDA YAŞANAN SAĞLIK SORUNLARI | Dr. Öğr. Üyesi Süreyya YİĞİTALP RENÇBER<br>Doç. Dr. Rukiye ARSLAN |
| | | 3 | ADDRESSING ELDERLY DISCRIMINATION IN THE CONTEXT OF MOVIES | Arş. Gör. Dr. Necibe Nur ALAYDIN |
| | | 4 | THIRD AGE UNIVERSITIES IN TURKEY: A GENERAL OVERVIEW OF THE ISPARTA RETIRED BILGELER UNIVERSITY PROJECT | Arş. Gör. Dr. Necibe Nur ALAYDIN |
| | | 5 | İŞYERİ SOSYAL HİZMETİ İŞ-AİLE ÇATIŞMASI VE İŞ STRESİ İÇİN BİR MODEL MİDİR? | Öğr. Gör. Dr., Umut SOLMAZ<br>Bağımsız Araştırmacı, Esra ALP<br>Bağımsız Araştırmacı, Ebrar ÇALIŞKAN<br>Bağımsız Araştırmacı, Ramazan BOZKURT<br>Bağımsız Araştırmacı, Reyhan ÖZCAN |
| | | 6 | EXAMINATION OF SYRIAN IMMIGRANTS UNDER TEMPORARY PROTECTION IN ŞANLIURFA PROVINCE ON THE BASIS OF CONSUMER ACCULTURATION | Mahmut KILIÇ<br>Doç.Dr. Mehmet Reşit SEVİNÇ<br>Dr.Öğr.Üyesi Mehmet CANÇELİK |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / Dec 20, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 8** | **Doç. Dr. Gülay ÖRMECİ GÜNEY** | 1 | D-8 ÜLKELERİNE AİT EKONOMİK BÜYÜME VE HARCAMA BİLEŞENLERİ (2011-2022) | Prof. Dr. Savaş ERDOĞAN<br>Öğr. Gör. Dr. Abdulbaki PINAR |
| | | 2 | EŞDEĞER HANEHALKI FERT GELİRLERİNİN ENFLASYON KARŞISINDAKİ DURUMU | Öğr. Gör. Dr. Abdulbaki PINAR<br>Prof. Dr. Savaş ERDOĞAN |
| | | 3 | ECONOMIC POLICIES APPLIED IN CRISIS AND UNCERTAINTY PROCESSES | Doç. Dr. Gülay ÖRMECİ GÜNEY |
| | | 4 | THE ROLE OF ECONOMIC GROWTH IN SHAPING LIFE EXPECTANCY TRENDS: EMPIRICAL EVIDENCE FROM CHAD | Özgür Özaydın<br>Can Apaydın |
| | | 5 | THE IMPACT OF ECONOMIC DEVELOPMENT ON HOMICIDE RATES: EVIDENCE FROM COLOMBIA | Özgür Özaydın<br>Can Apaydın |
| | | 6 | Plato's Economic Thought: A Philosophical and Normative Perspective | Dr. Öğr. Üyesi Cihan Serhat KART<br>Evin MİSER |
| | | 7 | An Alternative Definition Effort for Social Dialogue | Dr. Öğr. Üyesi Cihan Serhat KART |
| | | 8 | CREDIT REGISTRATION OFFICE AND ITS CONTRIBUTION TO THE TURKISH BANKING SECTOR | Assist. Prof.Dr. Hatice Nur GERMİR, |
| | | 9 | INSURANCE ACTIVITIES IN TURKEY AND MARKETING THROUGH BANKS | Assist. Prof.Dr. Hatice Nur GERMİR, |

| ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>December 20 - 22, 2024<br>VAN<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **20 Aralık / Dec 20, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| **HALL / SALON 9** | **Öğr. Gör. Dr. Kader EROL** | 1 | THE EFFECTS OF GUERILLA MARKETING ON BRAND IMAGE AND PURCHASE INTENTION | Doktora Öğrencisi, Latif ZEYNALOV<br>Prof. Dr., Salih YILDIZ<br>Doç. Dr., Emel YILDIZ |
| | | 2 | EVALUATION OF SUSTAINABLE LOGISTICS AND RISK MANAGEMENT TRAINING EFFECTIVENESS IN DISASTER CASES | Asst. Dr. Nurgül ERDAL<br>Res. Asst. Dr. Gözde ÇAĞLAR<br>Res. Asst. Şeyma ÖZEKİNCİ<br>Asst. Ali Erdem ÇAĞLAR |
| | | 3 | ENVIRONMENTAL AWARENESS AND CONSUMER BEHAVIOR: THE ROLE AND IMPACT OF GREEN MARKETING TECHNIQUES | Öğr. Gör. Dr. Kader EROL<br>Doç. Dr. Abdullah YİNANÇ |
| | | 4 | CARBON TAX OR GOD'S GIFT? ENVIRONMENTAL ISSUES REVEALING THE LIMITEDNESS OF UNLIMITED NATURAL RESOURCES | Doç. Dr. Abdullah YİNANÇ<br>Doç. Dr. Sezen GÜNGÖR |
| | | 5 | REKLAMDAKİ ERKEK BAKIŞI: REKLAM İLETİLERİNDE GENÇ KADINLIĞIN İNŞASINA İLİŞKİN BİR İNCELEME | Dr. Tuncay TÜRKYILMAZ<br>Doç. Dr. Mustafa C. SADAKAOĞLU |
| | | 6 | THE ROLE OF AGE AND GENDER IN THE INFLUENCE OF DIGITAL PLATFORMS AND SOCIAL MEDIA ACCOUNTS ON THE ONLINE PURCHASING PROCESS | Dr. Öğr. Üyesi Ferhat Kaçar<br>Öğr. Gör. Dr. Sercan Cengiz |
| | | 7 | EXAMINATION OF CONSUMER ETHNOCENTRISM AND TOGG PURCHASE INTENTION IN THE CONTEXT OF DEMOGRAPHIC VARIABLES | Öğr. Gör. Dr. Sercan CENGİZ<br>Prof. Dr. Kahraman ÇATI |
| | | 8 | ŞEHİR PAZARLAMASI: SAKARYA ŞEHRİ İNCELEMESİ | Doç. Dr. Sevim KOÇER<br>Yüksek Lisans Öğrencisi Nida ALTUN |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / December. 20, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 1** | **Assoc. Prof. Dr. Hui Lin** | 1 | CHINESE INVESTMENTS IN RUSSIAN AGRICULTURE: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES | Linfeng Huang<br>Maria Okot |
| | | 2 | DESIGNING WORK ENVIRONMENTS TO ENHANCE EMPLOYEE WELL-BEING AND ORGANIZATIONAL INNOVATION | João Pereira<br>Amina Dlamini |
| | | 3 | SUPPLY CHAIN MANAGEMENT AS A DRIVING FORCE IN THE EVOLUTION OF GASTRONOMY | Carlos Eduardo Lima<br>Aisha Kamara |
| | | 4 | DIGITAL TRANSFORMATION IN ENTREPRENEURSHIP EDUCATION: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES | Ana Júlia Ribeiro<br>Wei-Lin Zhang |
| | | 5 | CONSUMERS' ATTITUDES TOWARDS HEALTH-CONSCIOUS MARKETING AND ITS IMPACT ON PURCHASING DECISIONS | Adesina Oluwatobi,<br>Zanele Dlamini,<br>Wei Ling Zhang |
| | | 6 | INFLUENCE OF SUSTAINABLE FOOD MARKETING ON CONSUMER PURCHASING BEHAVIOR | Dr. Li Wei, Chen Zhang,<br>Assoc. Prof. Dr. Hui Lin |
| | | 7 | EFFECTIVE STRATEGIES FOR ENHANCING FOREIGN GUEST EXPERIENCE IN SOUTH KOREA'S HOSPITALITY INDUSTRY | lec. Min-seok Kim,<br>Ji-hyun Park,<br>Dr. Soo-jin Lee |
| | | 8 | COMPETITIVENESS OF SKI RESORTS IN MOROCCO: A DOMESTIC TOURISM PERSPECTIVE | Dr. Amina El Idrissi,<br>Omar Benkacem |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / December. 20, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 2** | **Prof. Dr. Chidi Okonkwo** | 1 | EFFECT OF SOCIAL MEDIA ON COLLABORATIVE LEARNING IN HIGHER EDUCATION | Adebayo Oluwaseun, Dr. Folake Ayomide, Prof. Dr. Chidi Okonkwo |
| | | 2 | TOURISM ENHANCEMENT THROUGH AUGMENTED REALITY IN HISTORICAL SITES | Ahmed S. Ibrahim, Fatima A. Kassem, |
| | | 3 | AGRITOURISM DEVELOPMENT IN AFRICA: EXPLORING NEW ECONOMIC OPPORTUNITIES | M. N. Fofana, R. A. Toure, K. D. Bamba |
| | | 4 | SUSTAINABLE TOURISM PLANNING: A TERRITORIAL APPROACH FOR ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL BALANCE | Dr. Ana Costa, Dr. Rafael Silva |
| | | 5 | SUSTAINABLE TOURISM PLANNING: A TERRITORIAL APPROACH FOR ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL BALANCE | Dr. Ana Costa, Dr. Rafael Silva |
| | | 6 | THE EFFECT OF POLITICAL INSTABILITY ON THE DEVELOPMENT OF TOURISM AND ARCHAEOLOGICAL SITES: A STUDY OF EGYPT AFTER THE 2011 REVOLUTION | Assis. Prıof. Dr Ahmed M. Al-Sayed, Farida H. Kamal, Dr. Omar T. Fathy |
| | | 7 | IMPACT OF SECURITY MEASURES ON FAN ATTENDANCE AT PROFESSIONAL FOOTBALL MATCHES | M. J. Lee, K. H. Park, J. S. Kim |

| ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>December 20- 22, 2024<br>Van<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **20 Aralık / December. 20, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| **SALON 3** | **Assoc. Prof. Dr. João Costa** | 1 | THE INFLUENCE OF THE GENERAL DATA PROTECTION REGULATION ON HUMAN RESOURCE PRACTICES IN SCHOOLS | Maria Oliveira,<br>Assoc. Prof. Dr. João Costa |
| | | 2 | THE ROLE OF MINIMUM SPEECH SIGNAL DATA IN VOICE IDENTIFICATION FOR FORENSIC ANALYSIS | Dr. Zhang Jun, Liu Mei |
| | | 3 | THE IMPACT OF UNDERFUNDING ON POLICE CORRUPTION IN NIGERIA | Chijioke Okafor,<br>Dr. Adebayo Afolabi |
| | | 4 | THE INFLUENCE OF MISINFORMATION ON GOVERNANCE AND PUBLIC POLICY FORMULATION: A COMPARATIVE STUDY | Carlos Eduardo Souza,<br>Mariana Lima de Andrade |
| | | 5 | THE IMPACT OF INDUSTRIAL EFFLUENT MANAGEMENT POLICIES ON WATER PROTECTION IN AFRICA | Zanele Moyo, Assis. Prof. Dr. Thabo Dlamini |
| | | 6 | SOUTH KOREA AND BRAZIL ECONOMIC RELATIONS: A STUDY THROUGH THE WORLD TRADE ORGANIZATION | Lucas D. Oliveira, Mariana F. Silva |
| | | 7 | COMBATING RADICALIZATION AND VIOLENT EXTREMISM: A COMPARATIVE STUDY OF BRAZIL, KENYA, AND SOUTH EAST ASIA | Carlos Silva,<br>Amina Ndegwa |
| | | 8 | THE IMPACT OF INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL LAW ON SOUTH AFRICA: A CASE STUDY OF EARTHLIFE AFRICA JOHANNESBURG V MINISTER OF ENERGY AND OTHERS | A. Chikondi, Dr. B. Mwansa |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / December. 20, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 4** | **Prof. Dr. Sarah Adeyemi** | 1 | THE INFLUENCE OF SOCIAL MEDIA ON GOVERNMENT POLICIES IN BRAZIL: A COMPREHENSIVE STUDY | João Silva, Maria Souza |
| | | 2 | PUBLIC SERVICE ETHICS IN LOCAL GOVERNANCE: A STUDY OF PERCEPTIONS AND CHALLENGES | Assis. Prof. Dr. Daniel M. Gama, Prof. Dr. Maria C. Silva |
| | | 3 | LEGAL FRAMEWORK AND STRATEGIES FOR AIR POLLUTION MITIGATION AND ADAPTATION IN EAST AFRICAN LOCAL GOVERNMENTS | Amina S. Abdi, Hassan A. Mohamed |
| | | 4 | MORDECHAI VANUNU: THE NUCLEAR WHISTLEBLOWER AND THE CHALLENGE TO ISRAELI MILITARY ETHICS | Rafael Lopes, Isabella Pereira |
| | | 5 | ADDRESSING MENTAL HEALTH NEEDS TO REDUCE RECIDIVISM: THE ROLE OF EARLY DIVERSION IN CRIMINAL JUSTICE REFORM | Ahmed Al-Hassan, Assoc. Prof. Dr. Sarah Adeyemi |
| | | 6 | LIMITS AND RESPONSIBILITIES IN FREEDOM OF EXPRESSION: LESSONS FROM AFRICA'S DIGITAL LANDSCAPE | Amina Sani, Ibrahim Bello |
| | | 7 | THE EVOLUTION OF STUDENT UNDERSTANDING OF CONFLICT RESOLUTION IN POLICE TRAINING | Amir Youssef, Fatimah Abdullah, Ibrahim Mohammed |
| | | 8 | | |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / December. 20, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 5** | **Assis. Prof. Dr. José Silva<br>Prof. DR. Ricardo Costa** | 1 | THE EFFECT OF GLOBALIZATION ON THE DEVELOPMENT OF SOUTH KOREA'S TECHNOLOGICAL SECTORS | Jisoo Lee,<br>Minho Kim |
| | | 2 | GOVERNMENT RESPONSES TO THE REINTEGRATION OF TRAFFICKING SURVIVORS: A STUDY OF BRAZIL | Lucas Almeida Costa,<br>Mariana Souza Silva |
| | | 3 | THE ROLE OF ENVIRONMENTAL EMOTIVE TRIGGERS IN RADICAL IDEOLOGICAL PROPAGANDA | Assis. Prof. Dr. Hanae Abid,<br>Dr. Tariq Al-Mansouri |
| | | 4 | BARRIERS TO ACCESSING STANDARDIZED CARE FOR LYME DISEASE AND RELAPSING FEVER BORRELIOSIS PATIENTS | A. Nguemeleu, L. Ndong, E. Tchuente |
| | | 5 | STRENGTHENING PERSONAL DATA PROTECTION THROUGH TECHNICAL MEASURES IN COMPLIANCE WITH HUMAN RIGHTS | Ahmed Nasser,<br>Yara Mohamed Khalid |
| | | 6 | PREDICTING MORTALITY IN ACUTE BURN PATIENTS USING THE BOBI SCORE AND FLAMES SCORE | K. Ahmed Nour, R. M. Habib Ali, S. T. Waly, A. M. Omar |
| | | 7 | SOCIAL REACTIONS TO ETHNIC PROTESTS IN ISRAEL: THE CASE OF THE WADI SALIB RIOTS (1959) | Dr. David Cohen,<br>Prof. Dr. Miriam Levy |
| | | | THE IMPACT OF TERRORISM AS A GLOBAL ASYMMETRIC THREAT ON NATIONAL SECURITY FORCES | Assis. Prof. Dr. José Silva, Prof. DR. Ricardo Costa |
| | | | REGULATION AND SELF-REGULATION OF CIVIL UNMANNED AIRCRAFTS IN AFRICA | A. K. Osei, F. T. Mensah, J. K. Nkrumah, S. D. Adom |
| | | 8 | IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON FOOD SECURITY: A LEGAL PERSPECTIVE WITH EMPHASIS ON THE ASIAN CONTEXT | S. Tanaka, K. Lee |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / December. 20, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 6** | **Prof. Dr. Mariana Rocha** | 1 | DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A TOOL TO MEASURE COPING MECHANISMS IN RESPONSE TO STRESSFUL ENVIRONMENTS | Dr. Ahmed Al-Mansoori, Fatima Jassim, Dr. Khaled Al-Hassan, Nora Al-Farisi |
| | | 2 | UNDERSTANDING EMPLOYEE BEHAVIOR THROUGH ORGANIZATIONAL CULTURE AND COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS THEORY | Amadou Diop, Mariama Toure, Boubacar Diallo |
| | | 3 | IMPACT OF SOCIAL MEDIA: A STUDY ON STRESSORS IN MODERN LIFESTYLES | Prof. Dr. Zhang Mei |
| | | 4 | PERCEPTION OF EMOTIONS IN VEHICLE DESIGN: THE INFLUENCE OF FACIAL FEATURES ON DRIVER INTERPRETATION | Mei Li Zhang, Zhao Wei Li |
| | | 5 | COGNITIVE FLEXIBILITY IN ECOLOGICAL REHABILITATION: A STUDY OF LOCAL COMMUNITY ENGAGEMENT | M. Tanaka, K. Liu, Y. Wang |
| | | 6 | USING PSYCHOMETRIC TOOLS IN COGNITIVE BEHAVIORAL THERAPY: A COMPARATIVE STUDY OF MMPI-2 AND MMSE-2 APPLICATIONS | Juan Carlos Silva, Prof. Dr. Mariana Rocha |
| | | 7 | EFFECTS OF HEMODIALYSIS DURATION ON COGNITIVE FUNCTION: A STUDY IN WEST AFRICA | M. T. Bakari, O. A. Kante, D. F. Abubakar, I. S. Diop |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / December. 20, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 7** | **Prof. Dr. João Silva** | 1 | EMOTIONAL REGULATION AND ITS IMPACT ON ADDICTION TREATMENT: A STUDY OF THE CHANGE & GROW® MODEL | Amina Bahrami, Fatima Alavi, Hossein Karami |
| | | 2 | DISCREPANT VIEWS OF SOCIAL COMPETENCE AND ITS CONNECTION WITH SOCIAL ANXIETY IN ADOLESCENCE | Marta Silva, João Costa, Ana Rodrigues, Pedro Ferreira |
| | | 3 | SOCIAL SUPPORT AND QUALITY OF LIFE AMONG ADOLESCENTS WITH CEREBRAL PALSY TEMPORARILY ORPHANED DUE TO PARENTAL MIGRATION | M. Akinyele, T. Oladipo |
| | | 4 | DEVELOPMENT AND PSYCHOMETRIC PROPERTIES OF THE RELATIONAL MOBILITY SCALE FOR THE NIGERIAN POPULATION | Chijioke Okoro, Amina Bala |
| | | 5 | EXPLORING ELDERLY CARE IN PRIVATE HOMES, HOSPITALS, AND LONG-TERM FACILITIES: A SOCIO-PSYCHOLOGICAL ANALYSIS IN BANGKOK | Assis. Prof. Dr. Naruemon Srisuk, Kantana P. Apichatpong |
| | | 6 | THE IMPROVEMENT OF MILITARY PILOT TRAINING THROUGH COGNITIVE AND PSYCHOPHYSIOLOGICAL ASSESSMENTS | A. K. Sarsenov, D. M. Bekmuratov |
| | | 7 | A FRAMEWORK FOR ANALYZING HUMAN RESPONSE TO ENVIRONMENTAL NOISE | Maria Fernandes, Prof. Dr. João Silva |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / December. 20, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 8** | **Assoc. Prof .Dr. Joaquín Rodríguez** | 1 | META-ANALYSIS OF THE IMPACT OF POSITIVE PSYCHOLOGICAL CAPITAL ON EMPLOYEE PERFORMANCE: THE MODERATING ROLE OF WORK EXPERIENCE | Ahmed Al-Mansoori, Fatima Al-Khatib |
| | | 2 | OPTIMISM, HOPE, AND MENTAL HEALTH AMONG STUDENTS: A STUDY OF WELL-BEING AND DISTRESS IN SOUTH AMERICA | Dr. Pedro Gómez, Isabel Martínez, Assoc. Prof .Dr. Joaquín Rodríguez |
| | | 3 | FAMILY DYNAMICS IN CHILDREN WITH CONGENITAL AND NON-CONGENITAL HEARING LOSS | M. Nguyen, T. Tran, L. Le, H. Pham |
| | | 4 | SUPPORTING PARENTS OF CHILDREN WITH SPECIAL NEEDS THROUGH A DEVELOPMENTAL APPROACH | Sarah Leila, Hana Ali, Nabilah Zahra |
| | | 5 | THE IMPACT OF MOBILE PHONE RADIATION ON BEHAVIOUR AND MOLECULAR MECHANISMS IN RATS | K. Zhang, L. Li, Y. Wang |
| | | 6 | THE IMPACT OF FUNCTIONALITY ON COGNITIVE DECLINE IN ELDERLY WOMEN IN PAKISTAN | Sara A. Khan, Nadia F. Malik, Ayesha R. Shah |
| | | 7 | IMPACT OF AN EDUCATIONAL MODEL ON SOCIAL RESPONSIBILITY AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING Ahmed M. Hassan, Fatma A. Abdelrahman, Tamer M. Fawzy | Ahmed M. Hassan, Fatma A. Abdelrahman, Tamer M. Fawzy |
| | | 8 | EMOTIONS AND SOCIAL MEDIA SHARING ON MICROBLOGGING PLATFORMS IN ASIA | Junwei Zhang, Hua Li, Mingyuan Wang, Zheng Guo |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / Dec 20, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 1** | **Doç. Dr. Numan BİLDİRİCİ** | 1 | YENİLİKÇİ BİR TARIMSAL ÜRETİM STRATEJİSİ OLARAK AQUAPONİK SİSTEM TASARIMI | Doç. Dr. Numan BİLDİRİCİ |
| | | 2 | BİTLİS, HAKKÂRİ, MUŞ VE VAN İLLERİ MEVCUT TARIM DURUM ANALİZİ | Doç. Dr. Numan BİLDİRİCİ |
| | | 3 | COMPARISON OF DOMESTIC AND FOREIGN ORIGIN BREAD WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM L.*) VARIETIES IN TERMS OF GRAIN YIELD AND SOME SPIKE CHARACTERISTICS | Zir. Müh. Aysen MEMET<br>Prof. Dr. Oğuz BİLGİN<br>Arş. Gör. Dr. Damla B. GÖÇMEN<br>Doç. Dr. Alpay BALKAN<br>Prof. Dr. İsmet BAŞER |
| | | 4 | DEVELOPMENT AND REFLECTIONS OF GOOD AGRICULTURAL PRACTICES IN TURKEY | Dr. Öğr. Üyesi Kurtuluş MERDAN |
| | | 5 | THE EFFECTS OF SALT STRESS ON ROOT DEVELOPMENT OF FORAGE CROPS | Asist. Prof. Dr. SEMİH AÇIKBAŞ |
| | | 6 | EFFECTS OF BORIC ACID PRIMING APPLICATIONS ON SOME GERMINATION AND SEEDLING CHARACTERISTICS OF PSYLLIUM (*Plantago ovata L.)* SEEDS | Doç. Dr. Gülen ÖZYAZICI<br>Dr. Öğr. Üyesi Semih AÇIKBAŞ<br>Doç. Dr. Mehmet Arif ÖZYAZICI |
| | | 7 | THE PLACE AND IMPORTANCE OF APRICOT IN TÜRKİYE'S ECONOMY | Eda KAYNAK |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / Dec 20, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 2** | **Arş. Gör. Dr. Abdulkadir GÜL<br>Arş. Gör. Ömer KARPUZ** | 1 | INVESTIGATION OF THE ROLE OF II−CATION INTERACTIONS BETWEEN GALECTIN-3 AND INHIBITORS BY MEANS OF DFT AND MOLECULAR DYNAMICS METHODS. | Muslum Yildiz |
| | | 2 | DIFFERENTIAL EFFECTS OF BIOCHAR ON NITROGEN ASSIMILATION PATHWAYS IN C3 (WHEAT) AND C4 (MAIZE) PLANTS | Busra ARIKAN-ABDULVELI |
| | | 3 | *Rhus coriaria* L. BİTKİSİNDEN DOĞAL OLARAK ÜRETİLEN SOSUN FİZİKOKİMYASAL ANALİZLERİ VE LC-MS/MS KULLANILARAK İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ | Arş. Gör. Dr. Abdulkadir GÜL<br>Arş. Gör. Ömer KARPUZ<br>Prof. Dr. Cemalettin Baltacı |
| | | 4 | CHEMICAL, PHYSICAL, AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF DIFFERENT TRADITIONAL FOOD/FRUIT LEATHER PRODUCTS | Master's Degree Selim YALÇIN<br>Research Assistant Dr. Abdulkadir GÜL<br>Research Assistant Ömer KARPUZ<br>Professor Dr. Cemalettin BALTACI |
| | | 5 | INVESTIGATION OF ANTIBIOTIC RESISTANCE OF PSEUDOMONAS SPECIES ISOLATED FROM WASTEWATER | Doktor Öğretim Üyesi Nilgün POYRAZ<br>Suat SEZEN |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / Dec 20, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 3** | **Prof. Dr. Şükrü Hakan Atalgın** | 1 | 11-12 HAFTALIK MERİNOS KOYUN FETÜSLERİNİN COSTA'LARININ GELİŞİM DURUMU | Prof. Dr. Şükrü Hakan Atalgın |
| | | 2 | 11-12 HAFTALIK MERİNOS KOYUN FETÜSLERİNİN STERNUMLARININ GELİŞİM DURUMU | Prof. Dr. Şükrü Hakan Atalgın |
| | | 3 | FACTORS AFFECTING COLOSTRUM QUALITY AND YIELD IN COWS | Dr. Öğr. Üyesi Buket BOĞA KURU<br>Doç. Dr. Mushap KURU |
| | | 4 | ACCELERATED LAMBING SYSTEMS | Dr. Öğr. Üyesi Buket BOĞA KURU<br>Doç. Dr. Mushap KURU |
| | | 5 | TREATMENT OF MELANOMA ON THE EYELİD OF AN ARABİAN MARE USİNG LEECH | Assist. Prof. Nezihe GÖKHAN<br>Dr. Hacı Bayram GÖKHAN<br>Assoc. Prof. Saadet ALAN<br>Research Assistant Özlem DALDA |
| | | 6 | EFFECTS OF STRAY CATS AND DOGS ON WILDLIFE AND BIODIVERSITY | Halis Mümin YILMAZ<br>Doç.Dr. Yasin ÜNAL |
| | | 7 | AKDAG WILDLIFE DEVELOPMENT CHOICE CARNIVOROUS MAMMALIA (MAMMALIA: CARNIVORA) SPECIES | İsmail DİNÇ<br>Doç.Dr. Yasin ÜNAL |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / Dec 20, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 4** | **Assoc. Prof. Dr. Nihal TAŞ** | 1 | KANSER HASTALARINA UYGULANACAK KEMOTERAPİ İLAÇLARININ DOZUYLA İLGİLİ MATEMATİKSEL BİR YAKLAŞIM | DR,BİPLAB DHAR<br>DR, PRAVEEN KUMAR GUPTA<br>DR, AHMET YILDIRIM |
| | | 2 | NUMERİCAL SOLUTİON OF THE SCHRÖDINGER EQUATION WITH THE DENG-FAN-ECKART POTENTIAL BY USING THE LAGUERRE PSEUDOSPECTRAL METHOD | Seval ULUSOY<br>Prof.Dr Haydar ALICI |
| | | 3 | INTEGRAL TYPE BANACH CONTRACTIONS ON BIPOLAR p -METRIC SPACES | Assoc. Prof. Dr. Nihal TAŞ |
| | | 4 | SOME EXISTENCE FIXED-CIRCLE RESULTS WITH THE FUNCTION $\psi$ | Assoc. Prof. Dr. Nihal TAŞ |
| | | 5 | İMPULSİVE STURM-LİOUVİLLE PROBLEMİNİN ÜRETTİĞİ OPERATÖR-POLİNOM DEMETİ | Prof. Dr. OKTAY SH. MUKHTAROV<br>Doç. Dr. HAYATİ OLĞAR |
| | | 6 | İLETİM KOŞULLARINA SAHİP STURM-LİOUVİLLE TİPİNDEKİ YENİ BİR SINIR DEĞER PROBLEMİNİN BAZI SPEKTRAL ÖZELLİKLERİ | Doç. Dr. HAYATİ OLĞAR |
| | | 7 | DENKLEMİNDE SOYUT LİNEER OPERATÖR BULUNDURAN İMPULSİVE STURM-LİOUVİLLE PROBLEMİNİN İZOMORFLUĞU | Prof. Dr. OKTAY SH. MUKHTAROV<br>Doç. Dr. HAYATİ OLĞAR<br>Prof. Dr. KADRİYE AYDEMİR |
| | | 8 | EVEN CODES AND GRAY IMAGES ON F2 + aF2 WHEN $a^2 = 1$ AND $a^2 = a$ | MSc. Nilsu KANDEMİR<br>Asist. Prof. Dr. Mustafa ÖZKAN |
| | | 9 | DETERMINATION OF $(32, 64, 16)$ $-$PARAMETER CODE ON RING $\mathbb{Z}_2 + v\mathbb{Z}_2 + v^2\mathbb{Z}_2$ | Asist. Prof. Dr. Mustafa ÖZKAN<br>MSc. Nilsu KANDEMİR |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / Dec 20, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 5** | **Doç. Dr. Betül Dilara ŞEKER** | 1 | CHALLENGES AND CHANGES: A QUALITATIVE ANALYSİS OF ACCULTURATION EXPERIENCES OF IRANIAN WORKING REFUGEE WOMEN IN VAN | Doç. Dr. Betül Dilara ŞEKER |
| | | 2 | BRIDGING CULTURES: THE ROLE OF EDUCATION IN THE ADAPTATION OF SYRIAN REFUGEE STUDENTS IN TURKEY - A SYSTEMATIC REVIEW | Doç. Dr. Betül Dilara ŞEKER |
| | | 3 | ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNDE ALGILANAN DUYGUSAL İSTİSMAR VE RUMİNASYON İLİŞKİSİ | Öğr. Gör. Dr. Halil İbrahim ERTUĞ<br>Doç. Dr. Yaşar BARUT |
| | | 4 | THE EXAMINATION OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN OVERPROTECTIVE PARENTING, SCHEMA DOMAINS, AND PERCEIVED PARENTING | Psikolog ATABERK AKGÖL<br>Doç. Dr. DEMET VURAL YÜZBAŞI |
| | | 5 | AN EXAMINATION OF ACCULTURATION GAP IN THE CONTEXT OF ADOLESCENT DEVELOPMENTAL PROCESSES AND FAMILY DYNAMICS | Doç. Dr. DEMET VURAL YÜZBAŞI<br>Doç. Dr. FİLİZ KÜNÜROĞLU İNAL |
| | | 6 | KAHRAMANMARAŞ DEPREMİNİ YAŞAMIŞ BİREYLERDE TSSB BELİRTİLERİ İLE PSİKOLOJİK ESNEKLİK VE BAŞA ÇIKMA STİLLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ | Psikolog Zeliha Melisa AKTAY<br>Doçent Doktor Meryem KARAAZİZ |
| | | 7 | 6 FEBRUARY 2023 KAHRAMANMARAŞ EARTHQUAKES AND PSYCHOLOGICAL STATUS OF ADULT EARTHQUAKE VICTIMS | Psikolog Ahmet Faruk GÜNDOĞAR |
| | | 8 | THE EXAMİNATİON OF THE IMPACT OF MİNDFULNESS AND PSYCHOLOGİCAL RESİLİENCE ON LİFE GOALS | Doçent Dr. Mehmet BOYACI |
| | | 9 | FAMILY COUNSELING/THERAPY RESEARCH IN TURKEY IN 2024: A SYSTEMATIC REVIEW | Doçent Dr. Mehmet BOYACI |
| | | 10 | MÜLTECİ ÇOCUKLARDA VE ERGENLERDE PSİKOLOJİK SAĞLAMLIK ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME | Uzm. Çocuk Gelişimci Emine Beyza İNCE<br>Arş. Gör. Yavuz Selim KARASU |
| | | 11 | ÇOCUK GELİŞİMİ ÖĞRENCİLERİNİN MANEVİ DUYARLIK İLE EMPATİ DÜZEYLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ | Prof. Dr. Aygen ÇAKMAK<br>Doç. Dr. Seda SAKARYA<br>Dr. Öğr. Üyesi Ezgi AKINCI DEMİRBAŞ,<br>Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÖZTÜRK<br>Arş. Gör. Yavuz Selim KARASU<br>Arş. Gör., Mehmet GÜNEY |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / Dec 20, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 6** | **Assist. Prof. Dr.,SELİN UMUTLU** | 1 | BACIYAN-I RUM TEŞKİLATININ KADINLARIN SOSYAL VE EKONOMİK YAŞAMA KATILIMI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ | Doç. Dr. Sait YILDIRIM |
| | | 2 | SOSYAL BİLİMLERDE ARAŞTIRMA TASARISI ÜZERİNE BİR YOL HARİTASI | Doç. Dr. Sait YILDIRIM |
| | | 3 | KADIN CİNAYETLERİNİN GENÇLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİNE SOSYOLOJİK BİR BAKIŞ: KIRIKKALE ÖRNEKLEMİ ÜZERİNDEN NİTEL BİR ÇALIŞMA | Prof. Dr. Dolunay ŞENOL<br>Aynur TEKKE |
| | | 4 | TOPLUMSAL CİNSİYETİN ÇOCUKLUKTA İNŞASI: OYUNCAKLAR, KIYAFETLER VE EBEVEYN TUTUMLARI | Prof. Dr. Dolunay ŞENOL<br>Aynur TEKKE |
| | | 5 | TURNING POINTS OF TURKISH MIGRATION TO EUROPE | Araş. Gör. Vahap Aydemir |
| | | 6 | GÖÇ, UMUT VE ÖLÜM | Dr. Hatice YILMAZ ASLAN<br>Gülşen AKGÜN AYAYDIN |
| | | 7 | THE CHANGING ROLE OF OLDER ADULTS IN SOCIETY: ACTIVE AGING | Assist. Prof. Dr.,SELİN UMUTLU |
| | | 8 | EVALUATION OF RESEARCH ON WORKING WOMEN WITHIN THE SCOPE OF THE YOK THESIS CENTER | Assist. Prof. Dr.,SELİN UMUTLU |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / Dec 20, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 7** | **Doç. Gülşah Özdemir** | 1 | DUVARIN ESTETİĞİ: BURHAN DOĞANÇAY VE AUBUSSON DUVAR HALILARI | Doç. Dr. Nazan OSKAY<br>Y. Lisans Öğr. Merve ATLAS |
| | | 2 | THE REFLECTION OF PABLO PICASSO, HENRI MATISSE, JOAN MIRO, BEDRİ RAHMI EYUBOĞLU, ABIDIN DINO'S PAINTING CONCEPTS ON CERAMIC WORKS: AN ANALYSIS | Doç. Dr., NURTAÇ ÇAKAR<br>ARZU DUMAN |
| | | 3 | INSECT IMAGE IN TURKISH ART | Doç. Gülşah Özdemir |
| | | 4 | İKLİM KRİZİ ÇERÇEVESİNDE ATIK VE MİKROPLASTİK SORUNUNUN GÜNCEL SANATA YANSIMALARI | Nisa Nur KURT |
| | | 5 | HAND EXERCISES IN ISLAMIC CALLIGRAPHY | Dr. Öğretim Üyesi Özgür ÇETİNTAŞ |

| ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>December 20 - 22, 2024<br>VAN<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **20 Aralık / Dec 20, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| **HALL / SALON 8** | **PROF. DR. MERAL YILMAZ** | 1 | THE PHENOMENON OF HOME COOKING FROM A SOCIOLOGICAL PERSPECTIVE: TRADITION, MODERNISATION AND CULTURAL CHANGE | Öğr. Gör. Gökay GÜDEN |
| | | 2 | THE COMMERCIALISATION PROCESS OF STREET FOOD IN GASTRONOMIC TOURISM: FROM SUBCULTURE TO MAINSTREAM | Öğr. Gör. Gökay GÜDEN |
| | | 3 | GASTRONOMICAL VALUE OF KELLE TATLISI “KELLE DESSERT” IN SİVAS CULINARY CULTURE | PROF. DR. MERAL YILMAZ |
| | | 4 | EXAMINATION OF THE SPECIAL DAY DISHES AND RITUALS OF THE MONTHS OF HIZIR AND MUHARREM WITHIN THE SCOPE OF INTANGIBLE CULTURAL HERITAGE: THE CASE OF SİVAS PROVINCE | MSc. TUĞÇE YILDIRIM<br>PROF. DR. MERAL YILMAZ |
| | | 5 | RELATIONSHIP BETWEEN BICYCLE TOURISM AND SUSTAINABILITY: THE EXAMPLE OF NEVŞEHİR | Yüksek Lisans Öğrencisi, Sedanur AYDOĞAN<br>Dr. Öğr. Üyesi, Elif KAHYA YILDIRIM |
| | | 6 | AKIŞ DENEYİMİNİN YAŞAM DOYUMU ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: SEYAHAT ACENTASI ÇALIŞANLARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA | Doç. Dr. Gamze ERYILMAZ<br>İpek SARICA |
| | | 7 | THE IMPACT OF SUSTAINABLE MEDICAL HEALTH TOURISM ELEMENTS ON DESTINATION REVISIT INTENTION | Doç. Dr. Fuat YALMAN<br>Prof. Dr. Yalçın KARAGÖZ |
| | | 8 | DETERMINING THE STRUCTURAL RELATIONSHIPS BETWEEN THERMAL TOURISM DESTINATION IMAGE, DESTINATION SATISFACTION, DESTINATION TRUST AND REVISIT INTENTION | Prof. Dr. Yalçın KARAGÖZ<br>Doç. Dr. Fuat YALMAN |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / Dec 20, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 9** | **Doç. Dr. Aşır ÖZBEK** | 1 | BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF NATIONAL POSTGRADUATE THESES ON FRANCHISING | Dr. Mehmet Arif TUNCER |
| | | 2 | THE RELATIONSHIP BETWEEN TECHNOLOGICAL INNOVATION AND EXPORT PERFORMANCE: A BIBLIOMETRIC REVIEW | Doç. Dr. Metin SAYGILI<br>Yahya Yazıcı |
| | | 3 | BORSA İSTANBULDA KAYITLI YENİLENEBİLİR ENERJİ ŞİRKETLERİNİN FİNANSAL PERFORMANSI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA | Dr.Öğr.Üyesi İsmet BOLAT |
| | | 4 | GREEN TRANSFORMATIONAL LEADERSHIP: DETERMINING THE CURRENT SITUATION WITH BIBLIOMETRIC ANALYSIS (VOSviewer) | Doç. Dr. Gökhan KERSE<br>Doç. Dr. Mustafa BABADAĞ |
| | | 5 | ADAPTATION OF THE STUDENT WELL-BEING SCALE TO TURKISH: A VALIDITY AND RELIABILITY STUDY | Doç. Dr. Mustafa BABADAĞ<br>Doç. Dr. Gökhan KERSE |
| | | 6 | ÖĞRETİM ELEMANLARININ ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ TARAFINDAN DEĞERLENDİRMESİ | Doç. Dr. Aşır ÖZBEK |
| | | 7 | YÜKSEKOKUL ÖĞRENCİLERİNİN BAŞARISIZLIK NEDENLERİNİN ÖNCELİKLENDİRİLMESİ | Doç. Dr. Aşır ÖZBEK |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / December. 20, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 1** | **Prof. Dr. Carolina López** | 1 | THE ROLE OF TECHNOLOGY IN PROMOTING MATHEMATICAL DISCUSSION AND STUDENT ENGAGEMENT IN ALGERIAN CLASSROOMS | A. Boudia, L. Benali |
| | | 2 | TEACHERS' EMOTIONAL EXPERIENCE IN ONLINE ADULT EDUCATION IN LATIN AMERICAN COUNTRIES | Diego Rivera, Prof. Dr. Carolina López |
| | | 3 | ENHANCING STUDENT ACADEMIC PERFORMANCE THROUGH ENSEMBLE CLASSIFICATION MODELS | H. T. Ngugi, D. M. Otieno |
| | | 4 | STUDENTS' PARTICIPATION IN UNIVERSITY GOVERNANCE: A STUDY FROM GHANA | Kwaku O. Asante, Akosua S. Boateng |
| | | 5 | PEER-ASSISTED LEARNING OF PHYSICAL EXAMINATION SKILLS IN ONLINE MEDICAL EDUCATION DURING THE COVID-19 PANDEMIC | Grace T. Okello, Emmanuel F. Otieno, Sarah M. Wambui |
| | | 6 | TASK-BASED LANGUAGE TEACHING FOR ESL STUDENTS: A STUDY IN NIGERIA | Chuka I. Nwachukwu |
| | | 7 | UTILIZING CANSAT PLATFORMS IN INTERDISCIPLINARY PROBLEM-BASED LEARNING IN AERONAUTICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING | Olorunfemi T. Ajayi, Bamidele A. Adeyemi |
| | | 8 | | |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / December. 20, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 2** | **Assis. Prof. Dr. Sofia Konstantinou,** | 1 | EXAMINING THE INFLUENCE OF CLASS ATTENDANCE ON ACADEMIC PERFORMANCE IN ENGINEERING PROGRAMS | Jasmina N. Suryani, Mithran B. Kumar |
| | | 2 | REVOLUTIONIZING CIVIL ENGINEERING EDUCATION THROUGH FLIPPED LEARNING IN PRACTICAL SETTINGS | Alfredo R. Martinez, Carlos T. Pérez, Miguel Ángel Díaz |
| | | 3 | ADVANCING ARTIFICIAL AGENT LEARNING THROUGH CONSTRUCTIVIST APPROACHES | Niran R. Wijesekera, Sajitha P. Perera |
| | | 4 | EVALUATING THE ECONOMIC IMPACT OF HUMANITIES AND EDUCATION PROGRAMS IN NIGERIAN UNIVERSITIES | Emeka O. Okafor, Chijioke N. Uba, Nkem N. Okeke |
| | | 5 | MODELING EXPONENTIAL GROWTH IN BUSINESS ADMINISTRATION EDUCATION THROUGH TECHNOLOGY-ASSISTED LEARNING | Rashid M. Jafarov, Amina Z. Aliyev |
| | | 6 | INTERCULTURAL COMPETENCE IN FOREIGN LANGUAGE EDUCATION: A COLLABORATIVE LEARNING PROGRAM IN SMALL-TOWN BRAZIL | Lucas Silva, Mariana Pereira, Felipe Alves |
| | | 7 | DESIGNING SELF-CORRECTING EXERCISES FOR COLLABORATIVE LEARNING ENVIRONMENTS: INSIGHTS FROM A GREEK UNIVERSITY PROJECT | Assis. Prof. Dr. Sofia Konstantinou, Andreas Ioannidis, Eleni Papadopoulou |
| | | | REDEFINING EDUCATION IN FIJI: A CASE STUDY ON THE IMPACT OF COMMODIFICATION IN HIGHER EDUCATION | Ana Maria Vuki, Siti K. Vuetaki |
| | | 8 | SIMULATION-BASED MEDICAL EDUCATION IN BRAZIL: A LOOK INTO REALISTIC LEARNING OPPORTUNITIES | Eduardo Oliveira, Lucas Costa, Mariana Lima |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / December. 20, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 3** | **Dr. Camila Silva, Assis. Prof. Dr. João Pereira** | 1 | EXAMINING THE ROLE OF KAHOOT IN LEARNING: STUDENTS' PERSPECTIVES FROM KUWAIT | Rasha Al-Mutairi, Layla Al-Sabah, Ahmed Al-Fahad |
| | | 2 | CYBERSECURITY AWARENESS AMONG STUDENTS IN THE FIELD OF TECHNOLOGY EDUCATION | Ibrahim Ali, Fatimah Zahra |
| | | 3 | SOCIAL MODEL OF DISABILITY IN EDUCATIONAL CONTEXTS: A CASE STUDY FROM SINGAPORE | Lee Wei Jie, Sandra Tan |
| | | 4 | RESEARCH CULTURE DEVELOPMENT IN UNIVERSITIES: A COMPARATIVE STUDY FROM INDONESIA AND THAILAND | Rudi Pratama, Nattapong Charoen |
| | | 5 | VIRTUAL REALITY IN LANGUAGE LEARNING: A STUDY FROM TURKEY | Ece Aydin, Selim Korkmaz |
| | | 6 | GENDER EQUALITY IN EDUCATION: A STUDY FROM BRAZIL | Dr. Camila Silva, Assis. Prof. Dr. João Pereira |
| | | 7 | READINESS OF EDUCATORS TO INTEGRATE ICT IN EDUCATION IN SOUTH KOREA | Jihoon Kim, Minji Lee |
| | | 8 | | |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / December. 20, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 4** | **Prof. Dr. Priya Venkatesh** | 1 | READINESS OF EDUCATORS TO INTEGRATE ICT IN EDUCATION IN SOUTH KOREA | Jihoon Kim, Minji Lee |
| | | 2 | EVALUATING STUDENT OUTCOMES IN UNDERGRADUATE ENGINEERING COURSES: A CASE STUDY ON ELECTRICAL CIRCUITS | Dr. Adeola Akinyemi, Dr. Samuel Adebayo |
| | | 3 | DISTANCE LEARNING AND SKILL DEVELOPMENT: INSIGHTS FROM GREECE'S LIFELONG EDUCATION PROGRAMS | Prof. Dr. Eleni Mavridou |
| | | 4 | EXAMINING STUDENT FEEDBACK TO IMPROVE EMOTIONAL WELL-BEING IN EDUCATION | Dr. Rahul Raghav, Prof. Dr. Priya Venkatesh |
| | | 5 | PERCEPTIONS ON INCLUSIVE EDUCATION FOR STUDENTS WITH HEARING IMPAIRMENTS IN KOSOVO | Dr. Emir Halili |
| | | 6 | INNOVATING INTERNATIONAL SERVICE LEARNING WITH TECHNOLOGY FOR BETTER SUSTAINABILITY | Prof. Dr. Katerina Nikas |
| | | 7 | CYBERSECURITY AWARENESS AMONG STUDENTS IN TECHNICAL FIELDS | Juan Rodrigues, Ana Silva |
| | | 8 | INCLUSIVE EDUCATION FRAMEWORK IN GUYANA: A SOCIAL MODEL OF DISABILITY APPROACH | Michaela David, Edward Harris |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / December. 20, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 5** | **Dr. Maria Santos** | 1 | DEVELOPING A RESEARCH CULTURE IN ENGINEERING EDUCATION AT THE UNIVERSITY OF ZAMBIA | Chipo Mutale, Kalenga Mwansa |
| | | 2 | VIRTUAL REALITY IN LANGUAGE TEACHING: A STUDY AT THE UNIVERSITY OF CAPE TOWN | Thandiwe Moyo, Sipho Khumalo |
| | | 3 | GENDER DISCRIMINATION IN EDUCATION: A COMPARATIVE STUDY IN MOZAMBIQUE | Dr. Maria Santos, João Pedro |
| | | 4 | EXAMINING TEACHERS' READINESS TO INTEGRATE ICT IN THE CLASSROOM IN KENYA | Grace Wambui, Peter Onyango |
| | | 5 | REVOLUTIONIZING EDUCATIONAL GAME DESIGN: A COMPREHENSIVE FRAMEWORK FOR INTEGRATED LEARNING AND ENTERTAINMENT | Sophia Choi, Lee Jun-seo, Kim Hye-jin |
| | | 6 | EVALUATING DIGITAL LIBRARY RESOURCES: PEDAGOGICAL QUALITY IN THE SOLARSPELL PROJECT | Juraj Kralik |
| | | 7 | THE IMPACT OF ALTERNATE REALITY GAMES ON STUDENT LEARNING OUTCOMES AT THE UNIVERSITY OF BIALYSTOK | Dainius Vaitkus |
| | | 8 | INNOVATIVE ENGINEERING EDUCATION: TIANJIN UNIVERSITY'S APPROACH TO INTERDISCIPLINARY REFORM IN URBAN PLANNING | Rita Bula, Kesaia Lutu |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / December. 20, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 6** | **Assoc. Prof. Dr. Joaquín Fernández** | 1 | NAVIGATING INTERNET GOVERNANCE: A MULTI-STAKEHOLDER PERSPECTIVE ON GLOBAL CHALLENGES AND OPPORTUNITIES | Dr. Carla Montes, Assis. Prof. dr. Oliver López |
| | | 2 | THE IMPACT OF PERSONALITY TRAITS ON ERROR RATES AND BURNOUT AMONG HOSPITAL LABORATORY STAFF IN RURAL SETTINGS | Carlos Oliveira, Maria Santos |
| | | 3 | DESIGNING EFFECTIVE TEAM AWARENESS SYSTEMS FOR COLLABORATIVE ENVIRONMENTS | Assoc. Prof. Dr. Joaquín Fernández |
| | | 4 | APPLICATIONS OF WIRELESS AND INTERNET TECHNOLOGIES IN LOGISTICS: A CASE STUDY IN BRAZIL | Ali Rezaei, Sara Hosseini, Fatemeh Khorasani, Morteza Abedi |
| | | 5 | EXPLORING GENDER DIFFERENCES IN SEXUAL PERCEPTIONS AND BEHAVIORS AMONG MARRIED INDIVIDUALS IN RURAL BRAZIL | Mohammad Reza Sadeghi, Niloofar Asgari |
| | | 6 | THE INFLUENCE OF INTERNET USAGE ON MARRIAGE TABOOS AMONG STUDENTS IN MEXICO CITY | Carlos Mendoza, Laura González |
| | | 7 | PROMOTING IT SECURITY AWARENESS THROUGH PERSUASIVE TECHNOLOGY: A STUDY IN KAZAKHSTAN | Nurzhan Kazybayev, Amina Toktar |
| | | 8 | LEGAL CHALLENGES IN INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS IN INNOVATION ACTIVITIES: A STUDY IN UZBEKISTAN | Dr. Dilmurod Tursunov, Assis. Prof. Alisher Nazarov |

| ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>December 20- 22, 2024<br>Van<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **20 Aralık / December. 20, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| **SALON 7** | **Dragan Marković** | 1 | IMPROVING LEADERSHIP, SAFETY CULTURE, AND PERFORMANCE IN HOSPITAL SETTINGS: A COMPREHENSIVE EVALUATION | Dilorom Karimova, Tajiddin Rakhmatov, Firuza Karimova, Sherali Davlatov |
| | | 2 | THE IMPACT OF TRANSACTION COST THEORY ON KNOWLEDGE SHARING IN ONLINE COMMUNITIES | Muhammad Sharifov, Zaynab Makhmadova |
| | | 3 | ASSESSING OPERATIONAL RISKS IN MALAYSIAN INFRASTRUCTURE PROJECTS: A CASE STUDY OF HIGHWAY DEVELOPMENT | Aminah Bakar, Zainal Ariffin |
| | | 4 | COMPARATIVE EVALUATION OF TRAINING METHODS IN HIGH-WORKLOAD INSPECTION TASKS | Nina Horvat |
| | | 5 | OPTIMIZING TENDER PREPARATION FOR CONSERVATION PROJECTS IN MALAYSIA | Mohammad Razak, Azlan Hadi |
| | | 6 | ADVANCING SUSTAINABILITY MEASUREMENT THROUGH THE INDEX OF SUSTAINABLE FUNCTIONALITY | Katarina Novak, Dragan Marković |
| | | 7 | DEVELOPING SECURE MOBILE APPLICATION FRAMEWORKS FOR OPTIMAL DESIGN AND PERFORMANCE | Amit Raj, Farhana Shabnam, Zubair Ahmed, Nabila Sultana |
| | | 8 | LEARNER FEEDBACK ON THE ADJUSTED RORSCHACH SYSTEM: A CRITICAL PSYCHOLOGICAL APPROACH | Siti Farah Nabila, Indah Lestari, Hanafi Sulaiman |

| ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>December 20- 22, 2024<br>Van<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **20 Aralık / December. 20, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| **SALON 8** | **Dr. Ricardo Gomes** | 1 | LIFE SATISFACTION, RESILIENCE, AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING: A STUDY AMONG SYRIAN REFUGEES IN TURKEY | Fatima Al-Mahmoud, Karim Haddad, Leila Mansour |
| | | 2 | BARRIERS AND FACILITATORS IN HELP-SEEKING DECISIONS AMONG ADULT WOMEN WITH PTSD: A QUALITATIVE STUDY | Fatou Diallo, Mariam Diop, Aïssatou Ba, Adama Ndiaye, Binta Faye, Khadija Sow, Awa Kane, Seynabou Ndiaye |
| | | 3 | THE ROLE OF SYNCHRONIZED BIOLOGICAL RHYTHMS IN INTERPERSONAL COMMUNICATION: A NONLINEAR APPROACH | José Almeida, Dr. Mariana Ferreira, Dr. Ricardo Gomes |
| | | 4 | THE IMPACT OF CULTURAL INTELLIGENCE ON EXPATRIATE ADJUSTMENT IN AFRICA: A SYSTEMATIC REVIEW | Daniel N. Afolabi, Aisha O. Yusuf, Fatima A. Bamidele |
| | | 5 | HABITS AND ORGANIZATIONAL PERFORMANCE: A MULTILEVEL ANALYSIS OF INDIVIDUAL BEHAVIORS AND ROUTINES | Carlos M. Ferreira, Ana R. Silva, João P. Costa |
| | | 6 | THE IMPACT OF MANAGERIAL PERCEPTIONS ON EMPLOYEE WELL-BEING IN WORKPLACE SETTINGS | H. Dlamini, T. Nkosi |
| | | 7 | THE IMPACT OF ONLINE VIDEOS ON STUDENT LEISURE-TIME INFORMATION SEEKING | Ahmad Ali, Zainab Hassan, Layla Karim |
| | | 8 | | |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**20 Aralık / December. 20, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 9** | **Dr. Rachel Cohen** | 1 | THE IMPACT OF MULTISENSORY APPROACHES IN MUSIC TEACHING FOR STUDENTS WITH DYSLEXIA | Miriam Shaked, David Levi, Rachel Cohen |
| | | 2 | COMPARATIVE STUDY OF DRIVER FATIGUE AND SAFETY MEASURES IN THE NIGHT-TIME TRANSPORTATION SECTOR IN SAUDI ARABIA | Dr. Salim Abdullah, Faisal Saad, Ziyad Al-Shamari |
| | | 3 | NEUROSCIENCE AND SENTENCING: CAN UNDERSTANDING PSYCHOPATHIC BRAINS ALTER LEGAL OUTCOMES IN CANADIAN COURTS? | Jamal Al-Hassan, Ahmed Kassem, Fatima Al-Rahman |
| | | 4 | EXPLORING THE CONNECTION BETWEEN EMOTIONAL INTELLIGENCE AND SUBJECTIVE WELL-BEING AMONG UNIVERSITY STUDENTS | Nashwa Al-Sabah, Omar Fadly, Huda Salah |
| | | 5 | EPILEPSY AND EEG-LORETA ANALYSIS: EXPLORING NEW APPROACHES IN EPILEPSY DIAGNOSIS | Ali Kazem, Reza Shirin, Mahmud Ali |
| | | 6 | THE EVOLUTION OF BLOOM'S TAXONOMY: A COMPARATIVE STUDY IN ADULT EDUCATION SETTINGS | Reza Karim, Leila Faraz, Yasmin Abbas |
| | | 7 | THE IMPACT OF PERSONALITY TRAITS ON GAME ADDICTION: FOCUSING ON THE BIG FIVE | Ahmed Al-Hassan, Fatima Zahran |
| | | 8 | | |

| ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>December 20 - 22, 2024<br>VAN<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **21 Aralık / Dec 21, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| **HALL / SALON 1** | **Doç. Dr. ÖZLEM BAŞARIR** | 1 | OSMANLI'DA ESİR PAZARI: ESİR KIZLARA DAİR BİR BETİMLEME | Dr. Öğr. Üyesi Serhat SOYŞEKERCİ |
| | | 2 | HELENİSTİK DÖNEM SİNOPE DARPLI SİKKELER IŞIĞINDA SİNOPE KÜLTLERİ | Dr. Öğr. Üyesi Hacer KUMANDAŞ |
| | | 3 | MONEYCHANGERS IN THE OTTOMAN PROVINCES DURING THE TANZİMAT PERIOD: THE NATURE OF FINANCIAL RELATIONS, LEGAL CONFLICTS, AND RISKS BETWEEN BEYLİKÇİOĞLU AGOP AND HIS CLIENTS (1845-1860) | Doç. Dr. ÖZLEM BAŞARIR |
| | | 4 | XIII. YÜZYIL ANADOLU SELÇUKLU-BİZANS SINIRI: UÇ DÜNYASI | Dursunbey Yalçınkaya |
| | | 5 | KARMAŞIK BİR TARİHİN MİRASI: KIBRIS SORUNU (1950-1960) | Dr. Özlem KARAPINAR GÖK |
| | | 6 | TÜRKİYE HİLÂL-İ AHMER MECMUASI'NA GÖRE HİLÂL-İ AHMER (KIZILAY)'İN GÖÇMENLERE YAPTIĞI YARDIMLAR (1929-1940) | Dr. Özlem KARAPINAR GÖK |
| | | 7 | MALATYA-BATTALGAZİ İLÇE MERKEZİNDE (ESKİ MALATYA) KENTSEL KÜLTÜREL MİRASIN KORUNMASININ SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTLEŞME BAĞLAMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ | Tayfun Tahir TURSUN |
| | | 8 | Calm Rivers of the Plateaus As a Tectonic Indicator; Meanders | Dr.Nurcan AVŞİN, |
| | | 9 | The Importance of Geological and Geomorphological Structure in Settlement Selection: Example of Edremit Travertines (Van) | Dr.Nurcan AVŞİN, |
| | | 10 | ANTAKYA SERVİLİ KÜLLİYESİ | Öğr. Gör. Mehmet PINAR Y.Mimar Yaser ERİM |
| | | 11 | A NEGATIVE FIELD EXAMPLE AND TRANSFORMATION IN OPEN SYSTEM IRRIGATION, UZUNLU IRRIGATION AREA (BOĞAZLIYAN) | Doç. Dr. Ali İMAMOĞLU |
| | | 12 | TOURISM POLLUTION AND ECOLOGICAL RISK IN KARSTIC CAVES, COMPARATIVE CASE STUDY (BURSA). | Doç. Dr. Ali İMAMOĞLU |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / Dec 21, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 2** | **Doç. Dr. Vedat AKTEPE** | 1 | 2018 LIFE SCIENCES COURSE CURRICULUM AND 2024 EDUCATION MODEL COMPARISON OF LIFE SCIENCES COURSE SPECIFIC OBJECTIVES | Doç. Dr. Vedat AKTEPE<br>Serpil İlksen DELİSOY |
| | | 2 | EXAMINING THE CONCEPTS OF THE 2018 AND 2024 LIFE SCIENCES COURSE CURRICULUM | Doç. Dr. Vedat AKTEPE<br>Serpil İlksen DELİSOY |
| | | 3 | DEVELOPMENT OF PLANT OBSERVATION AND RESEARCH SKILLS IN PRESCHOOL EDUCATION | Dr. Hatice BEKCİ<br>Öğr. Gör. Umay Büşra CELİLOĞLU |
| | | 4 | GREEN CLASSROOMS: BIOPHILIC DESIGNS FOR SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL AWARENESS IN PRESCHOOL EDUCATION | Öğr. Gör. Umay Büşra CELİLOĞLU<br>Dr. Öğr. Üyesi Hatice BEKCİ |
| | | 5 | GÖRSEL SANATLARDA ÖZEL GEREKSİNİMLİ BİREYLERDE<br>SANATSAL BECERİ ÖĞRETİMİ | Yüksek Lisans Öğrencisi, Damla ÇOBAN |
| | | 6 | A STUDY INTO THE VALUES IN 2024 CHEMISTRY COURSE CURRICULUM | Yüksek Lisans Öğrencisi, Sude Ergün<br>Doç. Dr. Ekrem Ziya Duman |
| | | 7 | AN INVESTIGATION INTO THE VALUES IN 2024 CURRICULUM FOR THE COURSE OF HUMAN RIGHTS, DEMOCRACY AND CITIZENSHIP | Yüksek Lisans Öğrencisi, Diyar Aydın<br>Doç. Dr., Ekrem Ziya DUMAN |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / Dec 21, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| HALL / SALON 3 | Dr. Öğretim Üyesi SİNEM ATICI USTALAR | 1 | TÜRKİYE VE YENİ SANAYİLEŞEN ÜLKELERİN HİSSE SENEDİ PİYASALARI ARASINDAKİ OYNAKLIK YAYILIMININ ANALİZİ: OPTİMAL KORUMA ORANI YAKLAŞIMI | Dr. Öğretim Üyesi SİNEM ATICI USTALAR |
| | | 2 | YENİ SANAYİLEŞME STRATEJİLERİ SÜRECİNDE TÜRKİYE'DEKİ YEŞİL HİSSELERİNİN RİSK PROFİLİNİN ANALİZİ | Dr. Öğretim Üyesi SİNEM ATICI USTALAR<br>CEVDET YOLCU |
| | | 3 | FİNANS KAPİTAL VE FİNANSAL KÜRESELLEŞME: TÜRKİYE EKONOMİSİ ÜZERİNE ETKİLERİ | Öğretim Görevlisi, Yelda Altunal Gürgen |
| | | 4 | THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON CIRCULAR ECONOMY: SOCIAL NETWORK ANALYSIS | Dr. Öğr. Üyesi Burcu KOCARIK GACAR<br>Doç. Dr. Anıl GACAR |
| | | 5 | TESTING THE HYSTERESIS HYPOTHESIS IN YOUTH UNEMPLOYMENT WITH FOURIER UNIT ROOT TESTS: AN ANALYSIS ON TÜRKİYE | Assist. Prof. Ali Rauf KARATAŞ |
| | | 6 | THE RELATIONSHIP BETWEEN CONSUMER CONFIDENCE INDEX AND EXCHANGE RATE AND CONSUMER PRICE INDEX IN TÜRKİYE | Dr. Öğr. Üyesi Ali Rauf KARATAŞ<br>Doktora Öğrencisi Ömer Faruk AYYILDIZ |
| | | 7 | YOUTH EXCLUDED FROM EDUCATION AND EMPLOYMENT: THE NEET PHENOMENON IN TURKEY AND SOLUTION PROPOSALS | Assist.Prof. Dr. Meryem TEKİN EPİK |
| | | 8 | OVERVIEW OF ERGONOMIC RISKS IN WORKING FROM HOME | Assist.Prof. Dr. Meryem TEKİN EPİK |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / Dec 21, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 4** | **Doç. Dr. Ümit AYATA** | 1 | EXPLORING COLOR PARAMETERS IN LOQUAT, HORNBEAM, EUROPEAN ALDER, MAHOGANY, AND MULBERRY WOODS TREATED WITH ORGANIC COCONUT OIL | Doç. Dr. Göksel ULAY<br>Doç. Dr. Ümit AYATA |
| | | 2 | THE INVESTIGATION OF THE CHANGES INDUCED ON THE SURFACES OF AMERICAN ASH (FRAXINUS AMERICANA L.) WOOD BY SOLUTIONS PREPARED WITH CARBONATE AND VINEGAR | Doç. Dr. Göksel ULAY<br>Doç. Dr. Ümit AYATA |
| | | 3 | PEDESTRIANIZED AND NAMED STREETS IN THE URBAN LANDSCAPE | Esra İSMAİLİ<br>Feran AŞUR |
| | | 4 | AI-ASSISTED ERGONOMIC SEATING UNIT DESIGN, PROTOTYPING, AND IMPLEMENTATION | Doç. Dr. Elif SAĞLIK<br>YL. Öğr. Aslıhan UYGUN |
| | | 5 | EXAMPLES OF LOCAL AND NON-LOCAL ARID PLANTS THAT CAN BE USED IN ANATOLIAN GEOGRAPHY | Arş. Gör. Seher Simay KUŞOĞLU<br>Prof. Dr. Mehmet Emin BARIŞ |
| | | 6 | Sociological Evaluation Of Disabled Policies Of Local Governments: The Example Of Üsküdar | Doç. Dr. Hamza Kurtkapan |
| | | 7 | Sociological Evaluation Of Disabled Policies Of Local Governments: The Example Of Fatih | Doç. Dr. Hamza Kurtkapan |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / Dec 21, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 5** | **Dr. Öğr. Üyesi Yüksel ŞENGÜL** | 1 | EFFECT RESPONSE and AGNOTOLOGY | Lecturer Assist. Türkan AYDOĞAN, |
| | | 2 | ANALYSIS OF EPICURUS' UNDERSTANDING OF FATE | Dr. Öğr. Üyesi Zeki AKTAŞ |
| | | 3 | PLATON'UN MEKÂN ANLAYIŞI: KHORA | ÇAĞRI ALPER |
| | | 4 | İBN HALDUN DÜŞÜNCESİNDE TARİHİN KONUSU ÜZERİNE | Arş. Gör. VİLDAN DOĞANAY |
| | | 5 | TARİH DÜŞÜNCESİNE GİRİŞ BAĞLAMINDA GIAMBATTISTA VICO'NUN YENİ BİLİM ESERİNİN KAPAĞINDAKİ GRAVÜRÜN İNCELENMESİ | Arş. Gör. VİLDAN DOĞANAY |
| | | 6 | FOUCAULT'YA KARŞI FOUCAULTCU OLMAK: BYUNG CHUL HAN NE SÖYLER? | Dr. Öğr. Üyesi Vefa ADIGÜZEL |
| | | 7 | DERRİDA'DA YAPISÖKÜM | Dr. Öğr. Üyesi Yüksel ŞENGÜL |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / Dec 21, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 6** | **Dr. Öğr. Üyesi Nurullah ORUÇ** | 1 | ARAPÇA'DA HÂY-I İDMÂR'IN KULLANIMI | Dr. Öğr. Üyesi Nurullah ORUÇ |
| | | 2 | THE SUNNİ APPROACH OF THE ZAHİRİYYA SCHOOL, SPECİFİC TO IBN HAZM | Dr. Öğretim Üyesi, Abdullah YEKTA |
| | | 3 | THE CONCEPT OF PRECAUTİON İN THE SHAFİİ SCHOOL OF THOUGHT | Yüksek Lisans Öğrencisi, Ceylan BİLMEZ |
| | | 4 | THE PERCEPTION OF SACRED SPACE IN SHIISM: FOUR CITY (ATABĀT-I MUKADDASA) | Araş. Gör. Dr. Kazım KARAYİĞİT |
| | | 5 | KUR'AN MESAJI VE KUR'AN YOLU TEFSİRLERİNDE YAHUDİLİĞİN PEYGAMBER İNANCI | Yüksek Lisans Öğrencisi, Mustafa SAKARYA |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / Dec 21, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 7** | **Assoc. Prof. Dr. Ali Rıza DENİZ** | 1 | Diode Applications of Au Doped Poly(p-phenylene sulfide) (PPS) Polymer Material | Assoc. Prof. Dr. Ali Rıza DENİZ |
| | | 2 | Change in Electrical Properties of Ni/Au-Poly(p-phenylene sulfide) (PPS)/p-Si/Al Diode with Temperature | Assoc. Prof. Dr. Ali Rıza DENİZ |
| | | 3 | GLOBAL TRENDS AND ANALYSIS OF BIOMEDICAL, POLYMER, AND POLYMER BRUSH RESEARCH: A STUDY USING THE WEB OF SCIENCE DATABASE | Asst. Prof. Dr., NURSEL KARAOĞLAN |
| | | 4 | POLYDIMETHYLSILOXANE (PDMS)-BASED MICROFLUIDIC SYSTEMS IN BIOMEDICAL APPLICATIONS: PROPERTIES, CURRENT APPLICATIONS AND FABRICATION TECHNOLOGIES | Didem ÇOŞKUN<br>Assist. Prof. Dr. Nursel KARAOĞLAN |
| | | 5 | UZAKTAN ARAÇ FARK APARATI: YENİLİKÇİ BİR KONUM TESPİT TEKNOLOJİSİ | YAVUZ ŞAHİN<br>Dr. SENEM ŞAHAN VAHAPLAR<br>MEHMET HAKKI ERSOY<br>DOÇ. DR. AHMET FEYZİOĞLU |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / Dec 21, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 8** | **Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin GÜL<br>Dr. Öğr. Üyesi Melih AĞRAZ** | 1 | KÜRESEL GÖSTERGELER | Doç. Dr. Abdullah YILDIRIM<br>Ali TOKTİMUR |
| | | 2 | TERS TOPP-LEONE DAĞILIMININ BİLİNMEYEN PARAMETRELERİNİN<br>FARKLI YÖNTEMLERLE TAHMİN EDİLMESİ | Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin GÜL<br>Dr. Öğr. Üyesi Melih AĞRAZ |
| | | 3 | ÇİFT SIRALI KÜME ÖRNEKLEMESİ ALTINDA UNİT WEİBULL DAĞILIMININ PARAMETRELERİNİN TAHMİNİ | Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin GÜL<br>Dr. Öğr. Üyesi Melih AĞRAZ |
| | | 4 | FİZİK TABANLI YAPAY SİNİR AĞLARI (PINNs) İLE NAVIER-STOKES DENKLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ | Melih AĞRAZ<br>Hasan Hüseyin GÜL |
| | | 5 | GLUKOZ-İNSÜLİN DİNAMİKLERİNİN MODELLENMESİ: FARK DENKLEMLERİ VE SÜREKLİ ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI | Melih AĞRAZ<br>Hasan Hüseyin GÜL |
| | | 6 | INVESTIGATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS ARCHITECTURE SELECTION FOR USD/JPY EXCHANGE RATE | Cagatay BAL |
| | | 7 | COMPARISON OF CBNET FUNCTION WITH TOOLBOX IN MATLAB FOR UNIVARIATE TIME SERIES FORECASTING | Cagatay BAL |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / Dec 21, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 9** | **Doç.Dr. Rabi KARAALİ** | 1 | T6 Isıl İşleminin Zn-40Al-2Cu Alaşımının Korozyon Hızına Etkisi | Doç. Dr. ALİ PAŞA HEKİMOĞLU<br>Arş. Gör. MURAT HACIOSMANOĞLU |
| | | 2 | BİR ERGİTME KAZANI TASARIMINDA ISI TRANSFERİ HESAPLAMALARI | Merve YAZAN<br>Buğra ÇAVUŞOĞLU<br>Galip ÇAPÇI |
| | | 3 | ÇEVRE ŞARTLARININ HAVA SOĞUTMALI GAZ TÜRBİNLİ KOJENERASYON ÇEVRİMLERİNİN TERMOEKONOMİK PERFORMANSINA ETKİSİ | Doç.Dr. Rabi KARAALİ<br>Öğr.Gör.Dr. Arzu KEVEN |
| | | 4 | KOMPRESYON ORANININ HAVA SOĞUTMALI GAZ TÜRBİNLİ KOJENERASYON ÇEVRİMLERİNİN TERMOEKONOMİK PERFORMANSINA ETKİSİ | Doç.Dr. Rabi KARAALİ<br>Öğr.Gör.Dr. Arzu KEVEN |
| | | 5 | ÇOKLU SİLİNDİRİK ÇUBUK TÜRBÜLATÖRLERİN ISI TRANSFERİNE ETKİSİNİN CFD ANALİZİ | Öğr. Gör Uğurcan Yardımcı<br>Arş. Gör. Dr. Volkan Tuğan |
| | | 6 | AÇILI YARIM HALKA TÜRBÜLATÖRLERİN ISI TRANSFERİNE ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ | Öğr. Gör Uğurcan Yardımcı<br>Arş. Gör. Dr. Volkan Tuğan |
| | | 7 | AİROFİL TASARIMI VE ANALİZİ | Öğr. Gör. Mustafa BUĞDAY<br>Mahmut Kornek<br>Ceylin Yılmaz |
| | | 8 | İNCE CİDARLI HAVACILIK PARÇALARINDA ÇARPILMAYI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ | Kenan GÖÇMEN<br>Prof. Dr. Onuralp ULUER |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / December. 21, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 1** | **Assoc. Pro. Dr. Alisha Rahman,** | 1 | IMPACT OF ORGANIZATIONAL COMPETITIVE CLIMATE ON EMPLOYEE COLLABORATION: THE MEDIATING ROLE OF WORKPLACE JEALOUSY | Assoc. Pro. Dr. Alisha Rahman, |
| | | 2 | PREDICTIVE FACTORS INFLUENCING EXERCISE BEHAVIORS AMONG JUNIOR HIGH SCHOOL STUDENTS | L. Zhao, T. Li, X. Wang |
| | | 3 | MANAGING TRUCK DRIVERS' FATIGUE: A COMPREHENSIVE LITERATURE REVIEW AND STRATEGIES FOR IMPROVEMENT | Assis. Prof. Dr. Ivan Petrov, Dr. Natalia Ivanova, Dmitry Sokolov |
| | | 4 | QUALITATIVE ANALYSIS OF CHILD CUSTODY EVALUATION PRACTICES IN AFRICAN CONTEXT | Adebayo O. Adeyemi, Olamide A. Folarin |
| | | 5 | PSYCHOSOCIAL RISKS AND WORKPLACE WELL-BEING IN SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES IN BRAZIL | Ahmed Mustafa El-Din, Hana Ahmed Youssef, Mohamed Ali Abdallah |
| | | 6 | QUALITATIVE ANALYSIS OF CHILD CUSTODY EVALUATION PRACTICES IN AFRICAN CONTEXT | Dr. Adebayo O. Adeyemi, Olamide A. Folarin |
| | | 7 | GENDER MAINSTREAMING IN PUBLIC UNIVERSITIES IN MONGOLIA | Enkhbat Batbold, Tserendorj Davaasuren, Naranjargal Ganbat, Sarangerel Ochirbat |
| | | 8 | PARENTING STYLES AND THEIR IMPACT ON ADOLESCENT VIDEO GAME ADDICTION | Ahmed Bello, Fatimah Nuru |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / December. 21, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| SALON 2 | Assoc. Prof. Esteban Rodríguez | 1 | MOTIVATORS AND CHALLENGES IN RECYCLING PARTICIPATION IN BANGLADESH: AN EXAMINATION OF KOTA KINABALU'S HOUSEHOLDS | Jahidul Islam, Rakibul Hasan, Rina Begum |
| | | 2 | EVALUATING METAPHOR THERAPY'S IMPACT ON DEPRESSION IN FEMALE STUDENTS: AN EXPERIMENTAL STUDY | Marzia Karimova, Feruza Tursunova |
| | | 3 | SECOND LANGUAGE WRITING AND THE ROLE OF SENSITIVITY IN WRITING TASKS: A STUDY OF PORTUGUESE AS A SECOND LANGUAGE | Dr. Carlos Rodríguez, Luisa Mota, Ana Silva |
| | | 4 | ADDRESSING COGNITIVE AND BEHAVIORAL ISSUES IN ADOLESCENTS THROUGH A HIERARCHICAL REGRESSION APPROACH | Sophia Nguema, Jean-Claude Ngoma |
| | | 5 | MUSIC NOTATION VERSUS ALPHABET READING: A COMPARATIVE STUDY FOR DYSLEXIC LEARNERS | Assoc. Prof. Esteban Rodríguez |
| | | 6 | FATIGUE AND DROWSINESS IN THE NIGHT-TIME TRANSPORTATION SECTOR: A COMPARATIVE STUDY | Carlos González |
| | | 7 | THE INTERCONNECTION BETWEEN JOB SATISFACTION, MOTIVATION, AND ORGANIZATIONAL BEHAVIOR IN THE PUBLIC SECTOR | Dr. Khaled Karray |
| | | 8 | USING ONLINE GAMES TO IMPROVE WORKING MEMORY IN ADHD CHILDREN: A CASE STUDY | Assis. Prof. Dr. Oluwaseun Olamide |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / December. 21, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 3** | **Assoc. Prof. Dr. Pedro Silva** | 1 | THE IMPACT OF POLICE CORRUPTION ON GOVERNANCE IN NIGERIA | Michael Okafor |
| | | 2 | ETHICAL CHALLENGES IN LOCAL GOVERNMENT ADMINISTRATION: A CASE STUDY FROM EAST AFRICA , | Dr. Amina Hassan |
| | | 3 | ENVIRONMENTAL LEGISLATION AND LOCAL GOVERNMENT RESPONSE TO AIR POLLUTION: THE CASE OF INDONESIA | Dr. Indah Kusuma, |
| | | 4 | IMPROVING SUBJECTIVE BIAS DETECTION IN TEXTS USING TRANSFORMER-BASED MODELS AND LSTM NETWORKS | Dr. Wang Li, |
| | | 5 | TRANSLATION STRATEGIES IN THE PORTUGUESE DUBBED VERSION OF MULAN: A CULTURAL AND LINGUISTIC ANALYSIS | Assoc. Prof. Dr. Pedro Silva, |
| | | 6 | ADVANCEMENTS IN OBJECT DETECTION: IMAGE SELECTION TECHNIQUES FOR IMPROVING TRAINING DATASETS | Luka Mirović, |
| | | 7 | TIME AND IDENTITY IN "TOO MUCH JOY" BY EVELYN BERG: A STYLISTIC STUDY | Marija Sezabo |
| | | 8 | | |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / December. 21, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 4** | **Assis. Prof. Dr. Ioannis Papadopoulos,** | 1 | EXPLORING THE EFFECT OF POSITIVE EMOTIONS ON CREATIVITY IN PERSONAL DEVELOPMENT AND SOCIAL ADAPTATION | Dr. Felix Chelski |
| | | 2 | ADVANCED METAPHOR DETECTION IN GREEK USING DEEP LEARNING MODELS | Assis. Prof. Dr. Ioannis Papadopoulos, |
| | | 3 | DISINFORMATION AND ITS EFFECTS ON POLICY-MAKING: A STUDY ON GOVERNMENTAL RESPONSES | Isabella Torres Rodrigues, Lucas Schmidt |
| | | 4 | THE NEED FOR COMPREHENSIVE INDUSTRIAL EFFLUENT REGULATIONS IN EUROPE: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES | Thomas Richter |
| | | 5 | TRADE DISPUTES BETWEEN SOUTH KOREA AND JAPAN: AN ANALYSIS OF WTO CASES | Henrik L. Sorensen, Maria K. Johansson |
| | | 6 | COUNTER-RADICALIZATION EFFORTS IN EUROPE AND SOUTH EAST ASIA: A COMPARATIVE STUDY | Ryo Tanaka, Ismail Abdullah |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / December. 21, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 5** | **Dr. Rajesh Al Said** | 1 | CLIMATE CHANGE AND ENVIRONMENTAL LAW: COMPARING REGULATORY FRAMEWORKS IN SOUTH AFRICA | Dr. Rajesh Al Said |
| | | 2 | THE ROLE OF SOCIAL MEDIA IN EUROPEAN GOVERNANCE: A COMPARATIVE STUDY | Maria Thompson, Luca Bianchi |
| | | 3 | THE SOCIOECONOMIC IMPACT OF NATIVE AMERICAN ENTERPRISES: A TWO-DECADE STUDY OF THE MOHEGAN TRIBE AND NEW LONDON COUNTY | Mongkhon Khurelbaatar, Jargal Ganbold |
| | | 4 | PRESERVING INDIGENOUS KNOWLEDGE THROUGH DIGITAL PLATFORMS: THE BLEEK AND LLOYD NOTEBOOKS AND THEIR RELEVANCE TODAY | Dinesh Rana, Kusal Perera |
| | | 5 | THE ROLE OF SOCIAL MEDIA IN REINFORCING GENDER STEREOTYPES: A STUDY OF BIG BROTHER NAIJA 2019 DISCUSSIONS | Aminata Bakari, Rajabu L. Mwangi |
| | | 6 | DIGITAL PERSPECTIVES ON REMOTE MOTHERHOOD: ITALIAN MOTHERS AND THE CHALLENGES OF DISTANCE | Giulia Bianchi, Luca S. Ricci |
| | | 7 | DESIGNING A THOUGHTFUL DECISION SUPPORT SYSTEM TO IMPROVE SUSTAINABILITY IN POLICYMAKING | Amin Kamilov, Samad Ibragimov |
| | | | LINGUISTIC INNOVATION IN BILINGUAL ADVERTISING: THE CASE OF SINHALA-ENGLISH ADVERTISING IN SRI LANKA | Helena Borge, Ruwan R. Senanayake |
| | | 8 | MACHINE LEARNING-ENHANCED SYNTAX CORRECTION FOR ARABIC: A EUROPEAN APPROACH | Michaela Hermann, Josef B. Weber |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / December. 21, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 6** | **Prof .Dr. Rodrigo Santos** | 1 | THE EVOLUTION OF MORPHOLOGICAL INNOVATIONS IN TEXT MESSAGING AMONG BILINGUALS IN URBAN TURKMENISTAN | Amanjol Myratov, Dr. Lecture Dovlet Niyazov |
| | | 2 | THE CONCEPTUALIZATION OF COMPUTATIONAL CONSCIOUSNESS THROUGH MULTI-AGENT SYSTEMS IN CENTRAL ASIA | Assis. Prof. Dr. Jamilya Askarova, Dr. Ruslan Yuldashev |
| | | 3 | IMPACT OF MEMORY AND PLANNING ON SPATIAL AWARENESS: A STUDY OF KAZAKH NAVIGATION SKILLS | Aidana Khamidova, Nursultan Tursynov, Zhanel Yerkebayeva |
| | | 4 | LANGUAGE OF HYBRID SLANG IN DISTOPIC LITERATURE: A STUDY ON 'A CLOCKWORK ORANGE' | Gulsara Baytuganova, Akhmet Zhumabayev |
| | | 5 | IMPROVING KAZAKH LANGUAGE EDUCATION THROUGH A TESTING SYSTEM: THE CASE OF AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY | Assoc. Prof. Dr. Karlygash Sultangaliyeva, Bekzat Kazhigaliyev |
| | | 6 | DEVELOPMENT OF ARABIC TEXT PROCESSING THROUGH A NEW LIGHT STEMMER: ADVANCEMENTS IN LINGUISTIC ANALYSIS | Maksat Arzymatov, Galiya Rustamova |
| | | 7 | THE ROLE OF SECOND HOMES IN SEASIDE RESORT DEVELOPMENT: A FOCUS ON ARMENIAN TOURISM | Elina Hovhannisyan, Shushan Galstyan |
| | | 8 | THE COMPETITIVENESS OF WINTER TOURISM IN THE PHILIPPINES: A STUDY FROM LOCAL TOURISTS' PERSPECTIVE | Eliza Cruz, Prof .Dr. Rodrigo Santos |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / December. 21, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| SALON 7 | Assoc. Prof. Dr. Giorgi Kakhadze | 1 | ENHANCING KNOWLEDGE SHARING THROUGH SOCIAL MEDIA PLATFORMS IN THE PHILIPPINES | Maria Santos, Juan Perez, Lian Wei |
| | | 2 | REVITALIZING PALESTINIAN TOURISM USING AUGMENTED REALITY: A FOCUS ON THE CHURCH OF THE NATIVITY | Ravi Sharma, Priya Reddy, Ankur Gupta, Nisha Mehta |
| | | 3 | EXPLOITING AGRITOURISM POTENTIAL IN OMAN: CHALLENGES AND FUTURE PROSPECTS | S. Kumar, M. Sharma |
| | | 4 | SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT THROUGH SPATIAL PLANNING IN GEORGIA | Eka Tskhvirishvili, Giorgi Kakhadze |
| | | 5 | CULTURAL CHALLENGES FOR WESTERN CONSULTANTS IN GULF MEGAPROJECTS | Elena Dvali, Assoc. Prof. Dr. Giorgi Kakhadze |
| | | 6 | EXPLORING THE IMPACT OF SOCIAL MEDIA ON POLITICAL OPINION FORMATION | Siti Nurul Huda, Ahmad Firdaus |
| | | 7 | UNDERSTANDING THE PSYCHOLOGICAL EFFECTS OF POLITICAL IDEOLOGY ON SOCIAL MEDIA USERS | Dr. Klaus Fischer, |
| | | 8 | | |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / December. 21, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 8** | **Assoc. Prof. Dr. Ionel C. Popescu** | 1 | EFFECTIVENESS OF INFORMATION SYSTEMS SECURITY: A CASE STUDY OF A ZAMBIAN COMPANY | Dr Joseph K. Chanda, Assis. Prof. Rehema S. Mwamba |
| | | 2 | COMPARATIVE STUDY OF PROPERTY INVESTMENT RETURNS AND RISK IN KENYA | James W. Ngugi |
| | | 3 | A NOVEL APPROACH TO MANAGING UNCERTAINTY IN HOSPITAL ADMISSIONS USING MACHINE LEARNING: A CASE STUDY FROM SOUTH AFRICA | Kgomotso T. Lejowa, Thabiso M. Maseko |
| | | 4 | CONSUMER PURCHASE INTENTION TOWARDS LUXURY BRANDS IN LAGOS, NIGERIA | Chinonso I. Okoye |
| | | 5 | GREEN LEAN TQM HRM PRACTICES IN SOUTH AFRICAN MANUFACTURING INDUSTRY | Thando N. Tshabalala, Jabulani S. Mkhize, Sipho M. Dlamini |
| | | 6 | MARKET SEGMENTATION MODEL FOR THE BANKING SECTOR IN ETHIOPIA: THE CASE OF DASHEN BANK | Sisay K. Abebe, Mulugeta T. Gashaw |
| | | 7 | IMPROVING CORPORATE GOVERNANCE AND DECISION-MAKING IN THE ROMANIAN BANKING SECTOR USING XBRL | Assoc. Prof. Dr. Ionel C. Popescu |
| | | 8 | INSTITUTIONAL SHAREHOLDER ACTIVISM IN CORPORATE GOVERNANCE: A STUDY OF MALAYSIAN COMPANIES | Fatin A. Zainal |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / December. 21, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 9** | **Dr. Anastasia Ivankova,** | 1 | THE IMPACT OF THE SHANGHAI COOPERATION ORGANIZATION ON CENTRAL ASIA'S GEOPOLITICAL LANDSCAPE | Dr. Anastasia Ivankova, Dr. Timur Baimukhanov |
| | | 2 | THE ROLE OF HUMAN RESOURCE SYSTEMS IN CRISIS MANAGEMENT AND ORGANIZATIONAL RESILIENCE | Ibrahim Alim, Dilara Khalilova |
| | | 3 | THE IMPACT OF STRUCTURAL FUNDS ON THE DEVELOPMENT OF UKRAINIAN AGRICULTURE | Yulia Sokolova, Vasyl Kovalchuk |
| | | 4 | THE EFFECTIVENESS OF CORPORATE GOVERNANCE AND AUDIT QUALITY IN ORGANIZATIONS IN NIGERIA | Chidi Okwuosa, Olumide Adebayo |
| | | 5 | ENHANCING GOVERNMENT R&D PROGRAMS THROUGH FEASIBILITY STUDIES: A SOUTH KOREAN PERSPECTIVE | Sung-Jin Park |
| | | 6 | ASSESSING THE IMPACT OF CORPORATE GOVERNANCE REFORMS IN MALAYSIA ON GOVERNMENT-LINKED COMPANIES | Nuraishah Hassan, Norhana Ismail |
| | | 7 | CHALLENGES IN SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT IN THE RED SEA REGION, EGYPT | Ahmed El-Din, Samira Fouad |
| | | 8 | ENGAGEMENT STRATEGIES FOR STAKEHOLDER MANAGEMENT IN THE DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE TECHNOLOGIES IN THE AGRICULTURAL SECTOR<br>Abdul Rahman Omar, Leila Farida Al-Mansouri, Nasser Khalid El- | Amin, Farah Al-Nasser |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / Dec 21, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 1** | **Dr. Öğr. Üyesi HAKAN AVAN** | 1 | ABLASYO PLASENTA (PLASENTA ABRUPTİO) | Öğr. Gör. Serpil TOKER<br>Dr. Öğr. Üyesi Gizem ÇITAK |
| | | 2 | GESTASYONEL TROFOBLASTİK HASTALIKLAR | Öğr. Gör. Serpil TOKER<br>Dr. Öğr. Üyesi Gizem ÇITAK |
| | | 3 | NUTRITION IN PREGNANCY | Dr. Öğr. Üyesi Gizem ÇITAK<br>Öğr. Gör. Serpil TOKER |
| | | 4 | ACQUIRING THE ROLE OF MOTHERHOOD: RAMONA MERCER | Dr. Öğr. Üyesi Gizem ÇITAK<br>Öğr. Gör. Serpil TOKER |
| | | 5 | THE EFFECTS OF FAMİLY DYNAMİCS ON CHİLD HEALTH: NURSES' FAMİLY-CENTERED CARE PRACTİCES. | Dr. Öğr. Üyesi HAKAN AVAN |
| | | 6 | EARLY INTERVENTİON AND DEVELOPMENTAL SUPPORT İN PEDİATRİC NURSİNG: TECHNİQUES AND IMPLEMENTATİON METHODS | Dr. Öğr. Üyesi HAKAN AVAN |
| | | 7 | CAN SOCIAL MEDIA BE EFFECTIVE IN INCREASING ORGAN DONATION? | Doç. Dr. Gürkan KAPIKIRAN<br>Doç. Dr. Ramazan BAYER<br>Dr. Öğr. Üyesi Mert KARTAL |
| | | 8 | NOMOPHOBİA AND HEALTH CARE PROFESSİONALS | Doç. Dr. Gürkan KAPIKIRAN<br>Doç. Dr. Ramazan BAYER<br>Dr. Öğr. Üyesi Mert KARTAL |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / Dec 21, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 2** | **Dr. Öğretim Üyesi Deniz Alca** | 1 | COMPARATIVE STUDY OF NEW SALAFIA IN SUNNI AND SHIA | Assist. Prof. Aref Barkhordari |
| | | 2 | 21. YÜZYILDA DÜZENSİZ GÖÇÜN ULUSLARARASI SİSTEME ETKİLERİ: YENİ DİNAMİKLER VE POLİTİK YAKLAŞIMLAR | Dr. Öğretim Üyesi Deniz Alca |
| | | 3 | THE ROLE OF DIPLOMACY IN FOREIGN POLICY: AN ESSAY ON THE GLOBALIZATION PERIOD | Dr. Öğr. Ü. Şaban ÖZTÜRK |
| | | 4 | ECO-POLITICS IN THE GLOBAL ARENA: CHINA'S MIDDLE EAST POLICIES | Dr. Öğr. Ü. Şaban ÖZTÜRK |
| | | 5 | EDUCATION DIPLOMACY: THE USA'S PUBLIC DIPLOMACY POLICY | Ali ÇİÇEK |
| | | 6 | INTERNATIONALIZING RENTIER STATES: GULF MONARCHIES' EVOLVING POLITICAL ECONOMIES | Dr. Öğr. Üyesi Mustafa KÜÇÜK |
| | | 7 | TÜRKİYE'NİN YENİ GÜVENLİK TEHDİTLERİ KAPSAMINDA UZAY ALGISI: TÜRKİYE UZAY KOMUTANLIĞI | Mahmut Can ÖZDEMİR |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / Dec 21, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 3** | **Prof. Dr. Hasan ÇİÇEK** | 1 | CURRICULUM LITERACY LEVELS OF SPECIAL EDUCATION TEACHERS | Assoc.Prof. Osman AKTAN |
| | | 2 | ÖĞRETMEN ADAYLARININ ÖĞRETMENLİK MESLEĞİNİN STATÜSÜNE YÖNELİK ALGILARI | Öğr. Gör. Dr. Zehra YILMAZER<br>Dr. Öğr. Üyesi Didem KAYAHAN YÜKSEL |
| | | 3 | ÖĞRETMENLERİN ÖĞRETİM PROGRAMINI UYARLAMA ÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA | Dr. Öğr. Üyesi Didem KAYAHAN YÜKSEL<br>Öğr. Gör. Dr. Zehra YILMAZER |
| | | 4 | ONTOLOGY OF EDUCATION AND THE TEACHER | Prof. Dr. Hasan ÇİÇEK |
| | | 5 | ÖĞRETMEN ADAYLARININ ÖĞRETİM İLKE VE YÖNTEMLERİ DERSİNDEKİ "ÖĞRETİM TEKNİKLERİ" KAVRAMINA YÖNELİK ALGILARI: K-W-L TEKNİĞİ ÖRNEĞİ | Doç.Dr. Sevda KOÇ AKRAN |
| | | 6 | DİJİTAL ÇAĞDA EĞİTİM VE OKUL YÖNETİCİLERİNİN YETERLİKLERİ | Cansu BARBAROS ÖZER |
| | | 7 | ÖĞRETMENLERİN DİSKALKULİYE YÖNELİK BİLGİLERİNİN VE FARKINDALIKLARININ İNCELENMESİ | Doç. Dr. Zeynep Çiğdem ÖZCAN<br>Dr. Öğr. Üyesi Nihan ŞAHİNKAYA |
| | | 8 | THE ROLE OF TEACHER MOTIVATION IN POST-DISASTER EDUCATION | Doç. Dr. Okan SARIGÖZ |
| | | 9 | CONTINUITY AND QUALITY IN EDUCATION: THE CAREER DEVELOPMENT PROCESS OF TEACHERS | Doç. Dr. Okan SARIGÖZ |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / Dec 21, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 4** | **Asst. Prof. Ece MANİ<br>Asst. Prof. Pınar GÖKENSEL OKTA** | 1 | INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN NUTRITIONAL KNOWLEDGE LEVELS AND BODY COMPOSITION VALUES OF REFORMER PILATES EXERCISE PEOPLE | Asst. Prof. Ece MANİ<br>Asst. Prof. Pınar GÖKENSEL OKTA |
| | | 2 | FACTORS AFFECTING THE PRACTICE EXPERIENCES OF FOREIGN NURSING STUDENTS. A SYSTEMATIC REVIEW STUDY | Dr.Öğr. Üyesi. Arzu TİMUÇİN<br>Prof. Dr. Selma KAHRAMAN |
| | | 3 | THE EFFECT OF THE LEADERSHIP STYLE OF CLINICAL CHARGE NURSES ON THE WORK MOTIVATION OF NURSES: EXAMPLE OF ŞANLIURFA HARRAN UNIVERSITY HOSPITAL | Uzman Hemşire Serap Arıcan<br>Dr. Öğretim Üyesi Arzu Timuçin |
| | | 4 | RELATIONSHIP BETWEEN COGNITIVE LEVEL, DEPRESSION LEVEL AND FEAR OF FALLING WITH QUALITY OF LIFE IN ELDERLY PEOPLE OF DIFFERENT AGE RANGE | Asst. Prof. Dr. Ebru YILDIRIM<br>Asst. Prof. Dr. Mehmet Salih TAN |
| | | 5 | ADOLESANLARDA E- SAĞLIK OKUR YAZARLIĞI DÜZEYİNİ BELİRLEMEK İÇİN TAHMİN MODELLERİNİN KULLANILMASI | Dr.Öğr.Üyesi, Funda ASLAN<br>Doç.Dr. Oktay Yıldız |
| | | 6 | MEME CERRAHİ SONRASI LENFÖDEM ÖNLEME AĞRI YÖNETİMİ VE HEMŞİRELİK BAKIMI | Hemşire Hamıda RAHIMOGLU<br>Doç. Dr. Şenay KARADAĞ ARLI |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / Dec 21, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 5** | **Prof. Dr. Esin BASIM** | 1 | DETERMİNATİON OF ARAOMA COMPONENTS OF ACHİLLEA MİLLEFOLİUM (L.) BY SPME METHOD | Dr. Öğr. Üyesi Emine YURTERİ<br>Arş. Gör. Dr., Aysel ÖZCAN AYKUTLU<br>Prof. Dr., Fatih SEYİS |
| | | 2 | CHEMİCAL CONTENT OF HYPERİCUM SCABRUM (L.) DİSTRİBUTED İN RİZE FLORA | Dr. Öğr. Üyesi Emine YURTERİ<br>Prof. Dr., Fatih SEYİS<br>Arş. Gör. Dr., Aysel ÖZCAN AYKUTLU |
| | | 3 | EFFECT OF MAGNETIC FIELD PRIMING APPLICATIONS ON GERMINATION AND SEEDLING DEVELOPMENT IN HUNGARIAN VETCH | Assoc. Prof. Dr. Medine ÇOPUR DOĞRUSÖZ<br>Assist. Prof. Dr. GÖKÇE AYDÖNER ÇOBAN |
| | | 4 | THE EFFICIENCY OF VERTICAL FARMING TECHNOLOGIES IN VEGETABLE PRODUCTION | Assist. Prof. Dr. GÖKÇE AYDÖNER ÇOBAN<br>Assoc. Prof. Dr. Medine ÇOPUR DOĞRUSÖZ |
| | | 5 | DETERMINATION OF PRODUCTION PROBLEMS IN EDIBLE CULTURAL MUSHROOM CULTIVATION AND EVALUATION OF PLANT PROTECTION PRACTICES IN KORKUTELI DISTRICT OF ANTALYA PROVINCE | Prof. Dr. Esin BASIM<br>Prof. Dr. Hüseyin BASIM |
| | | 6 | DETERMINATION OF FUNGAL PATHOGENS IN FRUIT PURCHASED FROM DIFFERENT SUPERMARKETS IN ANTALYA PROVINCE | Prof. Dr. Esin BASIM<br>Prof. Dr. Hüseyin BASIM |
| | | 7 | THE EFFECT of CYSTEINE on WATER CHANGES and PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS of Salvia sclarea PLANT under CADMİUM STRESS | Seda ŞAHİN<br>Doç. Dr. Hülya TORUN |
| | | 10 | | |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / Dec 21, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 6** | **Prof. Dr. SERAP KILIÇ ALTUN<br>Doç. Dr. NİLGÜN PAKSOY** | 1 | EVALUATION OF LEAD CONCENTRATIONS IN HOMEMADE SHEEP YOGHURTS FROM ŞANLIURFA PROVINCE USING ICP-OES | Prof. Dr. SERAP KILIÇ ALTUN<br>Doç. Dr. NİLGÜN PAKSOY<br>Dr. Öğr. Üyesi MEHMET EMİN AYDEMİR |
| | | 2 | KOYUN VE İNEK SÜTÜ İLE PEYNİRLERİNİN BİLEŞİMİ: MİNERAL VE TOKSİK ELEMENTLERİN ICP-MS İLE DEĞERLENDİRİLMESİ | Prof. Dr. SERAP KILIÇ ALTUN<br>Doç. Dr. NİLGÜN PAKSOY |
| | | 3 | PROBİYOTİK VE PREBİYOTİKLERİN İNSAN FİZYOLOJİSİ ÜZERİNDE ETKİSİ | Sümeyye GÜL<br>Beste ÜMİT<br>Yeliz METİNKAYA<br>İdil METİNKAYA<br>Öğretim Görevlisi Murat IHLAMUR |
| | | 4 | GIDA KAYNAKLI BİR PATOJEN: *VİBRİO PARAHAEMOLYTİCUS*'UN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ | Beyza ER<br>Öğretim Görevlisi Murat IHLAMUR |
| | | 5 | İLAVE ŞEKERSİZ ENDÜSTRİYEL KEK REÇETESİ GELİŞTİRİLMESİ | Arge Uzman Yardımcısı, ANI KUŞCU<br>Arge Uzmanı, MERVE KAHRAMAN |
| | | 6 | ŞEKER İKAME AJANLARININ SÜRÜLEBİLİR KREMALARDA KULLANIMI | Arge Uzman Yardımcısı, ANI KUŞCU<br>Arge Uzmanı, MERVE KAHRAMAN |
| | | 7 | THE USE OF FREEZE-THAWING PRE-TREATMENT IN DRYING OF FRUIT AND VEGETABLES | Öğr. Gör. Dr. Serdar UĞURLU<br>Prof. Dr. Emre BAKKALBAŞI |
| | | 8 | RESVERATROL: CHEMISTRY, PRESENCE IN PLANTS AND EFFECTS ON HEALTH | Dr. Dilara ASLAN BAKKALBAŞI<br>Öğr. Gör. Dr. Serdar UĞURLU<br>Prof. Dr. İsa CAVİDOĞLU |
| | | 9 | A RESEARCH ON GEOGRAPHICALLY LABELED PASTRY FOODS: THE CASE OF TOKAT PROVINCE | İremnur KILINÇ<br>Dr. Öğr. Üyesi Esra ESİN |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / Dec 21, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 7** | **Prof. Dr. Ahmet AKIN** | 1 | SPIRITUALITY NEED SCALE IN ADOLESCENTS: VALIDITY AND RELIABILITY STUDY | Prof. Dr. Ahmet AKIN<br>Firdevs KARATAŞ TEMİZ |
| | | 2 | AİLE İÇİ SORUNLARA YÖNELİK, AİLE DANIŞMANLIĞINDA RUTİN OLUŞTURMANIN SÜRDÜRÜLEBİLİR İŞLEVİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME | Doç. Dr. Sait YILDIRIM |
| | | 3 | ÇOCUKLARDA DİJİTAL BAĞIMLILIĞI ÖNLEMEDE YERİNE KOYMA METODU | Doç. Dr. Sait YILDIRIM |
| | | 4 | SCALE OF SELF-CARE İN MARRİAGE: VALIDITY AND RELIABILITY STUDY | Prof. Dr. Ahmet AKIN<br>MERVE ALİCİK |
| | | 5 | THE PERCEPTION OF EGOCENTRISM AMONG SPOUSES SCALE: A STUDY ON VALIDITY AND RELIABILITY | Prof. Dr. Ahmet AKIN<br>Fatma Şükran YILDIRIM |
| | | 6 | THE SCALE OF REFLECTION OF PARENTAL RELATIONSHIP ON ADOLESCENTS: VALIDITY AND RELIABILITY STUDY | Prof. Dr. Ahmet AKIN<br>Tuğba AKAR GENÇER |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / Dec 21, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 8** | **Doç. Dr. Erdal ARI** | 1 | TODAY'S INTERPRETATIONS OF BLOODY SPORTS EVENTS IN THE ROMAN WORLD AND THE AZTECS | Yüksek Lisans Öğrencisi Mehmet BAYSAL<br>Doç. Dr. Yener AKSOY |
| | | 2 | RESEARCHING THE EFFECT OF PHYSICAL ACTIVITY ON LEADERSHIP LEVELS | Yüksek Lisans Öğrencisi Mehmet BAYSAL<br>Doç. Dr. Yener AKSOY |
| | | 3 | MÜCADELE SPORCULARINDA KİLO DÜŞMENİN ESNEKLİK VE BAZI GÜÇ DEĞERLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ | Emir ATEŞ<br>Doç.Dr. Egemen ERMİŞ<br>Prof.Dr. Osman İMAMOĞLU |
| | | 4 | ÇOCUK YÜZÜCÜLERDE TEKRARLI 25 VE 100 METRE KOŞULARININ YAŞ VE CİNSİYETE GÖRE DEĞİŞİMİNİN ARAŞTIRILMASI | Emir ATEŞ<br>Doç.Dr. Egemen ERMİŞ<br>Prof.Dr. Osman İMAMOĞLU |
| | | 5 | UEFA EURO 2024 AVRUPA FUTBOL ŞAMPİYONASI'NDA TAKIMLARIN TOPLA OYNAMA YÜZDELERİNE GÖRE FİZİKSEL KAPASİTELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ | Alpay AYDOĞDU<br>Doç. Dr. Erdal ARI |
| | | 6 | UEFA ORGANİZASYONLARINA KATILAN TÜRK FUTBOL KULÜPLERİNİN 2024-2025 SEZONU TRANSFER POLİTİKALARININ İNCELENMESİ | Alpay AYDOĞDU<br>Doç. Dr. Erdal ARI |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / Dec 21, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 9** | **Öğr. Gör. Dr. Mehmet Ozan GÜLADA** | 1 | SOCİAL MEDİA AND POLİTİCAL PARTİCİPATİON: 2024 LOCAL ELECTİONS ISPARTA CASE | Ahmet Murat BAYKARA<br>Prof. Dr. Hasan GÜLLÜPUNAR |
| | | 2 | THE CHINESE COMMUNIST PARTY PROPAGANDA IN THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA | Öğr. Gör. Dr. Mehmet Ozan GÜLADA |
| | | 3 | KAISER WILHELM II IN US PROPAGANDA DURING THE FIRST WORLD WAR | Öğr. Gör. Dr. Mehmet Ozan GÜLADA |
| | | 4 | ÇERÇEVE VE BAKIŞ ÜZERİNE FOUCAULT'NUN MANET YORUMU VE WOODY ALLEN'IN ANNIE HALL FİLMİNDEKİ YANSIMALARI | Arş. Gör. Semih KAŞIKÇI |
| | | 5 | İHRACATTA DİJİTALLEŞMENİN YÜKSELEN GÜCÜ: SOSYAL MEDYA | Arş. Gör. Müsemma ÇÖKERDENOĞLU<br>Arş. Gör. Azimenur AYAZ |

| ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>December 20- 22, 2024<br>Van<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **21 Aralık / December. 21, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| **SALON 1** | **Dr. Yulia Petrovna** | 1 | THE ROLE OF BILINGUALISM IN LEARNING MANDARIN CHINESE: INSIGHTS FROM GERMAN-SPEAKING ADULT LEARNERS | Dr. Martina Schwarz, Julian Fischer |
| | | 2 | REDEFINING SECONDARY ENGLISH EDUCATION: INTEGRATING CRITICAL PEDAGOGY AND SURREALISM IN THE CLASSROOM | Dr. Yulia Petrovna<br>Ivan Zaitsev |
| | | 3 | STRATEGIES FOR MANAGING IN-WORK POVERTY IN UZBEKISTAN: A COMPARATIVE STUDY OF FAMILY RESILIENCE | Nargiza Shukurova, Rustam Tursunov |
| | | 4 | ADVANCED VOCAL TRAINING TECHNIQUES IN CENTRAL ASIAN MUSIC: FOCUSING ON KAZAKHSTANI TRADITIONS | Aizhan Nurmaganbetova, Bekzat Kamilov |
| | | 5 | A MACHINE LEARNING APPROACH FOR EDUCATION SYSTEM INTEGRATION IN MULTICULTURAL SETTINGS: A CASE STUDY OF MONGOLIA | Tserenbat Baatar, Gankhuyag Tserendorj |
| | | 6 | THE IMPACT OF POLITICAL INSTABILITY ON TOURISM AND CULTURAL HERITAGE PRESERVATION: A CASE STUDY OF EGYPT | Ali K. Mustafa, Samira F |
| | | 7 | THE INFLUENCE OF SECURITY MEASURES ON FAN ENGAGEMENT IN THE IRAQI PROFESSIONAL FOOTBALL LEAGUE | Khaled A. Rashid, |
| | | 8 | PROMOTING INNOVATION THROUGH ANALYSIS OF THE GLOBAL COMPETITIVENESS INDEX FRAMEWORK | Joko W. Sutanto, Dewi K. Sari, |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / December. 21, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 2** | **Dr.Tariq Alam** | 1 | THE ROLE OF INFORMATION TECHNOLOGY IN IMPROVING ELECTORAL INTEGRITY: A STUDY ON E-VOTING SECURITY | Hendra P. Wijaya, Arum L. Putri, |
| | | 2 | DETECTION OF LATENT SWEAT FINGERPRINTS USING INFRARED RADIATION AND BLUE LIGHT: A FORENSIC APPROACH | Mona B. Al-Mazrouei, Faisal R. Al-Hassan, |
| | | 3 | THE NEED FOR NATIONAL SPACE LEGISLATION IN EMERGING SPACE COUNTRIES | Samiya A. Al-Fahad, Karim R. Al-Kindi |
| | | 4 | LEGAL FRAMEWORK AND PROTECTION OF INDIGENOUS COMMUNITIES IN MALAYSIA | Zainab Aziz, Farhan Mohd Ali |
| | | 5 | THE IMPACT OF THE BANGLADESH CONSTITUTIONAL COURT ON THE LIMITATION OF BANKING PRIVACY RIGHTS | Dr.Tariq Alam, Shahina Sultana |
| | | 6 | PARTY DEFLECTION AND ITS IMPACT ON DEMOCRATIC STABILITY IN MALAYSIAN POLITICS | Hassan Rauf, Nadira Hassan |
| | | 7 | INFORMATION WARFARE AND THE THREATS TO NATIONAL SECURITY IN SOUTHEAST ASIA: A STRATEGIC ANALYSIS | Ali Hussain, Sara Mohammad |
| | | 8 | | |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / December. 21, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| SALON 3 | Assoc. Prof. Dr. Aminah Suraya | 1 | LEGAL CHALLENGES IN INTELLECTUAL PROPERTY PROTECTION WITHIN INNOVATION ACTIVITIES IN RUSSIA | Yelena Koroleva, Prof. Dr. Ivan Kuznetsov |
| | | 2 | LEADERSHIP BEHAVIOR AND CULTURE IN THE MALAYSIAN HEALTHCARE INDUSTRY: IMPACT ON SAFETY PERFORMANCE | Norhayati Zainal, Afiqah Rahman |
| | | 3 | KNOWLEDGE SHARING IN E-COMMUNITIES: AN ECONOMIC PERSPECTIVE | Wang Zhi, Liu Chen |
| | | 4 | ASSESSING RISK MANAGEMENT STRATEGIES IN ROAD INFRASTRUCTURE PROJECTS IN MALAYSIA | Assoc. Prof. Dr. Aminah Suraya, Dr. Haris Zainal |
| | | 5 | A COMPARATIVE STUDY OF INSPECTORS' PERFORMANCE UNDER FEEDBACK AND FEED FORWARD TRAINING METHODS IN MALAYSIA | Assis. Prof. Dr. Siti Rahmah Ahmad |
| | | 6 | ENHANCING TENDERING PRACTICES IN BUILDING CONSERVATION PROJECTS IN MALAYSIA | Dr. Chen Wei |
| | | 7 | DEVELOPING THE INDEX OF SUSTAINABLE FUNCTIONALITY FOR ASSESSING SUSTAINABILITY IN CHINESE URBAN AREAS | Assis. Prof. Dr. Li Wei, Dr. Zhang Jian |
| | | 8 | DEVELOPING A SECURE FRAMEWORK FOR MOBILE APPLICATIONS: A CASE STUDY FROM BANGLADESH | Mohamed Serhani, Rachida Abdelghani, Dssouli Benharref, Mizouni Rabeb |

| ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>December 20- 22, 2024<br>Van<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **21 Aralık / December. 21, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| **SALON 4** | **Althea Johnson** | 1 | EXAMINING STUDENT RESPONSES TO THE ADJUSTED RORSCHACH COMPREHENSIVE SYSTEM IN NEPAL | Mokgadi Mukuna, Robert Moletsane, Kananga Kekae |
| | | 2 | FACTORS AFFECTING RECYCLING PARTICIPATION IN MALAYSIA: A CASE STUDY IN KOTA KINABALU | Arianna Wira, Mohamad Idris, Jamilah Idris, Azizah Amir, Naimah Abu Bakar |
| | | 3 | THE EFFECTIVENESS OF METAPHOR THERAPY IN ALLEVIATING DEPRESSION AMONG FEMALE STUDENTS | Shirin Parviz, Amira Shams, Fatima Khamis |
| | | 4 | EVALUATING SECOND LANGUAGE WRITING PERFORMANCE AMONG IMMIGRANT STUDENTS: A CASE STUDY OF PORTUGUESE LEARNERS | Carlos Eduardo Silva, Dr. Mariana Pereira,Dr. Lucas Oliveira |
| | | 5 | MODELING COGNITIVE CHALLENGES IN UNDERREPRESENTED GROUPS: A STUDY OF ADOLESCENT MENTAL HEALTH | Mei Xiu Zhang, Yifan Lin, Chao Fu |
| | | 6 | COMPARING MUSICAL NOTATION READING TO ALPHABET READING IN DYSLEXIC STUDENTS: TEACHING MUSIC EFFECTIVELY | Althea Johnson |
| | | 7 | DECISION SUPPORT SYSTEMS IN ORGANIZATIONAL LEARNING ENVIRONMENTS FOR IMPROVING MANAGERIAL DECISION-MAKING | Aminu Ibrahim, Olumide Adebayo, Ibrahim Kanu |
| | | 8 | BARRIERS AND OPPORTUNITIES FOR E-GOVERNANCE ADOPTION IN AFRICA: A FOCUS ON CITIZEN ENGAGEMENT | Hassan Okoye, Chuka Nwankwo, Stella Bassey |
| | | 9 | TRANSFER PRICING OPTIMIZATION IN DEVELOPING ECONOMIES: A CASE STUDY FROM NIGERIA | Chijioke Okafor, Olusegun Akinola |
| | | 10 | OPEN INNOVATION IN AFRICAN TECH COMPANIES: LESSONS FROM JUMIA, KONGA, AND PAGA | Femi Adeyemi, Adebayo Obafemi |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / December. 21, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 5** | **Assis. Prof. Dr. Tinashe Moyo** | 1 | PROFESSIONAL COMPETENCY DEVELOPMENT FOR INTERNATIONAL MARKETERS IN NIGERIA | Oluwaseun Balogun, Temidayo Adeyemi |
| | | 2 | DEVELOPING HAZARD AND LOSS GIVEN DEFAULT ESTIMATION MODELS FOR EMERGING MARKETS: INSIGHTS FROM SOUTH AFRICA | Thato Maphosa, Banele Nkosi |
| | | 3 | PERSONALITY TRAITS OF ENTREPRENEURS AND TECHNOLOGICAL INNOVATION IN SOUTH AFRICA | Assis. Prof. Dr. Tinashe Moyo |
| | | 4 | CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY IN THE INDIAN TEXTILE SECTOR | Ravi Kumar Sharma, Priya Mehta |
| | | 5 | FACTORS AFFECTING THE GROWTH OF ECOMMERCE IN SOUTH KOREA | Ji-Hye Kim, Jiwon Lee |
| | | 6 | APPLICATIONS OF STABLE DISTRIBUTIONS IN ECONOMICS AND FINANCIAL MARKETS: A TURKISH PERSPECTIVE | Mehmet Efe Yılmaz, Elif Demircan |
| | | 7 | MULTI-ENTERPRISE COLLABORATION IN THE ARGENTINIAN AGRIBUSINESS SECTOR | Carolina Rodríguez, Felipe Martínez |
| | | 8 | DESIGNING STRATEGY MAPS WITH STRUCTURAL EQUATION MODELING IN THE MIDDLE EAST | Ahmad Saeed, Zaynab Al-Farsi |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / December. 21, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 6** | **Prof. Dr. Mihailo Todorovic** | 1 | COMPLEMENTARITIES OF MULTILATERALISM AND REGIONALISM IN LATIN AMERICA: THE MERCOSUR AND ALBA CASES | Dr. Carlos Eduardo Silva, Dr. Mariana Gómez |
| | | 2 | OPTIMIZING PRODUCTION PLANS USING MULTI-CRITERIA PROGRAMMING | Aleksandar Markovic, Ivana Simic |
| | | 3 | STOCK PRICE PREDICTION USING NEURO-FUZZY SYSTEMS IN THE IRANIAN MARKET | Farhad Karimi, Mohammad Reza Ghaffari |
| | | 4 | ENVIRONMENTAL RESPONSIBILITY AND CORPORATE PERFORMANCE IN NIGERIA | Ifeoma Uzochukwu, Chijioke Obioma |
| | | 5 | DECISION MAKING IN MATERIAL SELECTION FOR SUPPORT BRIDGES | Joko Prasetyo, Rina Anisa |
| | | 6 | CREATING CUSTOMER VALUE THROUGH CRM SYSTEMS IN THE ELECTRONICS SECTOR | Taro Yamada, Dr. Lec. Kenji Watanabe |
| | | 7 | IMPACT OF STOCHASTIC PROCESS MISSPECIFICATION ON INVESTMENT DECISION MAKING | Chen Hsiu-Wei |
| | | 8 | LIABILITY OF HOTEL GUESTS FOR NON-PAYMENT OF SERVICES: A COMPARATIVE ANALYSIS | Prof. Dr. Mihailo Todorovic |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / December. 21, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| SALON 7 | Assis. Prof. Dr. Andrei Popescu | 1 | THE INFLUENCE OF E-COMMERCE WEBSITE PERSONALITY ON CONSUMERS' INITIAL TRUST | Li Hua Zhang, Jian Li Wang, Mei Lin Zhang |
| | | 2 | THE EFFECTIVENESS OF DIGITAL DOCUMENT EXCHANGE SYSTEMS IN CZECH PUBLIC ADMINISTRATION: A COMPARATIVE STUDY | Eva Novotná, Pavel Svoboda, Anna Křížová |
| | | 3 | CREDIT ACCESS AND FARMING PRODUCTIVITY IN PAKISTAN: A DATA ENVELOPMENT ANALYSIS APPROACH | Zahra Ali, Bilal Ahmed, Iqbal Ahmed |
| | | 4 | EXPLORING FACTORS DRIVING THE GROWTH OF ISLAMIC BANKING IN PAKISTAN | Imran Shah, Ali Rehman, Saeed Akhtar |
| | | 5 | STOCK MARKET LINKAGES AND THEIR IMPACT ON CENTRAL AND EASTERN EUROPEAN MARKETS DURING THE FINANCIAL CRISIS | Olivier Dimitriu, Elena Munteanu, Constantin Dinu |
| | | 6 | PROVING EQUILIBRIUM IN ECONOMIC SYSTEMS WITH NON-CONSTANT DEMAND FUNCTIONS: A CONSTRUCTIVE APPROACH | Jiro Nakamura |
| | | 7 | THE NEED FOR OPERATIONAL AUDITING IN IRAN'S ECONOMIC SECTORS: THEORETICAL AND PRACTICAL INSIGHTS | Reza Khosravi |
| | | 8 | THE INFLUENCE OF INFRASTRUCTURE ON INNOVATION IN DEVELOPING COUNTRIES | Abdiye Omer, Khalid Al-Khalil, Omar Al-Tahir |
| | | 9 | MARKET FAILURES IN ECOSYSTEM SERVICES VALUATION: ECONOMIC IMPLICATIONS AND POLICY RECOMMENDATIONS | Assis. Prof. Dr. Andrei Popescu |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / December. 21, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 8** | **Prof. Dr. Wojciech Jablonski** | 1 | COLLABORATION BETWEEN UNIVERSITIES AND INDUSTRY IN AEROSPACE PROJECTS: STUDENT SATELLITE INITIATIVES | Jiang Wei, Li Xiaoyu, Zhang Hui |
| | | 2 | OPTIMIZING CONTAINER PORT OPERATIONS: A SIMULATION STUDY ON MARSHALING YARD STORAGE POLICY | Ali Mohammad, Reza Parsa, Kaveh Danesh |
| | | 3 | STRATEGIC MANAGEMENT OF IT PROJECTS: ROLES AND RESPONSIBILITIES IN SUCCESSFUL EXECUTION | Ali Farhad, Mehran Yazdani, Fatemeh Akbari |
| | | 4 | STOCK MARKET PREDICTION USING A HYBRID MODEL WITH PASSIVE CONGREGATION | Siti Amira, Jibril Hassan, Nor Azah |
| | | 5 | MEASURING INNOVATION PERFORMANCE: CHALLENGES AND APPROACHES | Gulzat Nurlan, Talgat Aset, Sabina Saparova |
| | | 6 | GREEN TECHNOLOGY INNOVATION AND HUMAN RESOURCE STRATEGIES IN THE AUTOMOTIVE SECTOR: A CASE STUDY OF TOYOTA MOTOR CORPORATION | Jie Xu, Minh Tan, Li Wei |
| | | 7 | BIOETHANOL PRODUCTION AS A STRATEGIC SOLUTION FOR MEETING INDIA'S ENERGY DEMAND | Sandeep Kumar, Arvind Sharma, Praveen Bansal |
| | | 8 | KNOWLEDGE SHARING AND ORGANIZATIONAL BEHAVIOR: A FUTURE RESEARCH AGENDA | Shahin Daryaei, Ali Rezaei, Sima Khajeh |
| | | 9 | MODELING CUSTOMER LOYALTY IN THE POLISH BREWING INDUSTRY: AN EMPIRICAL STUDY | Prof. Dr. Wojciech Jablonski |

**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES**
ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**21 Aralık / December. 21, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 9** | **Dr. Nduta W. Mutua** | 1 | STRATEGIES TO REVITALIZE LOCAL OTOP ENTREPRENEURSHIP IN THAILAND: A FOCUS ON INNOVATION AND MANAGEMENT | Sakda Aroon, Chiraporn Chaiyaporn, Nattawut Phonpan |
| | | 2 | FREQUENCY TRADING AND THE ROLE OF OPTIMIZED MOVING AVERAGE STRATEGIES | Hassan Jamil, Fadil Meziou, Nour El-Deen |
| | | 3 | ENTERPRISE RISK MANAGEMENT PRACTICES IN MALAYSIAN PUBLIC LISTED COMPANIES: AN ASSESSMENT | Dr. Azhari Zulkifli, Lec. Farhana Abdul Rashid, Hanafi Ismail |
| | | 4 | ANALYSIS OF THE IMPACT OF INFORMATION SECURITY MEASURES IN EAST AFRICAN COMPANIES: A CASE STUDY | Amani Z. Mwambesi, Joshua T. Makunyi |
| | | 5 | A COMPARATIVE STUDY OF REAL ESTATE INVESTMENTS AND STOCK MARKET RETURNS IN WEST AFRICA | Chike A. Okeke |
| | | 6 | MACHINE LEARNING MODELS FOR IMPROVING HOSPITAL ADMISSIONS PREDICTION IN AFRICA | Kwame D. Asante, Yemi F. Adebayo |
| | | 7 | THE EFFECT OF CONSUMER BEHAVIOR ON LUXURY BRAND PURCHASE INTENTION IN KENYA | Dr. Nduta W. Mutua |
| | | 8 | SUSTAINABLE HUMAN RESOURCE PRACTICES IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY: A STUDY IN SOUTH AFRICA | Thuli S. Dlamini, Sipho B. Ndlovu |
| | | 9 | MARKET SEGMENTATION MODEL FOR BANKING SERVICES IN AFRICA: A CASE STUDY OF ECOBANK | Aminata M. Bah, Nia W. Koroma |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / Dec 22, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 1** | **Prof. Dr. Nesrin Ada** | 1 | KUŞAKLARARASI ÇEŞİTLİLİK VE ÇATIŞMA YÖNETİMİ: İŞ YERİNDE UYUM VE VERİMLİLİK İÇİN STRATEJİLER | Öğr. Gör. Dr. Şerife KUZGUN |
| | | 2 | SAĞLIK ÇALIŞANLARININ POLİTİK ETKİNLİK VE YETERLİLİKLERİNİN DEMOGRAFİK ÖZELLİKLERİNE GÖRE İNCELENMESİ | Araştırmacı, TOLGA BİRCAN<br>Dr. Öğr. Üyesi, DİLEK ÖZSOY |
| | | 3 | A STUDY TO DETERMINE THE RELATIONSHIP BETWEEN ENTREPRENEURIAL CHARACTERISTICS AND WHISTLEBLOWING TENDENCIES OF HEALTH PROFESSIONALS | Nicat Quliyev<br>Doç. Dr. Fuat YALMAN |
| | | 4 | RESISTANCE TO CHANGE IN ORGANIZATIONS: AN ANALYSIS THROUGH A SYSTEMATIC APPROACH | Prof. Dr. Nesrin Ada |
| | | 5 | TRENDS AND PATTERNS IN WORKAHOLISM: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS | Assoc. Prof. Halime GÖKTAŞ KULUALP<br>Instructor Ahmet TOPBAŞ |
| | | 6 | KUANTUM YÖNETİMİ ÜZERİNE KAVRAMSAL BİR İNCELEME | Doç. Dr. Canan YILDIRAN |
| | | 7 | SAĞLIK ÇALIŞANLARINDA ÖRGÜTSEL BAĞLILIK | Yüksek Lisans Öğrencisi: Emine Hatun ÜNLÜLER ÖZKAN |
| | | 8 | SAĞLIK YÖNETİMİNDE KADIN | Dr. Öğr. Üyesi Sema DALKILIÇ |

| ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>December 20 - 22, 2024<br>VAN<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **22 Aralık / Dec 22, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| **HALL / SALON 2** | **Doç. Dr. Mehmet Akif Duman** | 1 | THE DEVELOPMENT OF GESTURES AND FACİAL EXPRESSİONS İN EARLY LANGUAGE ACQUİSİTİON STAGES | Doç. Dr. Mehmet Akif Duman |
| | | 2 | GRAMMAR ACQUİSİTİON WİTHİN THE FRAMEWORK OF JEAN PİAGET'S COGNİTİVE DEVELOPMENT THEORY | Doç. Dr. Mehmet Akif Duman |
| | | 3 | ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND TEFL: TRANSFORMATION INTO THE LEARNING ECOSYSTEM OF THE FUTURE | Dr. Hakan Aydoğan |
| | | 4 | ASPECTS, MODALS AND MODALITY AS THE EXPRESSIVE WEALTH OF TURKISH LANGUAGE | Öğr. Gör. MURAT GÖKMEN |
| | | 5 | FARSÇA VE KÜRTÇE EDEBİYATIN BİRLEŞİMİNDEKİ SES: MESTÛRE ERDELÂN VE ŞİİRLERİNDEKİ TEMALAR | Dr. Hatice YILMAZ ASLAN |
| | | 6 | AN INVESTIGATION OF THE İSSUES ARISING FROM SYNTACTIC DIFFERENCES BETWEEN PASHTO AND TURKISH İN TEACHING TURKISH AS A FOREIGN LANGUAGE | Rafiullah Haqmal |

| ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES<br>ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES<br>MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION<br>December 20 - 22, 2024<br>VAN<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **22 Aralık / Dec 22, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| **HALL / SALON 3** | **Dr. Öğr. Üyesi Erdoğan EKŞİOĞLU** | 1 | THE EFFECT OF PUBLIC DEBT ON ECONOMIC GROWTH IN THE POST- PANDEMIC PERIOD: AN EMPIRICAL ANALYSIS ON DEVELOPING COUNTRIES | Doç. Dr. Ali KONAK<br>Öğr. Gör. Dr. GÜLTEKİN TOPALOĞLU<br>Dr. Öğr. Üyesi. Mehmet Akif PEÇE |
| | | 2 | ASYMMETRIC EFFECTS OF UNEMPLOYMENT, INFLATION AND CHANGES IN MONEY SUPPLY ON ECONOMIC GROWTH IN TURKEY DURING THE PANDEMIC PERIOD | Dr. Öğr. Üyesi. Mehmet Akif PEÇE<br>Doç. Dr. Ali KONAK<br>Dr. Emrah ÜSTÜNDAĞ |
| | | 3 | KADIN GIRIŞIMCILIĞINI ETKILEYEN FAKTÖRLER: İZMIR ÖRNEĞI | Araştırmacı, GİZEM AYDOĞDU |
| | | 4 | AN APPLICATION ON THE EFFECT OF CASH LOANS ON ECONOMIC GROWTH | Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül ERTUĞRUL<br>Arş. Gör. İlknur KÜLEKÇİ |
| | | 5 | CHANGE IN REAL PURCHASING POWER OF MINIMUM WAGE IN THE FACE OF PRICE INCREASE OF BASIC FOOD GOODS IN TURKEY FROM 2019 TO 2024 | Dr. Öğr. Üyesi Erdoğan EKŞİOĞLU |
| | | 6 | AN APPLICATION ON THE EFFECT OF CREDIT CARD BASED PAYMENTS AND CONSUMER LOAN INTEREST ON INFLATION IN TURKEY | Dr. Öğr. Üyesi Erdoğan EKŞİOĞLU |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / Dec 22, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 4** | **Doç. Dr. ÜMMET ERKAN** | 1 | LEGAL REGULATION OF THE MEDIATION IN LABOUR DISPUTES IN BULGARIAN LAW | Assoc. prof. Ivaylo Staykov, DSc |
| | | 2 | TÜRK HUKUKUNDA SİGORTA ACENTESİNİN AYDINLATMA/BİLGİLENDİRME YÜKÜMLÜLÜĞÜ | Dr. Öğr. Üyesi Tuğba ÇİFTÇİ |
| | | 3 | BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF GRADUATE THESES AND NATIONAL ARTICLES ON CONSTRUCTION CONTRACTS IN RETURN FOR FLAT/EXCHANGE FOR LAND SHARE | Av. Oğuzhan Hekimoğlu<br>Doç. Dr. Fatih GÜLER |
| | | 4 | BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF GRADUATE THESES PREPARED IN REAL ESTATE RELATED DEPARTMENTS | Av. Arb. Mustafa Burak GÜLER<br>Doç. Dr. Fatih GÜLER |
| | | 5 | ORYANTALİZM VE OKSİDENTALİZM BAĞLAMINDA CEMİL MERİÇ | Doç. Dr. ÜMMET ERKAN |
| | | 6 | İSRAİL FİLİSTİN SORUNU BAĞLAMINDA CARL SCHMİT'İN SİYASAL TEOLOJİSİ | Doç. Dr. ÜMMET ERKAN |
| | | 7 | GEÇİCİ KORUMA STATÜSÜ | HALİL KOÇASLAN<br>DR. SİBEL AKŞAHİN POLAT |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / Dec 22, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 5** | **Doç. Dr. Öznur IŞINKARALAR** | 1 | EXAMPLES OF LOCAL AND NON-LOCAL ARID PLANTS THAT CAN BE USED IN ANATOLIAN GEOGRAPHY | Arş. Gör. Seher Simay KUŞOĞLU<br>Prof. Dr. Mehmet Emin BARIŞ |
| | | 2 | ESKİŞEHİR YAYA BÖLGELERİNİN KENTSEL ÇEVRE ESTETİĞİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME | Doç. Dr. Öznur IŞINKARALAR<br>Doç. Dr. Kaan IŞINKARALAR |
| | | 3 | KENTSEL ÖLÇEKTE TİCARET VE KONUT ALANLARINDA KİRLETİCİLERİN İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNE ETKİSİ | Doç. Dr. Kaan IŞINKARALAR<br>Doç. Dr. Öznur IŞINKARALAR |
| | | 4 | CARBON MANAGEMENT IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY THROUGH CARBON CAPTURE, UTILIZATION, AND STORAGE TECHNOLOGIES | Anıl KUL<br>Öznur KOCAER |
| | | 5 | ISO 14001 ÇEVRE YÖNETİM, ISO 45001 IŞ SAĞLIĞI GÜVENLİĞİ YÖNETİM SİSTEMİ ARASINDAKİ İLİŞKİ | MELİH ÇEVİK<br>Prof. Dr. ŞÜKRÜ ASLAN |
| | | 6 | KAYNAĞINDAN MUSLUĞA: İÇME SUYU TEMİN ZİNCİRİNİN TEK SAĞLIK PERSPEKTİFİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ | Dr. Öğretim Üyesi Nursel KIRATLI YILMAZÇOBAN |
| | | 7 | Su Mikrobiyomu ve Antimikrobiyal Direnç | Dr. Öğretim Üyesi Nursel KIRATLI YILMAZÇOBAN |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / Dec 22, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 6** | **Assoc. Prof. Dr. Dilek KILINÇ** | 1 | CATALYTIC KBH4 DEHYDROGENATION RECTION BY Fe-NP@CeO2 | Assoc. Prof. Dr. Dilek KILINÇ |
| | | | IMPROVING HYDROGEN EVOLUTION WITH Pd-SB@TiO2 CATALYST | Assoc. Prof. Dr. Dilek KILINÇ |
| | | 3 | EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF MICRO-SYNTHETIC FIBER AND SILICA FUME RATIOS ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF GEOPOLYMER CONCRETE EXPOSED TO ACID AND SULFATE ATTACK | Dr. BARIŞ BAYRAK<br>MSc Student, YASEMİN ÖZBEN<br>Prof. Dr. ABDULKADİR CÜNEYT AYDIN |
| | | 4 | LIQUID PHASE-BASED MICROEXTRACTION TECHNIQUES AND THEIR USE FOR DIFFERENT SAMPLE MATRICES | Arş. Gör. Seçkin FESLİYAN<br>Prof. Dr. Adil ELİK<br>Prof. Dr. Nail ALTUNAY |
| | | 5 | USE OF EXPERIMENTAL DESIGN AND DEEP EUTECTIC SOLVENTS BASED MICROEXTRACTION TECHNIQUES FOR HEAVY METALS Fe, Mn AND Zn | Arş. Gör. Seçkin FESLİYAN<br>Prof. Dr. Adil ELİK<br>Prof. Dr. Nail ALTUNAY |
| | | 6 | FLEXURAL PROPERTIES OF NATURAL FIBER REINFORCED HIGH DENSITY POLYETHYLENE COMPOSITES WITH COMPATIBILIZER ADDITIVES | Chemical Eng. MELİKE NUR YENİGÜN<br>Prof. Dr. HÜSEYİN ÜNAL |
| | | 7 | FUNCTİONAL FOODS AND MOLECULAR DOCKİNG: POTENTİAL APPLİCATİONS İN ALZHEİMER'S DİSEASE | Dr. Öğr. Üyesi Adem NECİP |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / Dec 22, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 7** | **Doç. Dr. Sinem ŞAHNAGİL** | 1 | CUMHURİYETİN 100 YILINI TAMAMLARKEN POLİTİKA BELGELERİNDE KÜLTÜREL MİRAS YÖNETİMİ ÜZERİNE BİR İNCELEME | BURÇİN YILMAZ ALTOP<br>Dr.Öğr.Üyesi ŞERMİN ATAK ÇOBANOĞLU |
| | | 2 | BÜTÜNLEŞİK KALKINMA POLİTİKALARININ UYGULANMASINA YEREL HALKIN YAKLAŞIMI: BOZCAADA ÖRNEĞİ | DİLEK TEZCAN SÖNMEZ<br>Dr. Öğr. Üyesi ŞERMİN ATAK ÇOBANOĞLU |
| | | 3 | A PUBLIC POLICY MOVE AGAINST DATA IMPERIALISM: “DIGITAL TURKEY VISION” | Doç. Dr. Sinem ŞAHNAGİL |
| | | 4 | TÜRKİYE’NİN AB ÇEVRE POLİTİKALARINA UYUMU: İLERLEME RAPORLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ | Öğr. Gör. Dr. Derya KAMAN |
| | | 5 | YEREL YÖNETİMLER VE ÇOCUK OYUN ALANLARI: GÜVENLİK VE ERİŞEBİLİRLİK | Dr. Derya KAMAN<br>Doç. Dr. Raziye PEKŞEN AKÇA |
| | | 6 | LEGAL SOURCES OF TAXATION AND THE FUNDAMENTAL PRINCIPLES OF THE CONSTITUTION AFFECTING TURKISH TAX LAW | Av. Murat KALKAN<br>Prof. Dr. Hayriye IŞIK |
| | | 7 | TIME PERIODS IN TAX LAW AND FACTORS AFFECTING THEM | Av. Murat KALKAN<br>Prof. Dr. Hayriye IŞIK |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / Dec 22, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 8** | **Prof. Dr. RAMAZAN ADIBELLİ** | 1 | BİʼSET DÖNEMİ ROMA SASANİ SAVAŞI KURʼÂNʼDA İFÂDE EDİLEN “MÜMİNLERİN SEVİNCİ” ÜZERİNE DEĞERLENDİRMELER | Doç. Dr. Halit BOZ<br>Dr. Öğr. Üyesi Abdulhalim ABDULLAH |
| | | 2 | KURʼANʼDA KİNAYE SANATI | Doç. Dr. Halit BOZ<br>Dr. Öğr. Üyesi Abdulhalim ABDULLAH |
| | | 3 | İSLAM HUKUKU BAĞLAMINDA HAYREDDİN KARAMANʼIN GÖRÜŞLERİ | Yüksek Lisans Öğrencisi Bedia ÇAKIR |
| | | 4 | THE ROLE OF SUNNAH IN THE UNDERSTANDING OF THE QUR’AN - A STUDY IN THE CONTEXT OF ZAKAT VERSES - | Assoc. Prof. Dr. Abdurrahman Ensari |
| | | 5 | TARİHSEL DURUM KARŞISINDA HRİSTİYANLIKTAKİ SEVGİ RETORİĞİ | Prof. Dr. RAMAZAN ADIBELLİ |
| | | 6 | VALLADOLID TARTIŞMASI BAĞLAMINDA AVRUPALILARIN ÖTEKINE BAKIŞI | Prof. Dr. RAMAZAN ADIBELLİ |
| | | 7 | FAHREDDİN ER-RAZİʼNİN AHLAK ANLAYIŞI ÇERÇEVESİNDE MEFATİHUʼL-GAYB ADLI ESERİN ANALİZİ | Kübra Ayvaz |
| | | 8 | TÜRK TOPLUMUNDA SPİRİTÜEL ARAYIŞLARI TÜRK DİZİLERİNDE GÖZLEMLEMEK: (DİSNEY PLUS) ‘ARAYIŞ’ DİZİSİ ÖRNEĞİ | Araş. Gör. Dr. Ahmet Selim DEMİRYÜREK |
| | | 9 | TÜRK TOPLUMUNDA SPİRİTÜEL ARAYIŞLARA YÖNELEN İKİ PROFİL: SPİRİTÜEL VE DİNDAR- SPİRİTÜEL AMA DİNDAR DEĞİL | Araş. Gör. Dr. Ahmet Selim DEMİRYÜREK |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / Dec 22, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 9** | **Assoc. Prof. Dr. Yahya ÖZDOĞAN<br>Res. Asst. Zehra Nur BEŞLER** | 1 | MOTIVATION TO BE A PARENTER AND MIDWIFERY CARE | Assis. Prof., Demet ÇAKIR<br>Assis. Prof., Vasviye EROĞLU<br>Lecturer, Arslan SAY |
| | | 2 | MATERNAL AND NEONATAL CONSEQUENCES OF MATERNAL OBESITY | Assis. Prof., Demet ÇAKIR<br>Lecturer, Arslan SAY<br>Assis. Prof., Vasviye EROĞLU |
| | | 3 | THE PLACE OF SURGERY AND OPERATING ROOM NURSES IN THE TRANSPLANTATION PROCESS IN THE RECIPIENT PATIENT | Student Nurse, Abdullah ARSLAN,<br>Student Nurse, Nisa AYTAN,<br>Asist Prof., Hatice ERDOĞAN, |
| | | 4 | GHRELIN AND DOPAMINE: THE ROLES OF APPETITE REGULATION | Dyt, RUMEYSA ATA<br>Dr. Öğr. Üyesi, RAHİME EVRA KARAKAYA |
| | | 5 | INSULIN RESISTANCE AND NUTRITIONAL APPROACHES: CURRENT RESEARCH AND CLINICAL PRACTICES | Assoc. Prof. Dr. Yahya ÖZDOĞAN<br>Res. Asst. Zehra Nur BEŞLER |
| | | 6 | NUTRITIONAL APPROACHES IN SYMPTOM MANAGEMENT AND QUALITY OF LIFE IMPROVEMENT IN IRRITABLE BOWEL SYNDROME | Assoc. Prof. Dr. Yahya ÖZDOĞAN<br>Res. Asst. Zehra Nur BEŞLER |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 1** | **Dr. Pieter van der Meer** | 1 | INTEGRATED APPROACHES TO SMART MANUFACTURING AND MECHATRONICS DESIGN | Dr. Taro Nakamura, Dr. Sophia Akintola, |
| | | 2 | ADVANCED SIMULATION TECHNIQUES FOR ELECTRIC SKID-STEERING VEHICLES | Dr. Amara Diouf Dr. Pieter van der Meer, |
| | | 3 | ANALYSIS OF EXPANSION-INDUCED IRONING IN ADVANCED WELL CASING TECHNOLOGIES | Dr. Rodrigo Souza, Dr. Aisha El-Sayed, |
| | | 4 | DEVELOPMENT OF INDOOR DRONE SYSTEMS FOR CREATIVE INDUSTRY INNOVATIONS | Dr. Musa Khan Dr. Laura Ricci, |
| | | 5 | EMOTIONALLY INTELLIGENT ROBOTS FOR SOCIAL INTERACTION | Dr. Sarah Kim Dr. João Silva, |
| | | 6 | ADVANCING EMOTION-SENSITIVE AI IN ROBOTIC SYSTEMS: A STUDY OF MULTIMODAL EMOTION RECOGNITION APPROACHES | Adebayo Okoro, Li Wei, Maria Nunes |
| | | 7 | IMPACT ASSESSMENT OF LEAN MANUFACTURING ON ORGANIZATIONAL SUCCESS: A STRUCTURAL ANALYSIS FRAMEWORK | Tariro Chikafu, |
| | | 8 | DESIGN AND ANALYSIS OF A DUAL-ACTUATED MICROGRIPPER FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS | Mariam Sow, Javier Rodríguez, Wei Zhang |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 2** | **Dr. Elias Moreno** | 1 | ROBUST CONTROL DESIGN FOR 3-DOF HELICOPTER SYSTEMS USING ADVANCED LQR-PID METHODS | Manuel Silva, Aisha Ahmed, Sophia Kim |
| | | 2 | ENHANCING POWER QUALITY THROUGH ADAPTIVE FUZZY PID CONTROL OF ACTIVE POWER FILTERS | Fatou Ndiaye, Elias Moreno |
| | | 3 | ROBUST CONTROL DESIGN FOR 3-DOF HELICOPTER SYSTEMS USING ADVANCED LQR-PID METHODS | Manuel Silva, Aisha Ahmed, Sophia Kim |
| | | 4 | ENHANCING POWER QUALITY THROUGH ADAPTIVE FUZZY PID CONTROL OF ACTIVE POWER FILTERS | Fatou Ndiaye, Dr. Elias Moreno |
| | | 5 | INNOVATIVE EYE-TRACKING CONTROL SYSTEM FOR WHEELCHAIR NAVIGATION USING EOG TECHNOLOGY | Diana Oliveira, Ahmed Khan, Maya Tanaka |
| | | 6 | LOW-COST ELECTROMYOGRAPHIC SIGNAL AMPLIFICATION SYSTEM FOR PORTABLE APPLICATIONS | Ahmed O. Ibrahim, Chike N. Okeke , Sophia Mensah |
| | | 7 | ENHANCING SINGLE-PHASE INVERTER PERFORMANCE USING EMBEDDED PWM CONTROLLERS | Dr. João P. Silva, Maria C. Costa |
| | | | OPTIMIZATION OF LOAD FREQUENCY CONTROL USING GENETIC ALGORITHMS | Wanjiku N. Mwangi, Joseph A. Otieno |
| | | 8 | AERODYNAMIC MODELING OF MORPHING STABILIZERS FOR BUSINESS JETS | Hassan M. Yusuf, Yoon S. Park, Fatima B. Sadiq |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 3** | **Assis. Prof. Dr. Marco dos Santos** | 1 | SECURE ADS-B SYSTEMS USING HYBRID MODULATION TECHNIQUES | Jia L. Wong, Mei C. Huang, Thuy T. Nguyen |
| | | 2 | PERFORMANCE ANALYSIS OF AIR COOLING SYSTEMS WITH VARIABLE GENERATOR PRESSURE | Lamia M. Hussein, Kenji T. Yamada |
| | | 3 | IMPACT OF VARIABLE PRIMARY STREAM CONDITIONS ON THE PERFORMANCE OF EJECTOR COOLING SYSTEMS | Rafael Moreira, Jie Zhang, Ahmed Saleh, Samuel Okoro |
| | | 4 | TIME-DOMAIN ANALYSIS OF FLOATING WAVE ENERGY CONVERTER PERFORMANCE | Yuki Nakamura, Mei Lin, Peter Mensah |
| | | 5 | EVALUATION OF A HIGH-VOLTAGE GAIN DC/DC CONVERTER FOR SOLAR ENERGY APPLICATIONS | Chen Wei, Fatima Haddad, Assis. Prof. Dr. Marco dos Santos |
| | | 6 | ANALYSIS OF CHILDHOOD POISONING ADMISSIONS IN LIBYA: THREE-YEAR RETROSPECTIVE STUDY | Fatima Al-Bakri, Mohamed Hassan, Elena Petrov |
| | | 7 | EFFECTS OF PROLACTIN ALTERATIONS ON MALE REPRODUCTIVE FUNCTION IN WHITE RATS | Hassan Ali, |
| | | 8 | IMPACT OF DEXAMETHASONE ON REPRODUCTIVE HEALTH IN JUVENILE RATS | A. Rahimi, M. Amara |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 4** | **Z. Kambarov** | 1 | COMPARATIVE ANALYSIS OF VMAT AND IMRT FOR OPTIMIZED CANCER TREATMENT | M. Taqi, Z. Kambarov |
| | | 2 | UNDERSTANDING AUTISM IN THE MIDDLE EAST: CHALLENGES AND INTERVENTIONS | R. Ali, H. Karim, S. Farooq |
| | | 3 | VALIDATING IGG ELISA FOR DIET-RELATED ALLERGIES IN DOGS | A. Van Zyl |
| | | 4 | GENETIC DIVERSITY OF OCT1 IN ZULU POPULATIONS: IMPLICATIONS FOR DRUG RESPONSE | N. Maseko, L. Dlomo, T. Buthelezi |
| | | 5 | EFFECTIVENESS OF ANTIGRAVITY TRAINING IN REDUCING OBESITY IN CHILDREN | B. El-Naggar, M. Hussein |
| | | 6 | ENHANCEMENT OF PHOTOVOLTAIC OUTPUT PREDICTION USING ADVANCED SOLAR DATA DECOMPOSITION METHODS | Arjun Singh, Kavya Nair, Ramesh K. Yadav |
| | | 7 | OPTIMIZATION OF ENERGY STORAGE IN SOLAR-INTEGRATED DISTRIBUTION NETWORKS | Chiamaka Okafor, Adewale Oladipo, Esther Ngozi |
| | | | TRANSFORMING LEBANON'S ENERGY LANDSCAPE THROUGH HYBRID MICROGRIDS | Authors: Nada Abdallah, Fouad El Hassan |
| | | | TRANSFORMING LEBANON'S ENERGY LANDSCAPE THROUGH HYBRID MICROGRIDS | Dr. Nada Abdallah, Assis. Prof. Fouad El Hassan |
| | | 8 | INVESTIGATING BLADE DESIGN INFLUENCES ON VIBRATION OF VERTICAL AXIS WIND TURBINES | Anika Basu, Pranav Desai, Kiran M. Rao |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 5** | **Assoc. Prof. Dr. F. Mahmoud** | 1 | LEAKAGE IMPACT ON THE DURABILITY OF SOLID OXIDE ELECTROLYSIS CELLS | Fatima Al-Hassan, Khaled Saleh, Aisha Khalil |
| | | 2 | INNOVATIVE THERMOCHEMICAL ENERGY STORAGE FOR SUSTAINABLE TRANSPORTATION | Daniel Owusu, Grace Agyeman |
| | | 3 | ENHANCING ENERGY EFFICIENCY THROUGH SMART MICRO-GRID INTEGRATION: CASE STUDIES FROM SOUTHEAST ASIA | N. T. Vu, L. H. Pham, J. W. Han, Priya Kumari, Ahmed Nasir |
| | | 4 | EMPOWERING CLINICAL PRECEPTORS: STRATEGIES FOR IMPROVING NURSING EDUCATION IN EAST AFRICA | Fatima Mwangi, Samuel Otieno |
| | | 5 | ADVANCING NUTRITIONAL CARE FOR PEDIATRIC CANCER PATIENTS: A NURSING PERSPECTIVE | Dr. R. Choudhury, Dr. A. Das |
| | | 6 | IMPROVING HEALTH OUTCOMES FOR FEMALE INMATES: NURSING INTERVENTIONS IN NIGERIA | Maryam Bello, Nkechi Nwosu, Zhang Ming |
| | | 7 | DEVELOPING NURSE LEADERSHIP IN CHALLENGING ENVIRONMENTS: INSIGHTS FROM IRAQ | Assoc. Prof. Dr. F. Mahmoud, Dr. A. Ibrahim |
| | | 8 | | |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| SALON 6 | Assis. Prof. Dr. Francis Mulumba | 1 | EXPLORING RESILIENCE IN HEMODIALYSIS PATIENTS: A STUDY FROM BRAZIL | Ana P. Ferreira, João M. Oliveira, Camila R. Mendes |
| | | 2 | EFFECTS OF ENZYMATIC TREATMENT ON THE FUNCTIONALITY OF RICE FLOUR: A FOCUS ON RESISTANT STARCH | Nadia Mwenda, Rui Li, Ahmed Farouk |
| | | 3 | THE ROLE OF PEER INTERVENTION IN ENHANCING COMMUNICATION SKILLS AMONG HEALTHCARE STUDENTS | Chukwudi Okafor, Mei Ling Tan, Sipho Mokoena |
| | | 4 | EVALUATING THE COMPETENCIES OF MID-CAREER NURSES IN MALAYSIAN HOSPITALS | Dr. Fatimah Ismail, Yara B. Hassan, Tien Vu Tran |
| | | 5 | AWARENESS AND UTILIZATION OF MATERNAL HEALTH SERVICES AMONG WOMEN IN ACCRA, GHANA | Esi Mensah, Thuy Anh Pham, Olukemi Adebayo |
| | | 6 | BARRIERS TO CHILDHOOD IMMUNIZATION AMONG MIGRANT POPULATIONS IN CAMEROON | Fola Adeyemi, Isabelle A. Kouma, Tatenda Chidzero |
| | | 7 | IMPROVING RURAL PALLIATIVE CARE NETWORKS THROUGH DIGITAL INTEGRATION: A STUDY IN UGANDA | Dr. James Okello, Ruth Nyangoma, Assis. Prof. Dr. Francis Mulumba |
| | | 8 | | |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 7** | **Dr. Sofia Almeida,** | 1 | THE IMPACT OF DIALYSIS-INDUCED STRESS ON PATIENT OUTCOMES: A STUDY FROM EGYPT | Fatima S. Hassan, Dr. Ahmed M. Zaki |
| | | 2 | IMPROVING NURSING PRACTICES IN PEDIATRIC DENTAL CARE: A SYSTEMATIC REVIEW | Dr. Mariam Konaté, Dr. Felix Okoro |
| | | 3 | ASSESSING TEAMWORK SKILLS THROUGH SIMULATION IN UNDERGRADUATE HEALTH EDUCATION | E. Ndanga, T. Owusu, R. Kamau, P. Karume, J. Sibanda |
| | | 4 | YOGA AS A HOLISTIC APPROACH FOR IMPROVING QUALITY OF LIFE IN CHILDREN WITH CANCER | Dr. Kwame Addae |
| | | 5 | SOCIAL DYSFUNCTION IN SCHIZOPHRENIA: THE IMPACT OF SUBSTANCE MISUSE AND SUPPORT SYSTEMS | Dr. Sofia Almeida, Dr. Lucas Martins, Dr. Mariana Costa |
| | | 6 | PERFORMANCE DIFFERENCES IN CARDIO-RESPIRATORY FITNESS AMONG ATHLETES: A COMPARATIVE STUDY | Dr. Ayesha Rehman, Dr. Lukas Meier |
| | | 7 | OVERCOMING BARRIERS IN INTRAMURAL SPORTS PROGRAMS IN SECONDARY SCHOOLS: CASE STUDY FROM LAGOS, NIGERIA | Adebayo Adekunle, Fatima Yusuf |
| | | 8 | IMPACT OF DIETARY STRATEGIES ON RESISTANCE TRAINING OUTCOMES: A CASE STUDY IN BRAZIL | Lucas Mendes Clara Souza, |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 8** | **Dr. Olivia Costa,** | 1 | AERODYNAMIC OPTIMIZATION IN CYCLING TEAM EVENTS: ANALYSIS FROM WIND TUNNEL TESTING IN SOUTH KOREA | Ji-Hoon Park, Min-Young Kim, |
| | | 2 | FOOTBALL JERSEY CULTURE AND FAN LOYALTY: PERSPECTIVES FROM SOUTH AFRICAN YOUTH | Sipho Dlamini Thandeka Mbatha |
| | | 3 | ENHANCING JUDO PERFORMANCE IN VISUALLY IMPAIRED ATHLETES: AN EMPIRICAL STUDY IN BRAZIL | Ana Beatriz Silva Gustavo Santos |
| | | 4 | PHYSICAL ACTIVITY AND COGNITIVE DEVELOPMENT IN CHILDREN: A COMPARATIVE STUDY IN KENYA | Peter Okello, Grace Wanjiku |
| | | 5 | THE EFFECT OF PHYSICAL EXERCISE ON ADIPOKINES AND MYOSTATIN: A COMPREHENSIVE REVIEW | Dr. Renata Oliveira, Dr. Marcelo Souza |
| | | 6 | EFFECT OF COMBINED RESISTANCE TRAINING AND MILK CONSUMPTION ON CARDIAC BIOMARKERS IN SENIOR HIGH SCHOOL STUDENTS | Alessandro Nunes, Dr. Olivia Costa, Dr. Thiago Almeida |
| | | 7 | EVALUATING THE QUALITY STANDARDS OF HOSPITAL PHARMACIES IN TEACHING HOSPITALS IN KERMANSHAH, IRAN | Dr. Amir Reza Bahaei, Dr. Sara Rahimi |
| | | 8 | COMPARING THE EFFICACY OF THIOPENTAL-FENTANYL VERSUS MIDAZOLAM-FENTANYL FOR ORTHOPEDIC PROCEDURES IN EMERGENCY DEPARTMENT | Dr. Natalia Vasquez, Dr. Javier Hernandez, Dr. Miguel Silva |
| | | 9 | ANALYZING FETAL AND INFANT MORTALITY RATES AND MATERNAL HEALTHCARE IN BOTUCATU, BRAZIL | Dr. Lucas Pereira, Dr. Gabriela Costa, Dr. Rafaela Santos |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 9** | **Dr. Milena Stefanova** | 1 | TREATING VACTERL ASSOCIATION WITH LYMPHOCYTE THERAPY IN PREGNANT WOMEN | Dr. Alina Varga, Dr. Dimitri Petrov, Dr. Milena Stefanova |
| | | 2 | HEALTHCARE INTEGRATION WITHIN SMART IDENTITY CARDS: A NOVEL FRAMEWORK FOR ADOPTION AND PRIVACY | Aliyah Akram, Rashid Mahmood, Fahad Shahid |
| | | 3 | GENE SELECTION OPTIMIZATION IN LUNG AND OVARIAN CANCER USING STATISTICAL METHODS AND ALGORITHMS | Farida Hameed, Khalid Mirza, Muhammad Usman |
| | | 4 | EFFECTS OF BLEEDING DURING EARLY PREGNANCY ON PERINATAL OUTCOMES: A COMPARATIVE STUDY | Benedicta Ndukwe, Sarah Mbouh, Joy Owona |
| | | 5 | ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE OF CARBON-COATED LIFEP4 AS CATHODE MATERIAL FOR LITHIUM-ION BATTERIES | Hui Zhang, Yuting Li, Qiao Zhang |
| | | 6 | IMPROVEMENTS IN ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE OF AL-DOPED LINI1/3CO1/3MN1/3O2 CATHODES FOR HIGH-VOLTAGE LITHIUM-ION BATTERIES | Zhenyu Li, Yuxuan Zheng, Jianbo He |
| | | 7 | FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF 3D SNO LEAFY NANOSTRUCTURES FOR LI-ION BATTERIES | Marwan Al-Abed, Noura Al-Muqbali, Salma Al-Hashimi |
| | | 8 | PROPANE DEHYDROGENATION OVER PLATINUM-TIN CATALYSTS SUPPORTED ON MAGNESIUM ALUMINATE WITH VARYING MG/AL RATIOS | Dr. Emmanuel Nkurunziza, Dr. Lydia Mwangi |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 10** | **Dr. Haruto Tanaka,** | 1 | EXPERIMENTAL ANALYSIS OF FIRE-RESISTANCE IN ECO-FRIENDLY CORRUGATED SANDWICH PANELS | Dr. Haruto Tanaka, Dr. Amina Sayeed |
| | | 2 | SYNTHESIS AND ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE OF 3D SNO CABBAGE NANOSTRUCTURES AS ANODE MATERIAL FOR LITHIUM-ION BATTERIES | Dr. Sameer Uddin, Dr. Khaled Al-Mohammed |
| | | 3 | IMPROVING BASKETBALL PERFORMANCE PREDICTION USING ADVANCED MACHINE LEARNING TECHNIQUES | Carlos Silva, Mariana Andrade, João Oliveira, Lucas Pereira |
| | | 4 | EXPLORING MOTIVATION AND ANXIETY IN SPORTS ACROSS EDUCATIONAL STAGES | Ahmed Osman, Sara Al-Masri, Youssef Khaled, Leila Ahmed |
| | | 5 | COMPARATIVE STUDY OF JOINT FLEXIBILITY BETWEEN CYCLISTS AND SWIMMERS | Chen Wei, Ling Zhang |
| | | 6 | ADVANCING PSYCHOMOTOR ASSESSMENT METHODS IN PRESCHOOL CHILDREN | Fatima Suleiman, Ahmed Musa |
| | | 7 | ASSESSING SUPPORT PROGRAMS FOR ELITE ATHLETES IN CAREER TRANSITIONS | Fatemeh Mohammadi, Hossein Rezaei, Zahra Karimi, Parisa Ahmadi |
| | | 8 | MECHANISMS OF BADMINTON INJURIES IN ADOLESCENTS: A MEDICAL PERSPECTIVE | Hiroshi Tanaka, Yuki Nakamura, Akiko Yamamoto |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / Dec 22, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 1** | **Doç. Dr., BİRGÜL ALICI** | 1 | MARTIN HEIDEGGER'İN "TEKNİĞİN ÖZÜ" DÜŞÜNCESİNE İKURİ (1952) FİLMİ ÜZERİNDEN BAKMAK | Doç. Dr., BİRGÜL ALICI |
| | | 2 | RADYO YAYINCILIĞININ DÖNÜŞÜMÜ VE PODCAST HABERCİLİĞİ | Doç. Dr. Kenan ATEŞGÖZ |
| | | 3 | AFET YÖNETİMİNDE YENİLİKÇİ TEKNOLOJİLER: SİVİL SAVUNMA VE GÜVENLİKTE DİJİTAL DÖNÜŞÜM | Doç. Dr. Selin BİTİRİM OKMEYDAN |
| | | 4 | SENTIMENT MAP OF THE PALESTINIAN-ISRAELI CONFLICT ON TWITTER (X): AN IN-DEPTH ANALYSIS OF PUBLIC PERCEPTION | Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GAZİ |
| | | 5 | REPRESENTATİONS OF GENDER AND IDENTİTY İN THE FİLM BLUE İS THE WARMEST COLOUR: AN ANALYSİS FROM THE PERSPECTİVE OF QUEER THEORY | Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GAZİ |
| | | 6 | HALK BİLİMİ UNSURLARININ AKTARIMINDA VE DEĞERLER EĞİTİMİNDE SEVİMLİ SABAHLAR ÇİZGİ DİZİSİ | Dr. Öğr. Üyesi Damlanur KÜÇÜKYILDIZ GÖZELCE |
| | | 7 | | |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / Dec 22, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 2** | **Research Assist. Merve KARAKOYUN** | 1 | TÜRKİYE'NİN İPEK ÜRETİM POTANSİYELİNİN GELİŞTİRİLMESİNDEKİ KISITLAR VE ÖNERİLER: BİR TEDARİK ZİNCİRİ YAKLAŞIMI | Zir. Müh. Gül BİNBOĞA<br>Prof. Dr. Nevin DEMİRBAŞ |
| | | 2 | THE POTENTIAL AND POSSIBILITIES OF USING MYCORRHIZA IN SUSTAINABLE AGRICULTURE | Research Assist. Merve KARAKOYUN<br>Assoc. Prof. Dr. Muzaffer İPEK |
| | | 3 | İNTRODÜKSYİON YÖNTEMİYLE ELDE EDİLEN İLERİ KADEME MERCİMEK GENOTİPLERİNİN ÖNEMLİ TARIMSAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ | Yüksek Lisans Öğrencisi, Ziraat Mühendisi, Erdoğan OTURANÇ<br>Prof. Dr. Mustafa ÖNDER |
| | | 4 | TOKSİN BAĞLAYICILARIN RASYONA EKLENMESİNİN YUMURTA KABUĞU AĞIRLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ | Prof. Dr. İsmail ÜLGER<br>Arş. Gör. Hüseyin Mert YÜKSEL<br>Arş. Gör. Mustafa ÖZDEMİR |
| | | 5 | BILDIRCIN RASYONUNA FARKLI TOKSİN BAĞLAYICI İLAVESİNİN YUMURTA SARI RENK PARAMETLERİ ÜZERİNE ETKİSİ | Prof. Dr. İsmail ÜLGER<br>Arş. Gör. Hüseyin Mert YÜKSEL<br>Arş. Gör. Mustafa ÖZDEMİR |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / Dec 22, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 3** | **Doç. Dr., Onur ARAZ** | 1 | INFLUENCE OF EARTHQUAKE FREQUENCY CONTENT IN REDUCING ACCELERATIONS OF STRUCTURES UNDER GROUND MOTIONS | Doç. Dr., Onur ARAZ |
| | | 2 | INFLUENCE OF SOIL STRUCTURE INTERACTION IN REDUCING DISPLACEMENTS OF STRUCTURES UNDER GROUND MOTIONS | Doç. Dr., Onur ARAZ |
| | | 3 | SİSMİK HIZLARDAN ZEMİN SIVILAŞMASI TAHMİNİ: ALANYA ÖRNEĞİ | Jeofizik Müh., Mehmet Ali SİVRİ<br>Doç. Dr., Nevbahar EKİN<br>Prof. Dr., Osman UYANIK |
| | | 4 | GEMİ SAÇLARININ FARKLI DENİZ ŞARTLARINDA KOROZYON DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ | Berat DALGIÇOĞLU<br>Prof. Dr. Ömer SAVAŞ<br>Doç. Dr. Engin KOCAMAN<br>Doç. Dr. Kenan YİĞİT |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / Dec 22, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 4** | **Dr.Öğr.Üyesi Çiğdem ÇOBAN** | 1 | IN VITRO EFFECTS OF SOME HEAVY METALS ON GLUTATHIONE REDUCTASE ENZYME PURIFIED FROM SHEEP SPLEEN TISSUE | Dr.Öğr.Üyesi Çiğdem ÇOBAN |
| | | 2 | IN VITRO EFFECTS OF SOME SALTS ON GLUCOSE-6-PHOSPHATE DEHYDROGENASE ENZYME PURIFIED FROM SHEEP SPLEEN TISSUE | Dr.Öğr.Üyesi Çiğdem ÇOBAN |
| | | 3 | OPTICAL PROPERTIES OF LAYER-BY-LAYER ASSEMBLY OF BNNSs/PDDA ON PET FILMS: EFFECT OF UV IRRADIATION | Asst. Prof. DUYGU KURU |
| | | 4 | DFT YAKLAŞIMIYLA TRİAZİN TÜREVLERİNİN KOROZYON İNHİBİTÖRÜ OLARAK TEORİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ | Öğr. Gör. Dr., YASEMİN KEŞKEK KARABULUT<br>Öğr. Gör. Dr., ERHAN ÖZTÜRK<br>Doç. Dr., ZEYNEP ŞİLAN TURHAN |
| | | 5 | POTANSİYEL TADF ADAY MALZEME OLARAK 2,4,6-TRİFENİL-S-TRİAZİN TÜREVLERİNİN DFT ÇALIŞMASI | Öğr. Gör. Dr., ERHAN ÖZTÜRK<br>Öğr. Gör. Dr., YASEMİN KEŞKEK KARABULUT<br>Doç. Dr., ZEYNEP ŞİLAN TURHAN |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / Dec 22, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 5** | **Doç. Dr. Ezman KARABULUT** | 1 | ZAYIF BETONLARDA KİMYASAL ANKRAJLARIN ÇEKME AÇISI PERFORMANSLARININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ | Emre ÇİNAR<br>Prof. Dr. Orhan DOĞAN |
| | | 2 | TRADITIONAL AND MODERN STRENGTHENING TECHNIQUES APPLIED TO HISTORICAL MASONRY STRUCTURES | MSc, Ali Ikbal TUTAR |
| | | 3 | DETERMINATION OF CONVENTIONAL PROPERTIES OF HEMP ADDITIVE BITUMINOUS BINDER | Asst. Prof. Ceren Beyza İNCE<br>Assoc. Prof. Tacettin GEÇKİL |
| | | 4 | DETERMINATION OF THE EFFECT OF ANHYDROUS BORAX ADDITIVE ON THE PERMANENT DEFORMATION RESISTANCE OF HOT MIX ASPHALTS | Asst. Prof. Ceren Beyza İNCE<br>Assoc. Prof. Tacettin GEÇKİL |
| | | 5 | MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION APPROACH TO STRESS-INDUCED SUPER-ELASTICITY BEHAVIOR IN MG 3 SC ALLOY | Prof. Dr. Fatih Ahmet ÇELİK<br>Doç. Dr. Ezman KARABULUT |
| | | 6 | SPIN STATES IN ADSORPTION AND CATALYTIC ACTIVITIES OF METAL ATOMS | Doç. Dr. Ezman KARABULUT<br>Prof. Dr. Fatih Ahmet ÇELİK |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / Dec 22, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 6** | **Doç. Dr. Mücella ÖZBAY KARAKUŞ** | 1 | DETECTION OF SKIN DISEASES WITH DeiT-BASED VISION TRANSFORMER APPROACH | Master's Student, Feti Ahmet ISIK<br>Assoc. Prof. Dr., Muhammed YILDIRIM |
| | | 2 | HIGH-PERFORMANCE POISONOUS MUSHROOM DETECTION WITH YOLOV8: ACCURACY AND EFFICIENCY ANALYSIS | Master's Student, Feti Ahmet ISIK<br>Assoc. Prof. Dr., Muhammed YILDIRIM |
| | | 3 | ÜCRETSİZ ÖZGÜR HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ | Dr. Öğr. Üyesi, MURAT KAPUSUZ |
| | | 4 | PERFORMANCE EVALUATION OF MACHINE LEARNING MODELS FOR TIME SERIES ANOMALY DETECTION USING DARTS FRAMEWORK | Mohamad ALKHOJA<br>Assist. Prof. Dr. Kürşat Mustafa KARAOĞLAN |
| | | 5 | CARBON DIOXIDE SENSING PERFORMANCE OF FIELD-EFFECT TRANSISTOR SENSORS WİTH POLYANILINE CHANNELS DECORATED WITH ZNO NANORODS | Doç. Dr. Mücella ÖZBAY KARAKUŞ |
| | | 6 | ENERGY STATES OF THE DMS CYLINDRYCAL QUANTUM WIRE WITH A PARABOLIC AND INVERSE PARABOLIC CONFINING POTENTIAL | Prof. Dr. Arif Babanlı<br>Dr. Mustafa Balcı<br>Dr. Muhammet Ovezov<br>Dr. Gylych Orazov<br>M. Sc. Vepa Sabyrov |
| | | 7 | RADIAL AND ANGULAR ELECTRON ENERGY LEVELS OF A DILUTED SEMIMAGNETIC SEMICONDUCTOR QUANTUM WIRE | Prof. Dr. Arif Babanlı<br>Dr. Mustafa Balcı<br>Dr. Muhammet Ovezov<br>Dr. Gylych Orazov<br>M. Sc. Vepa Sabyrov |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / Dec 22, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 7** | **Dr. Öğr. Üyesi, Ahmet USANMAZ<br>Doç. Dr., Kenan BAŞ** | 1 | NUTRITION PROBLEMS IN DISASTERS | Dr.Öğr.Üyesi Mert KARTAL<br>Doç.Dr.Gürkan KAPIKIRAN<br>Doç. Dr. Ramazan BAYER |
| | | 2 | AGEING POPULATION: GLOBAL HEALTH AND SOCIOECONOMIC CHALLENGES | Dr.Öğr.Üyesi Mert KARTAL<br>Doç.Dr.Gürkan KAPIKIRAN<br>Doç. Dr. Ramazan BAYER |
| | | 3 | CHILD LABOR AND SOCIAL WORK: AN EVALUATION OF TUIK DATA | Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DOĞAN<br>Öğr. Gör. Dr. Kenan ÖZMEN |
| | | 4 | BİREYSEL VE TOPLUMSAL BOYUTLARI İLE ERKEN EVLİLİKLER | Mert Efe TURGUT<br>Doç. Dr. Yaşar BARUT<br>Arş. Gör. Emre DEMİRTAŞ |
| | | 5 | OTİZM SPEKTRUM BOZUKLUĞUNDA SOSYAL DESTEK VE BAŞA ÇIKMA YÖNTEMLERİ | Ümit EREN<br>Doç. Dr. Yaşar BARUT<br>Arş. Gör. Emre DEMİRTAŞ |
| | | 6 | SOCIAL MOBILITY IN HIGHER EDUCATION YOUTH: IS SOCIAL STATUS CHANGE POSSIBLE THROUGH EDUCATION? | Dr. Öğr. Üyesi, Ahmet USANMAZ<br>Doç. Dr., Kenan BAŞ |
| | | 7 | ASSESSING WORKING POVERTY IN TERMS OF EMPLOYMENT AND EDUCATION EXPENDITURES: A STUDY ON BRICS-T COUNTRIES | Dr. Cemalettin LEVENT<br>Dr. Öğr. Üyesi, Ahmet USANMAZ<br>Doç. Dr., Kenan BAŞ |
| | | 8 | Local Government Servıces For Dısabled People In Urban Lıfe: The Beşiktaş Example | Assoc. Prof. Hamza Kurtkapan |
| | | 9 | Sociological Analysis Of Local Government Practices For Disabled People Living İn The City: Kadıköy Example | Assoc. Prof. Hamza Kurtkapan |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / Dec 22, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 8** | **Dr. Gamze BİLİR-SEYHAN** | 1 | YAZMA BECERİSİ VE EĞİTİMİ ALANINDA YAPILAN LİSANSÜSTÜ TEZLERİN İNCELENMESİ | Doç. Dr. Hilal KAZU<br>Yüksek Lisans Öğrencisi Nida KAÇAR |
| | | 2 | BABALIĞIN EVRİMİ: TARİHSEL PERSPEKTIFTEN DEĞİŞİM VE DÖNÜŞÜM | Murat ULUCUÇAY<br>Doç. Dr. Esra DEMİR ÖZTÜRK |
| | | 3 | BEING A FATHER IN A DIGITALIZED WORLD | Büşra TORAMAN<br>Doç. Dr. Esra DEMİR ÖZTÜRK |
| | | 4 | ROBİN ROBİN FİLMİNİN EVLAT EDİNME KAVRAMI IŞIĞINDA İNCELENMESİ | Dr. Gamze BİLİR-SEYHAN |
| | | 5 | ÇOCUK EDEBİYATINI KULLANARAK EVLAT EDİNMEYİ KONUŞMA: "ABC EVLAT EDİNME VE BEN (ABC ADOPTION & ME)" KİTABI ÖRNEĞİ | Dr. Gamze BİLİR-SEYHAN |
| | | 6 | NEEDS ANALYSİS İN LANGUAGE EDUCATİON PROCESSES: A CASE STUDY ON TEACHİNG TURKİSH AS A FOREİGN LANGUAGE | Feyza Prayuga |
| | | 7 | AN INVESTIGATION OF PRE-SERVICE CLASSROOM TEACHERS' ATTITUDES TOWARDS PICTURE BOOKS FOR CHILDREN | Prof. Dr. Sabri SİDEKLİ<br>İklima GÜNEŞ |
| | | 8 | THE EFFECT OF PARENTS' INTERVENTION IN THE TEACHING PROCESS ON CLASSROOM TEACHERS' MOTIVATION | Prof. Dr. Sabri SİDEKLİ<br>Yaren ÖZÜNEL |
| | | 9 | ANALYZING THE RELATIONSHIP BETWEEN ABSENTEEISM AND ACADEMIC ACHIEVEMENT IN FOREIGN LANGUAGE EDUCATION | Öğr. Gör. Hüseyin ATASEVEN<br>Dr. Öğr. Üyesi Mustafa POLAT |

ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
ANADOLU 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MESOPOTAMIA 4TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 20 - 22, 2024
VAN
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / Dec 22, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **HALL / SALON 9** | **Doç. Dr. Serdal KARA** | 1 | BİR ANLATI KAHRAMANI (TİPİ) OLARAK ABDURRAHMAN ERZİNCANİ | Dr. Öğr. Üyesi İbrahim ERŞAHİN<br>Yüksek Lisans Öğrencisi Zeynep Şengül DOĞAN |
| | | 2 | BABAM BİR ÇALIYA DÖNÜŞTÜĞÜNDE İSİMLİ ÇOCUK ROMANININ SAVAŞ VE GÖÇ OLGUSU AÇISINDAN İNCELENMESİ | Prof. Dr. Kemal EROL<br>Esma ARSLANTOSUN |
| | | 3 | KLASİK TÜRK ŞİİRİNDE MİMİKLERİN ANLATIMA KATKISI: KAŞ-GÖZ İŞARETLERİ | Arş. Gör. Dr. Dilber YILDIZ |
| | | 4 | TURKISH WOMAN IN 50TH ANNIVERSARY CARICATURES THROUGH THE EYES OF GERMAN CARICATURISTS | Dr. Öğr. Üyesi Gülay BOLATTEKİN |
| | | 5 | A BRIEF ANALYSIS ON MÜNTEḪÂB-I ḌURUB-I EMSÂL – ATALAR SÖZİ | Doç. Dr. Serdal KARA |
| | | 6 | PATRICK HAMILTON's STAGE PLAY GAS LIGHT | Dr. Öğr. Üyesi K. Çiğdem YILMAZ |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 1** | **Sofia Petrovic** | 1 | EXPERIMENTAL ANALYSIS OF FIRE-RESISTANCE IN ECO-FRIENDLY CORRUGATED SANDWICH PANELS | Dr. Haruto Tanaka, Dr. Amina Sayeed |
| | | 2 | IMPACT OF PHYSICAL TRAINING PROGRAMS ON BONE DIMENSIONS IN FEMALE UNIVERSITY STUDENTS | Aisha Rahman, Imran Yousaf |
| | | 3 | INTERPLAY BETWEEN EXERCISE AND DIET ON NEUROCOGNITIVE FUNCTIONS | Sofia Ibrahim, Kareem Hassan |
| | | 4 | SPORTS AS A CATALYST FOR COMMUNITY HEALTH IMPROVEMENT | Dr. Tobias Richter, Lena Fischer |
| | | 5 | IMPROVING SWIMMING PEDAGOGY THROUGH SEQUENTIAL TEACHING MODELS | Maria Fernandez, Luis Oliveira |
| | | 6 | RELATIONSHIP BETWEEN ATHLETE SATISFACTION AND TEAM DYNAMICS | Renata Kovacs, Balázs Tóth |
| | | 7 | EFFECTS OF RESISTANCE TRAINING ON GROWTH PARAMETERS IN EUROPEAN MALE TEENS | Sofia Petrovic |
| | | 8 | MINDFULNESS MEDITATION AS A TOOL FOR ADOLESCENT MENTAL WELL-BEING: A STUDY ON STRESS REDUCTION | Chen Xia, Wang Li, Nguyen Thi Hoa, Bui Minh An |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 2** | **Prof. Dr. Hassan Rashid,** | 1 | ERGONOMIC ENHANCEMENTS FOR OPTIMIZED CYCLING PERFORMANCE IN NON-PROFESSIONAL ATHLETES | Haruto Tanaka, Lin Yu, Li Wei |
| | | 2 | THE ROLE OF DYNAMIC MOTOR ACTIVITIES IN PRESCHOOLERS' HOLISTIC DEVELOPMENT | Fatoumata Diop, Ibrahim Keita |
| | | 3 | THE EFFECT OF CONSTRAINTS ON SOCCER PERFORMANCE: A STUDY OF NCAA DIVISION II ATHLETES | Pedro Silva, Grace Chukwuma |
| | | 4 | IMPACT OF COLLEGE ATHLETIC SUCCESS ON FUNDING AND STUDENT OUTCOMES | Prof. Dr. Hassan Rashid, Dr. Amira El-Masri |
| | | 5 | BIOMECHANICAL IMPACT OF MEDIAL CUNEIFORM ABNORMALITIES ON GAIT DYNAMICS | Asmaa Khalid, Omar Al-Farouq, Layla Hassan |
| | | 6 | MACHINE LEARNING-BASED STRATEGIES FOR SOCCER PLAYER INJURY PREVENTION | Dr. Leonardo Oliveira, Dr. Sofia Martinez |
| | | 7 | QUANTITATIVE ASSESSMENT OF NFL OFFENSIVE LINEMAN PERFORMANCE | Youssef Abdalla, Ahmed Idris, Fatima Elhadi |
| | | 8 | PREDICTIVE MODELS FOR SUCCESSFUL BASKETBALL SHOTS USING MULTIAGENT DATA | Liu Zhang, Ming Wei, Jia Yao |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 3** | **Dr. Thandiwe Nkosi,** | 1 | EXPLORING EXERCISE MOTIVATION AMONG HEALTH STUDENTS IN GHANA | Dr. Ama Opoku, Kojo Mensah |
| | | 2 | LEISURE ACTIVITIES AND WELL-BEING IN NURSING STUDENTS: A CROSS-CULTURAL PERSPECTIVE | Dr. Pedro Lima, Maria Fernanda Ribeiro |
| | | 3 | NURSING STUDENTS' EXPERIENCES IN MATERNAL HEALTH PRACTICE | Dr. Thandiwe Nkosi, Sipho Mahlangu |
| | | 4 | ENHANCING CRITICAL THINKING IN NURSING EDUCATION THROUGH STRATEGIC CURRICULUM DESIGN | Ana de Sousa<br>Hassan Youssouf |
| | | 5 | RELAXATION STRATEGIES TO REDUCE ANXIETY AMONG NURSING STUDENTS IN CLINICAL SETTINGS | Kwame Mensah |
| | | 6 | IDENTIFYING LEGIONELLA CONTAMINATION IN WATER SYSTEMS: A PCR-BASED STUDY IN TROPICAL REGIONS | Ahmed Yusuf<br>Mei Xiu |
| | | 7 | DEVELOPING LEADERSHIP SKILLS IN NURSING STUDENTS THROUGH PARTICIPATORY TRAINING PROGRAMS | Maria Gomes, Nhlanhla Sithole, Noriko Saito |
| | | 8 | ASSESSING DIGITAL COMPETENCIES AMONG NURSING STUDENTS IN A GLOBALIZED ERA | Fatima Abubakar, Wei Ling Chen |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 4** | **Adeola Ogunleye** | 1 | PROMOTING CRITICAL THINKING IN NURSING EDUCATION THROUGH INNOVATIVE PEDAGOGY | João Pereira, Emily Ncube |
| | | 2 | CULTURAL INFLUENCES ON PATIENT PAIN MANAGEMENT IN MULTINATIONAL HEALTHCARE SETTINGS | Adeola Ogunleye , Katarina Schmidt |
| | | 3 | ENHANCING MEDICATION ADMINISTRATION SKILLS THROUGH VIRTUAL SIMULATION IN NURSING EDUCATION | Binta Jallow, Li Wei |
| | | 4 | PROMOTING CRITICAL THINKING SKILLS IN NURSING STUDENTS THROUGH AN INNOVATIVE PEDAGOGICAL FRAMEWORK | Clara Otieno, Arif Rahman, |
| | | 5 | RELAXATION TRAINING AND ITS ROLE IN REDUCING ANXIETY AMONG CLINICAL NURSING STUDENTS | Fatima Jameel, |
| | | 6 | MONITORING LEGIONELLA CONTAMINATION IN MEDICAL FACILITIES USING ADVANCED PCR METHODS | Eunmi Park Yusuf Abdi, |
| | | 7 | EFFECTS OF COVID-19 VARIANTS ON ATHLETIC PERFORMANCE AND RECOVERY STRATEGIES | Adama Konaté, |
| | | 8 | PHYSIOLOGICAL PROFILES OF TOP ETHIOPIAN DISTANCE RUNNERS: A COMPARATIVE STUDY | Ibrahim Buba, |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 5** | **Isabella Ferreira** | 1 | TEMPERATURE OPTIMIZATION FOR COLD-WATER IMMERSION RECOVERY IN SWIMMERS | Isabella Ferreira<br>Lin Zhang |
| | | 2 | DESIGNING INTERACTIVE MODULES FOR PERIOPERATIVE NURSING EDUCATION: A PEDAGOGICAL APPROACH | Jin Ho Park, Fatima Adeyemi |
| | | 3 | IMPLEMENTING IRT MODELS TO ENHANCE ASSESSMENT ACCURACY IN NURSING EDUCATION | Tariq Hussein, Sun-Young Kim |
| | | 4 | EXPLORING THE CHALLENGES AND SUPPORT ROLES OF CLINICAL PRECEPTORS IN NURSING EDUCATION | Nyasha Mugabe, Ahmed Benkacem |
| | | 5 | INTEGRATING NUTRITIONAL INTERVENTIONS INTO CARE PLANS FOR PEDIATRIC CANCER PATIENTS | Ying Hua Zhang, Carolina Borges |
| | | 6 | IMPACT OF HEALTH PROMOTION INTERVENTIONS ON FEMALE INMATES IN VIETNAMESE CORRECTIONAL FACILITIES | Linh Tran, Sofia Almeida |
| | | 7 | FOSTERING EFFECTIVE NURSE LEADERSHIP IN CHALLENGING HEALTHCARE CONTEXTS | Hassan Karim, Thandiwe Ndlovu |
| | | 8 | RESILIENCE AND COPING MECHANISMS AMONG HEMODIALYSIS PATIENTS IN RURAL COMMUNITIES | Maria Beatriz Gomes, Diego A. Pereira, Thandiwe Khumalo |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 6** | **Dr. Samir Ouazzani** | 1 | ENZYMATIC MODIFICATION AND RESISTANT STARCH ENHANCEMENT IN RICE FLOUR | Fatima S. Ahmed, Eun-Kyung Park, |
| | | 2 | STUDENTS' PROBLEM-SOLVING SKILLS | Amara D. Chukwu, Kenji Tanaka |
| | | 3 | COMPETENCY DEVELOPMENT IN VIETNAMESE NURSING PRACTICE: INSIGHTS FROM A QUALITATIVE STUDY | Tran Van Minh, Fatou J. Baldeh |
| | | 4 | ANTENATAL CARE AWARENESS AND PRACTICES AMONG WOMEN IN URBAN HOSPITALS IN GHANA | Kwesi A. Ofori, Lan Anh Tran, Elisa M. Ngoma |
| | | 5 | OVERCOMING IMMUNIZATION BARRIERS FOR MIGRANT CHILDREN IN CAMEROON | Chinwe Uzochukwu, Francisca Yeboah, Emmanuel M. Sowe |
| | | 6 | IMPROVING PALLIATIVE CARE NETWORKS THROUGH ENHANCED COMMUNITY ENGAGEMENT IN TANZANIA | A. Chacha, P. Mushi, Dr. E. Mbawala, J. Malema |
| | | 7 | STRESSORS AND RESILIENCE STRATEGIES AMONG CHRONIC DISEASE PATIENTS IN MOROCCO | Dr. Amina El Idrissi, Dr. Samir Ouazzani |
| | | 8 | | |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 7** | **Dr. Mariana López,** | 1 | STANDARDIZING NURSING PROTOCOLS FOR PEDIATRIC ORAL CARE IN MALAWI | Dr. Chisomo Banda, Dr. Mercy Nyirenda |
| | | 2 | HIGH-FIDELITY SIMULATION AS A TOOL FOR INTERPROFESSIONAL EDUCATION IN SOUTH AFRICA | E. Sithole, T. Nkosi, M. Mkhize, L. Dlamini, J. Phakathi |
| | | 3 | YOGA AS A THERAPEUTIC INTERVENTION FOR CHILDREN WITH CANCER IN GHANA | Assist. Prof. Dr. Nana Akua Mensah |
| | | 4 | PSYCHOSOCIAL FACTORS INFLUENCING SOCIAL DYSFUNCTION IN SCHIZOPHRENIA PATIENTS IN MEXICO | Dr. Mariana López, Dr. Juan García, Dr. Karla Sánchez |
| | | 5 | COMPARATIVE STUDY OF CARDIO-RESPIRATORY EFFICIENCY AMONG SWIMMERS AND SPRINTERS | John Mwangi, Zhang Wei |
| | | 6 | THE CHALLENGE OF MANAGING INTRAMURAL SPORTS IN SECONDARY SCHOOLS: A CASE STUDY FROM LAGOS, NIGERIA | Abdul Malik Adeyemi, Chijioke Okwara |
| | | 7 | IMPACT OF NUTRITIONAL INTAKE ON MUSCLE DEVELOPMENT IN RESISTANCE TRAINING: A FOCUS ON PROTEINS AND CARBOHYDRATES | Nguyen Thi Lan, Ahmad Kamal |
| | | 8 | AERODYNAMIC INTERACTIONS IN TEAM PURSUIT SPEED SKATING: INSIGHT FROM WIND TUNNEL TESTING | Lars Svensson, Hana Nguyen |
| | | 9 | THE IMPACT OF FOOTBALL CLUB JERSEYS ON FAN LOYALTY AMONG NIGERIAN YOUTH | Abiola Adedeji, Mohamed Faris |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 8** | **Assoc. Prof. Dr. Carlos Silva,** | 1 | OPTIMIZING PERFORMANCE IN JUDO FOR VISUALLY IMPAIRED ATHLETES: AN AHP APPROACH | Assoc. Prof. Dr. Carlos Silva, Dr. Marta Lopez |
| | | 2 | PHYSICAL EXERCISE AND ITS IMPACT ON CHEMERIN AND MYOSTATIN LEVELS IN ATHLETES | Lara Gomez |
| | | 3 | IMPROVEMENTS IN PERFORMANCE MODELS OF COMPRESSORS UNDER VARIED OPERATING CONDITIONS | Dr. Tomoya Ishida, Prof. Samuel M. Anwar |
| | | 4 | NUMERICAL METHODS IN THE STUDY OF TEMPOROMANDIBULAR DISORDERS: APPLICATIONS AND ADVANCEMENTS | Amina Youssef, Hiroshi Tanaka |
| | | 5 | OPTIMIZING VOLATILITY FORECASTING WITH NORMALIZED DATA IN LONG-MEMORY MODELS | Paolo Bianchi, Jin Wei, Alhaji S. Sambo |
| | | 6 | IMPROVING LOUDSPEAKER ACOUSTIC PERFORMANCE WITH AIR VISCOSITY OPTIMIZATION | Dr. Olga Krasnova, Paulo Silva, Daniela G. Ramos |
| | | 7 | GEOMETRIC PROPERTIES OF LP-SASAKIAN MANIFOLDS WITH CONSTANT COEFFICIENTS | Lamine F. Diallo, Petra M. Schuster |
| | | 8 | A NOVEL NUMERICAL APPROACH TO REACTION-DIFFUSION SYSTEMS ON CURVED SURFACES | Dr. Harith Kamara, Dr. Lina H. Zhen, Dr. John W. Barrow |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 9** | **Dr. Amina Osei** | 1 | RELIABILITY ASSESSMENT OF DATA CENTERS USING LRU ALGORITHM AT EAST AFRICAN UNIVERSITY | A. M. Hassan, Nadia Faye, Kofi Mensah |
| | | 2 | INTEGRATING PROGRAMMING WITH GEOMETRIC CONCEPTS FOR IMPROVED LEARNING OUTCOMES | Maya L. Tanaka, Emmanuel Akinola |
| | | 3 | AN ADVANCED APPROACH FOR MODELING DEFORMABLE ELASTIC MEMBRANES IN FLUID INTERACTIONS | Lina Oliveira, Haruto Tanaka, Anwar Ahsan |
| | | 4 | ANALYTICAL METHODS FOR COROTATIONAL MAXWELL FLUIDS IN MANUFACTURING PROCESSES | Li Wei Zhang, Olufemi Adewale, |
| | | 5 | MODELING STOCHASTIC PROCESSES IN POPULATION DYNAMICS WITH CATASTROPHIC EVENTS | Dr. Leila Martins, Dr. Huan Zhao, Dr. Amina Osei |
| | | 6 | OPTIMAL DESIGN FOR BLOCKED EXPERIMENTAL STUDIES: A STATISTICAL APPROACH | Lian Chen, Fatima Ahmed |
| | | 7 | NUMERICAL SOLUTIONS TO DIFFUSION AND CAHN-HILLIARD EQUATIONS ON EVOLVING SPHERICAL GEOMETRIES | Li Xianjun, Maria Orellana |
| | | 8 | STABILITY ANALYSIS IN AN EXTENDED ENDOCRINE FEEDBACK SYSTEM MODEL | Dr. Alejandro Silva, Dr. Mei Ling Tan |

ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
**ANADOLU 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**
December 20- 22, 2024
Van
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

**22 Aralık / December. 22, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)**

| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
|---|---|---|---|---|
| **SALON 10** | **Dr. Nikoleta Petrovic** | 1 | EXAMINING (λ, μ)-FUZZY SUBGROUPS IN OPERATOR-GROUP STRUCTURES | Mei Lin, Akira Tanaka, João Oliveira |
| | | 2 | FRACTIONAL ORDER CONTROLLERS FOR VIBRATION REDUCTION IN AIRCRAFT WINGS | Leila Martins, Assis. Prof. Dr. Yassir Bouaziz, Elena Kovač, Dr. Nikoleta Petrovic |
| | | 3 | ROBUST VARIOGRAM FITTING USING MODIFIED HUBER NORM | Mariana Costa, Zhen Li, Amina Njeri |
| | | 4 | EVALUATING STRATIFIED DOUBLE MEDIAN RANKED SET SAMPLING FOR POPULATION MEAN ESTIMATION | Laura N. Delgado, Aiko Tanaka |
| | | 5 | ADVANCED TRAPEZOIDAL METHOD FOR NUMERICAL SOLUTIONS OF VOLTERRA INTEGRO-DIFFERENTIAL EQUATIONS | Amina Zuberi, |
| | | 6 | COMPUTATIONAL APPROACH FOR HYPER-ELASTIC STRUCTURAL ANALYSIS USING LAGRANGIAN-HAMILTONIAN FRAMEWORK | Dr. Ana Oliveira, Prof. Yassir Malek, Dr. Lin Zhang |

# Contents

ATIK BAZALT TOZU VE UÇUCU KÜL ESASLI GEOPOLİMERLERİN ERKEN YAŞ DAYANIM GELİŞİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI ..... 1

BİMS BLOK ÜRETİMİNDE YÜKSEK FIRIN CÜRUFU VE PRİZ HIZLANDIRICI KATKI ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI ..... 7

AYDINLATMA BAĞLAMINDA GÜVENLİK ALGISI: KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ KANUNİ KAMPÜSÜ'NDE YÜRÜYÜŞ DENEYİMLERİ ..... 14

ENZİMLERİ İYİLEŞTİRİCİ MADDE OLARAK KULLANARAK ASFALT KAPLAMALARININ KENDİ KENDİNİ İYİLEŞTİRİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI ..... 23

6 ŞUBAT DEPREMLERİ SONRASI KIRSAL DEPREM KONUTLARI ULAŞIM VE OTOPARK ALTYAPILARININ İNCELENMESİ: KAHRAMANMARAŞ KIRSAL DEPREM KONUTLARI ÖRNEĞİ ..... 34

VEHICLE IMPACT PERFORMANCE ANALYSIS OF FUEL STATION ..... 43

DISPENSER BOLLARDS VIA SIMULATION SOFTWARE ..... 43

JORDAN AND TURKEY CASE STUDY ..... 43

YERLİ VE YABANCI KÖKENLİ EKMEKLİK BUĞDAY (*Triticum aestivum* L.) ÇEŞİTLERİNİN TANE VERİMİ VE BAZI BAŞAK ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI ..... 74

TÜRKİYE'DE İYİ TARIM UYGULAMALARININ GELİŞİMİ VE YANSIMALARI ..... 83

THE EFFECTS OF SALT STRESS ON ROOT DEVELOPMENT OF FORAGE CROPS ..... 94

SİNİR OTU (*Plantago ovata* L.) TOHUMLARINA BORİK ASİT PRİMİNG UYGULAMALARININ BAZI ÇİMLENME VE FİDE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ ..... 103

Investigation of the role of π–Cation Interactions between Galectin-3 and Inhibitors by Means of DFT and Molecular Dynamics methods. ..... 112

DIFFERENTIAL EFFECTS OF BIOCHAR ON NITROGEN ASSIMILATION PATHWAYS IN C3 (WHEAT) AND C4 (MAIZE) PLANTS ..... 135

CHEMICAL, PHYSICAL, AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF DIFFERENT TRADITIONAL FOOD/FRUIT LEATHER PRODUCTS ..... 143

*Rhus coriaria* L. Bitkisinden Doğal Olarak Üretilen Sosun Fizikokimyasal Analizleri ve LC-MS/MS Kullanılarak İçeriğinin Belirlenmesi ..... 156

ATIK SULARDAN İZOLE EDİLEN *PSEUDOMONAS* TÜRLERİNİN ANTİBİYOTİK DİRENÇ DURUMLARININ İNCELENMESİ ..... 169

11-12 Haftalık Merinos Koyun Fetüslerinin Costa'larının Gelişim Durumu ..... 176

İNEKLERDE KOLOSTRUM KALİTESİNİ VE VERİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER ..... 182

SIK KUZULATMA SİSTEMLERİ ..... 197

AKDAĞ YABAN HAYATI GELİŞTİRME SAHASI YIRTICI MEMELİ (MAMMALIA: CARNIVORA) TÜRLERİ ..... 206

EVCİL KEDİ VE KÖPEKLERİN YABAN HAYATI VE BİYOÇEŞİTLİLİK ÜZERİNE ETKİLERİ ..... 220

INTEGRAL TYPE BANACH CONTRACTIONS ON BIPOLAR $p$ -METRIC SPACES ..... 232

SOME EXISTENCE FIXED-CIRCLE RESULTS WITH THE FUNCTION $\psi$ ..... 242

İMPULSİVE STURM-LİOUVİLLE PROBLEMİNİN ÜRETTİĞİ OPERATÖR-POLİNOM DEMETİ ..... 249

DENKLEMİNDE SOYUT LİNEER OPERATÖR BULUNDURAN İMPULSİVE STURM-LİOUVİLLE PROBLEMİNİN ÖZDEĞERLERİ ÜZERİNE ..... 257

İLETİM KOŞULLARINA SAHİP STURM-LİOUVİLLE TİPİNDEKİ YENİ BİR SINIR DEĞER PROBLEMİNİN BAZI SPEKTRAL ÖZELLİKLERİ ..... 264

EVEN CODES AND GRAY IMAGES ON $\mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2$ WHEN $a^2 = 1$ AND $a^2 = a$ ..... 271

$a^2 = 1$ ve $a^2 = a$ DURUMUNDA $\mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2$ ÜZERİNDE ÇİFT KODLAR VE GRAY GÖRÜNTÜLERİ ..... 272

DETERMINATION OF $(32, 64, 16)$ —PARAMETER CODE ON RING $\mathbb{Z}_2 + v\mathbb{Z}_2 + v^2\mathbb{Z}_2$ ..... 279

$\mathbb{Z}_2 + v\mathbb{Z}_2 + v^2\mathbb{Z}_2$ HALKASI ÜZERİNDE $(32, 64, 16)$ —PARAMETRELİ KODUN BELİRLENMESİ ..... 280

Organik Hindistan Cevizi Yağı Uygulanmış Malta Eriği, Gürgen, Adi Kızılağaç, Maun Ve Dut Odunlarında Renk Parametrelerinin Araştırılması ..... 285

Karbonat ve sirke karışımı ile hazırlanan çözeltilerin Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana* L.) odunu yüzeylerinde meydana getirdikleri değişikliklerin incelenmesi ..... 292

PEDESTRIAN AND NAMED STREETS IN THE URBAN LANDSCAPE ..... 298

YAPAY ZEKA DESTEKLİ ERGONOMİK OTURMA BİRİMİ TASARIMI, PROTOTİPLEME VE UYGULAMA ..... 311

YAPAY ZEKA DESTEKLİ ERGONOMİK OTURMA BİRİMİ TASARIMI, PROTOTİPLEME VE UYGULAMA ..... 321

Diode Applications of Au Doped Poly(p-phenylene sulfide) (PPS) Polymer Material ..... 331

Change in Electrical Properties of Ni/Au-Poly(p-phenylene sulfide) (PPS)/p-Si/Al Diode with Temperature ..... 337

POLYDIMETHYLSILOXANE (PDMS)-BASED MICROFLUIDIC SYSTEMS IN BIOMEDICAL APPLICATIONS: PROPERTIES, CURRENT APPLICATIONS AND FABRICATION TECHNOLOGIES ..... 344

GLOBAL TRENDS AND ANALYSIS OF BIOMEDICAL, POLYMER, AND POLYMER BRUSH RESEARCH: A STUDY USING THE WEB OF SCIENCE DATABASE ..... 357

KÜRESEL GÖSTERGELER ..... 369

TERS TOPP-LEONE DAĞILIMININ BİLİNMEYEN PARAMETRELERİNİN FARKLI YÖNTEMLERLE TAHMİN EDİLMESİ ..... 377

ÇİFT SIRALI KÜME ÖRNEKLEMESİ ALTINDA UNİT WEİBULL DAĞILIMININ PARAMETRELERİNİN TAHMİNİ ..... 385

GLUKOZ-İNSÜLİN DİNAMİKLERİNİN MODELLENMESİ: FARK DENKLEMLERİ VE SÜREKLİ ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI ..... 392

FİZİK TABANLI YAPAY SİNİR AĞLARI (PINNs) İLE NAVIER-STOKES DENKLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ ..... 398

INVESTIGATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS ARCHITECTURE SELECTION FOR USD/JPY EXCHANGE RATE ..... 403

COMPARISON OF CBNET FUNCTION WITH TOOLBOX IN MATLAB FOR UNIVARIATE TIME SERIES FORECASTING ..... 414

T6 Isıl İşleminin Zn-40Al-2Cu Alaşımının Korozyon Hızına Etkisi ..... 426

Bir Ergitme Kazanı Tasarımında Isı Transferi Hesapları ..... 437

ÇEVRE ŞARTLARININ HAVA SOĞUTMALI GAZ TÜRBİNLİ KOJENERASYON ÇEVRİMLERİNİN TERMOEKONOMİK PERFORMANSINA ETKİSİ ..... 451

KOMPRESYON ORANININ HAVA SOĞUTMALI GAZ TÜRBİNLİ KOJENERASYON ÇEVRİMLERİNİN TERMOEKONOMİK PERFORMANSINA ETKİSİ ..... 458

AİROFİL TASARIMI VE ANALİZİ ..... 466

İNCE CİDARLI HAVACILIK PARÇALARINDA ÇARPILMAYI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ ..... 477

GESTASYONEL TROFOBLASTİK HASTALIKLAR ..... 485

ABLASYO PLASENTA (PLASENTA ABRUPTİO) ..... 489

GEBELİKTE BESLENME ..... 494

ANNELİK ROLÜNÜN KAZANILMASI: RAMONA MERCER ..... 500

AİLE DİNAMİKLERİ VE ÇOCUK SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: HEMŞİRELERİN AİLE ODAKLI BAKIM UYGULAMALARI ..... 510

PEDİATRİ HEMŞİRELİĞİNDE ERKEN MÜDAHALE VE GELİŞİMSEL DESTEK: ETKİNLİK VE UYGULAMA YÖNTEMLERİ ..... 521

ORGAN BAĞIŞI ARTTIRMADA SOSYAL MEDYA ETKİLİ OLABİLİR Mİ? ..... 529

NOMOFOBİ VE SAĞLIK BAKIM PROFESYONELLERİ ..... 537

YABANCI UYRUKLU HEMŞİRE ÖĞRENCİLERİNİN UYGULAMA DENEYİMLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER. BİR SİSTEMATİK DERLEME ÇALIŞMASI ..... 545

KLİNİK SORUMLU HEMŞİRELERİNİN LİDERLİK TARZININ HEMŞİRELERİN İŞ MOTİVASYONUNA ETKİSİ: ŞANLIURFA HARRAN ÜNİVERSİTESİ HASTANESİ ÖRNEĞİ ..... 554

Meme Cerrahi Sonrası Lenfödem Önleme: Ağrı Yönetimi ve Hemşirelik Bakımı ..... 566

ANTALYA İLİ KORKUTELİ İLÇESİ YEMEKLİK KÜLTÜR MANTARI YETİŞTİRİCİLİĞİNDEKİ ÜRETİM SORUNLARININ BELİRLENMESİ VE BİTKİ KORUMA UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ ..... 571

ANTALYA İLİNDEKİ FARKLI SUPERMARKETLERDEN ALINAN MEYVE ..... 579

ÖRNEKLERİNDEKİ FUNGAL PATOJENLERİN BELİRLENMESİ ..... 579

SİSTEİNİN KADMİYUM STRESİNDE *Salvia sclarea* L. BİTKİSİNİN SU DEĞİŞİMLERİ VE FOTOSENTETİK PİGMENTLER ÜZERİNE ETKİSİ ..... 586

EVALUATION OF LEAD CONCENTRATIONS IN HOMEMADE SHEEP YOGHURTS FROM ŞANLIURFA PROVINCE USING ICP-OES ..... 599

KOYUN VE İNEK SÜTÜ İLE PEYNİRLERİNİN BİLEŞİMİ: MİNERAL VE TOKSİK ELEMENTLERİN ICP-MS İLE DEĞERLENDİRİLMESİ ..... 606

COĞRAFİ İŞARETLİ HAMUR İŞİ YİYECEKLER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA: TOKAT İLİ ÖRNEĞİ ..... 612

ESKİŞEHİR YAYA BÖLGELERİNİN KENTSEL ÇEVRE ESTETİĞİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME ..... 625

KENTSEL ÖLÇEKTE TİCARET VE KONUT ALANLARINDA KİRLETİCİLERİN İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNE ETKİSİ ..... 631

CARBON MANAGEMENT IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY THROUGH CARBON CAPTURE, UTILIZATION, AND STORAGE TECHNOLOGIES ..... 638

CATALYTIC KBH4 DEHYDROGENATION RECTION BY Fe-NP@CeO2 ..... 655

IMPROVING HYDROGEN EVOLUTION WITH Pd-SB@TiO2 CATALYST ..... 662

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF MICRO-SYNTHETIC FIBER AND SILICA FUME RATIOS ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF GEOPOLYMER CONCRETE EXPOSED TO ACID AND SULFATE ATTACK ..... 669

SIVI FAZA DAYALI MİKROEKSTRAKSİYON TEKNİKLERİ VE FARKLI ÖRNEK MATRİSLERİ İÇİN KULLANIMLARI ..... 681

DENEYSEL TASARIMIN VE DERİN ÖTEKTİK ÇÖZÜCÜ TEMELLİ MİKROEKSTRAKSİYON TEKNİKLERİNİN Fe, Mn VE Zn AĞIR METALLERİ İÇİN KULLANIMI ..... 694

FLEXURAL PROPERTIES OF NATURAL FIBER REINFORCED HIGH DENSITY POLYETHYLENE COMPOSITES WITH COMPATIBILIZER ADDITIVES ..... 707

MATERNAL OBEZİTENİN MATERNAL VE NEONATAL SONUÇLARI ..... 718

EBEVEYN OLMA MOTİVASYONU ve EBELİK BAKIMI ..... 724

GHRELİN VE DOPAMİN: İŞTAHIN DÜZENLENMESİNDEKİ ROLLERİ ..... 730

İRRİTABL BAĞIRSAK SENDROMUNDA SEMPTOM YÖNETİMİ VE YAŞAM KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİNDE BESLENME YAKLAŞIMLARI ..... 740

İNSÜLİN DİRENCİ VE BESLENME YAKLAŞIMLARI: GÜNCEL ARAŞTIRMALAR VE KLİNİK UYGULAMALAR 750

TÜRKİYE'NİN İPEK ÜRETİM POTANSİYELİNİN GELİŞTİRİLMESİNDEKİ KISITLAR VE ÖNERİLER: BİR TEDARİK ZİNCİRİ YAKLAŞIMI ..... 762

THE POTENTIAL AND POSSIBILITIES OF USING MYCORRHIZA IN SUSTAINABLE AGRICULTURE ..... 779

TOKSİN BAĞLAYICILARIN RASYONA EKLENMESİNİN YUMURTA KABUĞU AĞIRLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ ..... 792

BILDIRCIN RASYONUNA FARKLI TOKSİN BAĞLAYICI İLAVESİNİN YUMURTA SARI RENK PARAMETLERİ ÜZERİNE ETKİSİ ..... 803

INFLUENCE OF EARTHQUAKE FREQUENCY CONTENT IN REDUCING ACCELERATIONS OF STRUCTURES UNDER GROUND MOTIONS ..... 812

INFLUENCE OF SOIL STRUCTURE INTERACTION IN REDUCING DISPLACEMENTS OF STRUCTURES UNDER GROUND MOTIONS ..... 819

SİSMİK HIZLARDAN ZEMİN SIVILAŞMASI TAHMİNİ: ALANYA ÖRNEĞİ ..... 826

MICROPLASMA DEVICE WITH InGaAsP CATHODE ..... 834

PLASMA WITH HIGH INTENSITY GLOW EMISSION ..... 840

BAZI AĞIR METALLERİN KOYUN DALAK DOKUSUNDAN SAFLAŞTIRILAN GLUTATYON REDÜKTAZ ENZİMİ ÜZERİNE *İN VİTRO* ETKİLERİ ..... 847

BAZI TUZLARIN KOYUN DALAK DOKUSUNDAN SAFLAŞTIRILAN GLUKOZ-6-FOSFAT DEHİDROGENAZ ENZİMİ ÜZERİNE *İN VİTRO* ETKİLERİ ..... 854

DFT YAKLAŞIMIYLA TRİAZİN TÜREVLERİNİN KOROZYON İNHİBİTÖRÜ OLARAK TEORİK HESAPLAMALARLA DEĞERLENDİRİLMESİ ..... 860

POTANSİYEL TADF ADAY MALZEME OLARAK 2,4,6-TRİFENİL-S-TRİAZİN TÜREVLERİNİN DFT ÇALIŞMASI ..... 871

ZAYIF BETONLARDA KİMYASAL ANKRAJLARIN ÇEKME AÇISI PERFORMANSLARININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ ..... 877

TRADITIONAL AND MODERN STRENGTHENING TECHNIQUES APPLIED TO HISTORICAL MASONRY STRUCTURES ..... 892

MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION APPROACH TO STRESS-INDUCED SUPER-ELASTICITY BEHAVIOR IN $MG_3SC$ ALLOY ..... 903

THE SPIN STATES IN ADSORPTION AND CATALYTIC ACTIVITIES OF ..... 911

METAL ATOMS ..... 911

DETECTION OF SKIN DISEASES WITH DeiT-BASED VISION TRANSFORMER APPROACH ..... 917

HIGH-PERFORMANCE POISONOUS MUSHROOM DETECTION WITH YOLOV8: ACCURACY AND EFFICIENCY ANALYSIS ..... 927

ÜCRETSİZ ÖZGÜR HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ ..... 935

PERFORMANCE EVALUATION OF MACHINE LEARNING MODELS FOR TIME SERIES ANOMALY DETECTION USING DARTS FRAMEWORK ..... 943

ZNO NANORODLARLA DEKORE EDİLMİŞ POLİANİLİN KANALLI ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖR SENSÖRLERİN KARBON DİOKSİT ALGILAMA PERFORMANSI ..... 955

ENERGY STATES OF THE DMS CYLINDRYCAL QUANTUM WIRE WITH A PARABOLIC AND INVERSE PARABOLIC CONFINING POTENTIAL ..... 965

İNTRODÜKSİYON YÖNTEMİYLE ELDE EDİLEN İLERİ KADEME MERCİMEK GENOTİPLERİNİN ÖNEMLİ TARIMSAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ ..... 972

MACAR FİĞİNDE MANYETİK ALAN PRİMİNG UYGULAMALARININ ÇİMLENME VE FİDE GELİŞİMİNE ETKİSİ ..... 982

DİKEY TARIM TEKNOLOJİLERİNİN SEBZE ÜRETİMİNDEKİ ETKİNLİĞİ ..... 990

KENEVİR KATKILI BİTÜMLÜ BAĞLAYICILARIN GELENEKSEL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ ..... 996

SUSUZ BORAKS KATKISININ SICAK KARIŞIM ASFALTLARIN KALICI DEFORMASYON DİRENCİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BELİRLENMESİ ..... 1004

INVESTIGATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS ARCHITECTURE SELECTION FOR USD/JPY EXCHANGE RATE ..... 1013

COMPARISON OF CBNET FUNCTION WITH TOOLBOX IN MATLAB FOR UNIVARIATE TIME SERIES FORECASTING ..... 1024

11-12 Haftalık Merinos Koyun Fetüslerinin Sternumlarının Gelişim Durumu ..... 1036

RADIAL AND ANGULAR ELECTRON ENERGY LEVELS OF A DILUTED SEMIMAGNETIC SEMICONDUCTOR QUANTUM WIRE ..... 1042

Rize Florasında Yayılış Gösteren *Hypericum scabrum* (L.)'un Kimyasal İçeriği ..... 1049

SPME Yöntemi İle *Achillea millefolium* (L.)'un Aroma Bileşenlerinin Belirlenmesi ..... 1058

AÇILI YARIM HALKA TÜRBÜLATÖRLERİN ISI TRANSFERİNE ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ 1068

ÇOKLU SİLİNDİRİK ÇUBUK TÜRBÜLATÖRLERİN ISI TRANSFERİNE ETKİSİNİN CFD ANALİZİ ..... 1077

# ATIK BAZALT TOZU VE UÇUCU KÜL ESASLI GEOPOLİMERLERİN ERKEN YAŞ DAYANIM GELİŞİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

**Yüksek Lisans Öğrencisi Halime KARAMAN[1], Doç. Dr. Serhat ÇELİKTEN[2]**
[1] Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
halimekaraman192607@gmail.com - 0009-0008-4986-4148
[2] Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
scelikten@nevsehir.edu.tr - 0000-0001-8154-7590

## ÖZET

Bu çalışma, atık bazalt tozu ve uçucu kül esaslı geopolimer harçların üretimi ve mekanik dayanım özelliklerinin incelenmesini amaçlamaktadır. Geopolimer harçlar, bazalt ve uçucu külün %0, 25, 50, 75 ve 100 oranlarında kullanılmasıyla hazırlanmıştır. Aktivatör olarak 10M NaOH çözeltisi tercih edilmiş ve harçlar 90 ºC'de iki farklı ısıl kürleme koşulunda (8 ve 24 saat) aktive edilmiştir. Üretilen numunelerin 7, 28 ve 56 günlük eğilme ve basınç dayanımları test edilmiş, sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın bulgularına göre, en yüksek eğilme dayanımı %100 uçucu kül içeren harçlarda elde edilirken, en yüksek basınç dayanımı %50 atık bazalt tozu ve %50 uçucu kül içeren karışımlarda gözlenmiştir. Bu sonuçlar, uçucu kül ve atık bazalt tozu kombinasyonlarının mekanik dayanım performansı üzerindeki etkisini ortaya koymuş ve farklı uygulamalar için potansiyel kullanım alanlarına işaret etmiştir.
**Anahtar Kelimeler:** Geopolimer Harç, Atık bazalt tozu, Uçucu kül, Dayanım.

## ABSTRACT

This study aims to investigate the production and mechanical strength properties of geopolymer mortars based on waste basalt powder and fly ash. Geopolymer mortars were prepared using waste basalt powder and fly ash at proportions of 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%. A 10M NaOH solution was used as the activator, and activation was carried out under two different thermal curing conditions (8 and 24 hours) at 90 ºC. The flexural and compressive strengths of the produced specimens were tested at 7, 28, and 56 days, and the results were comparatively analyzed. According to the findings, the highest flexural strength was obtained in mortars containing 100% fly ash, while the highest compressive strength was observed in mixtures with 50% waste basalt powder and 50% fly ash. These results highlight the impact of combining fly ash and waste basalt powder on the mechanical performance of geopolymer mortars and suggest potential application areas for different compositions.

**Keywords**: Geopolymer Mortar, Waste Basalt Powder, Fly Ash, Strength.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde sürdürülebilir yapı malzemeleri geliştirme çabaları, atık malzemelerin değerlendirilmesi ve çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik önemli bir odak noktası haline gelmiştir **[1]**. Geopolimerler, çevresel açıdan sürdürülebilir alternatif bağlayıcılar olarak geleneksel Portland çimentosuna kıyasla düşük karbon salınımı ve geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımıyla dikkat çekmektedir **[2]**. Özellikle uçucu kül ve atık bazalt tozu gibi sanayi yan ürünleri, geopolimer üretimi için potansiyel hammadde kaynakları arasında yer almaktadır **[3]**.

Uçucu kül, termik santrallerde kömür yakımı sonucunda ortaya çıkan ve büyük miktarlarda üretilen bir atık malzeme olup, geopolimerlerin mekanik özelliklerini geliştirmek için sıklıkla kullanılmaktadır **[4]**. Atık bazalt tozu ise taş ocağı ve taş işleme sanayinden elde edilen, genellikle çevresel bir sorun teşkil eden başka bir endüstriyel yan üründür **[5]**. Bu iki malzemenin kombinasyonu, geopolimer malzemelerin performansını optimize etme potansiyeli taşımaktadır.

Geopolimer harçların mekanik dayanım özellikleri, alkali aktivatör tipi, malzeme oranları ve kürleme koşulları gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir **[6]**. Ancak, uçucu kül ve atık bazalt tozu kombinasyonlarının bu özelliklere olan etkisine ilişkin çalışmalar sınırlıdır. Bu bağlamda, bu çalışma, uçucu kül ve atık bazalt tozunun farklı oranlarda kullanımıyla üretilen geopolimer harçların erken ve uzun vadeli mekanik dayanım özelliklerini inceleyerek, bu malzemelerin kullanımına ilişkin kapsamlı bir analiz sunmayı hedeflemektedir.

Bu çalışmada, 10M NaOH çözeltisi ile aktive edilen geopolimer harçlar, 8 ve 24 saat süreyle 90 ºC'de kürlenmiş ve 7, 28 ve 56 günlük mekanik dayanımları test edilmiştir. Çalışmanın bulguları, uçucu kül ve atık bazalt tozu kombinasyonlarının dayanım performansı üzerindeki etkisini anlamayı ve bu malzemelerin yapı sektöründeki potansiyel uygulama alanlarını keşfetmeyi amaçlamaktadır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu araştırmada, kullanılan malzemeler arasında atık bazalt tozu, sodyum hidroksit, dere kumu ve su bulunmaktadır. Atık bazalt tozu, Kayseri ilinin Develi ilçesindeki bir bazalt taş kesim atölyesinden çamur kurusu formunda temin edilmiştir. Temin edilen bu çamur kurusu, 105 ºC'de 24 saat boyunca etüvde kurutulmuş ve herhangi bir ek işlem uygulanmaksızın doğrudan kullanılmıştır. Bu çalışmada, Sugözü Termik Santrali'nden elde edilen uçucu kül kullanılmıştır. Uçucu külün yoğunluğu 2,3 g/cm³ olarak belirlenmiş olup, kimyasal bileşimi incelendiğinde %60,5 oranında $SiO_2$ ve %21,7 oranında $Al_2O_3$ içerdiği tespit edilmiştir. Diğer taraftan, atık bazalt tozunun kimyasal içeriği incelendiğinde, $SiO_2$ oranı %46,73, $Al_2O_3$ oranı %16,42, CaO oranı %10,97 ve $Na_2O+K_2O$ oranı ise %3,9 olarak bulunmuştur. Dere kumunun tane boyutu, 0-3 mm aralığında olup, bu kumun su emme oranı %1.97 olarak belirlenmiştir. Aktivatör olarak ise, katı halde bulunan sodyum hidroksit kullanılmıştır. Sodyum hidroksit, karışım suyunda çözündürülerek, geopolimerizasyon sürecini başlatmak ve etkinleştirmek amacıyla kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Bu yöntem, aktifleştirme işleminin verimliliğini artırmak için tercih edilmiştir.

Deneysel çalışmada, uçucu kül ve atık bazalt tozu oranlarına göre beş farklı harç karışımı hazırlanmıştır. Bu karışımların üretimi için kullanılan malzeme miktarları, Çizelge 1'de detaylı olarak sunulmuştur. Malzeme miktarları, her biri 3 gözlü ve 40x40x160 mm ölçülerinde olan prizma kalıplarına göre belirlenmiştir. Üretim işlemi tamamlandıktan sonra, numuneler 90 ºC'de iki farklı ısıl kürleme koşuluna tabi tutulmuştur; bu koşullar sırasıyla 8 saat ve 24 saat süreyle uygulanmıştır. Isıl kürleme işlemi sırasında, bir günün ardından numuneler kalıplarından çıkarılmıştır ve her bir karışımdan toplamda 9 adet prizma harç numunesi elde edilmiştir. Kalıplardan çıkarılan bu numuneler, eğilme ve basınç dayanımı testlerinin yapılacağı tarihe kadar laboratuvar ortamında, 20±2 ºC sıcaklıkta bekletilmiştir. Numuneler üzerinde, 7, 28 ve 56 günlük eğilme ve basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlar, her bir karışım için üç adet numunenin dayanım testlerinden elde edilen verilerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Çizelge 1'deki karışımların kodlanması, her bir karışımın içerdiği malzeme oranlarını ve ısıl kürleme koşulunu göstermek amacıyla yapılmıştır. Örneğin, "UK25BT75-24" kodu şu şekilde açıklanabilir: "UK", harç karışımında kullanılan uçucu külü (Fly Ash) belirtirken, "25" bu karışımdaki uçucu kül oranını %25 olarak ifade eder. "BT", atık bazalt tozunu (Basalt Dust) temsil eder ve "75", bu karışımdaki atık bazalt tozu oranının %75 olduğunu gösterir. Son olarak, "24", karışımın 90 ºC'de 24 saat süreyle ısıl kürleme koşuluna tabi tutulduğunu belirtir.

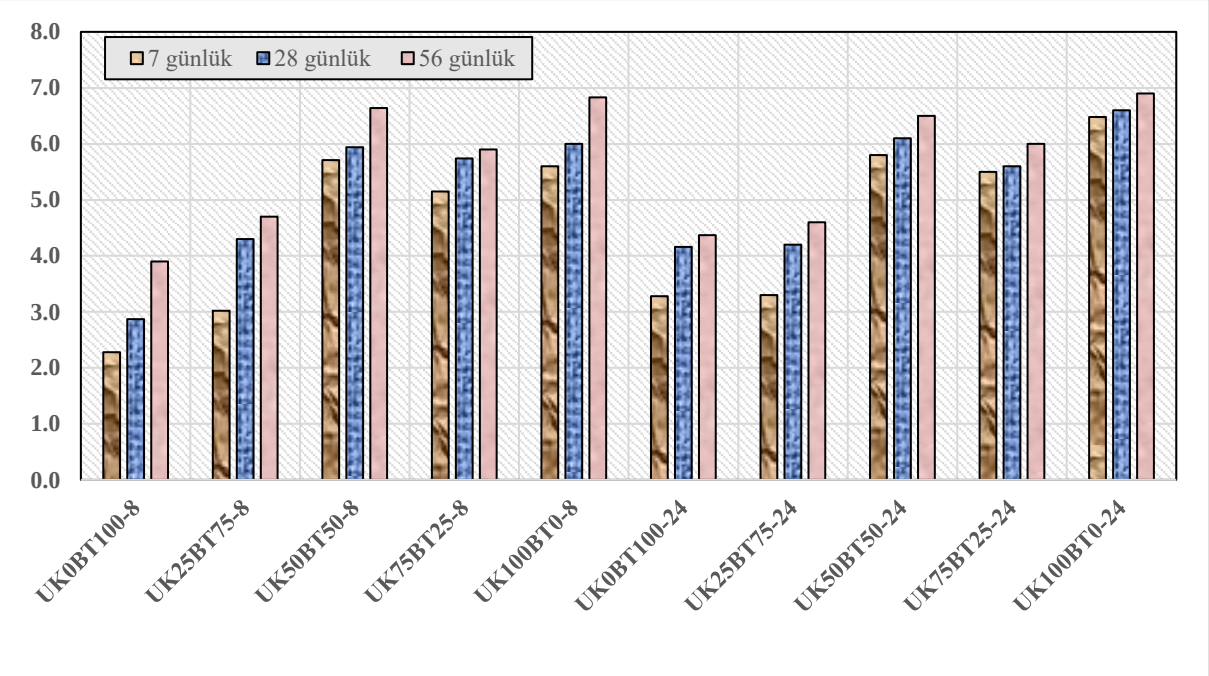
**Çizelge 1. Harç karışımı için malzeme miktarları, g**

| Karışım Kodu | Atık bazalt tozu | Uçucu Kül | Su | Sodyum hidroksit | Kum | Kür koşulu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UK0BT100-8 | 500 | 0 | 175 | 70 | 1250 | 90 ºC 8 saat |
| UK25BT75-8 | 375 | 125 | | | | |
| UK50BT50-8 | 250 | 250 | | | | |
| UK75BT25-8 | 125 | 375 | | | | |
| UK100BT0-8 | 0 | 500 | | | | |
| UK0BT100-24 | 500 | 0 | | | | 90 ºC 24 saat |
| UK25BT75-24 | 375 | 125 | | | | |
| UK50BT50-24 | 250 | 250 | | | | |
| UK75BT25-24 | 125 | 375 | | | | |
| UK100BT0-24 | 0 | 500 | | | | |

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

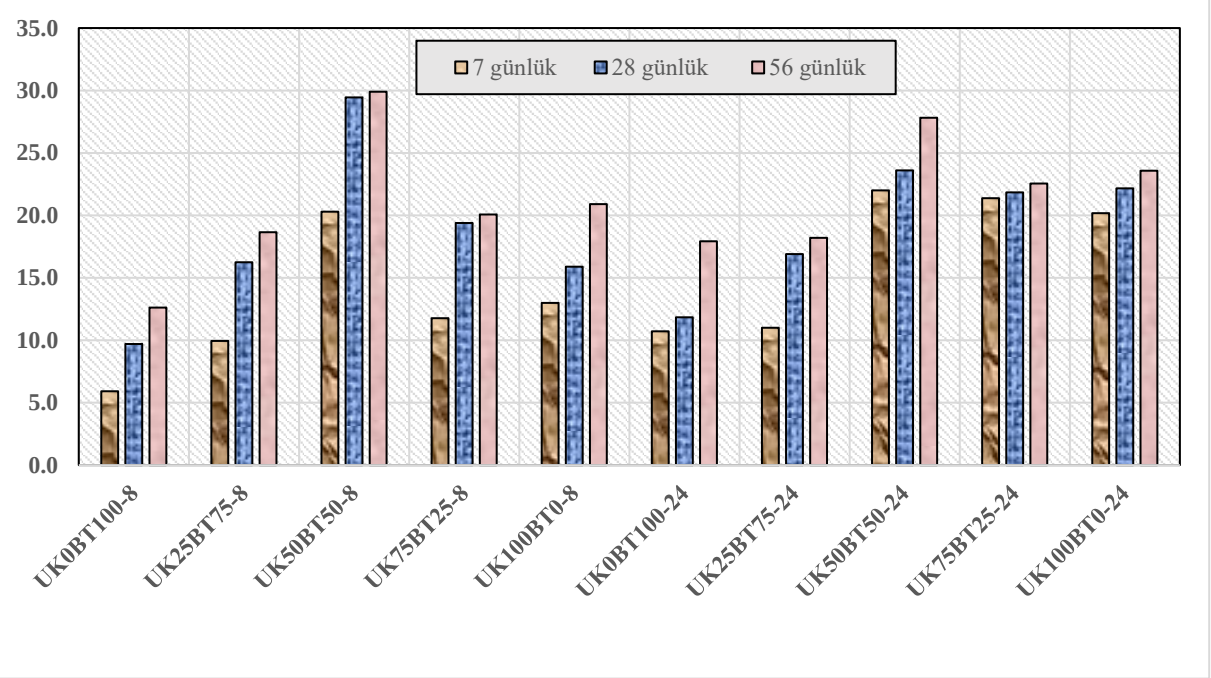
Geopolimer harçların 7, 28 ve 56 günlük eğilme dayanımları Görsel 1 ‘de sunulmuştur. 8 saat ısıl kürle üretilen harçların 7 günlük eğilme dayanımları 2,3 ile 5,7 MPa arasında iken, 24 saat ısıl kürle üretilen harçların dayanım değerleri 3,3 ile 6,5 MPa arasındadır. 24 saat ısıl kürle üretilen harçların 7 günlük eğilme dayanımları 8 saat ısıl kürle üretilenlere göre %1 ile %31 oranları arasında daha yüksek elde edilmiştir. Harçların eğilme dayanımları zamanla değişen oranlarda artış göstermiştir. 8 saat ısıl kürle üretilen harçların eğilme dayanımları 7 günden 28 güne %4 ile %43 arasında; 28 günden de 56 güne %2 ile %36 arasında artmıştır. Bununla birlikte, 24 saat ısıl kürle üretilen harçların eğilme dayanımları 7 günden 28 güne %1 ile %28 arasında; 28 günden de 56 güne %4 ile %10 arasında artmıştır. En yüksek eğilme dayanımı

değerleri sadece uçucu külle üretilen (UK100BT0-8 ve UK100BT0-24) ve her iki malzemenin eşit kullanıldığı (UK50BT50-8 ve UK50BT50-24) harçlarda elde edilmiştir.




**Görsel 1. Harçların eğilme dayanımları**

Üretilen harçların 7, 28 ve 56 günlük basınç dayanımları Görsel 2'de verilmiştir 8 saat ısıl kürle üretilen harçların 7 günlük basınç dayanımları 5,9 ile 20,3 MPa arasında iken, 24 saat ısıl kürle üretilen harçların dayanımları 10,7 ile 22,0 MPa arasındadır. 24 saat ısıl kürle üretilen harçların 7 günlük basınç dayanımları 8 saat ısıl kürle üretilenlere göre %7 ile %45 oranları arasında daha yüksek elde edilmiştir. Harçların basınç dayanımları zamanla değişen oranlarda artış göstermiştir. 8 saat ısıl kürle üretilen harçların basınç dayanımları 7 günden 28 güne %22 ile %65 arasında; 28 günden de 56 güne %1 ile %32 arasında artmıştır. Bununla birlikte, 24 saat ısıl kürle üretilen harçların basınç dayanımları 7 günden 28 güne %2 ile %54 arasında; 28 günden de 56 güne %3 ile %52 arasında artmıştır. En yüksek 7 günlük basınç dayanımı her iki malzemenin eşit kullanıldığı UK50BT50-24 kodlu harçlarda görülürken, En yüksek 28 ve 56 günlük basınç dayanımı değerleri UK50BT50-8 kodlu harçlarda elde edilmiştir.




**Görsel 2. Harçların basınç dayanımları**

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu deneysel çalışmada uçucu kül ile atık bazalt tozu NaOH ile iki farklı kür ortamında aktive edilerek geopolimer harçlar üretilmiştir. Yapılan testlerden elde edilen bulgulara göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Atık bazalt tozu ve uçucu kül farklı aktivasyon karakteristiklerine sahip olduklarından ısıl kür süresinin değişiminden farklı şekilde etkilenmişlerdir.
- 24 saat ısıl kür süresi özellikle harçların erken yaş dayanımlarını (7 yaş) belirgin bir şekilde artırmıştır.
- 8 saat ısıl kür ile üretilen harçların artan bekleme süresi ile dayanım değerlerindeki artış genellikle daha fazla olmuştur.
- Eğilme dayanımlarının basınç dayanımlarına oranları incelendiğinde, en yüksek değerlere sadece uçucu kül ile üretilen harçlarda ulaşılmıştır. Bunun nedeni uçucu küldeki düşük CaO oranına bağlanabilir.
- Öncü malzemelerin (uçucu kül ve atık bazalt tozu) tek başlarına kullanılmaktansa ikili karışımlarının kullanılması daha yüksek dayanım değerleri elde etmede etkin olmuştur. Özellikle bu malzemelerin eşit oranda kullanılması ile hem malzemelerin daha dikkatli tüketimi hem de mekanik özellikleri bakımından olumlu değerlendirilmiştir.
- Bu çalışmadan elde edilen bulgular öncü malzemelerin sabit kür sıcaklığı, aktivatör türü ve dozajı ile sınırlıdır. Bu parametrelerin çeşitlendirilmesi ile daha yüksek dayanım değerlerine ulaşılabileceği, en ekonomik ve çevre dostu çözüm için de yapılacak çalışmaların karşılaştırılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

## KAYNAKÇA

**[1]** Soni, A., Das, P. K., Hashmi, A. W., Yusuf, M., Kamyab, H., & Chelliapan, S. (2022). Challenges and opportunities of utilizing municipal solid waste as alternative building materials for sustainable development goals: A review. Sustainable Chemistry and Pharmacy, 27, 100706.

**[2]** Krishna, R. S., Mishra, J., Zribi, M., Adeniyi, F., Saha, S., Baklouti, S., ... & Gökçe, H. S. (2021). A review on developments of environmentally friendly geopolymer technology. Materialia, 20, 101212.

**[3]** Colangelo, F., Farina, I., Travaglioni, M., Salzano, C., Cioffi, R., & Petrillo, A. (2021). Eco-efficient industrial waste recycling for the manufacturing of fibre reinforced innovative geopolymer mortars: Integrated waste management and green product development through LCA. Journal of Cleaner Production, 312, 127777.

**[4]** Luhar, I., & Luhar, S. (2022). A comprehensive review on fly ash-based geopolymer. Journal of Composites Science, 6(8), 219.

**[5]** Dobiszewska, M., & Beycioğlu, A. (2020). Physical properties and microstructure of concrete with waste basalt powder addition. Materials, 13(16), 3503.

**[6]** Almutairi, A. L., Tayeh, B. A., Adesina, A., Isleem, H. F., & Zeyad, A. M. (2021). Potential applications of geopolymer concrete in construction: A review. Case Studies in Construction Materials, 15, e00733.

# BİMS BLOK ÜRETİMİNDE YÜKSEK FIRIN CÜRUFU VE PRİZ HIZLANDIRICI KATKI ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

**Yüksek Lisans Öğrencisi Halime KARAMAN[1] Doç. Dr. Serhat ÇELİKTEN[2]**

[1] Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

halimekaraman192607@gmail.com- 0009-0008-4986-4148

[2] Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,

scelikten@nevsehir.edu.tr - 0000-0001-8154-7590

## ÖZET

Bu çalışmada yüksek fırın cürufu, kum, ince çakıl (pomza) su ve priz hızlandırıcı kullanarak 5 farklı karışım tasarımı ile TSE'ye uygun şekillerde 190*190*390 mm boyutlarında sahip K19 bims bloklar üretilmiştir. Tasarlanan karışımlarda, yüksek fırın cürufu, bims blok üretiminde kullanılan çimento yerine ağırlıkça %10 ve %20 oranlarında ikame edilerek kullanılmıştır. Bu çalışmada, bims blok üretiminde priz hızlandırıcı kullanımının amacı, priz süresini kısaltarak fabrikada kullanılan palet sayısını azaltmaktır. Yüksek fırın cürufunun kullanımı ise çimento miktarını azaltarak maliyet tasarrufu sağlamayı hedeflemiştir. Çalışma kapsamında üretilen bims bloklara basınç dayanım testi uygulanmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Kullanılan yüksek fırın cürufu ve priz hızlandırıcı birlikte ve ayrı ayrı kullanımlarında olumlu etkiler göstermiştir. Priz hızlandırıcı katkı, erken yaş dayanımlarını artırmış, yüksek fürun cürufu ise özellikle 28 günlük dayanım değerlerine olumlu etki etmiştir. Yüksek fırın cürufu gibi atık puzolanların kullanımı ile daha çevre dostu bims blok üretilebileceği düşünülmektedir.
**Anahtar Kelimeler:** Yüksek fırın cürufu, Priz hızlandırıcı, Bims blok, Dayanım

## ABSTRACT

In this study, K19 pumice blocks measuring 190×190×390 mm were produced in accordance with TSE standards using five different mixture designs consisting of blast furnace slag, sand, fine gravel (pumice), water, and a setting accelerator. In the designed mixtures, slag was used as a partial replacement for cement, commonly used in pumice block production, at substitution rates of 10% and 20% by weight. The use of the setting accelerator aimed to reduce the setting time and thereby minimize the number of pallets required in the production process. The incorporation of slag targeted cost savings by reducing the cement content. Compression strength tests were conducted on the produced pumice blocks, and the results were compared. The combined and separate use of slag and the setting accelerator showed positive effects on the blocks. The setting accelerator additive enhanced early-age strengths, while the slag had a particularly positive impact on the 28-day strength values. It is suggested that incorporating waste pozzolans such as slag could enable the production of more environmentally friendly pumice blocks.

**Keywords**: Blast Furnace Slag, Setting Accelerator, Pumice Block, Strength

## 1. GİRİŞ

Yüksek fırın cürufu, demir çelik fabrikasında 1500-1600 ºC sıcaklıkta atık malzeme olarak açığa çıkmaktadır. Yüksek fırın cürufu yüksek oranda silis ve alümin içerir ve amorf yapıya sahiptirler. Yüksek fırın cürufu, çimento miktarını azalttığı için daha az $CO_2$ emisyonu sağlar, hidratasyon ısısını düşürür, işlenebilirliği artırır ve priz süresini kısaltır. İlk yaşlarda dayanıma etkisi sınırlı olmakla birlikte, ileri yaşlarda dayanımı artırır. Bu özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir **[1].**

Pomza, volkanik faaliyetler sonucu oluşan ekonomik değeri olan bir yapı malzemesidir. Gözenekli yapısından dolayı sağlıklıdır. Pomza açık renkli boşluklu ve dayanıklı bir kayaçtır. Gözenekleri arası bağlantı olmadığından geçirgenliği düşük, ısı yalıtımı oldukça iyidir. Asidik ve bazik olmak üzere iki çeşittir. Asidik pomza beyaz renkli, daha yaygın bulunmakta ve çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır **[2].** Dünya genelinde oldukça geniş bir rezerve sahip olan bims, hafif bir malzemedir. Birim hacim ağırlığı 600-700 kg/m³ arasında değişmektedir. Gözenekli ve hafif yapısı, geniş rezervi ve düşük yoğunluğu sayesinde blok bims ve hafif yapı elemanlarında kullanımı avantajlı hale gelmektedir **[3].** Priz hızlandırıcı kimyasal katkı, kullanılan malzeme grubunda, karışım işleminden sonra plastik halden katı hale geçiş süresini kısaltır **[4].**

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. KULLANILAN MALZEMELER

#### 2.1.1 YÜKSEK FIRIN CÜRUFU

Bims blok üretiminde kullanılan yüksek fırın cürufu Zonguldak ilinden temin edilmiştir. Kullanılan Yüksek fırın cürufunun kimyasal bileşimi çizelge1'de verilmiştir.

**Çizelge 1. Yüksek fırın cürufunun kimyasal bileşimi**

| KİMYASAL BİLEŞİM | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 33,48 |
| $Fe_2O_3$ | 2-2,8 |
| CaO | 32,1 |
| MgO | 7,21 |
| $SO_3$ | * |
| $Na_2O$ | * |
| $Al_2O_3$ | 11,8 |
| MnO | 2,2 |



**Görsel 1. Kullanılan YFC**

### 2.1.2 Pomza Agregası

Bims blok üretiminde kullanılan pomza agregasına TS 2717 EN 13139 standardına göre elek analizi deneyi yapılmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan pomza Nevşehir maden ocağından temin edilmiştir. Agrega gradasyonu çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2. Kullanılan agregaların tane boyutu dağılımı**

| ELEK ANALİZİ | İSTENEN | BULUNAN |
|---|---|---|
| 20mm geçen % | 95-100 | 98 |
| 8mm geçen % | 60-85 | 73 |
| 4mm geçen % | 30-60 | 45 |
| 2mm geçen % | 10-30 | 17 |



**Görsel 2. Elek Analizi ve Kullanılan Elekler**

### 2.1.3 Priz Hızlandırıcı

Bu çalışma bazında karışımlarında kullanılan priz hızlandırıcının özellikleri çizelge 3'de verilmiştir.

**Çizelge 3. Priz Hızlandırıcının Özellikleri**

| Özellik | Açıklama |
|---|---|
| Görünüm, Renk | Sarı veya kızıl renkli sıvı |
| Raf ömrü | Üretimden itibaren 3 ay |
| Yoğunluk | 1,49-1,52 kg/l (20 ºC'de) |
| Ph | 12-14 arası |
| Önerilen dozaj | Bağlayıcı ağırlığının en yüksek %1 oranında |

### 2.1.4. Çimento

Harç karışımlarında, Oyak Çimento Fabrikaları AŞ'den temin edilen CEM I 42,5 R Portland çimentosu kullanılmıştır.

## 2.2 KARIŞIMLARIN HAZIRLANMASI

190 mm x 190 mm x 390 mm boyutlarındaki K19 bims blok ürününe ait üretim kalıbı bims makinesine monte edilerek üretim aşamalarına geçilmiştir. Maden ocağından temin edilen farklı boyutlara sahip pomzalar kırılarak istenilen boyutlara getirilmek için konveyör bantlarla kırıcıya taşınıldı. Kırıcıya taşınılan farklı boyutlardaki pomzalar kırılarak istenilen tane boyutlarına getirildi. İstenilen tane boyutlarına getirilen pomzalar miksere gönderildi. Elektronik çimento kantarında karışım için gereken miktarda çimento tartılarak hazırlandıktan sonra miksere gelen pomzalar mikserin içerisine boşaltıldı. Kuru karışım süresi tamamlandıktan sonra karışıma su eklenmiş ve ardından 80 saniye süren sulu karışıma başlanmıştır. Bu aşamalarda kullanılan yüksek fırın cürufu ve priz hızlandırıcı belirli zaman aralıklarında ikame edilmiştir. Farklı oranlarda hazırlanan karışımların her biri sırayla harç yerleştirme çekmecesine boşaltılarak 190 mm x 190 mm x 390 mm boyutlarındaki K19 ürününe ait üretim kalıbına yerleştirilerek kalıbın şeklini almıştır. Kalıba yerleştirilen harçlar, vibratörle boşlukları giderildikten sonra hidrolik presle sıkıştırıldı. Sıkıştırılan harçlar, üretim paletlerinin üzerine yerleştirilip kalıptan çıkarıldı. Kalıptan çıkarılan numuneler, forklift yardımıyla taşınarak bekleme bölümüne götürülüp kurutmaya bırakıldı. Kurutma bölümüne yerleştirilen bims blok numunelerine, 1. gün ve 28. günlerde TS EN 772-1 standardına uygun olarak basınç dayanım testi uygulanmıştır.



**Görsel 4. Üretimi Yapılan Numuneler**



**Görsel 5. Üretimi Yapılan Numuneler**

## 2.3. KARIŞIM ORANLARI

Bims blok üretiminde mekanik özelikleri, kür koşullarını incelemek amacıyla farklı oranlarda 5 karışım üretimi yapılmıştır. Bunlar referans numune , %1 priz hızlandırıcılı, %20 yüksek fırın

cüruflu, %10 yüksek fırın cüruflu, %20 yüksek fırın cüruflu+ %1 priz hızlandırıcılı son olarak 5 farklı numune üretimi yapılmıştır. Bu karışım oranları çizelge 4 de verilmiştir.

**Çizelge 4. Karışım İçindeki Yüzdeler ve Oranları**

| Karışım İçindeki Yüzdeler ve Oranları | |
|---|---|
| **K1** | 125 kg çimento+1.25kg priz hızlandırıcı (%1 priz hızlandırıcı) |
| **K2** | 100 kg çimento+25kg yüksek fırın cürufu (%20 yüksek fırın cürufu) |
| **K3** | 112,5 kg çimento+12,5 kg yüksek fırın cürufu (%10 yüksek fırın cürufu) |
| **K4** | 100 kg çimento+ 25 kg yüksek fırın cürufu +1kg priz hızlandırıcı (%20 yüksek fırın cürufu +%1 priz hızlandırıcı) |
| **Kreferans** | 125 kg çimento (%0 katkı) |

## 2.4 DENEY YÖNTEMLERİ

Üretimi yapılan bims blok üzerinde basınç dayanım testi yapılmıştır. Bu deney TS EN 772-1 standardına göre uygulanmıştır. K19 numuneleri 1. ve 28. Gün olmak üzere basınç dayanım testine tabii tutulmuştur. Test başlığının arasına yerleştirilen numuneler için dörtgen kesit alanı 74.100 mm² olarak belirlenmiş ve yükleme hızı 16 kN/sn olarak seçilmiştir. Deneyler, bu parametreler ve seçilen koşullar altında gerçekleştirilmiştir.

## 3. DENEY SONUÇLARI VE BULGULAR

Üretimi yapılan 5 farklı numune arasından 1.Gün dayanım testinde en yüksek dayanım değeri K1 numunesi (125 kg çimento + 1,25 kg (%1) priz hızlandırıcı) karışıma aittir. Priz hızlandırıcı kimyasal katkının ilk gün dayanımını standart numuneye göre belirgin şekilde artırdığı görülmüştür. Ayrıca, K2 karışımının da, Kreferans numuneye göre daha yüksek dayanım gösterdiği görülmüştür. K3 ve K4 numunelerinin ilk gün dayanımları ile referans numune dayanımı birbirlerine çok yakındır. En yüksek 28 günlük dayanım değerinin, çimento hidratasyonunun büyük ölçüde tamamlanması ve %10 YFC eklenmesi sayesinde 112,5 kg çimento + 12,5 kg YFC içeren K3 numunesine ait olduğu görülmüştür. 2. sırada en yüksek dayanımı 100kg çimento + 25kg YFC içeren K2 numunesi göstermiştir. K2 numunesi, Referans numuneye göre daha yüksek dayanım sağlamıştır. 28.günde 125 kg çimento içeren referans numune %10 - %20 YFC içeren K2 ve K3 numunelerinden düşük , %1 priz hızlandırıcı içeren K1 ve K4 numunelerinden yüksek çıkarak 3. sırada dayanım değeri göstermiştir. %1 priz hızlandırıcı içeren K1 ve K4 numuneleri 28.gün dayanımında en düşük dayanım değerini göstermiştir. K4 numunesinin 125kg çimento + 1,25 kg priz hızlandırıcı içeren K1 numunesinden daha yüksek değer gösterdiği tespit edilmiştir.

**Çizelge 5. Karışımların Basınç Dayanım Sonuçları**

| NUMUNELER | 1. GÜN DAYANIMI | 28. GÜN DAYANIMI |
|---|---|---|
| **K1** | 0.58 | 1.91 |
| **K2** | 0.48 | 2.11 |
| **K3** | 0.41 | 2.18 |
| **K4** | 0.45 | 1.94 |
| **Kreferans** | 0.43 | 2.06 |

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

K1 numunesi priz hızlandırıcının etkisiyle referans numune göre ilk günde daha yüksek dayanım değerine sahip iken, 28. Günde ise referans numune ile benzer dayanım sergilemiştir. K4 numunesi, ilk gün dayanımında K1 numunesi kadar yüksek bir performans göstermemiştir. Bunun nedeni, K4 numunesindeki yüksek fırın cürufu (YFC) ile priz hızlandırıcının etkileşim hızının daha düşük olmasıdır. Çalışmada kullanılan YFC, Zonguldak Ereğli bölgesinden temin edilmiştir; farklı YFC türleri kullanılarak bu etkileşimin daha detaylı incelenmesi gerekmektedir.

Çimento oranı azaltılarak yerine YFC kullanılması, çimentodan kaynaklanan $CO_2$ salınımını azaltmış ve çevre dostu bir üretim süreci sağlanmıştır. Ayrıca, YFC kullanımı ekonomik açıdan avantajlı olmuş ve atık olmaktan kurtulmuştur. YFC'nin çimento yerine kullanılması, ilk başlarda priz süresini olumsuz etkilemiş olsa da, ilerleyen günlerdeki dayanımların standart bims bloklardan daha yüksek olduğu ve çimento kullanımına göre daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Priz hızlandırıcı kullanımı, özellikle ilk gün dayanımında belirgin bir katkı sağlamıştır. Bu özellik, kış aylarında bims blok üretiminde paketleme ve kuruma sürecinin hızlanmasına önemli katkı sunar. Çalışmanın ilkbahar aylarında gerçekleştirilmiş olması nedeniyle, priz hızlandırıcı katkılı numuneler priz süresi açısından olumlu sonuçlar verirken, YFC katkılı numuneler hava sıcaklığından dolayı priz süresinde olumsuz etkilenmiştir.

K4 numunesinde, YFC ve priz hızlandırıcının birlikte kullanımı, nihai dayanım açısından (28 günlük) avantaj sağlamamıştır. YFC katkılı K2 ve K3 numunelerinde referans numunesine kıyasla daha yüksek 28 günlük dayanım değerlerine ulaşılmıştır. Bunun nedeni olarak YFC'nin puzolanik aktifliğinin zamanla daha belirgin olması gösterilebilir.

Bu çalışmada, priz hızlandırıcı katkının bims blokların erken yaş dayanımlarına etkisi araştırılmıştır. Bulgular, priz hızlandırıcının erken yaş dayanımlarını belirgin şekilde artırdığını göstermiştir. Bununla birlikte, YFC ile priz hızlandırıcının ayrı ayrı ve birlikte kullanımının etkileri de ortaya konmuştur.

**TEŞEKKÜR**

Bims blok üretim sürecine sağladıkları katkılar için Ali Raif Tutkun'a ve Kaymaktaş Bims Şirketi'ne teşekkür ederiz.

**KAYNAKÇA**

**[1]** Öner A., Yıldırım T. "Öğütülmüş yüksek fırın cürufu içeren ve içermeyen betonlarda kırmataş kumu içeriğinin beton özeliklerine etkisi", Deprem Sempozyumu Kocaeli, Kocaeli, (2005)

**[2]** Binici H. Görür E. Durgun M. Yüksek Fırın Cürufunun Bazaltik Pomzayla Katkılı Betonların Mekanik Aşınması ve Su Geçirimliliği makale Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 6, No: 1, 2010 (1-10)

**[3]** H. Durgun E. Görür M. Mechanical Abrasion and Permeability of Ground Blast Furnace Slagand Ground Basaltic Pumice Concretes Electronic Journal of ConstructionTechnologiesVol: 6, No: 1, 20 (1-10)

**[4]** https://tur.sika.com/dms/getdocument.get/b523c868-abdf-4463-aace-d26a8ea2f444

# AYDINLATMA BAĞLAMINDA GÜVENLİK ALGISI: KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ KANUNİ KAMPÜSÜ'NDE YÜRÜYÜŞ DENEYİMLERİ

**Öğrenci, MELİSA YALÇİN**
Karadeniz Teknik Üniversitesi, melisaayylcn@gmail.com - 0009-0009-0665-4850
**Öğrenci, TALHA NİYAZ**
Karadeniz Teknik Üniversitesi, talhaniyaz00@gmail.com - 0009-0001-9478-4699
**Doç. Dr. Hare KILIÇASLAN**
Karadeniz Teknik Üniversitesi, hkilicaslan@ktu.edu.tr - 0000-0002-6113-7962

## ÖZET

Üniversite kampüsleri kentsel yaşam alanları içerisinde büyük bir öneme sahip olan yerleşkelerdendir. Üniversite kullanıcılarının kendilerini güvende hissetmeleri de temel bir ihtiyaçtır. Öğrencilerin kampüs çevresine uyum sağlayabilmeleri ve bulundukları alanlarda güvenli hissetmeleri açısından bakıldığında kampüs içi aydınlatmanın önemi açıktır. TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında 1919B012320819 başvuru numaralı projeden geliştirilen bu çalışmada, öğrencilerin Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüsü'nde aydınlatmaya bağlı olarak güvenlik ile ilgili değerlendirmeleri ele alınmaktadır. Bu doğrultuda kampüste aydınlatma bağlamında güvenlik algısının öğrenciler tarafından değerlendirilerek, güvenlik hissinin zayıf olduğu alanların ortaya konulması amaçlanmaktadır. Araştırmanın uygulama sürecini, kampüs içerisinde belirlenen rota üzerinden harita eşliğinde gerçekleştirilen yürüyüşler oluşturmaktadır. Bu çalışmada öğrencilerin kullanıcısı oldukları kampüse ilişkin değerlendirmelerin haritalara yansıtılması sağlanmıştır. Yürüyüşler araştırmaya katılmaya gönüllü olan Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde öğrenim görmekte olan 44 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Kampüste akşam saatlerinde gruplar halinde yapılan yürüyüşler sırasında öğrenciler kampüse ait haritalar üzerinde bireysel olarak çalışmışlardır. Haritalardan elde edilen veriler doğrultusunda, kampüste aydınlatma bağlamında güvenlik hissiyatının zayıf olduğu bölgeler belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Güvenlik algısı, aydınlatma, KTÜ Kanuni Kampüsü.

## 1. GİRİŞ

Üniversite yerleşkeleri, öğrencilerin günlük yaşamlarının büyük bir kısmını geçirdiği, akademik ve sosyal deneyimlerini şekillendiren önemli alanlardır. Kentsel yaşamın önemli parçalarından biri olan üniversite yerleşkeleri; içerdikleri sokaklar, meydanlar ve parklar gibi açık alanlarla bireylerin çevreyle etkileşimde bulunabileceği önemli mekânlar içermektedir. Özellikle kent içinde bulunan üniversite yerleşkeleri, kentsel alanların açık yeşil alan ihtiyacını karşılamasının yanı sıra kent kimliğini temsil etmektedir. Bununla birlikte bu alanlar, özellikle üniversite öğrencileri olmak üzere şehirde yaşayan bireylerin aktif olarak kullandığı mekânlardır (Çolakkadıoğlu, 2022).

Bu mekânlar akademik ve sosyal deneyimlerini şekillendiren önemli alanlardır. Payam'a (2014) göre insanın yaşama hakkı ile temel hak ve özgürlüklerini kullanabilmesi huzurlu ve güvenli bir çevrede mümkündür. İçinde yaşanılan çevrede kendisi ve yakınlarının can ve mal güveliğinin sağlanması ve bunun sürekli hale getirilmesi bireyin en temel kaygısıdır. Güvenli bir çevrenin ilk koşulu, her insanın günlük hayatında kendisini güvende hissedebilmesi; diğer bir koşul ise toplumsal güvenliğin sağlanmasıdır (Çelik, 2018). Dolayısıyla üniversite yerleşkelerinde hissedilen güvenlik algısı, bireylerin fiziksel ve psikolojik ihtiyaçlarını doğrudan etkileyerek akademik başarı ve genel yaşam memnuniyetini belirleyen temel bir unsurdur. Abraham Maslow'un ihtiyaçlar hiyerarşisi kuramına göre, bireyler temel güvenlik ihtiyaçları karşılanmadan daha üst düzey ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır. Bu bağlamda, güvenlik algısı mekân tasarımının kritik bir bileşeni olarak öne çıkmaktadır.

İnsan, dış dünyası hakkında bilgi edinirken duyu organlarını kullanmaktadır. Ancak çevreden gelen bilgilerin anlamlandırılması süreci sadece fiziksel bir işlem olmayıp, kişinin psikolojik durumu, kültürel geçmişi ve çevresel etmenler de gelişen bir süreçtir. İnsanlar çevrelerini ancak yeterli bir aydınlık ortamında görüp algılayabilmektedir. Fiziksel ortamın önemli bileşenlerinden biri olan ışık, bu noktada büyük bir role sahiptir. Çünkü insanlar çevrelerinden edindikleri bilgilerin yaklaşık %95'ini görsel algı yoluyla elde etmektedir. Bu durum, aydınlatmanın ne kadar önemli olduğunu açıkça göstermektedir (Onuk, 2008).

Geceleri yeterince aydınlatılmayan alanlar insanlar üzerinde psikolojik olarak olumsuz etkiler yaratır ve bu durum bölgelerin kullanımını büyük ölçüde azaltmaktadır. Yetersiz aydınlatma, sadece bireylerin kendilerini güvende hissetmelerini engellemekle kalmaz, aynı zamanda sosyal ve ekonomik açıdan potansiyelini tam kullanamayan alanların ortaya çıkmasına neden

olabilir. Yeterli ve doğru aydınlatma hem bireylerin güvenliğini artırmakta hem de bu tür alanların daha aktif ve işlevsel bir şekilde kullanılmasına katkı sağlamaktadır. Bu nedenle, aydınlatmanın sadece görme ihtiyacının değil, psikolojik ve sosyal ihtiyaçların da göz önünde bulundurarak planlanması gerekmektedir (Çelik, 2023).

Kampüs alanlarında güvenlik hissinin artırılmasında aydınlatma, fiziksel güvenlik ve psikolojik rahatlık açısından önemli bir rol oynamaktadır. Doğru planlanmış aydınlatma sistemleri, bireylerin bir mekâna aidiyet duygusunu güçlendirmekte ve bu alanların etkin kullanımını desteklemektedir. Üniversite kampüslerinin açık alanlarındaki aydınlatma düzeyi, sürekli kullanım açısından önemlidir. Yerleşkelerin eğitim-öğretim, yurt, kütüphane, araştırma, ticaret ve sosyal kullanım alanları barındırması nedeniyle akşam/gece kullanımının da güvenli bir biçimde sağlanabilmesi gerekmektedir. Buradan hareketle çalışmada, Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüsü'ndeki mevcut aydınlatma düzenlemelerinin güvenlik algısı üzerindeki etkilerinin incelemesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışma, TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BİDEB) tarafından yürütülen, 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı 2023 yılı 2. dönem kapsamında desteklenen "Üniversite Öğrencilerinin Güvenlik Algılarının Aydınlatma Bağlamında Belirlenmesi: Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüsü Örneği" başlıklı projenin bir aşamasını kapsamaktadır. Bu aşamada, Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Kanuni Kampüsü'nde öğrencilerin güvenlik algıları, kampüsün aydınlatma koşulları bağlamında değerlendirilmektedir. Kampüs içerisindeki yoğun kullanılan alanlarındaki aydınlatma elemanlarından örnekler Görsel 1'te gösterilmektedir.

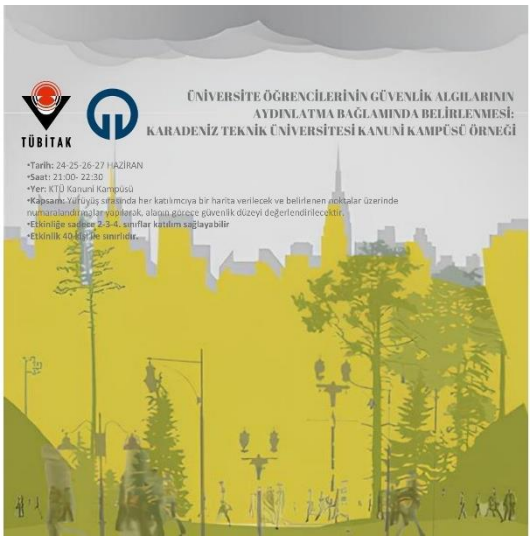



**Görsel 1. Aydınlatma Elemanları Örnekleri**

Bu ve benzer aydınlatma elemanlarının yer aldığı Kanuni Kampüsü'nde öğrencilerin güvenlik algılarının açığa çıkarılması haritalar eşliğinde gerçekleştirilmiştir. Şenel'e (2014) göre haritalar toplumların yer ile kurduğu ilişkiyi temsil etmek üzere başvurulan temsil araçlarından biridir. Haritalar insanlık tarihi boyunca yol bulmak veya tarif etmek, yaşadıkları coğrafyayı ve kendi varlıklarını diğer topluluklarla ilişkili hale getirmek, bir yere yerleşmek ve o yerde hak iddia etmek gibi birçok amaçla oluşturulmuştur. Güleç (2021) mimarlıkta çoğu zaman bir temsil aracı olmaya indirgenen haritaların bir yerin ilişkiler ağının ortaya konulmasında bir altlık oluşturduğunu belirtmektedir. Buradan hareketle çalışma kapsamında, kampüsün birebir kullanıcıları olan öğrencilerin oluşturduğu bir grupla haritalama uygulamasına başvurulmuştur.

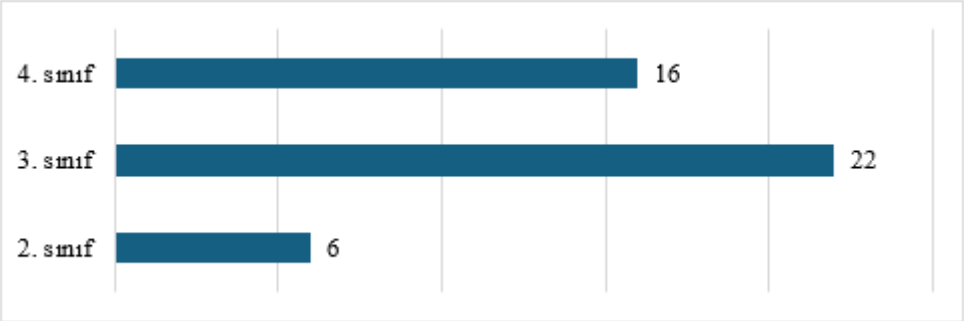
## 2. UYGULAMALAR

Araştırmanın uygulama sürecini, kampüs içerisinde belirlenen rota üzerinden harita eşliğinde gerçekleştirilen yürüyüşler oluşturmaktadır. Yürüyüş uygulamaları sonucunda beklenen çıktılara ulaşılmasında kampüs deneyim süresinin önemli olduğu düşünülmüştür. Bu bağlamda araştırmaya katılacak öğrenci kitlesinin Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü 2., 3. ve 4. sınıf öğrencilerinden oluşmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Bu kapsamda yürüyüş uygulamalarının duyurulmasının sağlanması amacıyla bir afiş oluşturulmuştur (Görsel 2).




**Görsel 2. Etkinlik Afişi**

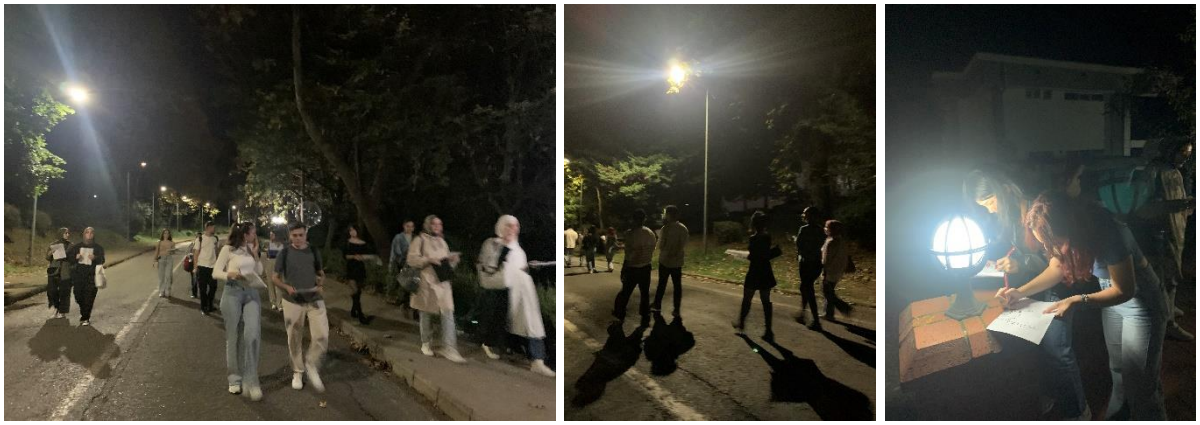
Etkinlik başvuru formu Google Formlar aracılığıyla hazırlanarak Mimarlık Bölümü'nde öğrenim görmekte olan 2., 3. ve 4. sınıf öğrencilerinin bulunduğu WhatsApp gruplarında paylaşılmıştır. Başvuru formunu doldurarak kayıt yaptıran öğrencilerin 6'sı 2. sınıf, 22'si 3. sınıf ve 16'sı 4. sınıf öğrencisi olmuştur (Görsel 3).



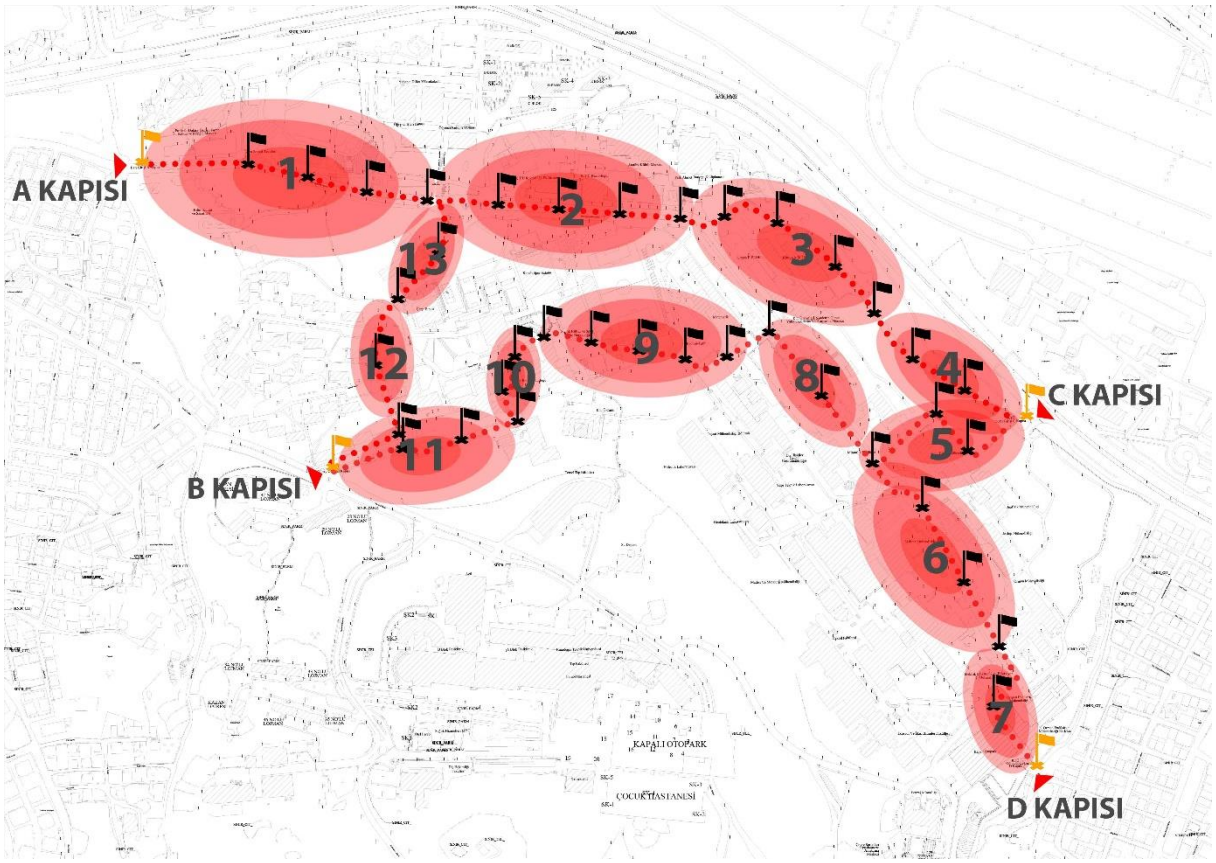

**Görsel 3. Kampüs yürüyüşlerine katılan öğrencilerin sınıf düzeyleri**

Başvuru süreci tamamlanmasının ardından, 44 katılımcının bulunduğu bir WhatsApp grubu oluşturulmuştur. Bu 44 öğrenci, her bir grupta 11 kişi olacak şekilde dört gruba ayrılmıştır. Her grup için buluşma yeri A Kapısı olarak, buluşma saati ise 20:45 olarak belirlenmiştir. Her yürüyüş öncesinde katılımcılara uygulamanın amacı kısaca aktarılmıştır. Yürüyüşler sırasında kullanılmak üzere araştırmacılar tarafından önceden hazırlanan A3 boyutundaki kampüs haritaları her bir katılımcıya dağıtılmıştır. Bu harita üzerinde işlenmiş olan yürüyüş rotası ve puanlama sistemi harita üzerinde gösterilerek anlatılmıştır. Yürüyüşler, dört ayrı gün boyunca akşam saat 21:00-22:30 aralığında gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler ve yürütücüler arasında irtibatın kopmaması amacıyla gruplar halinde yürünmüştür (Görsel 4). Toplam 13 bölgenin

bulunduğu yürüyüş rotası üzerindeki her bölge kendi içindeki benzer algı mesafelerini kapsayan alt alanlardan oluşmaktadır (Görsel 5).



**Görsel 4. Yürüyüşler ve Haritalama Uygulamaları**



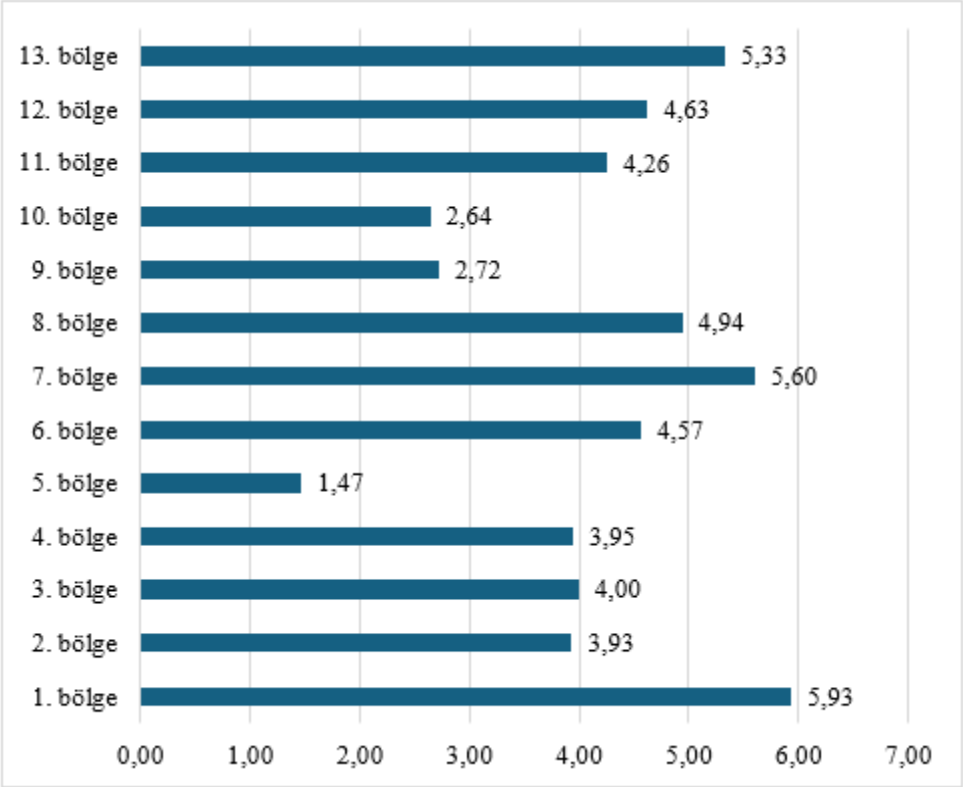

**Görsel 5. Yürüyüş Rotası**

Katılımcılara yürüyüşler sırasında bu rota üzerinde sınırları tanımlanmış olan her bir alt alan için 1 ile 7 puan arasında bir puan vererek harita üzerine not etmeleri söylenmiştir. "1" puanın aydınlatma bağlamında en güvensiz, "7" puanın ise en güvenli hissedilen alanı ifade edeceği

bilgisi verilmiştir. Genel açıklamaların ve haritaların teslim edilmesinin ardından 21:00'da başlangıç noktası olan A Kapısı'ndan başlanan yürüyüşler D Kapısı'nda sonlandırılmıştır.

## 3. BÖLGELERE İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

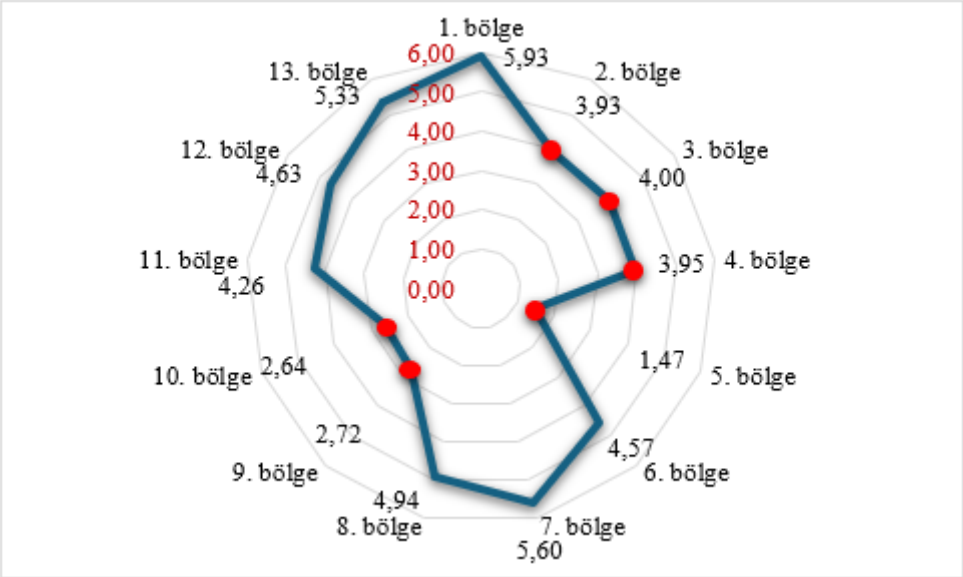
Belirlenen bölgeler rotayı takiben yürünerek, katılımcıların puanlamalarını yapmaları sağlanmıştır. Her uygulamanın sonunda katılımcıların doldurduğu haritalar toplanmıştır. Her bir öğrenciye ait haritalarda yer alan puanlara bağlı olarak 13 bölgenin de kendi içinde ortalama puanı belirlenmiştir (Görsel 5).




**Görsel 5. Bölgelere ait ortalama puanlar**

Bölgelere ilişkin puan ortalamaları incelendiğinde haritada yer alan 13 bölgenin 7'sinin aydınlatma bağlamında güvenli hissettirmede yeterli olduğu, 6'sının ise yetersiz olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bölgeler arasında en yüksek ortalama değerin 1 numaralı bölgeye (ort. 5,93) ait olduğu; bunu sırasıyla 7. bölge, 13. bölge, 8. bölge, 12. bölge, 6. bölge ve 11. bölgenin takip ettiği tespit edilmiştir. Bu bölgelerin tamamı 4,00'ün üzerinde puan ortalamasına sahip olmuştur. Puan ortalamaları 4,00 ve 4,00'ün altında olan bölgeler ise aydınlatmaya bağlı güvenlik hissi kapsamında yetersiz olarak değerlendirilmiştir. Toplamda 6 bölge bu kapsamda yer almakta olup, bunlar sırasıyla 2, 3, 4, 5, 9 ve 10 numaralı bölgeler olarak tespit edilmiştir.

13 bölge içerisinde en düşük ortalama değerin 5 numaralı bölgeye (ort. 1,47) ait olduğu belirlenmiştir (Görsel 6).




**Görsel 6. Aydınlatmaya Bağlı Güvenlik Hissinin Yetersiz Olduğu Bölgeler**

## 4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Kampüsün ana girişi olan A Kapısı (Batı Girişi), ticaret ve yerleşim alanlarına olan yakınlığıyla dikkat çekmekte ve haftanın her günü yoğun bir araç ve yaya trafiğine ev sahipliği yapmaktadır. Bu yoğunluk sayesinde mevcut aydınlatma düzenlemelerinin kullanım ihtiyaçlarını karşıladığı belirlenmiştir. Ancak A Kapısı'ndan kampüsün iç bölgelerine doğru ilerlendiğinde aydınlatmaya bağlı güvenlik hissinin yetersiz olduğu görülmektedir. B Kapısı (Güney Girişi), nispeten daha düşük yoğunlukta ancak yine de sık kullanılan bir giriş alanıdır. Yakın çevresindeki ticaret ve konaklama alanlarının etkisiyle kullanıcı trafiği oluşan bu girişte her ne kadar aydınlatma elemanları yeterli gibi görünse de, kampüs içine devam edildiğinde hissedilen aydınlatma eksikliği dikkat çekmektedir. C Kapısı (Kuzey Girişi), Karadeniz Sahil Yolu'na bağlantısı nedeniyle ağırlıklı olarak araç trafiğine hizmet etmekte ve yaya kullanımı açısından öğrenciler tarafından en az tercih edilen giriş kapısı konumundadır. Toplu taşıma kullanımının azaldığı saatlerde yaya akışı daha da azalmaktadır. Özellikle bu kapıda aydınlatma düzenlemelerinin oldukça yetersiz olduğu belirlenmiştir. D Kapısı (Doğu Girişi) ise, kampüsün önemli araç ve yaya girişlerinden biri olup, dolmuş durağına yakınlığı nedeniyle yoğun bir kullanım oranına sahiptir. Özellikle kapıya yakın çevrede yer alan ticari işletmeler bu bölgenin tercih edilme sıklığını artırmaktadır. Kapı çevresinde büyük ve etkili aydınlatma elemanları

bulunmasına rağmen, kampüs iç kısımlarına doğru ilerledikçe aydınlatma yeterliliğinde azalma gözlemlenmektedir.

Çalışmadan elde edilen bulgular, kampüs genelinde aydınlatma elemanlarının güvenlik ve kullanım ihtiyaçlarını karşılamakta eksik kaldığını göstermektedir. Kampüs ortamı, öğrencilerin günlük yaşamlarının büyük bir kısmını geçirdikleri bir alan olup, bu ortamda hissettikleri güvenlik algısı akademik başarıları ve genel yaşam memnuniyetleri açısından oldukça önemlidir. Bu bağlamda mevcut eksikliklerin giderilmesi adına, kampüste kullanıcı güvenliğini artırabilecek ve çevresel sürdürülebilirlik ilkesine uygun aydınlatma stratejilerine ilişkin çözüm önerilerine ihtiyaç olduğu söylenebilir.

## KAYNAKÇA

Çelik, F. (2018). Kentsel açık-yeşil alanlarda güvenlik. *İDEALKENT–Kent Araştırmaları Dergisi, 23*(9), 58-94.

Çelik, K. (2023). Tarihi dokuda kentsel aydınlatma tasarımı: Adana-Kayalıbağ Mahallesi, *Kent Akademisi Dergisi, 16*(2):776-7791. https://doi.org/10.35674/kent.1117167

Çolakkadıoğlu, D. (2022). Üniversite yerleşkelerindeki kentsel donatı elemanlarının ergonomik ve antropometrik yönden incelenmesi: Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Karacaoğlan yerleşkesi. *Antropoloji, 44,* 39-53. https://doi.org/10.33613/antropolojidergisi.1153615

Güleç, G. (2021). Mimarlıkta temsil ve tasarım araçları olarak haritalar. *GRID Mimarlık, Planlama ve Tasarım Dergisi, 4*(1), 53-73. https://doi.org/10.37246/grid.796513

Onuk, N. T. (2008). Kentsel dış mekânların aydınlatılması kapsamında ışık kirliliğinin irdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Ensitüsü, İstanbul.

Payam, M. M. (2014). Daha güvenli bir çevre oluşturmada ahlakın etkisi. ISEM 2014 2. Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu, Sempozyum Kitabı, 643-653.

Şenel A. 2014. Haritalama: Bir anlama, eleştirme ve tasarlama eylemi. İçinde Şentürer A, Paker N, Berber Ö, Şenel A, (Ed.). taarla: Projections on Istanbul. ITU architectural design research laboratory works. İTÜ Vakfı Yayınları, İstanbul, 26-33.

# ENZİMLERİ İYİLEŞTİRİCİ MADDE OLARAK KULLANARAK ASFALT KAPLAMALARININ KENDİ KENDİNİ İYİLEŞTİRİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI

**Lisans Öğrenci, NDEYE ASTOU SECK**
Karabük Üniversitesi, secknde yeastou736@gmail.com - ORCID ID: 0009-0004-3284-2269

**Doç.Dr., HALİL İBRAHİM YUMRUTAŞ**
Karabük Üniversitesi, iyumrutas@karabuk.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-3696-7016

## ÖZET

Günümüzde asfalt kaplamalarda çatlak onarımları için çatlak contaları ve bantları (crack seal), sisleme contaları (fog seal), harç tipi contalar (slurry seal), mikro yüzey işelemleri (microsurfacing), ince yüzeysel kaplama (chip seal), lifli yüzey kaplama (fiber seal) gibi geleneksel yöntemlere başvurulmaktadır. Son zamanlarda ise kendi kendini iyileştirme (self-healing) kavramı geliştirilmiş olup asfalt kaplamanın kullanım ömrünü uzatmak için mükemmel bir potansiyele sahiptir. Bu teknoloji, yol bakımı için kullanılan kimyasal malzemelerin kullanımını azaltma ve çevreyi koruma yeteneği nedeniyle çevreci ve sürdürülebilir bir teknoloji olarak kabul edilmektedir. Literatürde konuya ilişkin çok sayıda çalışma bulunmakta olup bu çalışmalar genel olarak "indüksiyon yöntemi" ve "mikrodalga ısıtma yöntemi" olarak özetlenebilir. Bu çalışmada literatürde sıklıkla kullanılan bu yöntemlere alternatif olarak enzimlerin asfalt betonunda meydana gelen çatlakları iyileştirme potansiyeli değerlendirilecektir. Bu doğrultuda literatürde kullanılan 2 farklı enzim türü (Permazyme ve TerraZyme) kullanılarak daha önceden belirlenmiş boyutta çatlak oluşturulan asfalt betonu numunelerine eşit miktarlarda enzim uygulaması yapılacak, sonrasında oda sıcaklığında 1,7,14,28,98 gün boyunca bekletilerek kısa ve uzun vadede çatlak iyileşme durumları ultrasonik çatlak ölçüm metodu ile ölçülecek ayrıca dayanımlarındaki iyileşmenin de gözlemlenebilmesi adına 3 nokta eğilme deneyleri gerçekleştirilecektir. Gelecekteki çalışmalarda asfalt betonunun diğer mekanik performanslarının iklimsel koşulların da simüle edilerek değerlendirilmesi, pilot bölgelerde uygulama yapılması ve yerinde gözlemler ile deneysel sonuçlarının teyit edilmesi önerilmektedir.

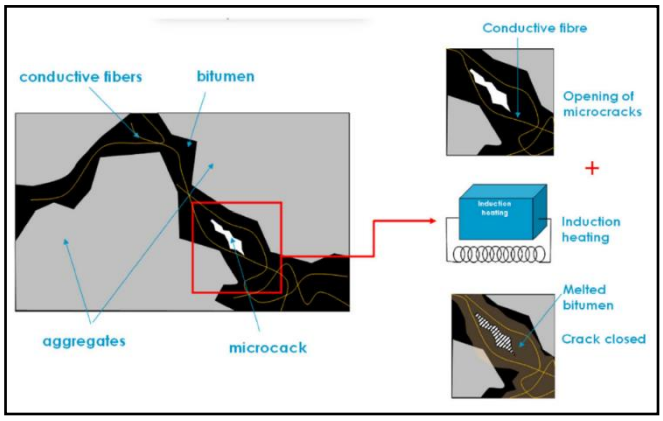
**Anahtar Kelimeler:** Çatlak iyileşmesi, Asfalt betonu, Enzim, Bakteri, Ultrasonik ölçüm

## 1. GİRİŞ

Asfalt betonu (AC), havaalanları ve otoyollar gibi inşaat mühendisliği yapılarında kullanılan viskoelastik ve termoplastik bir malzeme olan bitüm ve agrega karışımından oluşur [1,2]. Yüksek sıcaklıklarda deforme olan ve düşük sıcaklıklarda kırılgan hale gelebilen bir malzemedir [3]. Asfalt betonu, esnek üstyapılar elde etmek amacıyla karayollarında kullanılmaktadır. Ancak, hizmete girdikten birkaç yıl sonra, asfalt betonunun elastikiyet kabiliyeti, tekrarlı trafik yükleri ve çevresel etkenler (esas olarak sıcaklık ve nem) nedeniyle kademeli olarak azalır [4]. (Asfalt bağlayıcı kırılgan hale gelir, adezyon kabiliyetleri azalır ve böylece agregaların soyulmasına neden olur [2]. Asfalt kaplamalarda ortaya çıkan deformasyonlara bağlı olarak trafik kazaları meydana gelebilmekte olup bu kazaların önlenmesi veya azaltılabilmesi açısından asfalt kaplamaların bakımları zamanında yapılmalıdır [5]. Ayrıca zamanında yapılmayan bakım onarımlar sebebiyle küçük boyutlardaki deformasyonlar daha büyük ve çözülmesi zor süreçler gerektirmektedir. Asfalt kaplama deformasyonlarının temel göstergelerinden biri çatlaklardır. Bitümlü malzemelerde çatlak mekanizması oldukça karmaşıktır. Trafik yükleme koşullarına (yük miktarı ve yükleme süresi) ve atmosfer sıcaklıklarına bağlıdır. Oksidasyona neden olabilen atmosfer koşulları, asfalt karışımlarının bozulmasının ana nedenlerinden biridir. Zaman geçtikçe, asfalt kaplamalar kırılgan hale gelmelerine neden olan belirli bir sertlik seviyesine ulaşır, yükleme/boşaltma koşulları sırasında direnç gösteremez, bu da sonunda mikroskobik ve makroskobik seviyelerde çatlamaya yol açar.

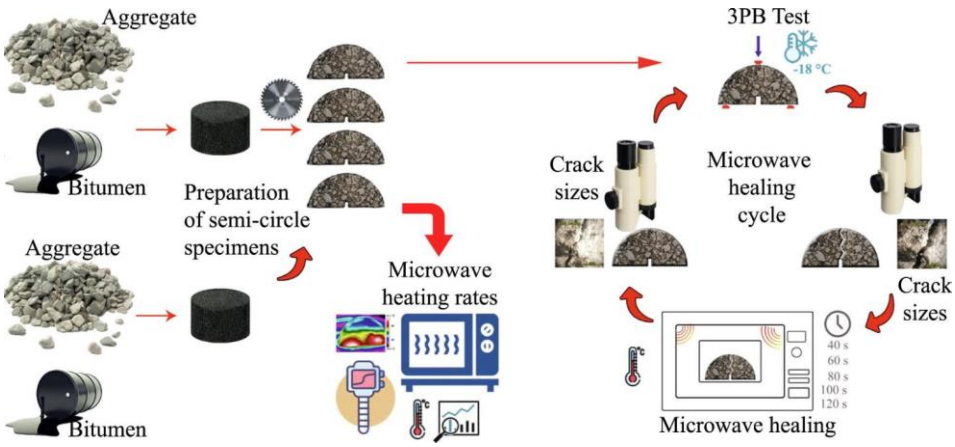
Günümüzde asfalt kaplamalarda çatlak onarımları için çatlak contaları ve bantları (crack seal), sisleme contaları (fog seal), harç tipi contalar (slurry seal), mikro yüzey işlemleri (microsurfacing), ince yüzeysel kaplama (chip seal), lifli yüzey kaplama (fiber seal) gibi geleneksel yöntemlere başvurulmaktadır. Son zamanlarda ise birçok araştırmacı, çatlak iyileştirme yöntemlerini erken aşamada teşvik ederek çatlak deformasyonlarının neden olduğu hasarları çözmek için çalışmalar yürütmüştür. Kendi kendini iyileştirme (self-healing) kavramı asfalt kaplamanın kullanım ömrünü uzatmak için mükemmel bir potansiyele sahiptir. Bu teknoloji, yol bakımı için kullanılan kimyasal malzemelerin kullanımını azaltma ve çevreyi koruma yeteneği nedeniyle sürdürülebilir bir teknoloji olarak kabul edilmektedir. Çatlak iyileştirme teknolojileri asfalt kaplamanın hizmet ömrünü etkili bir şekilde uzatabilir, böylece yol mühendisliğinin çevreye verdiği zararı daha da azaltabilir, enerji tüketimini ve CO2 emisyonlarını azaltabilir [6].

Literatürde çatlak iyileşmesi (self-healing) üzerine çok sayıda çalışma bulunmakta ve bu çalışmalar genel olarak iki yöntem üzerine odaklanmaktadır. Bunlardan birincisi indüksiyon metodudur. Bu yöntem asfalt kaplamanın çelik lifler gibi elektriksel olarak iletken bir malzeme ile ısıtılması işlemini içermekte olup asfalt iyileştirme elektrik alan indüksiyonu yoluyla gerçekleştirilir. Görsel 1'de yöntem özetlenmiştir.




**Görsel 1. İndüksiyon Yöntemi**

İkinci yöntem ise mikrodalga ısıtma yöntemidir. Bu yöntemde asfalt karışımlarını işlemek için elektrik kaynaklı indüksiyon iyileştirme süreçleri yerine manyetik radyasyon kullanılmakta olup indüksiyona benzer bir başka kendi kendini iyileştirme yöntemi olup Görsel 2'de özetlenmiştir.




**Görsel 2. Mikrodalga Isıtma Yöntemi**

Asfaltın kendi kendini iyileştiren bir malzeme olarak geri kazanımı kanıtlanmış olmakla birlikte, durmaksızın devam eden tekrarlı trafik yükleri ve sürekli değişkenlik gösteren atmosferik koşullar sebebiyle iyileşme yeteneğinin sınırlı olduğu ve hızlandırılarak geliştirilmeye muhtaç olduğu ifade edilmektedir. Bu anlamda gerçekleştirilmesi planlanan çalışmaların teşvik edilmesi önemlidir.

### 1.1 Çatlak İyileşme Teorisi

Çatlak iyileşmesinin makroskobik tezahürü, oluşan çatlağın kademeli olarak kaybolması ve çatlağın her iki tarafındaki arayüzlerin arayüz kaybolana kadar bütünleşmesi olarak ifade edilmektedir. Bu süreçte, maddenin içinde bir dizi fizikokimyasal reaksiyon meydana gelir ve buna maddelerin göçü ve enerji değişimi eşlik eder [2]. Araştırmacılar asfalt malzemelerdeki çatlak iyileşme sürecini farklı bakış açılarından tanımlamışlardır ve asfaltın kendi özelliklerine dayalı bazı çatlak iyileşme teorileri geliştirmişlerdir. Moleküler Difüzyon İyileştirme Modeli, polimer zincir dinamikleri temelinde arayüz kaybolana kadar asfalt moleküllerinin birbirleriyle

olan arayüzün her iki tarafındaki difüzyon sürecini açıklar [7,8] Bitüm, farklı boyutlarda polimer moleküllerinden oluşan bir tür sıvı malzemedir ve viskozitesi sıcaklığa duyarlıdır. Wool ve diğerleri [7,9], polimerlerin moleküler difüzyon perspektifinden hareketle çatlak iyileşme sürecinin beş ardışık aşamadan oluştuğunu öne sürmüşlerdir. Bunlar; yeniden yüzey düzenlenmesi, yüzey yaklaşımı, ıslatma, difüzyon ve randomizasyon olarak ifade edilmektedir. Bu süreç sırasında, difüzyon veya reptasyon yoluyla moleküller veya mikro yapısal bileşenler arasında ikincil bağların yeniden kurulması nedeniyle mekanik dayanım yeniden kazanılacaktır [9].

### 1.2 Çatlak İyileşme Değerlendirme Yöntemleri

Çatlak iyileşme değerlendirme yöntemleri genel olarak iki farklı malzeme açısından ele alınmaktadır. İlkinde sadece bitümlü bağlayıcının iyileşmesi dikkate alınmaktadır. Bu çalışmalarda düktile deneyi, dinamik kesme reometresi (DSR) deneyi, yorulma deneyi vb. gibi testler ile düktilite, kayma gerilmesi, dağıtılan enerji, yorulma ömrü gibi parametreler elde edilerek iyileşme süreçleri değerlendirmeye tabi tutulmuştur [10–14]. Diğerinde ise asfalt karışımlar bir bütün olarak değerlendirilmiş ve endirekt çekme deneyi (IDT), yarı dairesel eğilme deneyi (SCB), 3 nokta eğilme deneyi, 4 nokta yorulma deneyi vb. gibi testler ile rezilyans modülü, mukavemet, sertlik, kırılma enerjisi, yorulma ömrü gibi parametreler elde edilerek iyileşme süreçleri değerlendirmeye tabi tutulmuştur [15–18].

### 1.3 Enzimlerin potansiyeli

Enzimlerin asfalt ve beton gibi yapı malzemelerindeki çatlak onarımına katkısı, özellikle biyomimetik mühendislik ve biyomalzeme araştırmalarında ilgi çekici bir konu olarak öne çıkmaktadır. Bu alanda yapılan akademik çalışmalar, mikroorganizmalardan veya biyolojik reaksiyonlardan elde edilen enzimlerin çatlakları onarmak, malzemelerin mukavemetini artırmak ve yapısal bütünlüğü korumak için etkili olabileceğini göstermektedir.

Enzim tabanlı çatlak onarımında temel prensip, uygun enzimlerin ortamdaki kimyasal bileşenlerle reaksiyona girerek kalsiyum karbonat veya diğer dolgu malzemelerini oluşturmasıdır. Özellikle kalsiyum karbonat, beton ve asfalt yüzeylerinde mikro çatlakları kaplayarak yapısal dayanımı geri kazandırabilme potansiyeli açığa çıkarmaktadır. Benzer şekilde enzim üretme yeteneğine sahip bakteriler (örneğin Bacillus pasteurii) veya bunlardan türetilen enzimler de kullanılabilmektedir. Bu tür bakteriler, üreyi parçalayarak ortamdaki kalsiyum iyonları ile birleşen karbonat iyonları üretir. Bu iyonlar, çatlakların içinde çökelerek çatlak dolgusuna neden olur. Biyolojik kökenli enzimlerin asfalt ve beton gibi yapı malzemelerinde uygulanması, çevresel sürdürülebilirlik ve düşük maliyet gibi avantajlar da sağlamaktadır.

Enzim kullanımı ile gerçekleştirilen biyomimetik çatlak onarım teknolojisi, geleneksel yöntemlere göre düşük maliyetli ve çevre dostudur. Ayrıca, küçük çatlakları kendi kendine onarabilen bir yapı sağladığından bakım maliyetlerini azaltma potansiyeline sahiptir. Aynı zamanda, özellikle beton yapıların içindeki çatlaklar su veya zararlı iyonların girmesini engelleyerek, uzun ömürlü bir koruma sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Khaliq vd. [19], Heron [20], Grino ve Daly [21], Gupta vd. [22], Zhang vd. [23] gibi bir çok araştırmacı enzimlerin çimento betonunda çatlak iyileştirmede kullanılabilirliği açısından umut

verici olduğunu ortaya koymuşlar ancak uygulamada kullanılabilirliği açısından daha fazla çalışma yapılmasının gerekliliğini vurgulamışlardır.

Karayolu esnek üstyapıları ile ilgili olarak enzimler daha ziyade taban zemini ve zemin stabilizasyonunda kullanılmıştır. Muguda ve Nagaraj [24] zeminlerin mukavemet ve plastisitelerine enzimlerin etkilerini incelemişler ve azalan plastisite ve büzülme indeksleri, zeminlerin hacimsel olarak nispeten daha kararlı hale geldiğini ve çatlak oluşumuna daha az duyarlı hale gelerek katkı sunduğunu ortaya koymuşlardır. Buradan hareketle modern sürdürülebilir zemin materyallerinin geliştirilmesinde çevre dostu enzim stabilizasyonun muazzam bir potansiyele sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Ionescu ve Petrolito [25] enzimlerin taban zeminlerinin performansını geliştirmedeki etkisi üzerine bir çalışma yürütmüşler istenilen olumlu sonuçların elde edilebilmesi için daha uzun kür sürelerine ihtiyaç olduğunu ifade etmişlerdir.

**Özetle, çimento betonunda enzimlerin çatlak iyileştirmede kullanımının fizibil olduğu muhtelif çalışmalar ile deneysel olarak ispatlanmış olup asfalt betonlarında ise enzimlerin çatlak iyileştirme potansiyelinin ve mekanik dayanımın gözlemlendiği çalışmalara rastlanılamamıştır. Çalışma bu yönüyle özgünlük içermektedir.**

### 1.4 Araştırma Sorusu/Hipotezi

- *Literatürde sıklıkla ifade edilen yöntemler olan indüksiyon ve mikrodalga yöntemlerine alternatif olarak enzimlerin asfalt betonunda meydana gelen çatlakları iyileştirme potansiyeli var mıdır?*
- *Çatlak iyileşmesi ne düzeyde olacaktır ve hangi sürelerde optimum iyileşme elde edilecektir?*
- *Çatlak iyileşmesi ile birlikte aynı zamanda malzemenin mukavemetinde de bir iyileşme sağlanabilecek midir ve bu iyileşme hangi düzeyde olacaktır?*

**Bu çalışma ile söz konusu araştırma soruları ışığında literatürde sıklıkla kullanılan yöntemler olan indüksiyon ve mikrodalga yöntemlerine alternatif olarak enzimlerin asfalt betonunda meydana gelen çatlakları iyileştirme potansiyeli değerlendirilecek olup bu durum çalışmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır.**

Bu doğrultuda literatürde kullanılan 2 farklı enzim türü (Permazyme ve TerraZyme) kullanılarak daha önceden belirlenmiş boyutta çatlak oluşturulan asfalt betonu numunelerine eşit miktarlarda enzim uygulaması yapılacak, sonrasında oda sıcaklığında 1,7,14,28,98 gün boyunca bekletilerek kısa ve uzun vadede çatlak iyileşme durumları ultrasonik çatlak ölçüm metodu ile ölçülecek ayrıca dayanımlarındaki iyileşmenin de gözlemlenebilmesi adına 3 nokta eğilme deneyleri gerçekleştirilecektir.

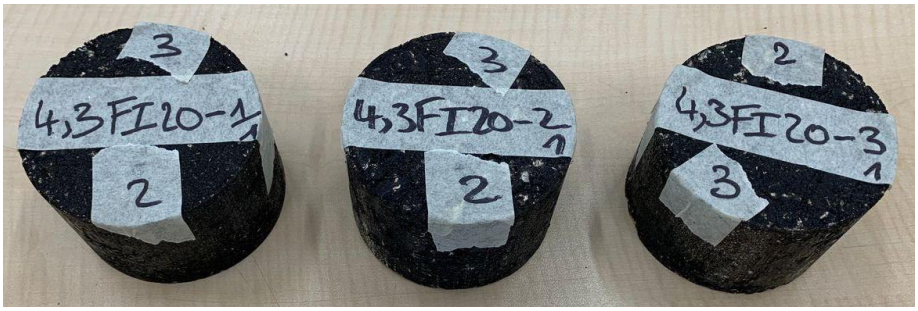
## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Çalışmada AC50/70 penetrasyon değerine sahip bitüm kullanılacak olup agrega boyut ve standartları Karayolu Teknik Şartnamesinde belirtilen değerleri karşılayacaktır. Agrega ve bitümlü bağlayıcı, Karabük İl Özel İdaresi asfalt fabrikasından bedelsiz olarak temin edilecektir.

### 2.1 Deney Prosedürü

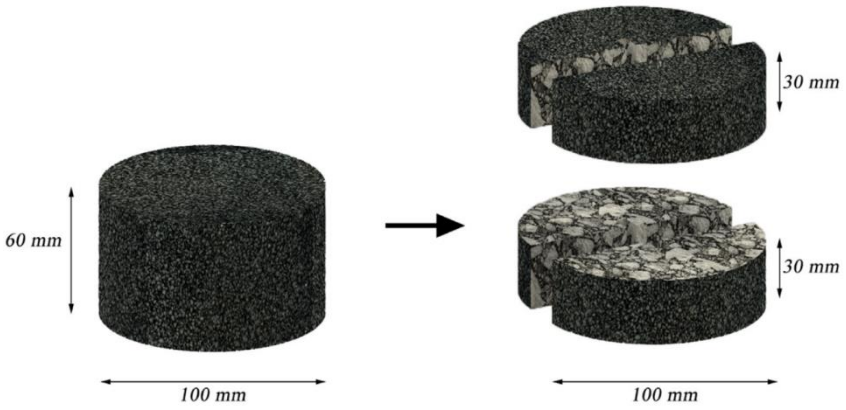
Deneylerin aşağıdaki adımlar takip edilerek gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

**Adım1)** Öncelikle TS EN 12697'ye göre Marshall Karışım Tasarımı prosedürleri takip edilerek standart Marshall numuneleri elde edilecektir (Görsel 3). Marshall numunelerinin üretilmesinde kullanılacak olan elekler, sarsma tablası, etüv, ısıtıcılı mikser, kompaksiyon, hassas terazi vb. cihazlar Karabük Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarından temin edilecektir.



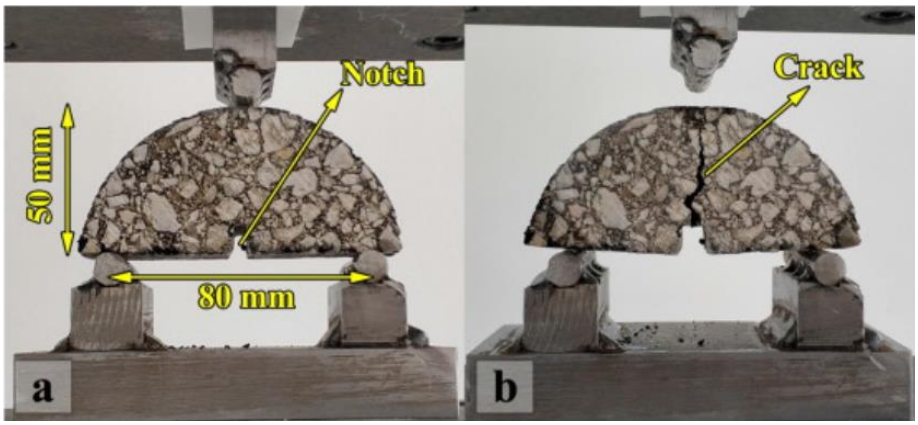

**Görsel 3. Marshall Numune Örnekleri**

**Adım2)** Elde edilen numuneler, 3 nokta eğilme deneyine tabi tutulabilmesi amacıyla uygun boyutlarda yarı dairesel olarak kesilecektir (Görsel 4).



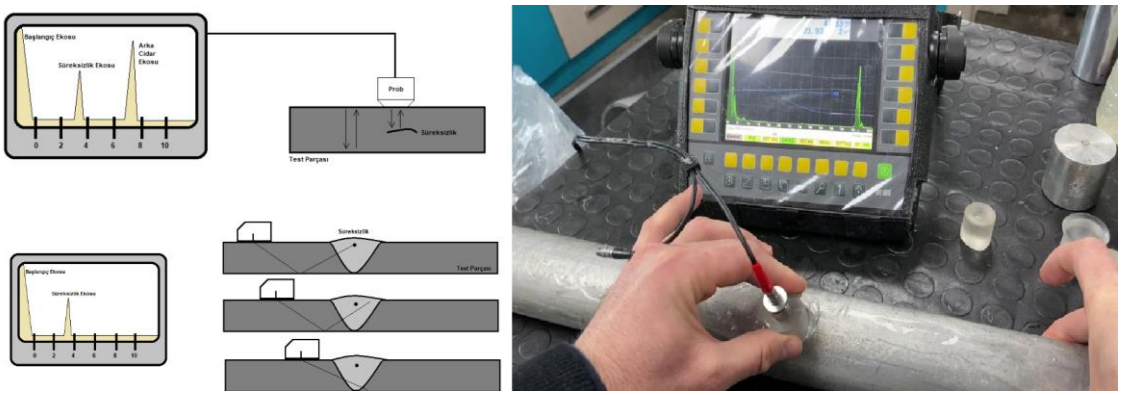

**Görsel 4. Numunelerin Uygun Boyutlarda Elde Edilmesi**

**Adım3)** Yarı dairesel olarak elde edilen asfalt betonu numuneleri 3 nokta eğilme deneyine tabi tutulacaktır. Bu deney ile asfalt betonunun iyileştirme işleminden önce ve sonra kırılma direncinin (dayanımını) değerlendirmesi amaçlanmaktadır. Bu sebeple her bir deney için 3 adet numune üzerinde 10 mm derinliğinde ve 4 mm genişliğinde çentik oluşturularak (AASHTO. 2015. Standard method of test for determining the fracture energy of asphalt mixtures using the semicircular bend geometry (SCB)) ön yükleme ile çatlak oluşumu sağlanacaktır. Bu safhada başlangıç dayanım miktarı ($D_0$) kayıt altına alınacaktır ayrıca başlangıç çatlak miktarı ($Ç_0$) ultrasonik test cihazı vasıtasıyla tespit edilecektir (Görsel 5-6).




**Görsel 5. 3 nokta eğilme deneyi**

3 nokta eğilme testi, bir malzemenin eğilme dayanımını ve kırılma davranışını belirlemek için yapılan temel mekanik testlerden biridir. Bu deney, bir malzeme numunesine belirli bir yük uygulayarak malzemenin elastik ve plastik deformasyon özelliklerini ölçmeyi amaçlar.



**Görsel 6. Ultrasonik çatlak ölçümü**

Ultrasonik muayene, yüksek frekanslı ses dalgalarının malzeme içine gönderilmesi ve geri yansıması prensibine dayanır. Ses dalgaları alıcı-verici özelliği olan tek probla ya da verici prob ve alıcı prob kullanarak malzeme içine gönderilir ve alınır. Test edilecek parçanın boyutsal ölçüleri bilindiğinden gönderilen ve alınan ses zayıflaması hatasız parça için önceden hesaplanır fakat parça içinde herhangi bir hata (süreksizlik, çatlak vb.) olması durumunda ses zayıflaması daha fazla olur ve cihazın ekranında hatanın konumu hata yankısı olarak belirir.

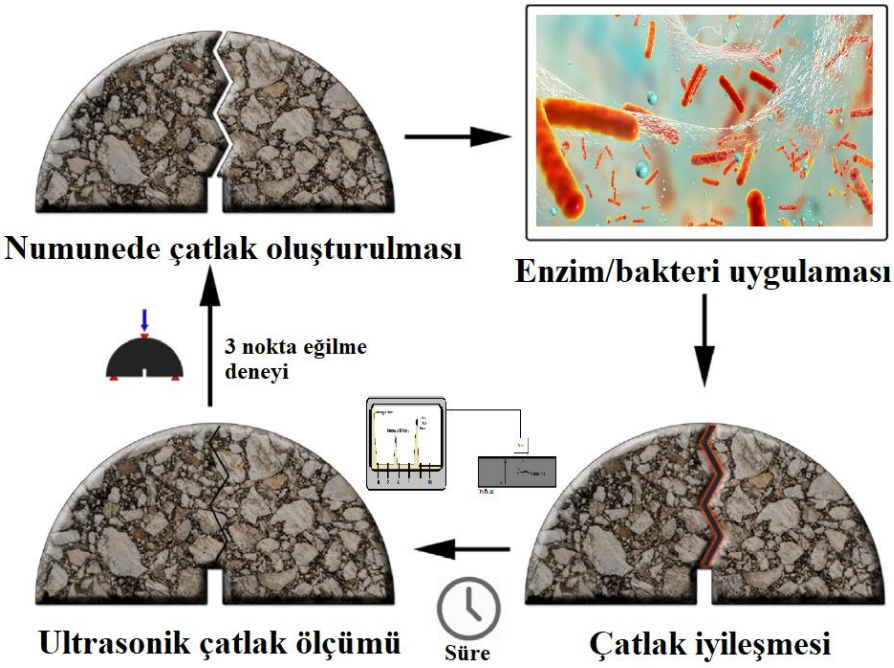
**Adım4)** Bu adımdaki deney süreçleri ve elde edilecek veriler için literatürdeki benzer çalışmalardan esinlenilmiştir [26–29]. Çatlamış yüzeylere enzim uygulaması yapılacaktır. Numuneler oda sıcaklığında bekletilecektir. Belirlenen iyileşme sürelerinde (1,7,14,28,98 günler) numuneler ultrasonik test cihazı ile çatlak durumları tespit edilerek ($Ç_1$, $Ç_7$, $Ç_{14}$, $Ç_{28}$, $Ç_{98}$) başlangıçta ölçülen çatlak seviyesi ($Ç_0$) ile mukayeseleri yapılacak ve her biri için başlangıçtaki çatlak seviyesine oranı dikkate alınarak iyileşme katsayısı (İK) elde edilecektir (Eşitlik 1).

İyileşme Katsayısı: $İK: Ç_{1\text{-}98}/Ç_0$ Eşitlik 1

Aynı zamanda öngörülen her bir süre sonunda 3 nokta eğilme testi tekrarlanacak ($D_1$, $D_7$, $D_4$, $D_{28}$, $D_{98}$) ve bu döngü aynı deney numuneleri üzerinde maksimum deney süresi boyunca devam ettirilerek kayıt altına alınacaktır. Burada da aynı şekilde başlangıçtaki kırılma dayanımına ($D_0$) oranı bulunarak dayanım katsayısı (DK) katsayısı elde edilecektir (Eşitlik 2).

Dayanım Katsayısı: DK : $D_{1\text{-}98}/D_0$ Eşitlik 2

Her bir enzim türü için 5 farklı sürede olmak üzere toplamda 2 farklı enzim türü ve her bir deney için 3 başarılı numune (ortalama değer dikkate alınacak) olmak üzere toplamda 5x2x3 = 30 numune elde edilecek ve deneyler bu numuneler üzerinde toplamda 40 adet deney gerçekleştirilecektir. Söz konusu deney çevrimi Görsel 7'de deney matrisi ise Çizelge1'de özetlenmiştir.




**Görsel 7. Deney Çevrimi**

| ENZİMLER | NUMUNELER | DENEYLER | DATA | GÜNLER | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 0 | 1 | 7 | 14 | 28 | 98 |
| PermaZyme | N1 | Ultrasonik Ölçüm | Çatlak | ■ | ■ | | | | |
| | | 3 nokta eğilme | Dayanım | ■ | ■ | | | | |
| | N7 | Ultrasonik Ölçüm | Çatlak | ■ | | ■ | | | |
| | | 3 nokta eğilme | Dayanım | ■ | | ■ | | | |
| | N14 | Ultrasonik Ölçüm | Çatlak | ■ | | | ■ | | |
| | | 4 nokta eğilme | Dayanım | ■ | | | ■ | | |
| | N28 | Ultrasonik Ölçüm | Çatlak | ■ | | | | ■ | |
| | | 4 nokta eğilme | Dayanım | ■ | | | | ■ | |
| | N98 | Ultrasonik Ölçüm | Çatlak | ■ | | | | | ■ |
| | | 5 nokta eğilme | Dayanım | ■ | | | | | ■ |
| TerraZyme | N1 | Ultrasonik Ölçüm | Çatlak | ■ | ■ | | | | |
| | | 3 nokta eğilme | Dayanım | ■ | ■ | | | | |
| | N7 | Ultrasonik Ölçüm | Çatlak | ■ | | ■ | | | |
| | | 3 nokta eğilme | Dayanım | ■ | | ■ | | | |
| | N14 | Ultrasonik Ölçüm | Çatlak | ■ | | | ■ | | |
| | | 4 nokta eğilme | Dayanım | ■ | | | ■ | | |
| | N28 | Ultrasonik Ölçüm | Çatlak | ■ | | | | ■ | |
| | | 4 nokta eğilme | Dayanım | ■ | | | | ■ | |
| | N98 | Ultrasonik Ölçüm | Çatlak | ■ | | | | | ■ |
| | | 5 nokta eğilme | Dayanım | ■ | | | | | ■ |

**Çizelge 1. Deney Matrisi**

## KAYNAKÇA

1. Abtahi, S. M., Sheikhzadeh, M., and Hejazi, S. M., "Fiber-reinforced asphalt-concrete – A review", Construction And Building Materials, 24 (6): 871–877 (2010).

2. Sun, D., Sun, G., Zhu, X., Guarin, A., Li, B., Dai, Z., and Ling, J., "A comprehensive review on self-healing of asphalt materials: Mechanism, model, characterization and enhancement", Advances In Colloid And Interface Science, 256: 65–93 (2018).

3. Dai, Q., Wang, Z., and Mohd Hasan, M. R., "Investigation of induction healing effects on electrically conductive asphalt mastic and asphalt concrete beams through fracture-healing tests", Construction And Building Materials, 49: 729–737 (2013).

4. Lou, B., Sha, A., Barbieri, D. M., Liu, Z., and Zhang, F., "Microwave heating properties of steel slag asphalt mixture using a coupled electromagnetic and heat transfer model", Construction And Building Materials, 291: 123248 (2021).

5. Song, Y., Wang, Z., Zhou, Y., and Hu, R., "Research on microwave heating performance of modified steel slag asphalt mixture", Advances In Mechanical Engineering, 13 (4): (2021).

6. Ma, F., Dong, W., Fu, Z., Wang, R., Huang, Y., and Liu, J., "Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from asphalt pavement maintenance: A case study in China", Journal Of Cleaner Production, 288: 125595 (2021).

7. Wool, R. P. and O'Connor, K. M., "A theory crack healing in polymers", Journal Of Applied Physics, 52 (10): 5953–5963 (1981).

8. Kim, Y.-R., Little, D. N., and Lytton, R. L., "Fatigue and Healing Characterization of Asphalt Mixtures", Journal Of Materials In Civil Engineering, 15 (1): 75–83 (2003).

9. Qiu, J., "Self Healing of Asphalt Mixtures: Towards a Better Understanding of the Mechanism", Engineering, Materials Science, (2012).

10. Qiu, J., van de Ven, M. F. C., Molenaar, A. A. A., Qiu, J., Wu, S., and Yu, J., "Investigating the Self Healing Capability of Bituminous Binders", Road Materials And Pavement Design, 10: 81–94 (2009).

11. Tan, Y., Shan, L., Richard Kim, Y., and Underwood, B. S., "Healing characteristics of asphalt binder", Construction And Building Materials, 27 (1): 570–577 (2012).

12. Shan, L., Tan, Y., and Richard Kim, Y., "Establishment of a universal healing evaluation index for asphalt binder", Construction And Building Materials, 48: 74–79 (2013).

13. Qiu, X. and Zhou, S., "Generating adversarial examples with input significance indicator", Neurocomputing, 394: 1–12 (2020).

14. Liu, G., Liang, Y., Chen, H., Wang, H., Komacka, J., and Gu, X., "Influence of the chemical composition and the morphology of crumb rubbers on the rheological and self-healing properties of bitumen", Construction And Building Materials, 210: 555–563 (2019).

15. Chen, Y., Simms, R., Koh, C., Lopp, G., and Roque, R., "Development of a test method for evaluation and quantification of healing in asphalt mixture", Road Materials And Pavement Design, 14 (4): 901–920 (2013).

16. Riara, M., Tang, P., Mo, L., Javilla, B., Chen, M., and Wu, S., "Systematic Evaluation of Fracture-Based Healing Indexes of Asphalt Mixtures", Journal Of Materials In Civil Engineering, 30 (10): 04018264 (2018).

17. Xiang, H., Zhang, W., Liu, P., and He, Z., "Fatigue–healing performance evaluation of asphalt mixture using four-point bending test", Materials And Structures/Materiaux Et Constructions, 53 (3): 1–10 (2020).

18. Liu, Q., Yu, W., Wu, S., Schlangen, E., and Pan, P., "A comparative study of the induction healing behaviors of hot and warm mix asphalt", Construction And Building Materials, 144: 663–670 (2017).

19. Khaliq, W. and Ehsan, M. B., "Crack healing in concrete using various bio influenced self-healing techniques", Construction And Building Materials, 102: 349–357 (2016).

20. Heron, H. J., "Bacteria-based self-healing concrete", (2011).

21. Jr, A. G. and Daly, M. M., "Bio-influenced self-healing mechanism in concrete and its testing: A review", Applied Sciences, .

22. Gupta, S. G., Rathi, C., and Kapur, S., "Biologically Induced Self Healing Concrete: A Futuristic Solution for Crack Repair", International Journal Of Applied Sciences And Biotechnology, 1 (3): 85–89 (2013).

23. Zhang, L. V., Nehdi, M. L., Suleiman, A. R., Allaf, M. M., Gan, M., Marani, A., and Tuyan, M., "Crack self-healing in bio-green concrete", Composites Part B: Engineering, 227: 109397 (2021).

24. Muguda, S. and Nagaraj, H. B., "Effect of enzymes on plasticity and strength characteristics of an earthen construction material", International Journal Of Geo-Engineering, 10 (1): 1–14 (2019).

25. Ionescu, D. and Petrolito, J., "Effects of an enzyme on the performance of subgrades", ISEC 2019 - 10th International Structural Engineering And Construction Conference, (Austroads 2018): 1–6 (2019).

26. Yıldız, K. and Atakan, M., "Improving microwave healing characteristic of asphalt concrete by using fly ash as a filler", Construction And Building Materials, 262: (2020).

27. Norambuena-Contreras, J. and Garcia, A., "Self-healing of asphalt mixture by microwave and induction heating", Materials And Design, 106: 404–414 (2016).

28. Jahanbakhsh, H., Karimi, M. M., Jahangiri, B., and Nejad, F. M., "Induction heating and healing of carbon black modified asphalt concrete under microwave radiation", Construction And Building Materials, 174: 656–666 (2018).

29. García, A., Norambuena-Contreras, J., Bueno, M., and Partl, M. N., "Single and multiple healing of porous and dense asphalt concrete", Http://Dx.Doi.Org/10.1177/1045389X14529029, 26 (4): 425–433 (2014).

# 6 ŞUBAT DEPREMLERİ SONRASI KIRSAL DEPREM KONUTLARI ULAŞIM VE OTOPARK ALTYAPILARININ İNCELENMESİ: KAHRAMANMARAŞ KIRSAL DEPREM KONUTLARI ÖRNEĞİ

**Lisansüstü Öğrenci, ALİCAN ERGİN**
Karabük Üniversitesi, alicanergin@hotmail.com - 0009-0004-3397-2882

**Dr. Öğr. Üyesi, ÖZLEM BATTAL ŞAL**
Karabük Üniversitesi, ozlembattal@karabuk.edu.tr - 0000-0002-2308-7933

**Doç.Dr., HALİL İBRAHİM YUMRUTAŞ**
Karabük Üniversitesi, iyumrutas@karabuk.edu.tr - 0000-0002-3696-7016

## ÖZET

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık ve Elbistan merkezli depremler, 11 ilimizi kapsayan oldukça geniş bir alanda etkisini göstermiş olup çok fazla can ve mal kaybına sebep olmuştur. Ayrıca üstyapı ve altyapılarda ileri düzeyde hasarlar meydana getirmiştir. Özellikle ulaşım altyapısı bir plan dahilinde gelişmemiş olan bölgelerde hem deprem sonrası arama kurtarma faaliyetlerini hem de tahliye faaliyetlerini sekteye uğratmıştır. Buradan çıkarılacak dersler bölgede yapılacak yeni yerleşim yerlerinin planlanmasında önem arz etmektedir. Bu çalışmada deprem sonrası inşa edilmekte olan kırsal deprem konutlarının ulaşım ve otopark altyapılarının incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu sebeple Kahramanmaraş sınırları içerisindeki 4 ayrı kırsal bölgedeki deprem konutlarının uygulama projeleri, yerinde gözlemler ve araç yolu izleme analizi (Vehicle Swept Path Analysis) yazılımı ile 3 farklı araç konfigürasyonu için ilgili standartlar ve yönetmelikler ışığında ulaşım yollarının ve otopark alanlarının yeterliliği tartışılmıştır. Sonuç olarak çalışma alanı olarak seçilen bölgede deprem sonrasında yapılan kırsal deprem konutlarının mukavemet açısından standartların üzerinde güvenli olduğu, ulaşım ve otopark altyapılarının ise gerekli standartları ve ihtiyaçları karşılamaktan uzak olduğu anlaşılmıştır. İlgili kurumlar nezdinde afet durumlarında arama kurtarma ve tahliyeye ilişkin analizlerin risk taşıyan mevcut yerleşim bölgelerinde yapıldığı bilinmekle birlikte yeni yerleşim yerlerinde de sadece yapı güvenliği anlamında değil aynı zamanda ulaşım altyapısı anlamında da birtakım zorunlu uygulamaların hayata geçirilmesi önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler :** 6 Şubat deprem, ulaşım, otopark, kırsal deprem konutları, vehicle tracking

## ABSTRACT

The February 6, 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık and Elbistan centered earthquakes affected a very wide area covering 11 provinces and caused great loss of life and property. They also caused advanced damage to the superstructure and infrastructure. Especially in regions where the transportation infrastructure was not developed within a plan, it disrupted both post-earthquake search and rescue activities and evacuation activities. The lessons to be learned here are important in planning new settlements to be built in the region. This study aims to examine the transportation and parking infrastructures of rural earthquake housing being built after the earthquake. For this reason, the implementation projects of earthquake housing in 4 different rural regions within the borders of Kahramanmaraş, on-site observations and vehicle swept path analysis (Vehicle Swept Path Analysis) software were discussed in the light of relevant standards and regulations for 3 different vehicle configurations, and the adequacy of transportation roads and parking areas. As a result, it was understood that the rural earthquake housing built after the earthquake in the region selected as the study area was above the standards in terms of strength and that the transportation and parking infrastructures were far from meeting the necessary standards and needs. While it is known that analyses regarding search, rescue and evacuation in disaster situations are carried out by relevant institutions in existing risky settlement areas, it is recommended that certain mandatory practices be implemented in new settlement areas, not only in terms of building safety but also in terms of transportation infrastructure.

**Keywords :** february 6 earthquake, transportation, parking, rural earthquake housing, vehicle tracking

## 1.GİRİŞ

6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş-Pazarcık ve Elbistan merkezli depremler, Türkiye'nin deprem gerçeği ile yaşaması gerektiğini bir kez daha ortaya koymuştur. Bu depremler 11 il gibi geniş bir bölgede çok yakın zaman aralıklarında meydana gelmesiyle, on binlerce insanın hayatını kaybetmesine, yüz binlerce insanın evsiz kalmasına ve altyapıda ciddi hasarlara sebep olmuştur. Deprem sonrası afetin ilk saatlerinden itibaren başlatılan arama kurtarma ve tahliye çalışmalarının, özellikle ulaşım konusunda yetersiz ve şehir planlaması düzgün olmayan bölgelerde ciddi şekilde sekteye uğradığı gözlemlenmiştir. Bu durum, yaşanan afet sonrası müdahale faaliyetlerinin etkinliğini azaltmış ve afete hazırlık çalışmalarında ulaşım altyapısının ne kadar kritik bir rol oynadığını bir kez daha ortaya koymuştur.

Depremden sonra, yıkılan ve hasar gören binaların kontrollü yıkım ve oluşan hafriyatların taşınarak yeni yerleşim alanlarının inşa sürecine hızla başlanmıştır. Ancak bu süreçte öncelik genellikle yalnızca yapı güvenliğine verilmekte olup, ulaşım altyapısı, otopark alanları ve diğer sosyal alanlarla beraber altyapı unsurları ikinci plana atılarak göz ardı edilmektedir. Oysaki afet sonrası hızlı ve etkili bir müdahale için, ulaşım yollarının genişliği, kapasitesi ve erişilebilirliği kadar otopark alanlarının yeterliliği de büyük önem taşımaktadır.

Gerek deprem anında gerekse deprem sonrası yaşanan olaylardan edindiğimiz tecrübeler gösteriyor ki, afet yaşanan bölgelerde ulaşımın ve ulaşılabilir otopark alanlarının doğru tasarımla planlanması hayati önem taşımaktadır.

Bu çalışma ile, deprem sonrasında Kahramanmaraş il sınırları içerisinde inşa edilen kırsal deprem konutlarının ulaşım yolları ve otopark alanlarının uygunluğu incelenmiştir. Kahramanmaraş, depremin merkez üssüne yakınlığı ve yaşanan yıkımın büyüklüğü nedeniyle bu inceleme için önemli bir örnek teşkil etmektedir. Çalışma kapsamında, 4 farklı bölgedeki kırsal deprem konutlarının yerleşim projeleri, yerinde gözlemler ve Araç Yolu İzleme Analizi (Vehicle Swept Path Analysis) yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler, ilgili standartlar ve yönetmelikler çerçevesinde gerçekleştirilmiş, ulaşım yollarının genişliği, araçların ulaşım yollarındaki manevra kabiliyeti, otopark alanlarının kapasitesi ve acil durumlarda ulaşılabilirlik gibi kritik parametreler incelenmiştir.

Literatür çalışmaları incelendiğinde muhtelif Bölgelerde ve İllerde Afet Yönetimi ve Acil Ulaşım Yollarının Değerlendirmesi üzerine çeşitli akademik çalışmalar ve ilgili kamu kurumları nezdinde gerçekleştirilmiş planlama faaliyetleri yer almaktadır [1-13]. Ancak bu çalışmalar mevcut ulaşım altyapısının yeterliliğinin irdelenmesinden ziyade afet durumlarında tahliye ve afet sonrası koordinasyon gibi bir takım yönetimsel argümanlar üzerine inşa edilmiştir.

Bu çalışmanın temel amacı, afet sonrası yeniden yapılanma sürecinde sadece yapı güvenliği değil, ulaşım altyapısının da göz önünde bulundurulması gerektiğine dikkat çekmek ve bu alandaki eksikliklerin giderilmesi için öneriler sunmaktır. Bu minvalde, yeni yerleşim alanlarının planlanmasında ve tasarlanmasında hem güncel standartların hem de sahadan elde edilen verilerin dikkate alınması gerektiği önemle vurgulanmaktadır. Ayrıca yeni yerleşim alanlarının tasarım aşamasında, idari yönetim, proje planlamacıları ve proje uygulayıcıları için yol gösterici olmayı hedefleyerek, ulaşım altyapısının etkinliğinin yalnızca normal zamanlarda değil, afet anlarında da kritik bir faktör olduğu gerçeğini tekrar hatırlatmaktır.

## 2.ÇALIŞMANIN METODOLOJİSİ

### 2.1 Çalışma Alanı

Bu çalışmada, 6 Şubat 2023 tarihinde yaşanan deprem felaketi sonrası yerleşim bölgelerinin yeniden inşası sürecinde Kahramanmaraş ili özelindeki kırsal deprem konutlarının yol tasarımlarının incelenmesi hedeflenmektedir. Kahramanmaraş ili Doğu Akdeniz bölgesinde yer alıp 11 ilçeden oluşmaktadır. Deprem konutlarının yapım işlerine Onikişubat, Dulkadiroğlu, Afşin, Göksun, Andırın, Nurhak, Elbistan, Çağlayancerit, Pazarcık, Ekinözü ve Türkoğlu ilçelerinde hızla devam edilmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın verilerine göre, il genelinde 82.104 konut ve 30.310 köy evi olmak üzere toplamda 112.414 konut inşa edilecektir. Bu çalışmalardan bir örnek Görsel 1’de sunulmuştur.

Bu amaçla Kahramanmaraş ili Çağlayancerit ilçesine bağlı Abbasiye, Küçüküngüt, Emiruşağı, Boylu olmak üzere 4 farklı köye ait kırsal deprem konutları inşaatları çalışma alanı olarak belirlenmiştir.



**Görsel 1.** Kahramanmaraş ili kırsal deprem konutları çalışmaları

### 2.2 Çalışmanın Yöntemi

İl genelinde yapımına devam eden kırsal deprem konutlarının yerleşim alanı ulaşım yollarına ait uygulama projeleri temin edilmiş ve Köyyolu Geometrik Standartları (2003) doğrultusunda yeterlilik durumları incelenmiştir.

Ayrıca vaziyet planları üzerinde mevcut ve rezerv otopark alanları tespit edilerek Otopark Yönetmeliği doğrultusunda yeterlilik durumları incelenmiştir.

İlave olarak ulaşım yollarına ait uygulama projeleri Vehicle Tracking yazılımına aktarılarak 3 farklı konfigürasyondaki Sattelzug (Tır), Kleiner Lkw (Kamyonet), Personenkraftwagen (Otomobil) araç türü için 3 farklı hızda olmak üzere çeşitli taşıt yolu izleme analizleri (vehicle swept path analysis) gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, sorun teşkil eden noktalar ve yetersizlikler tablolaştırılarak tartışılmış ve öneriler sunulmuştur.

#### 2.2.1 Vehicle Tracking Yazılımı

Vehicle Tracking, Autodesk firmasına ait bir araç manevra simülasyon yazılımıdır. Ulaşım ve inşaat mühendislerinin araç hareketlerini analiz etmelerine olanak sağlayan kapsamlı bir yazılım paketidir. Yazılım geniş araç kütüphanesi ile araçların belirli yol geometrilerinde nasıl hareket edeceğini analiz ederek, güvenli ve verimli yol tasarımları yapılmasına yardımcı olur. Otopark alanlarının ve dönel kavşakların düzenlenmesinde geometrik ve trafik akışı analizleri yaparak, bu alanların etkin kullanımını sağlar. Autodesk Vehicle Tracking,

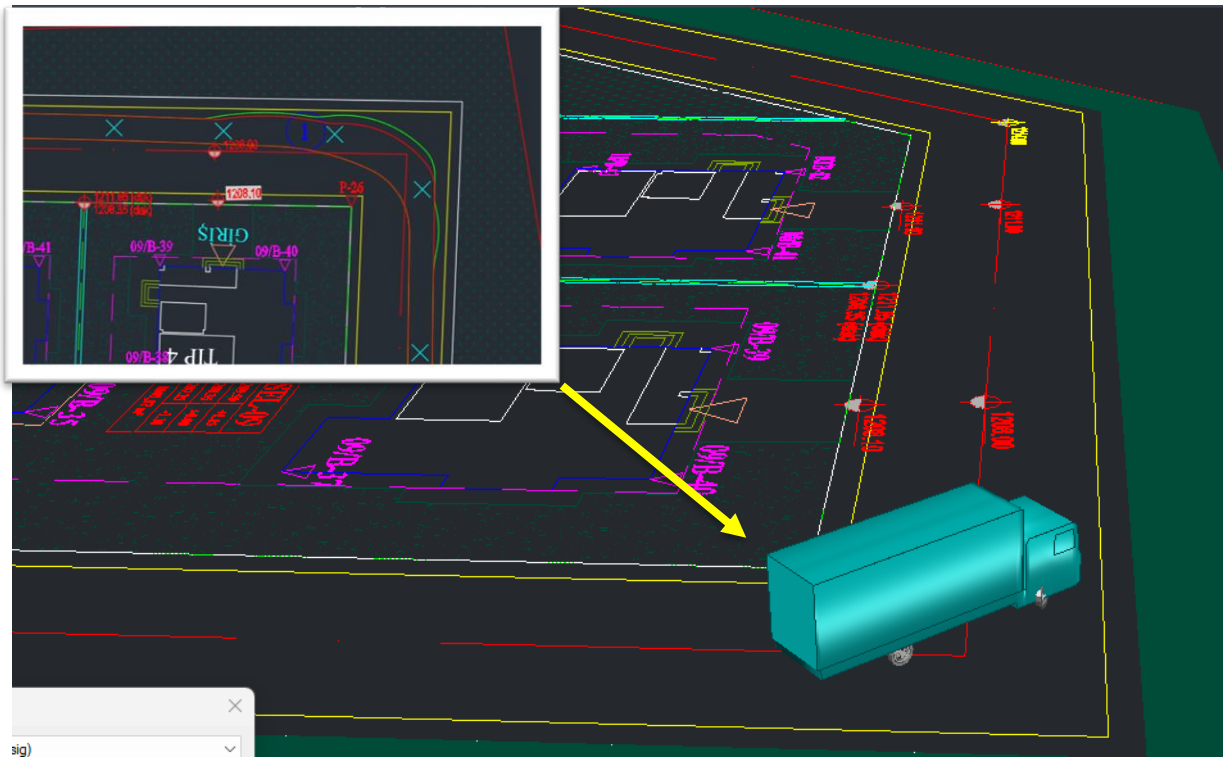
AutoCAD, AutoCAD Civil 3D ve MicroStation V8i gibi platformlarla entegre çalışarak, tasarım süreçlerinin daha akıcı ve verimli olmasını sağlar. Literatürde muhtelif yazılımlar ile araç yolu izleme (swepth path analysis) üzerine muhtelif çalışmalar yer almaktadır [14-16].

## SONUÇ

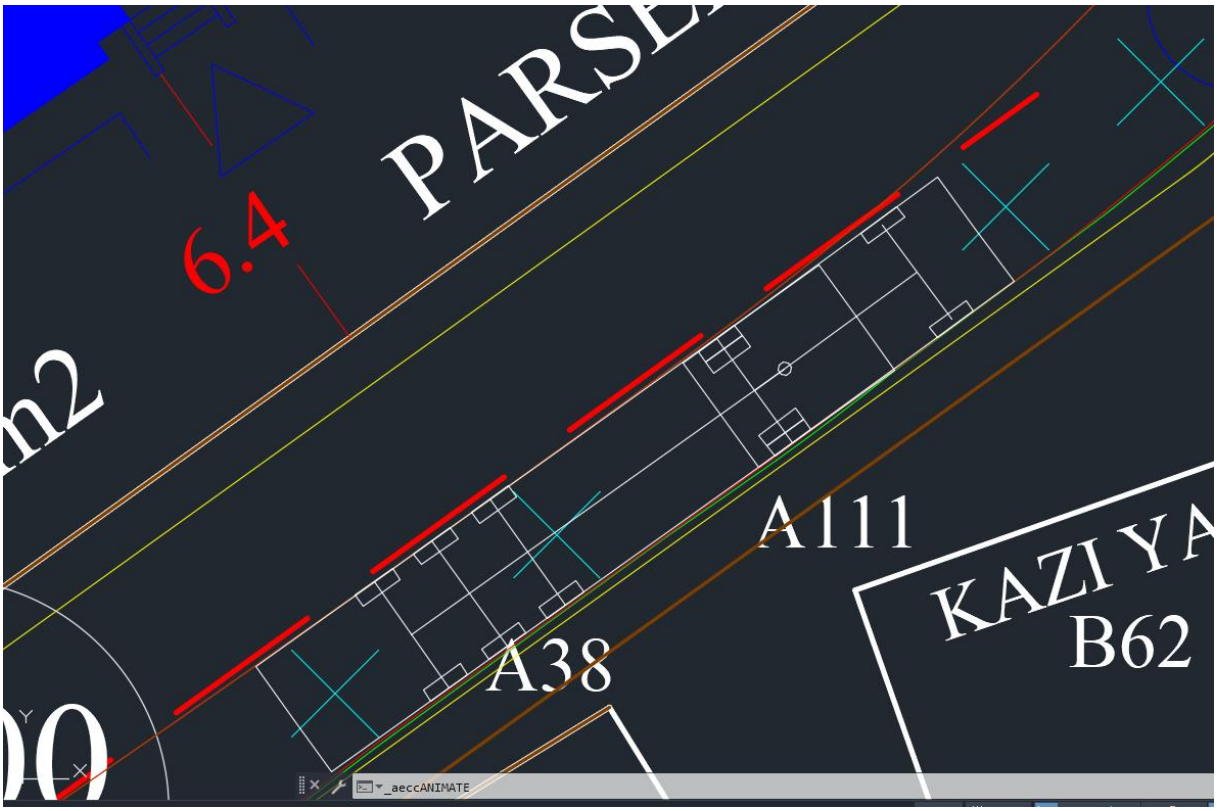
Elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de tablolaştırılarak sunulmuş olup Görsel 2-5'te problem yaşanan noktalara ilişkin örnek araç yolu izleme görselleri paylaşılmıştır.

| 6 ŞUBAT DEPREMLERİ SONRASI KIRSAL DEPREM KONUTLARI ULAŞIM VE OTOPARK ALTYAPILARININ İNCELENMESİ: KAHRAMANMARAŞ KIRSAL DEPREM KONUTLARI ÖRNEĞİ | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| KONUM BİLGİLERİ | | | ULAŞIM YOLU BİLGİLERİ | | | | PROBLEM TANIMI | | | | | |
| İL | İLÇE | KÖY | TOPLAM YOL AĞI | YOL GENİŞLİĞİ (PLATFORM) | KALDIRIM GENİŞLİĞİ | KAPLAMA TÜRÜ | DÖNÜŞ YARIÇAPI | | | ŞERİT GENİŞLİĞİ | KALDIRIM GENİŞLİĞİ | OTOPARK ALANI |
| | | | | | | | SATTELZUG (TIR) | KLEİNER LKW (KAMYONET) | PERSONENKRAFTWAGEN (OTOMOBİL) | | | |
| | | | (m) | (m) | (m) | | V: 5 Km/sa | V: 10 Km/sa | V: 20 Km/sa | | | |
| Kahramanmaraş | Çağlayancerit | Abbasiye | 918 | 8 | 1 | Kilitli Parke Taşı | YETERSİZ | YETERSİZ | YETERLİ | YETERLİ | YETERLİ | YETERSİZ |
| | | Küçüküngüt | 1368 | 6 | 1 | Kilitli Parke Taşı | YETERSİZ | YETERSİZ | YETERLİ | YETERLİ | YETERLİ | YETERLİ |
| | | Emiruşağı | 927 | 8 | 1 | Kilitli Parke Taşı | YETERSİZ | YETERSİZ | YETERLİ | YETERLİ | YETERLİ | YETERLİ |
| | | Boylu | 1718 | 8 | 1 | Kilitli Parke Taşı | YETERSİZ | YETERSİZ | YETERLİ | YETERLİ | YETERLİ | YETERLİ |

**Çizelge 1.** Yapılan analizlere göre ulaşım bilgileri ve problem tanımları



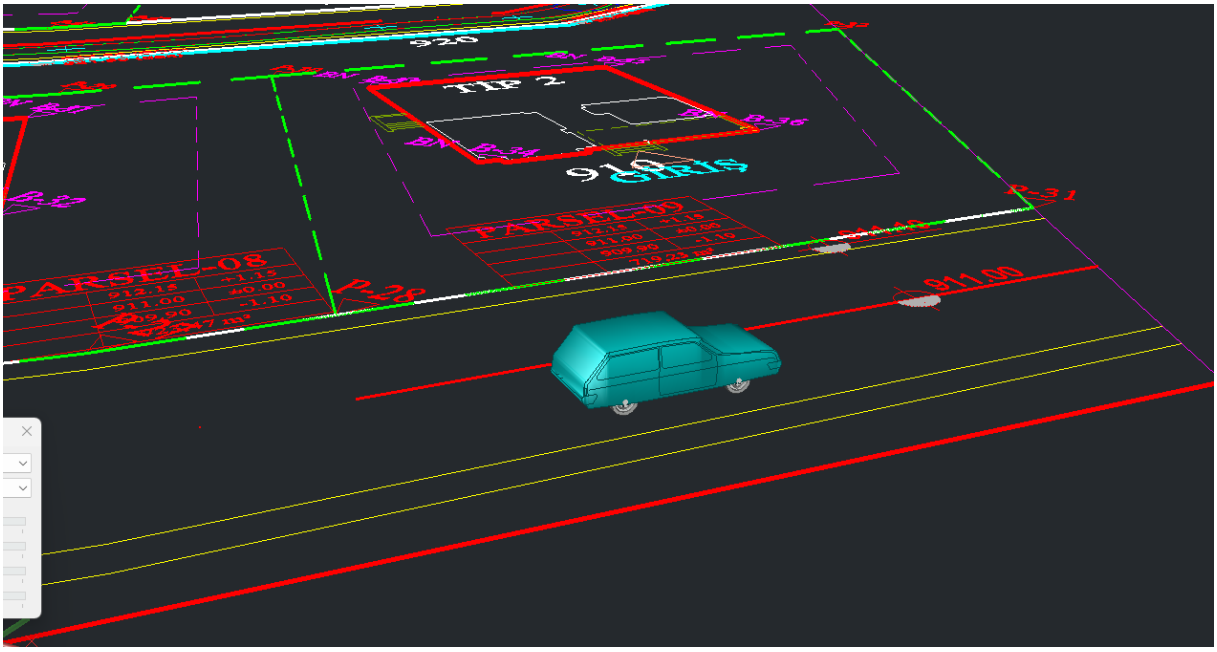
**Görsel 2.** Emiruşağı köyünde kamyonet için yapılan analizde yetersiz dönüş yarıçapı sebebiyle karşı şeridin ihlal edilmesi




**Görsel 3.** Küçükungüt köyünde 3 metre genişliğindeki şeridin tır için yeterli olmaması



**Görsel 4.** Boylu köyünde tır için dönüş yarıçapının yetersiz olması




Emiruşağı Köyü

**Görsel 5.** Abbasiy ak

Küçükungüt



Boylu Köyü



Abbasiye Köyü





**Görsel 5.** Vehicle Tracking yazılımı ile analizi yapılan yerlerin drone görüntüleri

Sonuçlar detaylı olarak incelendiğinde çalışma alanı olarak seçilen tüm bölgelerde özellikle büyük ve orta büyüklükteki araçlar için dönüş yarıçaplarının birçok noktada yetersiz olduğu, otomobiller için bile belirli bir hız değerinin üzerinde sorun teşkil etmeye başladığı görülmüştür.

Şerit genişliklerinin 3 metre olarak yapıldığı köylerde genel olarak büyük araçlar için yetersiz kaldığı görülmüştür. Ayrıca mevcut otopark alanları ile binaların ihtiyaç duyacağı otopark alanları arasında da fark olduğu özellikle rezerv alanların otopark ihtiyaçlarının gözetilmediği, bayramlar, düğünler, cenazeler gibi toplu kitleleri bir araya getiren zamanlarda ortaya çıkması muhtemel otopark ihtiyacının da gözetilmediği görülmüş olup zaten yetersiz olan ulaşım yolları üzerine yapılan parklanmaların afetler gibi acil durumlarda ve ambulans, güvenlik vb. gibi ihtiyaçlar açısından da sorun yaratabileceği değerlendirilmektedir.

## DEĞERLENDİRME

Çalışma alanı olarak seçilen bölgede deprem sonrasında yapılan kırsal deprem konutlarının mukavemet açısından standartların üzerinde güvenli olduğu, ulaşım ve otopark altyapılarının ise gerekli standartları ve ihtiyaçları karşılamaktan uzak olduğu anlaşılmıştır. İlgili kurumlar nezdinde afet durumlarında arama kurtarma ve tahliyeye ilişkin analizlerin risk taşıyan mevcut yerleşim bölgelerinde yapıldığı bilinmekle birlikte yeni yerleşim yerlerinde de sadece yapı güvenliği anlamında değil aynı zamanda ulaşım altyapısı anlamında da birtakım zorunlu uygulamaların hayata geçirilmesi önerilmektedir.

Bu bağlamda, yeni yerleşim alanlarının planlama süreçlerinde yalnızca yapı güvenliğini değil, ulaşım ve altyapı risklerini de içeren kapsamlı afet risk analizleri yapılmalıdır. Bu analizler sonucunda yerleşim alanları çok iyi belirlenmeli uzman personeller tarafından yol tasarımları yapılmalıdır. Yol tasarımlarında şerit genişlikleri, dönüş yarıçapları vb. parametreler yönetmelikler ışığında simülasyon yazılımlarının da yardımıyla belirlenmelidir.

Son olarak ülkemizde yaygın bir kültür haline gelmiş olan ve afetler sonrası yapılacak iş ve işlemler ile koordinasyon çalışmalarını içeren pasif önlemler yerine afet öncesi alınabilecek ve zararları minimuma indirecek aktif önleme sistem ve çözümleri üzerine yoğunlaşılması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

1) **Umut, Ü. (2015).** "Van Kentinin Deprem Sonrası Yeniden Yapılandırılması Sürecinde Ulaşım Sorunları ve Geliştirilebilecek Ulaşım Politikaları" Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi.
2) **Buldurur, M.A ve Kurucu, H. (2015.) "**İstanbul'da Afet Yönetimi ve Acil Ulaşım Yollarının Değerlendirmesi**"** TMMOB Şehir Plancıları Odası Planlama Dergisi Planlama 2015;25(1):21–31 | doi: 10.5505/planlama.2015.47965
3) **Balamir, M. (2007). Afet Riski ve Planlama Politikaları, TMMOB Afet Sempozyumu, 5–7** Aralık 2007, İMO Kongre ve Kültür Merkezi Ankara.
4) **Ergüder, C. (2006).** "Entegre Afet Yönetim Sistemi ve İlkeleri", Afet Yönetiminin Temel İlkeleri. Ankara.
5) **Avcı, S. (2011).** Türkiye'de Nüfusun Deprem Bölgelerine Göre Dağılışı (1935-2010). Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistematik ve Bölgesel (Editör: Deniz EKİNCİ), Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, Sayı: 6, s.: 301-326, İstanbul.
6) **Oktay. E. (1998).** "Acil Yardım Planlaması ve Afet Yönetimi", AİGM, Ankara.
7) **Çelik, Z. (2000).** TBMM Deprem Komisyon Araştırması, Ankara.
8) **İBB. (2009).** İstanbul Metropoliten Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı, Ulaşım Daire Başkanlığı Ulaşım Planlama Müdürlüğü.
9) **(İBB). (2002).** Türkiye Cumhuriyeti, İstanbul İli Sismik Mikro- Bölgeleme Dâhil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması, İstanbul.
10) **Genç, F. N. (2007).** Türkiye'de Doğal Afetler ve Doğal Afetlerde Risk Yönetimi. Stratejik Araştırmalar Dergisi 9, 201–226.
11) **Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı ( JICA) (2004).** "Türkiye'de Doğal Afetler Konulu Ülke Strateji Raporu", Ankara.
12) **Keleş, R. (2002).** Kentleşme Politikası. 7. Baskı, İmge Kitabevi, Ankara.
13) **Özmen, B., Nurlu, M., Güler, H. (1997).** Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Deprem Bölgelerinin İncelenmesi. Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
14) **Saha, U**. (2021). A Swept Path Analysis of Intersection Design for Long Combination Vehicles. Master Thesis. Toronto University.
15) **Vladan I, Dejan G, Sanja F, Filip T., and Stefan V. (2018).** "Vehicle swept path analysis based on GPS data". Canadian Journal of Civil Engineering. 45(10): 827-839. https://doi.org/10.1139/cjce-2017-0245
16) **Saša, A., Tamara D., Vesna D. (2016).** "Review of fastest path procedures for single lane roundabouts". 4th International Conference on Road and Rail Infrastructure. 23–25 May 2016, Šibenik, Croatia

# VEHICLE IMPACT PERFORMANCE ANALYSIS OF FUEL STATION DISPENSER BOLLARDS VIA SIMULATION SOFTWARE JORDAN AND TURKEY CASE STUDY

**TARIQ NAWWAF M SHAWABKEH**
Karabuk University
tariq271996.96@gmail.com -0009-0001-6579-1857

**Halil İbrahim YUMRUTAŞ**
Karabuk University
iyumrutas@karabuk.edu.tr -0000-0002-3696-7016

**Mustafa Yurdabal APAk**
Istanbul Gelisim University
myapak@gmail.com -0000-0001-5387-3508

## ABSTRACT

Shielding risky/vulnerable roadside zones in urban areas such as playgrounds, sidewalks, bus stations, oil/gas stations, and critical infrastructure facilities has been a significant endeavour by related authorities in recent decades due to the rapid increase of vehicular number and mobility. Bollard systems are regarded as one of the efficient countermeasures, especially for the risky/vulnerable zones that must be protected against vehicle crashes and terrorist attacks. There have been many standards to observe the performance of various vehicle security barriers (VSB) such as guardrails and bollards. However, there are no worldwide standards for the bollard systems specifically for protecting fuel station dispensers except the guides/instructions of various fuel companies. The aim of this study is to analyse various fuel stations in terms of their conformity to related standards and guides for protecting their dispensers from vehicular impacts and to offer a novel design considering the specific requirements of fuel stations. For this purpose, a total of 10 fuel stations (5 from Turkiye and 5 from Jordan) franchised by different companies will be selected. Field observations and measurements will be conducted to assess the conformity to the related standards or guides. LSDYNA software will be applied to simulate the adequacy against various vehicle impacts by employing the data provided from field study. The results of this study will be hoped to be used as an international guide and inspire international standards.

**Keywords:** Bollard; Vehicle Safety Barrier; Guardrail; Roadside Safety; Fuel Station; Urban Safety

## INTRODUCTION .1

In recent decades, research on mitigating the impacts and consequences of traffic accidents has gained global traction [1]. Urban traffic poses unique challenges due to the interactions among vehicles, pedestrians, and urban features like sidewalks, trees, fire hydrants, bus stations, and roadside infrastructure facilities, all of which represent potential risk zones. Urban roadside safety, therefore, has become a critical global concern, especially for safeguarding these zones in developing countries [2], [3], [4], [5]. Much of the literature has focused on vehicle collisions with roadside objects, strategies for reducing the impact of these incidents, and the importance of clear zone applications, with global accident statistics underscoring the need for such efforts.

In the United States (USA), crashes involving roadside objects account for 25%–44% of all fatal traffic accidents, with approximately 160,000 individuals impacted by such incidents each year [1], [6], [7], [8], [9]. Studies show that between 2014–2016, 53% of all traffic fatalities in the USA were due to "run-off-road" crashes, with 19% involving collisions with fixed roadside objects [10]. These incidents represented 19% of all road fatalities in Poland, 33% of severe traffic casualties in Australia [11], [12], [13], and 32% in the European Union between 2001–2010 [1]. In Thailand, 45% of all fatal crashes involved run-off-road incidents, with 11% of

these accidents resulting from collisions with roadside objects [2]. In Turkey, in 2020 alone, urban roads accounted for 47.4% of all road fatalities and 69.2% of all injuries [14].

Such statistics highlight the urgency of urban roadside safety and underscore the importance of studies that focus on mitigating hazards, necessitating increased attention from governments, industry, and academia [15], [16]. Roadside hazards such as utility poles, fire hydrants, lighting structures, traffic signs, retaining walls, infrastructure system components, trees, drainage installations, viaduct pillars, fences, parked vehicles, embankments, and fuel stations pose potential risks to errant vehicles, potentially leading to severe consequences [11], [12], [13], [16], [17], [18], [19], [20]. Specific roadside areas, including bus stops, fuel stations, playgrounds, and other hazardous facilities along metropolitan roads, are particularly vulnerable and require protective measures [21], [22], [23], [24], [25], [26]. Critical hazardous roadside facilities, such as gas pipelines and fuel stations, pose a heightened risk, as vehicle collisions can result in catastrophic events like fires and explosions, endangering passengers, drivers, pedestrians, and nearby residents [1]. Terrorist attacks further increase risks for such facilities. Various studies emphasize the need to bolster urban roadside safety and minimize potential damages from both traffic accidents and terrorist threats. Traffic engineers have long addressed these hazards, with bollard systems emerging as an effective solution to prevent or minimize the impact of such incidents [20]. Bollard systems, classified as passive barriers, not only facilitate safe pedestrian access but also play an essential role in safeguarding vulnerable roadside zones like bus stops, playgrounds, gas pipelines, and fuel stations against vehicle collisions and potential terrorist attacks [26].

Fuel stations and critical infrastructure along urban roadsides are particularly risky due to the high likelihood of explosive or flammable incidents. Various vehicle impact mitigation methods have been developed by different companies and countries. However, limited studies and tests have assessed the crash performance of these protection systems, especially concerning factors like dimensions, vehicle types, and their positioning around fuel pumps [16], [27]. For instance, Shapiro [16] conducted full-scale crash testing using a bogie system at varying speeds to observe bollard performance in protecting LPG cylinder cabinets, proposing updates to existing codes. The National Propane Gas Association (NPGA) [28] evaluated vehicle impact protection standards in the International Fire Code (IFC) and assessed the IFC's effectiveness in protecting cylinder exchange cabinets from vehicle collisions. Bajpai and Gupta [29] discussed security concerns for gas and oil infrastructure, proposing measures to fortify these facilities against terrorist threats. Yoo et al. [30] highlighted the risks associated with gaseous and liquefied hydrogen refueling stations in urban areas, citing the increased population density and traffic. Their quantitative risk assessment of these vulnerable zones led to a recommendation for installing safety barriers to reduce associated risks. Apak et al. [4] developed a bollard system for natural gas distribution stations to shield against traffic accidents and conducted finite element (FE) simulations using various vehicles and speeds to ensure the system's efficacy based on the PAS 68:2013 standard. In a recent study, Apak et al. [30] introduced a systematic risk assessment approach for urban roadside infrastructure assets. Although significant literature exists on safeguarding critical roadside facilities like pipelines and fuel stations from vehicle impacts, the body of research remains sparse.

Vehicle safety barriers are typically subject to full-scale crash testing to assess performance and effectiveness in minimizing risks to both the vehicle occupants and roadside structures [16], [27]. These full-scale tests, however, are costly and time-intensive. Consequently, dynamic numerical analysis has emerged as a more economical and efficient alternative for evaluating the performance of such barriers. With advancements in simulation technology, researchers can now model and analyze barrier performance more accurately and cost-effectively [26]. As a result, numerical simulations are anticipated to become a standard practice for analyzing roadside safety solutions [31], [32], [33], [34]. Numerous studies in the literature successfully utilized LSDYNA finite element simulation software [35], [36], [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48], [49], [50], [51], [52], [53], demonstrating its reliability and effectiveness in dynamic crash analysis. In alignment with the existing literature, this study will employ the open-source LS-DYNA finite element software [54], [55].

In conclusion, traffic accidents and their associated risks will likely persist as a global challenge, particularly in urban areas where interactions between vehicles, pedestrians, and vulnerable zones are prevalent. Thus, all efforts to contribute to solutions for this issue merit support. The absence of a universal standard for bollard systems tailored to protect fuel station dispensers—aside from various fuel companies' individual guidelines—is another key gap. Numerous standards evaluate vehicle security barriers (VSB) such as guardrails and bollards, including EN 1317 (Road Restraint Systems), PAS 68 (Impact Test Specifications for Vehicle Security Barrier Systems), IWA 14 (Vehicle Security Barriers), MASH (Manual for Assessing Safety Hardware), NCHRP Report 350 (Guidelines for Safety Performance Evaluation of Highway Features), and AS/NSZ 3845 (Road Safety Barrier Systems). However, none of these standards specifically addresses test methods, designs, or requirements for bollards used at fuel stations.

This study examines a selection of fuel stations for conformity to relevant standards and guidelines for safeguarding dispensers against vehicular impacts, proposing a novel bollard design that considers fuel stations' unique requirements. For this purpose, 20 fuel stations (10 in Turkey and 10 in Jordan) from various franchise companies will be evaluated. Field observations and measurements will assess adherence to relevant standards and guidelines, while LS-DYNA simulations will be employed to evaluate performance under different vehicle impacts based on field data. This study's findings aim to serve as an international guide and inspire the establishment of global standards.

## Types Of Bollards .2

Bollard is a sturdy, short, vertical post. The term originally referred to a post on a ship or quay used principally for mooring boats. It now also refers to posts installed to control road traffic and posts designed to prevent automotive vehicles from colliding or crashing into pedestrians and structures. Many kinds of road restraint systems exist in the literature and field applications worldwide, such as guardrails, crash cushions, end termination, fixed bollard systems, etc.[56] Figure1 .Types of bollards Bollards are regarded in two different

categories considering their materials and designs. Bollards are regarded in two different categories considering their materials and designs.



**Figure**1 .Types of bollards

**Why Use Bollards Instead of Other Vehicle Safety Barriers?**

**Advantages of Bollards**

1. **Aesthetic Versatility:** There are numerous arrangements of bollards, and they can be customized to fit the aesthetic requirements of an area — something that larger, substantial obstructions like walls or metal fencing cannot achieve. Bollards are therefore ideal for urban areas where appearance counts.
2. **Pedestrian Access:** Unlike some vehicle barriers that can completely cutoff access, bollards allow pedestrians, bicycles, and in some cases even emergency vehicles to pass through freely while blocking garden-variety vehicles.
3. **Space Saving:** Bollards are a simple way of requiring less space than the big concrete barriers or guardrails do, because of which they can be used in a crowded urban area or in a place where you need to have less obstruction.
4. **Cost-Effective:** Generally, having bollards installed are much cheaper than the large, heavy barriers. Moreover, removable or retractable bollards provide flexibility and can also help to save money in the long run.
5. **Enhanced Security:** Rather than clamping down on the steering wheel, bollards are intended to take the full effect of a vehicle colliding with it and absorb the impact so that the surroundings is less likely to be damaged and that pedestrians nearby are also

sheltered from danger. Some bollards are crash rated (that is, certified to stop cars of certain weights at certain speeds).

**Disadvantages of Bollards**

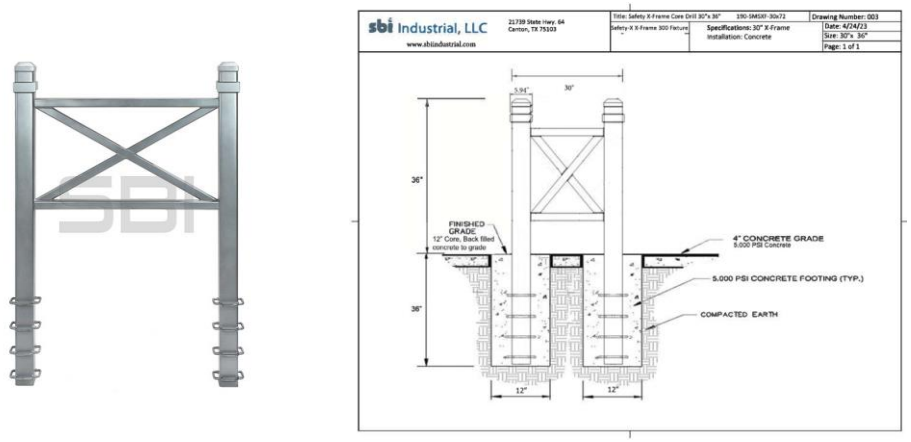
1. **Limited Vehicle Stopping Power :** In contrast to some larger vehicle arrestor systems, bollards do an effective job at stopping small and medium sized vehicles, but may perform sub-optimally when it comes to large vehicles unless properly crash-rated for heavy impact forces. In such cases, heavy concrete barriers or metal guardrails may be more appropriate.
2. **Need for Maintenance:** On the one hand, retractable and removable bollards need to be maintained periodically for their functioning, while concrete walls as fixed barriers will need less upkeep.
3. **The Danger of Misuse:** If bollards are spaced too far apart, or not secured properly, then they only leave enough space for a smaller vehicle or even a motorcycle to pass through. And this can lead to a false sense of security.
4. **Trip Risk:** Less noticeable for pedestrians, in crows, shorter bollards can become tripping hazard. Some, like low-profile bollards, can also be difficult to spot (especially in low light conditions).
5. **Lack of Adaptability in Emergencies:** In certain places, fixed bollards may inhibit the access of emergency vehicles. Removable or retractable bollards do offer a solution but are not always practical in each location because of their cost or the infrastructure need.

According To Their Designs/Shpes **.2.1**

X-Frame Safety Bollard

X-frame safety bollard boasts an innovative design for exceptional strength and stability. Crash-tested to meet ASTM F3016(Standard Test Method for Surrogate Testing of Vehicle Impact Protective Devices at Low Speeds) certification requirements, these bollards disperse collision forces over a larger area. X-frame safety bollards are ideal for high-impact exterior applications, such as protecting storefronts, gas cages, gas pumps and convenience stores.

The It is frequently used for protecting critical infrastructure against vehicle-based attacks or accidents, and offers additional security for pedestrians and structures the X-Frame provided by SBI Industrial was tested to the requirements of the ASTM standard F3016-19, S20. This was the standardized test method for low speed (30mph and lower) dynamic crash testing using a surrogate test vehicle for perimeter barrier crash testing at the time the test was performed.[57] *Figure 2.* X-Frame Safety Bollard “(a)” and “(b)”.




(a) (b)

***Figure 2.*** X-Frame Safety Bollard "(a)" and "(b)".[58]

Crash-Rated Bollards

Crash-rated bollards serve as critical security barriers, protecting against vehicle collisions at both low and high speeds. They are essential for securing sensitive areas like fuel dispensers and are designed to provide robust defense in high-impact situations. Ensuring the safe movement of pedestrians across crosswalks requires efficient and effective solutions that address the complex dynamics between pedestrians and vehicles.[59] These bollards undergo rigorous testing to ensure durability and resistance, with key factors such as vehicle weight, speed, and penetration distance taken into account during evaluation. As Source4Industries notes, Crash-rated bollards, at their essence, are specially engineered vertical posts designed to resist and stop the impact of a moving vehicle. Unlike traditional bollards, which primarily serve as barriers, crash-rated bollards undergo meticulous testing to determine their ability to withstand and mitigate vehicular impacts.

Crash-rated bollards offer a permanent, stable solution for safeguarding vulnerable locations, typically constructed from materials designed to withstand weather-related damage, UV fading, scratches, and rust. According to Reliance Foundry, High-impact, engineered bollards are designed to stop vehicles and secure perimeters against vehicle attack. Traditionally, the Department of Defense offered K-ratings for these bollards, to verify that they were able to stop a medium-duty truck at a variety of speeds. *Figure 3.* Crash-Rated Bollards *"(a)" and "(b)"* Today, ASTM International provides an expanded set of standards that also tests bollards against lighter and heavier vehicle classes.




***(a)*** ***(b)***

**Figure 3.** Crash-Rated Bollards *"(a)" and "(b)"*

Fixed Bollards

These bollards are anchored securely into the ground or concrete, providing additional strength and security. Fixed bollards consist of steel tubing placed in a concrete foundation on the ground at the roadside, preventing vehicles from passing but allowing pedestrians and bicycles to enter.[56] Fixed bollards are ideal for permanent layouts with consistent access needs. They offer a cost-effective solution for locations with secure foundational structures like parking lots, access drives, or gas stations. As Sloan Security Group notes, Fixed bollards provide physical protection for pedestrians and vehicles from potential collisions. Permanently embedded

bollards are a dependable, reliable, and effective construct for creating a safe physical barrier between vehicles and foot traffic. Figure 4. Fixed bollards “(a)” ,“(b)”, and “(c)”.

A first step in identifying strategies to overcome them is to identify barriers and categorize them to create a holistic view and ensure that the most relevant are identified.[(Banister, 2005; Nordtømme et al., 2015). When selecting a road barrier, the specific nature of the load to which

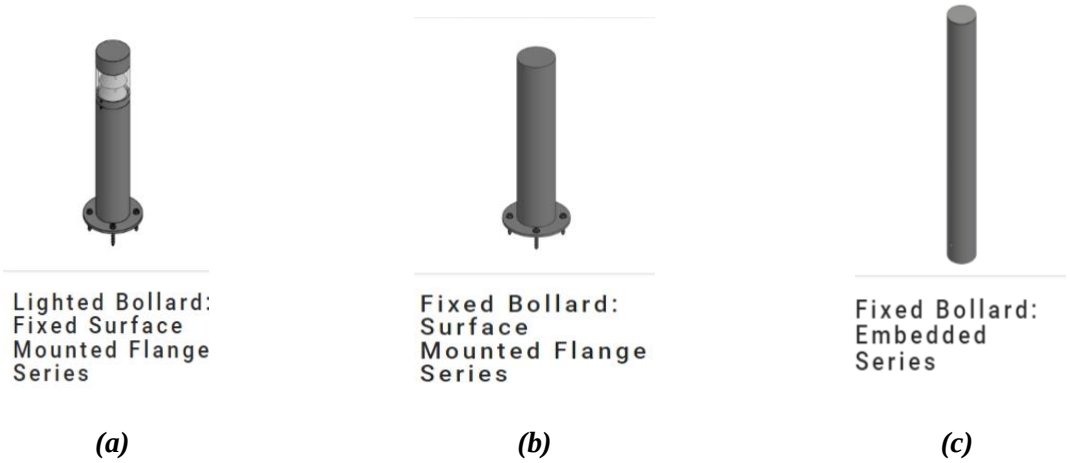



***Figure 4***. Fixed bollards “(a)” ,“(b)”, and “(c)”.

the road barrier may be subjected needs to be taken into account .These fixed bollards are not only robust but also versatile, making them suitable for a variety of environments. Their installation ensures that they remain firmly in place, even under significant impact, thereby enhancing the safety and security of the area. Additionally, the materials used in their construction are chosen for their durability and resistance to environmental factors, ensuring long-term performance with minimal maintenance. This makes fixed bollards an excellent investment for any location requiring reliable and permanent vehicle control solutions. Whether used in urban settings, commercial properties, or critical infrastructure sites, these bollards provide peace of mind by effectively managing vehicle access and protecting vulnerable areas. According to TYMETAL, Unlike retractable and removable bollards, fixed bollards are intended to be a long-term protection and security solution. Depending on the model, the user can either embed fixed bollards or mount them to a surface. These bollards are typically the best solution at permanent facilities where the risk of a vehicle-based attack is relatively high.

Automatic Bollards



**Figure 5** Automatic Bollards

Automatically retractable bollards are innovative traffic management devices that serve as physical barriers to restrict vehicles from entering the crosswalk while pedestrians are crossing the road.[59] or Automatic bollards, also known as rising or retractable bollards, are a type of barrier that can be raised or retracted into the ground, either remotely or automatically.,The activation of the bollards serves multiple purposes in pedestrian safety management. Figure 5 Automatic Bollards Firstly, it establishes avisible and tangible barrier that reinforces the right-of-way for pedestrians.[60] in order to control the access of vehicles to a particular area.By harmonizing these elements, the system optimizes both pedestrian safety and traffic efficiency.[61][62]

Commonly used in urban centers, private parking areas, underground garages, and even government facilities, automatic bollards. Pedestrians can safely navigate the crosswalk, confident that vehicles have come to a complete stop.[63].

Lighted Bollards

That is a key challenge of urban design, to balance safety and features that are beautiful. This balance can be struck by use of lit bollards that serve not just as a visual attraction but also provide practical lighting and safety. The lit posts serve as lane delineators to channel vehicular traffic, protect pedestrians and generally provide a sense of safety with their proper illumination. Figure 6 Lighted Bollards.



**Figure 6** Lighted Bollards

Functionally, lighted bollards, with lights can be a nice looking addition and also provide their primary purpose as safety lighting. Lighted bollards are available in both fixed and removable types most of the time. Most gas stations never close their doors. These help in making the gas station infrastructure like booths or parking areas more visible. They also find application in landscape bollard (areas which are heavily traversed on foot during the night often).

Manual Bollards

There is manual bollards that are a cheap and practical alternative to areas where automated systems are not necessary or not applicable. No see-saw automation: manual operation, and hence simple control over who has access to your vehicle. For this reason they are especially suitable for areas with static traffic streams. These bollards are generally found in residential areas, small business premises and private driveways where the requirement for the time-to-time adjustments is very less. Simple and easy to use and maintain yet rugged in construction which equals dependable security. What ATG Access says: "Manual retractable bollards are a durable, versatile security solution suitable for high-level protection. Specifically designed for high-velocity impacts, these barriers are ideal when you need the best level of protection as well manual access management.

Not only that, manual bollards can be welcoming as well. There are countless finishes and stylings available perfect to match the surroundings architecture and landscape of your property. The use of smooth, polished stainless steel or even the more aesthetically traditional carbon steel means that these bollards can quickly heighten the visual appeal of an whenever necessary.



**(a)** **(b)** **(c)**

**Figure 7** Manual Bollards “(a)” ,“(b)”, and “(c)”.

The flexibility and longevity of their models make them an exceptional investment for any home or facility that needs to handle traffic in a manner which is not convoluted. figure 7. *Manual* bollards “(a)” ,“(b)”, and “(c)”.

Removable Bollards

Removable bollards are like the chameleons of the security world, adapting to changing needs with ease. Just like how you can adjust the height of your seat in a car for comfort, these bollards can be installed and removed as needed, offering a flexible solution for managing vehicle access.

Imagine a removable bollard as a security guard that can be on duty when needed and take a break when not. These bollards come in different materials like stainless steel or carbon steel, and can even sport decorative finishes to match their surroundings, making them both functional and aesthetically pleasing.

The locking mechanisms in removable bollards ensure that they stay put when in use, providing a secure barrier. However, when access is required, they can be swiftly unlocked and removed, just like how you can easily take off a jacket when you no longer need it.

These bollards are particularly handy for events that require temporary security measures, creating emergency access routes, or managing areas that only need occasional vehicle entry.



(a) (b) (c)

**Figure 8**. *Manual* bollards “(a)” ,“(b)”, and “(c)”.

Their versatility makes them a valuable tool for engineers and planners looking for adaptable solutions in various settings. figure 8. *Manual* bollards “(a)” ,“(b)”, and “(c)”.

Decorative Bollards

Decorative bollards are designed to enhance the aesthetic appeal of public and private spaces while providing essential security and traffic management. Available in a variety of styles, materials, and finishes, these bollards complement any architectural design, from classical to modern. Crafted from durable materials such as stainless steel, cast iron, and aluminum, they are built to withstand harsh weather conditions and physical impacts.

Commonly found in urban landscapes, parks, plazas, and cultural centers, decorative bollards create both visual and physical barriers. They guide pedestrian and vehicle traffic, promoting safety without detracting from the area's overall aesthetic. Strategically placed, they separate walkways from roadways, enhance visibility, and instill a sense of order in busy environments. Many decorative bollards also incorporate lighting elements, improving nighttime visibility and safety. Whether in commercial, residential, or public settings, they blend form and function, making them valuable additions to any landscape or architectural project .

For those seeking an aesthetic touch, decorative bollards are an excellent choice. While not designed for heavy-duty use, they add visual appeal to sidewalks or building fronts and effectively guide traffic. Highly customizable in materials like iron or aluminum, these bollards



(a) (b)

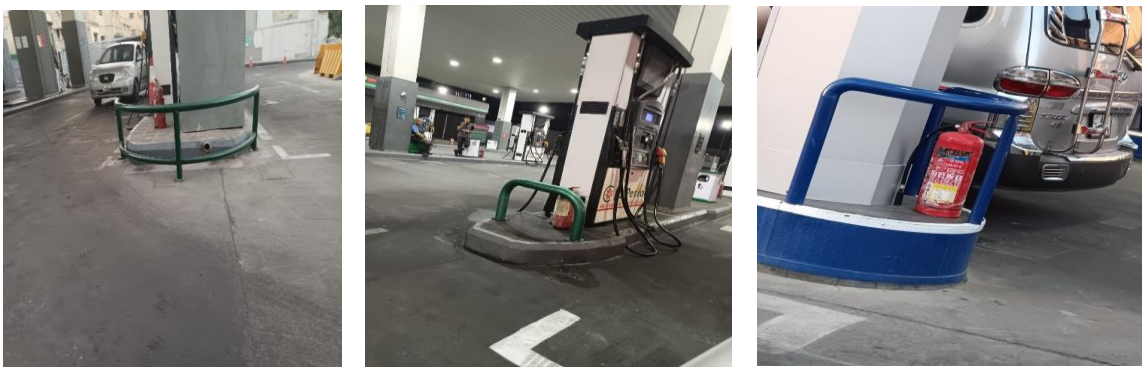
**Figure 8**. Decorative bollards "(a)", and "(b)".

offer the flexibility to **Figure 9**. Decorative bollards “(a)”, and “(b)”.complement various architectural styles.

U-Shaped Bollards

U-Shaped bollards protect gas pumps, equipment, and buildings from vehicle damage with the strength of two bollards and a guard rail. These bollards can be configured in any size needed and we build each order to your specifications. These are not light-weight thin metal bollards. They are heavy duty and designed to provide protection when it is most needed. As Bollard Barrier notes, "U-shaped bollards provide the strength of two bollards with a greater coverage area. These bollards, usually set inground, are common in gas station fueling islands. Manufactured in various heights, curvatures, and lengths, they can be used in a variety of locations.

To maintain safe premises, surrounding gas pumps with permanent bollards can help prevent these often-catastrophic explosions. They also protect air pumps, as many gas stations offer “free air” to drivers. According to 1-800-BOLLARDS, "To maintain safe premises, surrounding gas pumps with permanent bollards can help prevent these often-catastrophic explosions. They also protect air pumps, as many gas stations offer ‘free air’ to drivers". **Figure 10**. U-Shaped bollards “(a)”, “(b)” and, “(c)”.



**(a)** **(b)** **(c)**

**Figure 10**. U-Shaped bollards “(a)”, “(b)” and, “(c)”.

**According To Their Materials** .2.1.1

Materials Used in the Construction of Bollards




**Figure 12**. Materials bollards

Crash Rating

Assessing and rating bollards using established standards ensures that they meet the necessary safety and performance criteria for various applications. Standards such as those from the Department of State and Department of Defense, as well as international standards like ISO 22343-1:2023 and EN 1317-5, provide comprehensive guidelines for evaluating the effectiveness of vehicle security barriers. These standards specify the performance requirements and testing methods for bollards, including the impact speed they can withstand. For instance, the ASTM F 2656-07 standard outlines the test methods for vehicle crash testing, ensuring that bollards are capable of stopping vehicles at specified speeds .

By adhering to these standards, you can be confident that the bollards installed at your gas station will provide the necessary protection against vehicle impacts. In addition to these standards, the BSI PAS 68:2010 and IWA-14 standards offer detailed methodologies for assessing the performance of bollards and other vehicle security barriers. These standards

take into account various factors such as vehicle weight, speed, and impact angle, providing a thorough evaluation of the bollard's capabilities .

By considering the crash ratings provided by these standards, you can select bollards that not only meet regulatory requirements but also offer optimal protection for your specific needs. Ensuring that your gas station's bollards are rated according to these rigorous standards will help maintain a safe environment for both customers and infrastructure, mitigating the risk of vehicle-related accidents and enhancing overall security. **Figure 13**. Crash rating “(a)”, and “(b)”.



(a) (b)

**Figure 13**. Crash rating “(a)”, and “(b)”.

Installation

Adhering to the local building codes while installing the bollards is very important. The set of building codes has been designed to ensure the safety of discovery with optimal construction integrity; hence, it is very important to follow them religiously. Do not proceed with the installation until you have obtained all the necessary permits to carry out the work from the local authorities. This may involve the submission of plans and specifications for further scrutiny. Working with an architect acquainted with bollard installation practices will prove invaluable. They will assist you in drawing up a site plan that optimally fits the positioning and spacing of the bollards with a maximum-effective function while complying with regulatory specifications **Figure 14**. Installation



**Figure 14**. Installation

Besides compliance and permitting, viewing the specific demands of the site is important. Consideration should be given to traffic flow, pedestrian pathways, and the type of vehicles accessing the space, as all of them will help guide the design and placement of bollards. An experienced architect will be able to suggest materials and designs appropriate for your situation, ensuring that the bollards will provide the necessary protection and fit seamlessly into the general site design. Such considerations will ensure the success and compliance of the installation of your bollard project to ensure long-term safety and protection of your property.

## Costs

To appraise the cost variables for the installation of bollards, one should always consider the size, material, and quantity factors that relate to the specific application. To providean idea, larger or heavy-duty bollards such as those made of stainless steel or reinforced concrete would be relatively higher priced; however, they often provide better durability and impact resistance and therefore are warranted in high-risk areas. On the other hand, plastic or wood materials may be relatively cheaper but might need to be reconsidered in protecting against their performance. The initial cost would have to be evaluated against the long-term performance and maintenance factors related to any of those that are chosen.

Also, the type of bollard can have a significant bearing on the cost. While fixed bollards are usually the most economical and least labor-intensive for installation and thus a favorite option for permanent installations, the gas station may require removable or retractable bollards to allow some mobility in access control. Though removable or retractable bollards are typically more expensive, they allow access control and may match your gas station's needs for the variableness in traffic flow. You can choose bollards suiting your budget with an eye on consultation with an expert, considering these factors.

## 2.2 PERFORMANCE CRİTERİA

There are several standards that relate to the evaluation of the performance of vehicle security barriers and their impact in collision situations.For instance, **ISO 22343-1:2023** presents various requirements for performance testing of vehicle security barriers, which in essence, protect people inside populous or private places from vehicles that could attack. Acceptable test methods are listed as full-scale vehicle impact methods and/or validated FEA techniques.[64]]The standard would include tests indicating the penetration made by vehicles into barriers and their impact at various speeds.

**EN 1317**[65] is a European standard that is particularly concerned with the performance evaluation of road safety barriers; that is, side and central barriers. The standard includes tests that are designed to examine how effective these barriers are in reducing damage resulting from a collision on highways. This will further enhance road safety and reduce injuries and death rates in road traffic accidents.

**BSI PAS 68:2010** has been the first British standard adopted to test the impact of products used to mitigate hostile vehicle attacks, such as barriers and gates. This was replaced by **ISO 22343**[66] , but it still remains presented as an important reference in physical security. The intent of this specification acts as a guide for the design and implementation of effective security solutions to protect the infrastructure and individuals from such possible threats. Moreover, currently the majority of barriers are tested according to **BS PAS 68:2013**[56] **and IWA 14-1**[65] .

Other standards like **IWA-14**, **MASH TL**, and **ASTM F 2656-07**, talk about basic requirements and tests to measure the performance against collisions with vehicles at different speeds and sizes. To the living individuals and infrastructures, these standards are thus functional in the design and the implementation of effective security solutions to protect from possible threats. Basically, **ASTM F 2656-07** intends to protect the human life and structure from attacks by vehicles by measuring the efficiency of the barrier in preventing the vehicles from penetrating.

## SIMULATION SOFTWARE

Simulation software are being increasingly used to enhance the development of professional skills .the existing literature refers to the term simulation in different words. It is generally defined as the imitation of a process or situation(rooney, 2018). They are also referred to as computational representations of real or hypothesized situations or phenomena and an environment that provides a dynamic, interactive, and visualized learning experience (fallon, 2019).simulation software is based on the process of modeling a real phenomenon with a set of mathematical formulas. It is, essentially, a program that allows the user to observe an operation through simulation without actually performing that operation. Simulation software is used widely to design equipment so that the final product will be as close to design specs as possible without expensive in process modification. More importantly, such computer programs offer an efficient way of monitoring experimental variables, giving an opportunity for exploration and hypothesizing (blake & scanlon, 2007). Simulation software in program outlines the following several fields including:crash tests, such as airplane pilots, a mock up of the actual control panel is connected to a real-time simulation of the physical response, giving valuable training experience without fear of a disastrous outcome.

## Benefits of Simulation Software .2.2

Simulation software offers many benefits in the field of engineering and design, including:

- **Reducing costs:** By simulating different conditions, the need for expensive physical models can be reduced.
- **Improving safety:** Designs can be tested in hazardous conditions without putting people or equipment at risk.
- **Speeding up the design process:** Multiple tests can be performed quickly, which speeds up the development process.
- **Comprehensive analysis:** Simulation software provides accurate and comprehensive data that helps improve designs and make informed decisions.

## Examples of some simulated programs .2.3

- ANSYS:A program that includes finite element analysis (FEA) and multiphysics simulation.
- ABAQUS: Widely used in finite element analysis, especially in applications that require nonlinear simulation.
- COMSOL Multiphysics: Provides tools to embody a range of physical phenomena.

- MATLAB/Simulink: Used in modeling, simulation, and mathematical analysis.

## LS-DYNA .2.4

In this article, we will explore LS-DYNA, one of the world's most advanced and widely used simulation software for vehicle and barrier safety testing.LS-DYNA is the world's most widely used explicit simulation program in terms of vehicle and barrier safety tests, capable of simulating the response of materials to short periods of severe loading.LS-DYNA is a highly advanced general purpose nonlinearfi nite element program that is capable of simulating complex real world problems.[67] Its many elements, contact formulations, material models and other controls can be used to simulate complex models with full control of the details of the problem.For crash analysis, standard penalty formulation methods are used.[68], [69] **Figure 15**. LS-DYNA




**Figure 15**. LS-DYNA

LS-DYNA is recognized as the most outstanding nonlinear finite element numerical simulation software with the functions of explicit analysis and implicit analysis.[70]As a highly sophisticated nonlinear finite element program, it supports both explicit and implicit analysis, enabling engineers to tackle a wide range of complex, real-world problems؛this comprehensive approach ensures that simulations closely mimic real-world scenarios, providing valuable insights into material performance and structural integrity.

Presents a user-friendly software to assign spatially distributed material properties to nonlinear finite element models in LS-DYNA using discretized three dimensional random fields and random variables. The purpose of the software is to enable probabilistic analysis frameworks that incorporate results from LS DYNA simulations with random material properties.[71] The software leverages the existing well-established deterministic formulation of LS-DYNA by utilizing inbuilt material constitutive laws.

## METHODOLOGY

The first step of the study will be field observations. Field observations and measurements will be conducted. In this regard, a total of 10 fuel stations (5 from Turkiye and 5 from Jordan) franchised by different companies will be selected to focus and analyse deeply in this study. Because there are not standardized national or international bollard systems at fuel stations to protect vehicular impacts. Each franchised company have their own regulations or guides to design, manufacture and install the bollard systems. Figure 16 indicates unstandardized and miscellaneous bollard designs and applications at various fuel stations.

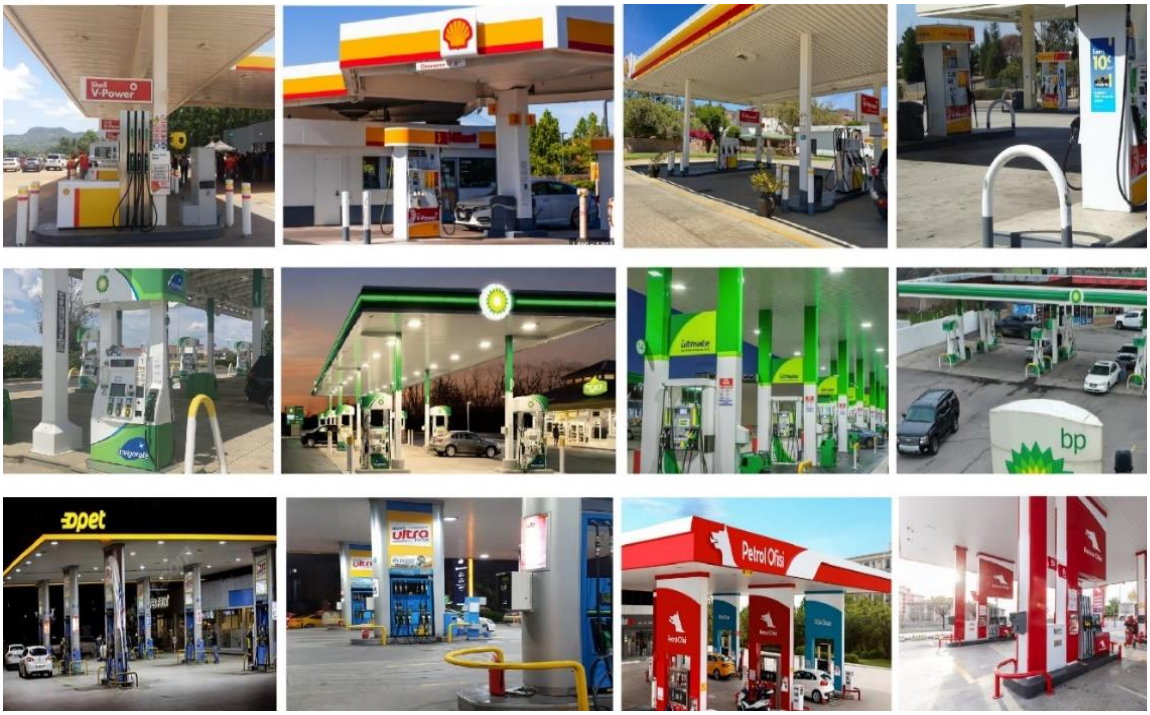



**Figure 16** indicates unstandardized and miscellaneous bollard designs and applications at various fuel stations.

During the field visit process of selected fuel stations, a standardized data procurement form specific to this study will be used as presented in Figure 17. This form will be included general information about the fuel station, location information, visual data, technical details of the bollard system, and technical drawings.

| FIELD DATA FORM | | | | NO |
|---|---|---|---|---|
| **General Information** | | | | |
| **Name** | **Franchise company** | **Phone number** | **Visit date** | **Visitor** |
| Mescier petrol | BP | +90 370 415 10 00 | 30.10.2024 | Tarık Swabkeh |

| **Location data** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Country** | **City** | **Address** | **Coordinates** | **Speed limits (km/sa)** | |
| | | | | **Inside the station** | **Outside the station** |
| Turkiye | Karabuk | Kurtulus mah. Sehit Atese Resat Moralı Bulvarı No:18, 78200 | 41°12'45"N 32°38'47"E | 20 | 90 |

| **Visual data** | |
|---|---|
| **Sattelite Images** | **Photos** |
|   |  |

| **Technical details of the bollard system** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Guide/Instruction** | **Materials** | | **Dimensions (mm)** | | |
| | **Type** | **Thickness (mm)** | **Width** | **Length** | **Height** |
| No | Steel pipe | 5 | 300 | 700 | 600 |

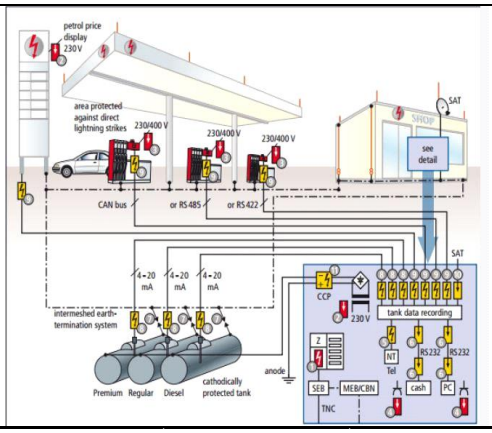
| **Technical drawings** | |
|---|---|
| **Fuel station layout plan** | **Bollards layout plan** |
|   |   |

Figure 17. a standardized data procurement form specific

Second step will be assessing the conformity of the bollard applications to the related standards or guides if they are available. The next step will be LSDYNA simulations to present the adequacy against various vehicle impacts by employing the data provided by field study. The results of this study will reveal the competencies or random applications and will be hoped to be used as an international guide and inspire international standards. Figure 18 summarized the methodology steps of the study.

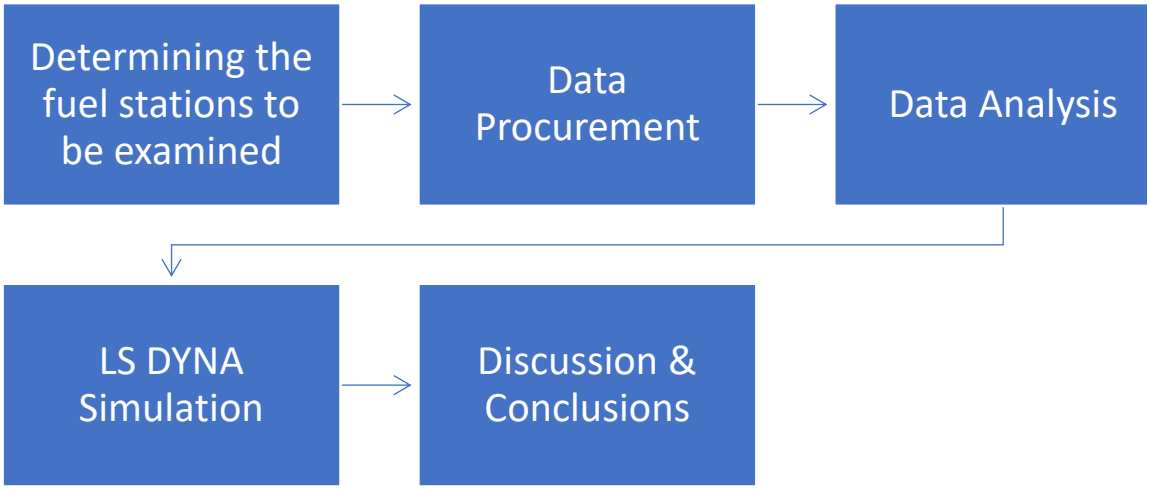



**Figure 18** summarized the methodology steps of the study.

## DISCUSSION

- that fixed and automatic barriers provide high levels of safety and protection for pumps and dispensers at fuel stations.
- Although automatic barriers may be more expensive, they provide greater flexibility in controlling traffic and reduce the likelihood of accidents.
- The results of this study can be used to guide the design and installation of barriers at fuel stations to improve safety and reduce potential damage.

## CONCLUSION

- Statistics reveal the necessity of taking additional measures for pedestrians who are especially vulnerable due to vehicles leaving the road platform for any reason (on the sidewalks, playgrounds school areas) and risky areas that need to be protected (Petrol .stations, above-ground facilities of infrastructure utility)

The study will hoped to guide that the use of appropriate barriers can significantly improve the safety of fuel stations and reduce damage caused by collisions.

- Automatic barriers are recommended for high-traffic areas and fixed barriers for high-risk areas.
- Future studies could focus on improving barrier design and testing new materials to increase their effectiveness.

## REFERENCES

[1] C. Roque, F. Moura, and J. Lourenço Cardoso, "Detecting unforgiving roadside contributors through the severity analysis of ran-off-road crashes," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 80, pp. 262–273, Jul. 2015, doi: 10.1016/j.aap.2015.02.012.

[2] O. Somchainuck, P. Taneerananon, and S. Jaritngam, "An In-Depth Investigation of Roadside Crashes on Thai National Highways," *Engineering Journal*, vol. 17, no. 2, pp. 63–74, Apr. 2013, doi: 10.4186/ej.2013.17.2.63.

[3] M. Y. Apak, H. Ozen, M. Calis, B. Golgeli, and S. Ataoglu, "Applications of utility tunnels for natural gas pipelines," *Tunnelling and Underground Space Technology*, p. 104243, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.tust.2021.104243.

[4] M. Y. Apak *et al.*, "Finite element simulation and failure analysis of fixed bollard system according to the PAS 68:2013 standard," *Engineering Failure Analysis*, vol. 135, no. October 2021, p. 106151, May 2022, doi: 10.1016/j.engfailanal.2022.106151.

[5] S. Baragetti and E. V. Arcieri, "Study of impact phenomena for the design of a mobile anti-terror barrier: Experiments and finite element analyses," *Engineering Failure Analysis*, vol. 113, no. November 2019, p. 104564, 2020, doi: 10.1016/j.engfailanal.2020.104564.

[6] V. N. Shankar, S. Chayanan, S. Sittikariya, M. B. Shyu, N. K. Juwa, and J. C. Milton, "Marginal impacts of design, traffic, weather, and related interactions on roadside crashes," *Transportation Research Record*, no. 1897, pp. 156–163, 2004, doi: 10.3141/1897-20.

[7] J. Lee and F. Mannering, "Impact of roadside features on the frequency and severity of run-off-roadway accidents: An empirical analysis," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 34, no. 2, pp. 149–161, 2002, doi: 10.1016/S0001-4575(01)00009-4.

[8] F. M. Council and J. R. Stewart, "Severity Indexes for Roadside Objects," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1528, no. 1, pp. 87–96, Jan. 1996, doi: 10.1177/0361198196152800109.

[9] Washington State Department of Transportation, J. Lee, F. M. Research, J. Milton, and Washington State Department of Transportation, "Analysis of Roadside Accident Frequency and Severity and Roadside Safety Management," 1999.

[10] C. Roque and M. Jalayer, "Improving roadside design policies for safety enhancement using hazard-based duration modeling," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 120, no. May, pp. 165–173, 2018, doi: 10.1016/j.aap.2018.08.008.

[11] B. Corben, H. Deery, N. Mullan, and D. Dyte, "The General Effectiveness of Countermeasures for Crashes Into Fixed Roadside Objects," 1996.

[12] C. Malcolm H., Ray Lori A. , Troxel John F., "Characteristics o f fixed-roadside-object side-impact accidents," *Journal of Transportation Engineering*, vol. 117, no. 3, pp. 281–297, 1991.

[13] M. Budzyński, A. Gobis, K. Jamroz, L. Jelinski, and K. Ostrowski, "Road Restraint Systems as a Basis for Roadside Safety Improvement," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 471, no. 6, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/471/6/062029.

[14] Turkstat, "Highway Accident Statistics," Turkish Statistical Institute.

[15] Transportation Research Board, *Highway Safety , Traffic Records , and Law Enforcements*. 1976.

[16] B. J. M. Shapiro and I. C. Consultants, "Vehicle Impact Bollards No Longer Required for Cylinder Storage and Exchange Cabinets," no. 914 mm.

[17] C. V. Zegeer, D. W. Reinfurt, W. W. Hunter, J. Hummer, R. Stewart, and L. Herf, "Accident effects of sideslope and other roadside features on two-lane roads," *Transportation Research Record*, no. 1195, pp. 33–47, 1988.

[18] Zhou, Haiping and Layton, Robert D., "Development of Prototype Expert System For Roadside Safety," *Journal of Transportation Engineering*, vol. 117, no. 4, pp. 435–443, 1991.

[19] R. O. Petch and R. R. Henson, "Child road safety in the urban environment," *Journal of Transport Geography*, vol. 8, no. 3, pp. 197–211, 2000, doi: 10.1016/S0966-6923(00)00006-5.

[20] J. Olivier *et al.*, "Trends in severe pedestrian injuries among older people in NSW," 2009.

[21] X. Li and S. Kleiven, "Improved safety standards are needed to better protect younger children at playgrounds," *Scientific Reports*, vol. 8, no. 1, Dec. 2018, doi: 10.1038/s41598-018-33393-z.

[22] C. R. Sax, T. H. Maze, R. R. Souleyrette, N. Hawkins, and A. L. Carriquiry, "Optimum urban clear zone distance," *Transportation Research Record*, no. 2195, pp. 27–35, 2010, doi: 10.3141/2195-04.

[23] R. Grzebieta and G. Rechnitzer, "Designing and testing bollards to protect pedestrians," p. 11p, 2013.

[24] M. Y. Apak, "Developing protective and preventive security bollard against traffic accidents for urban roadside fixed natural gas distribution stations (Doctoral dissertation)," Istanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology, Istanbul, 2019.

[25] M. Apak, M. Ergün, and H. Özen, "A Sensitivity Analysis About Risk Criteria for Vehicle Crash Risks of Hazardous Roadside Facilities by Analytical Hierarchy Process (AHP) [A Sensitivity Analysis About Risk Criteria for Vehicle Crash Risks of Hazardous Roadside Facilities by Analytical Hi," *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, vol. 6, no. 3, pp. 836–846, 2019, doi: 10.31202/ecjse.601550.

[26] R. K. Faller, J. D. Reid, D. E. Kretschmann, J. A. Hascall, and D. L. Sicking, "Midwest guardrail system with round timber posts," *Transportation Research Record*, no. 2120, pp. 47–59, 2009, doi: 10.3141/2120-06.

[27] A. Garabedian and J. M. Shapiro, "Literature Survey and Feasibility Analysis Related to Revising Vehicle Barrier System Regulations for LP-gas Cylinder Exchange Cabinets Phase I Study," 2011.

[28] S. Bajpai and J. P. Gupta, "Securing oil and gas infrastructure," *Journal of Petroleum Science and Engineering*, vol. 55, no. 1–2, pp. 174–186, 2007, doi: 10.1016/j.petrol.2006.04.007.

[29] B. H. Yoo, S. Wilailak, S. H. Bae, H. R. Gye, and C. J. Lee, "Comparative risk assessment of liquefied and gaseous hydrogen refueling stations," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 46, no. 71, pp. 35511–35524, 2021, doi: 10.1016/j.ijhydene.2021.08.073.

[30] M. Y. Apak, M. Ergun, H. Ozen, and H. I. Yumrutas, "A systematic risk assessment approach for urban roadside infrastructure assets," *Structure and Infrastructure Engineering*, vol. 0, no. 0, pp. 1–16, 2024, doi: 10.1080/15732479.2024.2410319.

[31] A. O. Atahan, "Finite-element crash test simulation of New York portable concrete barrier with I-shaped connector," *Journal of Structural Engineering*, vol. 132, no. 3, pp. 430–440, 2006, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9445(2006)132:3(430).

[32] A. O. Atahan, "Vehicle crash test simulation of roadside hardware using LS-DYNA: A literature review," *International Journal of Heavy Vehicle Systems*, vol. 17, no. 1, pp. 52–75, 2010, doi: 10.1504/IJHVS.2010.029623.

[33] A. O. Atahan and O. F. Cansiz, "Impact analysis of a vertical flared back bridge rail-to-guardrail transition structure using simulation," *Finite Elements in Analysis and Design*, vol. 41, no. 4, pp. 371–396, 2005, doi: 10.1016/j.finel.2004.07.003.

[34] A. O. Atahan, A. Ö. Yücel, and M. M. Erdem, "Crash testing and evaluation of a new generation L1 containment level guardrail," *Engineering Failure Analysis*, vol. 38, pp. 25–37, 2014, doi: 10.1016/j.engfailanal.2014.01.003.

[35] H. İ. Yumrutaş, E. Birinci, H. Yörür, and A. O. Atahan, "An innovative approach on the renewable hybrid barrier: combined use of wood and sand," *CERNE*, vol. 27, no. 1, pp. 1–10, 2021, doi: 10.1590/01047760202127012821.

[36] T. L. Teng, C. C. Liang, and T. T. Tran, "Development and validation of a finite element model for road safety barrier impact tests," *Simulation*, vol. 92, no. 6, pp. 565–578, 2016, doi: 10.1177/0037549716644507.

[37] D. H. J. F. Neuenhaus, U. J. Geßler, and M. Feldmann, "Using multibody-system modeling to make accurate predictions of vehicle impacts on road restraint systems," *International Journal of Non-Linear Mechanics*, vol. 53, pp. 24–31, 2013, doi: 10.1016/j.ijnonlinmec.2012.10.011.

[38] M. Vesenjak, M. Borovinšek, and Z. Ren, "Computational simulations of road safety barriers using LS-DYNA," *6. LS-DYNA Anwenderforum, Frankenthal*, pp. 377–383, 2007, doi: 10.1111/j.1399-3054.1984.tb06343.x.

[39] P. Baranowski and K. Damaziak, "Numerical simulation of vehicle–lighting pole crash tests: Parametric study of factors influencing predicted occupant safety levels," *Materials*, vol. 14, no. 11, 2021, doi: 10.3390/ma14112822.

[40] G. Amato, F. O'Brien, B. Ghosh, and C. K. Simms, "Multibody modelling of a TB31 and a TB32 crash test with vertical portable concrete barriers: Model verification and sensitivity analysis," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part K: Journal of Multi-body Dynamics*, vol. 227, no. 3, pp. 245–260, 2013, doi: 10.1177/1464419313485235.

[41] A. Eskandarian, D. Marzougui, and N. E. Bedewi, "Finite element model and validation of a surrogate crash test vehicle for impacts with roadside objects) Finite element model and validation of a surrogate crash test vehicle for impacts with roadside objects," *International Journal of Crashworthiness*, vol. 2, no. 3, pp. 239–258, 1997, doi: 10.1533/cras.1997.0048.

[42] B. Hu, G. Li, and J. Sun, "Numerical investigation of K4-rating shallow footing fixed anti-ram bollard system subjected to vehicle impact," *International Journal of Impact Engineering*, vol. 63, pp. 72–87, Jan. 2014, doi: 10.1016/j.ijimpeng.2013.08.006.

[43] H. A. Whitworth, R. Bendidi, D. Marzougui, and R. Reiss, "Finite element modeling of the crash performance of roadside barriers," *International Journal of Crashworthiness*, vol. 9, no. 1, pp. 35–43, 2004, doi: 10.1533/ijcr.2004.0270.

[44] S. K. Tay, B. Lim, and S. H. Ng, "Crash impact modelling of security bollard," in *12th International LS-DYNA® Users Conference*, Detroit, 2012, pp. 1–10.

[45] D. Marzougui, C. Story, L. Nix, C. Dao, S. Kan, and R. D. Powers, "Development of an Energy Absorbing End- Terminal for the Steel Backed Timber Guardrail Phase Iia : Design of Tl 2 Sbt End Treatment," *Simulation*, no. 09005, 2010.

[46] C. A. Plaxico, G. S. Patzner, and M. H. Ray, "Finite-element modeling of guardrail timber posts and the post-soil interaction," *Transportation Research Record*, no. 1647, pp. 139–146, 1998, doi: 10.3141/1647-17.

[47] M. H. Ray, "The use of finite element analysis in roadside hardware design," *International Journal of Crashworthiness*, vol. 2, no. 4, pp. 333–348, 1997, doi: 10.1533/cras.1997.0053.

[48] S. Tabacu and N. Pandrea, "Numerical (analytical-based) model for the study of vehicle frontal collision," *International Journal of Crashworthiness*, vol. 13, no. 4, pp. 387–410, 2008, doi: 10.1080/13588260802030588.

[49] W. Uddin and R. M. Hackett, "Three-dimensional finite element modelling of vehicle crashes against roadside safety barriers," *International Journal of Crashworthiness*, vol. 4, no. 4, pp. 407–418, 1999, doi: 10.1533/cras.1999.0115.

[50] W. Wu and R. Thomson, "Compatibility between passenger vehicles and road barriers during oblique collisions," *International Journal of Crashworthiness*, vol. 9, no. 3, pp. 245–253, Jun. 2004, doi: 10.1533/ijcr.2004.0281.

[51] H. Yin, H. Fang, Q. Wang, and G. Wen, "Design optimization of a MASH TL-3 concrete barrier using RBF-based metamodels and nonlinear finite element simulations," *Engineering Structures*, vol. 114, pp. 122–134, 2016, doi: 10.1016/j.engstruct.2016.02.009.

[52] A. E. Wright and M. H. Ray, "Characterizing cuardrail steel for LS-DYNA3D simulations," *Transportation Research Record*, no. 1528, pp. 138–145, 1996, doi: 10.3141/1528-15.

[53] A. O. Atahan, "Finite element simulation of a strong-post W-beam guardrail system," *Simulation*, vol. 78, no. 10, pp. 587–599, 2002, doi: 10.1177/0037549702078010001.

[54] J. D. Reid, "LS-DYNA simulation influence on roadside hardware," *Transportation Research Record*, no. 1890, pp. 34–41, 2004, doi: 10.3141/1890-04.

[55] Livermore Software Technology Corporation, *Ls-Dyna Keyword User's Manual*, vol. I, no. May. Livermore, California, 2007.

[56] M. Y. Apak *et al.*, "Finite element simulation and failure analysis of fixed bollard system according to the PAS 68:2013 standard," *Eng Fail Anal*, vol. 135, May 2022, doi: 10.1016/j.engfailanal.2022.106151.

[57] David Casey, "SBI_X_Frame_30_Certification-1," Sep. 2022, Accessed: Oct. 02, 2024. [Online]. Available: https://protogetic.com/vehicle-barriers/sbi-industrial-llc-safety-bollard-x-frame-30/

[58] "SBI_X-Frame_30_Installation_Drawing-1".

[59] S. Shukla, S. Kumar, A. Kumar, and V. Srivastawa, "Pedestrian Safety Management System Using Automatically Retractable Bollards," in *Proceedings - 2023 3rd International Conference on Innovative Sustainable Computational Technologies, CISCT 2023*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2023. doi: 10.1109/CISCT57197.2023.10351438.

[60] C. , L. X. , & Y. X. 17. Chen, "Chen, C., Li, X., & Yang, X. (2020). Application of Intelligent Bollard in Pedestrian Safety Management. In 2020 IEEE 3rd International Conference on Information Systems and Computer Aided Education(ICISCAE) (pp. 500-504). IEEE.].," *In 2020 IEEE 3rd International Conference on Information Systems and Computer Aided Education(ICISCAE*, pp. 500–504, 2020.

[61] "Yang, X., Li, X., Li, C., & Li, Y. (2019). Research on Automated Bollard System Based on Wireless Communication and pedestriandetection. In 2019 IEEE International Conference on Smart Internet of Things (smartiot) (pp. 89-94). IEEE".

[62] X. , C. C. , & Y. X. (2020). Li, " Automated Bollard System for Pedestrian Safety Management at Crosswalks. In 2020 4th internationalconference on Intelligent Transportation Engineering (IEEE ICITE) (pp.333-338). IEEE".

[63] "Wang, Y., Li, C., & Wang, Z. (2017). Pedestrian Signal Control Optimization Model Based on Wireless Sensor Network. In 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) (pp. 251-255). IEEE".

[64] *ISO, IWA 14-1 Vehicle security barriers — Part 1: Performance requirement, vehicle impact test method andperformance rating, 2016.*

[65] H. Ibrahim Yumrutas and M. Y. Apak, "Crashworthiness of the bollard system by experimentally validated virtual test," *Eng Fail Anal*, vol. 148, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.engfailanal.2023.107167.

[66] "ISO 22343-1:2023 Security and resilience — Vehicle security barriers Part 1: Performance requirement, vehicle impact test method and performance rating".

[67] "The advanced simulation tool for nonlinear, linear, dynamic, and static analysis LS-DYNA ® LS-DYNA."

[68] "Feraboli P, Deleo F, Wade B, Rassaian M, Higgins M, Byar A, et al. Predictive modeling of an energy-absorbing sandwich structural concept using the building block approach. Composites (Part A) 2010;41(6):774–86. ".

[69] "Fasanella EL, Jackson KE. Best practices for crash modeling simulation. NASA TM-2002-211944, ARL-TR-2849, October 2002.".

[70] "LIYH,SHAOLS,XUZL.Numericalanalysisfor critical speed of coal impacting and comminution[J]. Journal of Vibration and Shock, 2017, 36(5): 227-230.".

[71] A. Hassan and F. Oudah, "RF-DYNA — Software for optimized random finite element simulation using LS-DYNA," *Advances in Engineering Software*, vol. 196, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.advengsoft.2024.103724.

# YERLİ VE YABANCI KÖKENLİ EKMEKLİK BUĞDAY (*TRİTİCUM AESTİVUM* L.) ÇEŞİTLERİNİN TANE VERİMİ VE BAZI BAŞAK ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

# COMPARISON OF LOCAL AND FOREIGN ORIGIN BREAD WHEAT (Triticum aestivum L.) VARIETIES IN TERMS OF GRAIN YIELD AND SOME SPIKE CHARACTERISTICS

**Aysen MEMET**[1]
[1]Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Tekirdağ, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-8626-6795, aysen_memet@hotmail.com

**Oğuz BİLGİN**[2], **Damla BALABAN GÖÇMEN**[3], **Alpay BALKAN**[4], **İsmet BAŞER**[5]
[2,3,4,5] Namık Kemal Univ., Faculty of Agriculture, Depart. of Field Crops, Tekirdağ, Türkiye.
[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-4338-9912, obilgin@nku.edu.tr
[3]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3980-3906, dgocmen@nku.edu.tr
[4]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9203-6144, abalkan@nku.edu.tr
[5]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5770-0118, ibaser@nku.edu.tr

## ÖZET

Araştırma, 2018-2019 ve 2019-2020 yetiştirme dönemlerinde Tekirdağ ekolojik koşullarında 10 u yurtiçi ve 5 i yurtdışı kaynaklı olmak üzere toplam 15 ekmeklik buğday çeşidi ile tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Denemeye alınan ekmeklik buğday çeşitlerinin tane verimi ve başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı, başak fertilite indeksi ve başak indeksi gibi başak özelikleri incelenmiştir. İncelenen özellikler bakımından çeşitlerin ortalamaları arasındaki farklılıklar ile yıl x çeşit interaksiyonları 0.01 olasılık düzeyinde istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Yıllar arasında ortalama farklılıklar başak indeksi için 0.05 düzeyinde önemli iken diğer özellikler için 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. İki yetiştirme mevsimi süresince yürütülen denemelerden elde edilen veriler üzerinden ekmeklik buğday çeşitlerinin başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı, hasat indeksi, başak indeksi, başak fertilite indeksi ve tane verimi ortalamaları sırasıyla 8,57 ile 11,25 cm, 18,13 ile 21,95 adet, 42,9 ile 56,8 adet, 1,865 ile 2,452 g, 76,42 ile 81,41, 64,03 ile 85,25 ve 6147 ile 7693 kg $ha^{-1}$ arasında değişmiştir. Sonuç olarak tane verimi ve verim komponentleri değerlendirildiğinde Glosa, Prima, NKÜ Lider, Rumeli, Orfeas ve Gogas R2 ekmeklik buğday çeşitlerinin daha yüksek performansa sahip oldukları ve bu çeşitlerin başta Trakya bölgesi olmak üzere ülkemizin ekmeklik buğday üretim bölgelerine en uygun çeşitler olabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Ekmeklik buğday, tane verimi, başak uzunluğu, başak fertilite indeksi

## ABSTRACT

The research was carried out in Tekirdağ ecological conditions in the 2018-2019 and 2019-2020 growing seasons with a total of 15 bread wheat varieties, 10 domestic and 5 foreign-sourced, according to the randomized block design with 3 replications. Grain yield and spike length, number of spikelets per spike, number of grains per spike, grain weight per spike, spike fertility index and spike index of the bread wheat varieties included in the trial were examined. In terms of the examined traits, the differences between the averages of the varieties and the year x variety interaction were found to be statistically significant at the 0.01 probability level. While the average differences between the years were significant at the 0.05 level for the spike index, they were found to be significant at the 0.01 level for the other traits. In the experiments carried out during two growing seasons, the average spike length, number of spikelets per spike, number of grains per spike, grain weight per spike, harvest index, spike index, spike fertility index and grain yield of bread wheat varieties varied between 8.57 and 11.25 cm, 18.13 and 21.95 pieces, 42.9 and 56.8 pieces, 1.865 and 2.452 g, 76.42 and 81.41, 64.03 and 85.25 and 6147 and 7693 kg ha-1, respectively. As a result, when grain yield and the examined yield components were evaluated together, it was concluded that Glosa, Prima, NKÜ Lider, Rumeli, Orfeas and Gogas R2 bread wheat varieties had higher performance than other varieties and that these varieties could be the most suitable varieties for the bread wheat production regions of our country, especially the Thrace region. Key words: Bread wheat, grain yield, spike length, number of grains per spike, grain weight per spike, spike fertility index

**Key words:** Bread wheat, grain yield, spike length, spike fertility index

## GİRİŞ

Günümüzde tahıllar küresel gıda üretiminin yaklaşık % 50 sini oluşturmaktadır (FAO 2013). Halihazırda buğday, küresel tahıl üretiminin %30'unu ve gıda olarak kullanılan (doğrudan veya dolaylı olarak) tahılların %45'ini oluşturmakta olup, insanoğlu için enerji ve protein sağlayan başlıca bitkidir (Chand, 2009). Buğday tek başına 94 gelişmekte olan ülkedeki 4.5 milyar insandan daha fazlası için günlük kalorin %21 ini ve proteinin %20 sini sağlamaktadır (Braun ve ark., 2010). Günümüzde 200 milyon hektar alanda yetiştirilmekte ve yaklaşık 600 milyon tonluk üretim gerçekleştirilmektedir. Global ortalama verimi 2.7 t/ha civarında olup, ülke ve bölgeler arasında oldukça büyük varyasyonlar bulunmaktadır.

Buğday sadece Türkiye'de değil, Dünya'da da bitki ıslahçılarının ve üreticilerin yoğun ilgi gösterdiği bir tahıldır. Dünya'nın birçok bölgesinde çevre koşulları nedeniyle, buğday verimi ortalamanın altında değerlerdedir. Buğday talebindeki artış dünya ortalaması olarak yaklaşık % 1.3 olup, önümüzdeki yüzyılın ilk çeyreğinde bu artışın gelişmekte olan ülkelerde yaklaşık % 2 kadar olacağı beklenmektedir (Rosengrant ve ark., 1995). Gerçek buğday üretim artış oranı (1997 ile 2007 arasında yıllık %0.54) yakın gelecekte gerekli olanın yarısından azdır (%1.32 yıllık artış). Gelecekte açlık durumunun yaşanmaması için üretimin nüfus artış hızının gerisinde (en azından) kalmayacak şekilde arttırılması gerekmektedir. Beklenen talebi karşılamak için 21. yüzyılın ilk yarısında küresel tahıl üretiminin en az %50 artması gerektiği tahmin edilmektedir (Rosegrant ve Cline, 2003). Üretimin arttırılması, ekim alanı artışı üzerinden birim alan veriminin arttırılmasıyla ya da her ikisinde birden artış sağlayarak mümkündür. Fakat,

üretim yapılan alanlar son sınırına ulaşmış durumdadır. Gelişmekte olan ülkelerdeki buğday ekim alanlarının ancak % 0.14 kadar artacağı beklenmektedir (Rosengrant ve ark., 1995). O halde, ekim alanlarının marjinal olarak arttırılmasının mümkün olacağı gerçeği düşünülecek olursa, verimin artırılması için tek çıkış yolu birim alan verimi artışıdır (Reynolds ve ark., 2009).

Buğday üretiminin artırılmasında uygun çeşit ve iyi tohumluk kullanılması durumunda kuru tarım sisteminde verim artışına çeşit katkısının % 20-30, sulanan koşullarda ise yaklaşık % 50 civarında olduğu belirtilmektedir. Ancak çeşitlerin performansları bölgeden bölgeye değişim göstermektedir ve herhangi bir çeşit bir bölgede gösterdiği performansı farklı bir yörede gösterememektedir. Dolayısıyla bölgelere uygun çeşitlerin belirlenmesine yönelik araştırmalar büyük önem kazanmaktadır (Akman ve ark., 1999).

Yurtiçi ve yurtdışı tescilli ve günümüzde ekiliş alanına sahip ekmeklik buğday çeşitlerinin tümünün aynı deneme içerisinde öncelikle verim, kalite ve morfolojik karakterlerinin incelenmesi, yapılacak araştırmalara önveri sağlaması açısından büyük değer taşımaktadır. Tekirdağ ekolojik koşullarında yurtiçi ve yurtdışı olmak üzere farklı orijinli ekmeklik buğday çeşitlerinin tane verim ve bazı başak özelikleri açısından karşılaştırılması çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada 10 tanesi yurtiçi ve 5 tane yurt dışı (Yunanistan) olmak üzere toplam 15 ekmeklik buğday çeşidi kullanılmıştır. Denemelerde gerekli kültürel uygulamalar tekniğine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmada; Yurtiçi orijinli NKÜ Ergene, Adelaide, NKÜ Lider, Rumeli, Glosa, NKÜ Asiya, Esperia, Selimiye, Prima ve Krasunia ile Yurtdışı orijinli Moro R2, Accor R2, Orfeas, Gogas 2 ve Africa ekmeklik buğday çeşitleri kullanılmıştır. Denemeler tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak 2018/2019 ve 2019/2020 yetiştirme mevsimi boyunca Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri araştırma ve uygulama alanında yürütülmüştür. Denemelerde, çeşitler $m^2$ de 500 tohum bulunacak şekilde, 6 sıra ve sıra arası mesafe 17 cm olan parsellere ekim mibzeri ile ekilmiştir. Araştırmada, tane verimi ve başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı, başak fertilite indeksi ve başak indeksi gibi başak özelikleri incelenmiştir.

### Biyometrik Değerlendirme

Denemelerden elde edilen veriler Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre birleştirilmiş varyans analizi yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olup olmadığının kontrolü; EKÖF (En Küçük Önemli Fark) testi Steel ve Torrie (1960) tarafından önerilen yönteme göre MSTAT version 3.00/EM paket programında yapılmıştır.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İki yıl süresince 15 ekmeklik buğday çeşidi ile yürütülen denemelerden elde edilen veriler üzerinde gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları Çizelge 1. de verilmiştir.

Çizelge 1. İncelenen özelliklere ilişkin kareler ortalamaları

| Özellikler | Tekrarlama | Yıl | Genotip | Yıl x genotip int. | Hata |
|---|---|---|---|---|---|
| **Başak uzunluğu** | 0.093 | 3.803** | 2.944** | 0.713** | 0.031 |
| **Başakta başakçık sayısı** | 1.462 | 35.344** | 4.930** | 2.710** | 0.746 |
| **Başakta tane sayısı** | 4.720 | 105.842** | 80.108** | 42.665** | 6.760 |
| **Başakta tane ağırlığı** | 0.004 | 0.106* | 0.165** | 0.107** | 0.021 |
| **Başak fertilite indeksi** | 0.350 | 280.935** | 214.343** | 56.968** | 3.989 |
| **Başak indeksi** | 3.575 | 7.128* | 14.416** | 8.946** | 1.136 |
| **Tane verimi** | 2443.611 | 63308.544** | 11026.535** | 13691.306** | 1028.082 |

Varyans analiz sonuçları incelendiğinde çeşitler arasındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları ile yıl x çeşit interaksiyonu incelenen tüm özellikler için 0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Yıllar arasındaki ortalama farklılıklar da başakta tane ağırlığı ve başak indeksi için 0.05 düzeyinde ve diğer özellikler için de 0.01 olaılık seviyesinde önemli bulunmuştur. Çalışmada iki yıldan elde edilen incelenen özelliklere ilişkin verilerde yapılan önemlilik testi sonuçlarına göre çeşitler arasındaki farklılık istatistiki olarak 0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Çeşitler arasındaki farklılıkları belirlemek için yapılan önemlilik testi (EKÖF) sonuçları Çizelge 2. de verilmiştir.

Buğday ıslah programlarında, en önemli hedeflerinden biri birim alan tane verimi yüksek yeni çeşitlerin geliştirilmesidir. Ancak verim, basit bir özellik olmayıp çok sayıda faktörün etkisi altında olan kantitatif bir karakterdir. Bu yüzden tek başına tane verimini belirlemek ve buna göre seleksiyon yapmak oldukça güçtür. Tane verimi, başakta tane sayısı ve metrekaredeki bitki sayısı ile doğrudan orantılıdır. Ancak yine de bitki tane verimi gibi birim alan ya da parsel verimleri genotiplerin verimliliğinin tayininde bir ölçü olarak kullanılmakla ve buğday ıslah çalışmalarında belirlenip değerlendirmeye alınmaktadır. İki yıl süresince denemeye alınan 15 ekmeklik buğday çeşidinde ortalama dekara tane verimi değerleri 6147 kg $ha^{-1}$ (NKÜ Asiya) ile 7693 kg $ha^{-1}$ (Prima) arasında değişim göstermiştir. Prima çeşidini Adelaide (7600 kg $ha^{-1}$), Glosa (7392 kg $ha^{-1}$), NKU Lider ve NKU Ergene (7370 kg $ha^{-1}$), Rumeli (7333 kg $ha^{-1}$), Orfeas (7287 kg $ha^{-1}$) ve Gogas 2 (7270 kg $ha^{-1}$) çeşitleri izlemişlerdir. Çalışmanın yapıldığı yıllar ayrı ayrı ve birleşik göz önüne alındığında dekara tane verimi yönünden Prima, Glosa, NKU Lider ve NKU Ergene öne çıkan çeşitlerdir. Çalışmada iki yılın ortalamasında ise en düşük dekara tane verimi değeri 614.7 kg/da ile NKU Asiya ve 639.0 kg/da ile Selimiye çeşitlerinde elde edilmiştir.

Buğdayda sekonder verim unsurlarından biri olarak kabul edilen başak uzunluğu, başaktaki tane sayısını ve başak verimini etkileyerek ve verim artışlarına neden olabilmektedir (Özgen, 1989). Slafer ve ark. (2015), buğday verimindeki artışların kritik öneme sahip olduğunu, bunun için başak başına tane sayısının artırılması gerektiğini ve bunu sağlamanın yollarından birinin

başak uzunluğunun arttırılmasıyla sağlanabileceğini açıklamıştır. İki yıl süresince yapılan çalışmada buğday çeşitlerinin başak uzunluğu değerleri 8.57-11.25 cm arasında değişmiştir. Çeşitler arasında her iki yılda da NKU Ergene, NKU Lider, NKU Asiya, Rumeli, Adelaide ve Krasunia 10 cm üzerinde başak uzunluğu ile başak özelliği yönünden üstün çeşitler olarak görülmüştür. Buna karşın her iki yılda da Esperia, Accor R2, Gogas 2 ve Africa çeşitleri 10.00 cm altındaki başak uzunluğu değerleri göstermişlerdir.

Çizelge 2. Ekmeklik buğday çeşitlerinin incelenen özelliklere ait ortalama ve önemlilikleri

| Çeşitler | Tane verimi (kg/ha$^{-1}$) | Başak uzunluğu (cm) | Başakta başakçık sayısı (adet) | Başakta tane sayısı (Adet) | Başakta tane ağırlığı (g) | Başak fertilite indeksi (%) | Başak indeksi (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Prima** | 7693 a | 9.87 de | 19.45 ef | 50.9 b-e | 2.253 a-d | 83.36 ab | 80.05 abc |
| **Adelaide** | 7600 ab | 10.07 d | 19.97 de | 45.7 gh | 2.015 ef | 78.41 cd | 77.37 efg |
| **Glosa** | 7392 abc | 9.85 de | 20.55 b-e | 49.0 d-g | 2.342 abc | 85.25 a | 81.41 a |
| **NKÜ Ergene** | 7370 abc | 11.25 a | 21.37 abc | 54.2 ab | 2.377 ab | 76.96 de | 77.44 efg |
| **NKÜ Lider** | 7370 abc | 10.85 b | 20.37 b-e | 46.8 fgh | 2.388 ab | 74.42 ef | 78.96 cde |
| **Rumeli** | 7333 abc | 10.07 d | 21.45 ab | 48.6 d-g | 2.263 a-d | 70.72 g | 76.54 g |
| **Orfeas** | 7287 abc | 9.62 ef | 20.53 b-e | 56.8 a | 2.240 a-d | 79.96 cd | 78.25 def |
| **Gogas 2** | 7270 abc | 9.47 fg | 20.32 b-e | 49.9 c-f | 2.123 cde | 79.83 cd | 77.21 fg |
| **Esperia** | 7168 bcd | 9.27 gh | 20.30 b-e | 50.0 c-f | 2.207 b-e | 83.14 ab | 77.32 efg |
| **Krasunia** | 7088 cd | 10.58 bc | 21.95 a | 52.1 bcd | 2.452 a | 77.76 cd | 78.38 def |
| **Accor R2** | 7038 cd | 9.13 h | 18.13 f | 53.8 abc | 1.865 f | 84.54 a | 77.10 fg |
| **Africa** | 6913 cd | 8.57 i | 20.30 b-e | 54.0 abc | 2.263 a-d | 72.98 fg | 80.69 ab |
| **Moro R2** | 6688 de | 9.87 de | 20.07 cde | 50.3 b-f | 1.985 ef | 80.59 bc | 77.29 fg |
| **Selimiye** | 6390 ef | 9.48 fg | 19.87 de | 42.9 h | 2.112 de | 70.79 g | 79.69 bcd |
| **NKÜ Asiya** | 6147 f | 10.52 c | 21.02 a-d | 47.5 efg | 2.340 abc | 64.03 h | 76.42 g |
| **EKÖF$_{0.01}$** | *49.612* | *0.272* | *1.337* | *4.023* | *0.222* | *3.090* | *1.649* |

Başakta başakçık sayısı verimi etkileyen önemli başak özelliklerinden biridir. Başakta başakçık sayısı ile başakta tane sayısı arasında olumlu korelasyon nedeniyle başakçık sayısı başakta tane sayısı üzerinden tane verimi üzerine de olumlu etkide bulunduğu düşünülmektedir. Başakta başakçık sayısı fazla olduğunda başakta tane sayısı da fazla olmakta ve verimde de artışlar olması beklenmektedir (Wolde ve ark., 2019). İncelenen ekmeklik buğday çeşitlerinde başakta başakçık sayısı 18.13-21.95 cm arasında değişmiştir. En yüksek başakta başakçık sayısı 21.95 adet ile Krasunia çeşidinde olurken, 21.45 adet ile Rumeli çeşidi, 21.37 adet ile NKU Ergene ve 21.02 adet ile NKU Asiya izlemiştir. Elde edilen sonuçlar başak özellikleri (başak uzunluğu ve başakta tane sayısı) özellikleri yönünden Krasunia, NKU Lider, Rumeli, NKU Asiya ve NKU Ergene çeşitlerinin uygun çeşitler olduğunu göstermektedir. Buna karşın her iki yılda da

en düşük sonuç veren Akkor 2 ve Prima çeşitleri ise başak özellikleri yönünden düşük değerler taşımaktadır.

Çevresel ve genetik faktörlerin etkisi altında olan başakta tane sayısı buğdayda çok önemli bir verim unsurudur. Bitkinin gelişim süresince çevresel faktörler başaktaki başakçık gelişimi ile tozlanma ve döllenmeyi de etkilemektedir. Verim artışlarının, verim unsurlarındaki iyileştirmeler özellikle de başak kapasite artışı yoluyla gerçekleştirilebilmesinin mümkün olacağı bunun da başakçıkların fertilitesi ve sayısının artırılmasıyla tane sayısı ve verim artışları mümkün olacaktır (Knezevic ve ark. 2006). İki yıl yürütülen araştırmada ortalamasında en fazla başakta tane sayısı 42.9 adet (Selimiye) ile 56.8 adet (Orfeas) arasında değişmiştir. NKU Ergene 54.2 adet ile, Africa 54.00 adet ile Accor 2 53.8 adet ile diğer yüksek ortalamaya sahip çeşitler olmuştur. Özelliğe ilişkin yapılan değerlendirme sonucunda, Orfeas, NKU Ergene, Africa ve Accor 2 başakta tane sayısı yönünden üstün ve Selimiye, Adelaide ve NKU Asiya düşük performansa sahip çeşitler olmuştur.

Buğdayda erken gelişme dönemlerinde olan birçok verim komponentinin gelişmesindeki sonucu olan başakta tane ağırlığı verimi etkileyen ana verim unsurlarından bir tanesidir (Borojevich 1983). Bununla birlikte, bu özellik başak uzunluğu, başak yoğunluğu, başakçık sayısı, başak başına tane sayısı ve bir tanenin ortalama ağırlığı gibi diğer karakterlere bağlı olan genelleştirilmiş bir indeks olarak da ifade edilmektedir (Vavilov, 1935; Hucl ve Fowler, 1992; Ma ve ark., 2007). Tahıllarda, tane veriminin artırılması amacıyla yapılacak seleksiyon, başakta tane sayısının yüksek genetik varyasyona sahip olması ve tane verimiyle yüksek genetik korelasyon nedeniyle büyük ölçüde birim alandaki tane sayısının artırılması ile ilişkilendirilmektedir. Tersine, başakta tane ağırlığı, düşük genotipik varyasyona sahip) oransal olarak stabil verim unsuru olarak kabul edilmektedir (Fischer ve Hillerislambers 1978). Tane verimi birçok özelliğin ve çevre şartlarının etkisi altında olan birleşik bir kantitatif özellik olmasına rağmen yüksek tane verimine ulaşmak için üretilmesi düşünülen ekmeklik buğday çeşitlerinin de yüksek başakta tane ağırlıklarına sahip olması gerekir (Syme 1972). İki yıl yürütülen araştırmada başakta tane ağırlığı 1.865 (Accor R2) ile 2.452 g (Krasunia) arasında değişim göstermiştir. NKU Lider (2.388 g), NKU Ergene (2.377 g), Glosa (52.342 g) ve NKU Asiya (2.340 g) yüksek başakta tane ağırlığını veren diğer çeşitler olmuştur. Başakta tane ağırlığı yönünden denemeye alınan çeşitlerden Krasunia, NKU Lider, NKU Ergene, Golia ve NKU Asiya üstün Accor 2 ve Moro R2 çeşitleri ise düşük ortalamalara sahip olmuştur.

Gelişmekte olan başaklara ve tanelere artan asimilat taşınımı, geçmişte buğdaydaki verim potansiyelinin iyileştirilmesi üzerinde en büyük etkiye sahip olmuş, bu da hasat indeksinin artmasına yol açmıştır (Foulkes ve ark., 2011). Hasat indeksinin tahmin edilen teorik üst sınırı 0.60 olmasına rağmen (Austin ve ark., 1980), 1980'lerin ortalarında 0.50'ye ulaştığından beri büyük bir artış olmamıştır (Fischer ve Quail, 1990). Bu nedenle, buğday verimini artırmanın ana yolu, başak özelliklerinin potansiyelini geliştirmek olduğu kabul edilmektedir (Richards, 1996). Başak, özellikle kurak ve yarı kurak koşullar (Bort ve ark., 1994) olmak üzere nihai tane verimine önemli katkı sağlayan (Araus ve ark., 1993) bitkinin ana fotosentetik kısımlarından biridir. Başak fertilite indeksi (i) birim alan başına tane sayısı (GN) ile pozitif ilişkisi (ii) yüksek kalıtsallığı, düşük genetip çevre interaksiyonu (iii) küçük örneklerde değerlendirilebilirliği ve yapılabilirliği yüksek olan bir yöntem olması nedeniyle ekmeklik buğdayda tane verimini

artırmak amacıyla kullanılabilecek bir seleksiyon kriteri olarak önerilmiştir (Pontaroli ve ark., 2021). Denemeye alınan on beş ekmeklik buğday çeşidinde başak fertilitesi değerleri % 70.79-% 85.25 arasında değişim göstertmiştir. Birleşik yıl ortalamasında ise en yüksek başak fertilitesi % 85.25 ve % 84.54 ile Glosa ve Accor R2 çeşidinde bulunmuş, bu çeşitleri % 83.36 ile Prima ve % 83.14 ile Esperia çeşitleri izlemiştir. Elde edilen sonuçlar başak fertilitesi yönünden Glosa, Accor R2, Prima çeşitleri yüksek değerler vermiştir. NKU Asiya, Selimiye ve Rumeli en düşük başak fertilitesi değerleri vermişlerdir.

Buğdayda başakta tane sayısı ve ağırlığı gibi iki önemli verim komponenti hakkında fikir veren başak hasat indeksi yada başak indeksinin önemli bir başak özelliği olduğu kabul edilmektedir (Pradhan ve ark., 2019). İki yıl süresince denemeye alınan 15 ekmeklik buğday çeşidi 76.42 (NKÜ Asiya) ile % 81.21 (Glosa) arasında değişen başak indeksi değerlerine sahip olmuşlardır. Africa % (80.69) ve Prima (% 80.05) diğer yüksek ortalamalara sahip olan çeşitler olmuştur. NKU Asiya ve Rumeli başak indeksi yönünden düşük değerler vermişlerdir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

İki yıl süresince denemeye alınan 15 ekmeklik buğday çeşidinde başak uzunluğu yönünden NKU Asiya, başakta başakcık sayısı yönünden Krasunia, Rumeli, NKU Asiya ve NKU Ergene, başakta tane sayısı yönünden NKU Ergene, Oferas, Africa ve Accor R2, başakta tane ağırlığı yönünden NKU Ergene, NKU Lider, Rumeli, Glosa ve NKU Asiya, başak fertilite indeksi yönünden Glosa, Accor R2, Esperia ve Prima, başak indeksinde ise Glosa, Africa ve Prima en yüksek değere sahip olan çeşitlerdir. Denemeye alınan çeşitlerde ortalama dekara tane verimi değerleri 6147 kg $ha^{-1}$ (NKÜ Asiya) ile 7693 kg $ha^{-1}$ (Prima) arasında değişim göstermiştir. En yüksek tane verimi veren Prima çeşidini Adelaide (7600 kg $ha^{-1}$), Glosa (7392 kg $ha^{-1}$), NKU Lider ve NKU Ergene (7370 kg $ha^{-1}$), Rumeli (7333 kg $ha^{-1}$), Orfeas (7287 kg $ha^{-1}$) ve Gogas 2 (7270 kg $ha^{-1}$) çeşitleri izlemişlerdir. Çalışmada iki yılın ortalamasında en düşük dekara tane verimi değeri 614.7 kg/da ile NKU Asiya ve 639.0 kg/da ile Selimiye çeşitlerinde elde edilmiştir. Çalışmanın yapıldığı yıllar ayrı ayrı ve birleşik olarak göz önüne alındığında dekara tane verimi yönünden Prima, Glosa, NKU Lider ve NKU Ergene öne çıkan çeşitlerdir.

**Yazar Katkı Beyanı**
Tüm yazarlar bildirinin hazırlanmasına eşit oranda katkı sağlamıştır.
**Çıkar Çatışması Beyanı**
Tüm yazarlar bu makaleyle ilgili herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.
**Teşekkür**
Bu çalışma ilk yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümünden üretilmiştir.

## KAYNAKLAR

Akman, Z., Yılmaz, F., Karadoğan, T., Çarkçı, K. Isparta ekolojik koşullarına uygun yüksek verimli buğday çeşit ve hatlarının belirlenmesi. Türkiye III. Tarla Bitkileri Kongresi, 15-18 Kasım, Adana, Cilt I, Genel ve Tahıllar, S: 366-371. 1999.

Austin, R.B. Bingham, J. Blackwell, R.D. Evans, L.T. Ford, M.A. Morgan, C.L.,Taylor, M. Genetic improvement in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. J. Agric. Sci. 94: 675-689. 1980.

Borojevic, S. Genetic and Technological Changes Which Caused A Change in Plant Breeding. BANU, Novi Sad, Akademska beseda, 100 pp. 1983.

Bort, J. Febrero, A. Amaro, T., Araus, J.L. Role of awns in ear water-use efficiency and grain weight in barley. Agronmie, 2: 133-139. 1994.

Braun, H.J., Atlin, G., Payne, T. Multi-location testing as a tool to identify plant response to global climate change. In: Reynolds M P, ed, Climate change and crop production. CABI, London, UK. pp. 115–138. 2010.

Chand, R. Challenges to ensuring food security through wheat. CAB reviews: Perspectives in agriculture, veterinary science, nutrition, and natural resources 4,(065), 2009.

FAO FAOSTAT, http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E. 2003

Fischer, R.A., Hillerislambers, D. Effect of environment and cultivar on source limitation to grain weight in wheat. Australian Journal of Agricultural Research. 29: 443-58. 1978.

Fischer, R.A., Quail, K.J. The effect of major dwarfing genes on yield potential in spring wheats. Euphytica, 46:51-56. 1990.

Foulkes, M.J., Slafer, G.A., Davies, W.J., Berry, P.M., Sylvester-Bradley, R., Martre, P., Caldaini, D.F., Griffiths, S., Reynolds, M.P. Raising yield potential of wheat. III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. Journal of experimental botany.; 62(2):469±86. 2011.

Hucl, P., Fowler, J. Comparison of a branched spike wheat with the cultivars Neepawa and HY320 for grain yield and yield components, *Can. J. Plant. Sci.*, vol. 2, pp. 671–677. 1992.

Knezevic, D., Zecevic, V., Micanovic, D., Madic, M., Paunovic, A., Djukic, N., Urosevic, D., Dimitrijevic, B., Jordacijevic, S. Genetic analysis of number of kernels per spike in wheat (*Triticum aestivum* L.) Kragujevac J. Sci., 28,(1), 153-158. 2006.

Ma, Z., Zhao, D., Zhang, C., Zhang, Z., Xue, S., Lin, F., Kong, Z., Tian, D., Luo, Q. Molecular genetic analysis of five spike-related traits in wheat using RIL and immortalized F2 populations, *Mol. Gen. Genomics*, vol. 277, pp. 31–42. 2007.

Özgen, M. Kışlık Ekmeklik Buğdaylarda (Triticum aestivum L.) Melez Gücü. Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 13(36): 1190-1202. 1989.

Pontaroli, A.C., Alonso, M.P., Mirabella, N.E., Panelo, J.S., Franco, M.F., Vanzetti, L.S., Lorenzo, M. Increasing grain yield in bread wheat by selection for high spike fertility index. Plant Breeding. 140:575–584. 2021.

Pradhan, S., Robbins, K., Bai, G., Mason, R.E., Khan, J., Shahi, D., Avci, M., Guo, J., Hossain, M.M., Bhatta, M., Mergoum, M., Asseng, S., Amand, P., Gezan, S., Baik, B.K., Blount, A., Bernardo, A. Understanding the genetic basis of spike fertility to improve grain number, harvest index, and grain yield in wheat under high temperature stress environments. Front. Plant Sci. 10, 1481; 1-13. 2019.

Reynolds, M., Foulkes, M.J., Slafer, G.A., Berry, P., Parry, M.A.J., Snape, J.W., Angus, W.J. Raising yield potential in wheat. Journal of Experimental Botany 60, 1899–1918. 2009

Rosegrant MW, Cline SA. Global food security: challenges and policies. Science 302, 1917–1919. 2003.

Rosengrant, M.W., Agcaoili-Sombilla, M., Perez, N.D. Global Food Projections to 2020: Implications for Investment. IFPRI, Washington. D.C. 1995.

Slafer, G.A., Elia, M., Savin, R., García, G.A., Terrile, II., Ferrante, A., Miralles, D.J., González, F.G. Fruiting efficiency, an alternative trait to further rise wheat yield. Food and Energy Security 4, 92-109. 2015.

Steel, R.G.D., Torrie, J.H. Principles and Procedures of Statistics. Mc-Graw-Hill Book Co. Inc. New York. 1960.

Syme, J.R. A high yielding Mexican Semi-dwarf Wheat and Relationship of Yield to Harvest İndex and Other Varietical Characteristics. Aust. J. of Experimental Agriculture and Animal Husbardry, 10; 350-353. 1972.

Vavilov, N.I. Scientific bases of wheat breeding, in *Teoreticheskie osnovy selektsii rastenii* (Theoretical Bases of Plant Breeding), Leningrad: Sel'khozgiz, vol. 2. 1935.

Wolde, G.M., Mascher, M., Schnurbusch, T. Genetic modifcation of spikelet arrangement in wheat increases grain number without signifcantly afecting grain weight. Mol Genet Genomics 294:457–468. 2019.

# TÜRKİYE'DE İYİ TARIM UYGULAMALARININ GELİŞİMİ VE YANSIMALARI

**Dr. Öğr. Üyesi Kurtuluş MERDAN**
Gumushane University, Gumushane Vocational School, Department of Accounting, Gümüşhane
**ORCID ID:** 0000-0002-4513-0920

## ÖZET

Artan dünya nüfusu daha fazla tarım ürününe ihtiyacı doğurmuştur. Bu durum yoğun kimyasal girdi kullanımı ile verimde artış sağlanarak karşılanmaya çalışılmıştır. Ancak gereğinden fazla kimyasal girdilerin kullanılması, çevreyi ve insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaştırmıştır. Tüm bunların sonucunda tarımda sürdürülebilirlik ve izlenebilirlik ile insan, çevre ve hayvan sağlığını gözeten, doğal kaynakların korunması ve güvenilir ürün arzının sağlanmasını esas alan bir tarımsal üretim biçimi önem kazanmıştır. Dünyada iyi tarım, gıda güvenliği ve kalitesinin sağlanması amacıyla ilk olarak Avrupa'da uygulamaya konulmuştur. Türkiye'de iyi tarım uygulamaları 2007'de 18 ilde başlamasına rağmen verilen desteklerin etkisiyle birlikte 2013 yılından sonra büyük bir ivme kazanmıştır.

Bu çalışmada Türkiye'de iyi tarım uygulamalarının gelişimi ve yansımaları ele alınmıştır. Türkiye'de iyi tarım uygulamaları 651 üretici ile başlamış, 5.360 hektar alanda 56.000 ton üretim gerçekleştirilmiştir. İlerleyen yıllarda iyi tarım uygulamaları sürekli artmış, 2022 yılında 9.570 üretici ile 206.893 hektar alanda 5.336.252 tona ulaşmıştır. Hayvan sayısı açısından bakıldığında; büyükbaş hayvan sayısı 39.343 adet, kanatlı hayvan sayısı 279.924.045 adet, su ürünleri 23.450 ton/yıl olarak gerçekleşmiştir. 2022 yılı verilerine göre Türkiye'de iyi tarım uygulama yapılan alan %1'lik bir paya sahiptir. Elde edilen bulgular kapsamında İyi tarım uygulamalarının devamlığı için bu ürünlere olan talebin artırılması gerekmektedir. Bu üretim şeklinde tüketiciyi dikkate alan bir pazarlama anlayışının benimsenmesi önem arz etmektedir. Bu durum firmalar arasındaki rekabeti hızlandırarak iyi tarım ürünlerinin üretimini artıracaktır.

Anahtar Kelimeler: İyi Tarım, Türkiye, Üretim, Hayvancılık

# DEVELOPMENT AND REFLECTIONS OF GOOD AGRICULTURAL PRACTICES IN TURKEY

## ABSTRACT

The increasing world population has created a need for more agricultural products. This situation has been tried to be met by increasing the yield with intensive use of chemical inputs. However, the use of more chemical inputs than necessary has threatened the environment and human health. As a result of all these, sustainability and traceability in agriculture and a form of agricultural production based on human, environmental and animal health, protection of natural resources and

ensuring reliable product supply have gained importance. In the world, good agriculture was first introduced in Europe to ensure food safety and quality. In Turkey, although good agricultural practices started in 18 provinces in 2007, they gained a great momentum after 2013 with the effect of the support provided.

In this study, the development and reflections of good agricultural practices in Turkey are discussed. Good agricultural practices in Turkey started with 651 producers and 56,000 tons of production was realized on 5,360 hectares. In the following years, good agricultural practices increased continuously and reached 5,336,252 tons on 206,893 hectares with 9,570 producers in 2022. In terms of the number of animals, the number of cattle was 39,343, the number of poultry was 279,924,045, and aquaculture products were 23,450 tons/year. According to 2022 data, the area of good agricultural practices in Turkey has a share of 1%. Within the scope of the findings obtained, the demand for these products should be increased for the continuity of good agricultural practices. It is important to adopt a marketing approach that takes into account the consumer in this form of production. This will accelerate thecompetition between companies and increase the production of good agricultural products.

**Keywords:** Good Agriculture, Turkey, Production, Livestock

## GİRİŞ

Dünyayı etkisi altına alan ve şekillendirmeye çalışan ekonomik ve sosyal buhranlar insanlığı farklı arayışlara sürüklemiş ve bu da alternatif üretim yöntemlerinin kullanılmasına neden olmuştur. Yeşil ekonominin alt sektörlerinden biri olarak kabul edilen ve yeşil üretim anlayışı olarakta nitelendirebilebilen iyi tarım uygulamaları da geleceğe daha sağlıklı bir çevre bırakmak adına önemli bir adım olarak kabul edilmektedir (Tutar vd., 2020).

İyi tarım faaliyetleri sürdürülebilir tarım kapsamında ortaya çıkmış, uzun vadede daha yaşanabilir bir dünya sunmayı hedeflemiştir. Bu uygulama, topraktan softaya kadar uzanan bütün üretim ve pazarlama aşamalarının tüm evrelerini kayıt altında tutan, tarım alanlarını koruyarak çevreye, bireye, ve diğer canlılara zarar vermeden yapılan bir üretim şekli olarak ifade edilmektedir. Iyi tarım uygulamalarında üreticiler ürüm yapmaya karar vermeden önce risk değerlendirmesinde bulunmakta, tarım ilaçlarının azaltılması ve bitki sağlığının maksimum düzeyde korunması için dönüşümlü üretim yapmaktadır.

Hızla değişen ve küreselleşen dünyada iyi tarım uygulamaları; tarımın çevresel sürdürülebilirliği, gıda güvenliği, gıda üretimi ve kalitesi bağlamında ortaya çıkmıştır. Iyi tarım uygulamalarında kimyasal girdi kullanımına izin verilmekle birlikte, girdiler çevreye ve insan sağlığına zarar vermeden kullanılmaktadır (Hasdemir, 2011). Iyi tarım uygulamaları sürekli kontrol edilen ve kayıt alına alınan bir faaliyettir. Bu kayıtlar, ürünün çeşidinin yanı sıra uygulama zamanı ve miktarını, hasat zamanını ve su kalitesini de dikkate alan tüm detayları içermektedir. Böylece ıyi tarım uygulamalarında sürdürülebilirlik, denetlenebilirlik ve izlenebilirlik sağlanmış olmaktadır (Aksoy vd., 2013).

Bu çalışmada Türkiye'de iyi tarım uygulamalarının gelişimi ve yansımaları ele alınmıştır. Bu kapsamda ilk olarak kavramsal çerçeve ele alınmış, ardından dünyada ve Türkiye'de iyi tarım uygulamaları üzerinde durulmuş ve son olarakta iyi tarım uygulamaları noktasında geleceğe yönelik önerilere yer verilmiştir.

## 1. Dünyada İyi Tarım Uygulamaları

Son dönemlerde artan dünya nüfusunun gereksinim duyduğu gıda talebini karşılamak için, kimyasal girdilerin yoğun kullanımına ve ileri teknolojik uygulamalara ağırlık verilmiştir. Kullanılan yöntemlerin üretimi ve verimliliği artırıcı etkilerine karşın, sebep olduğu çevresel tahribatlar, 1960'ların sonlarından itibaren artış göstermiştir. Zamanla artan çevresel tahribatlar, doğal kaynakların daha etkin kullanımını hedefleyen sürdürülebilir tarım sistemlerinin geliştirilmesine ön ayak olmuştur. İlerleyen süreçte tarımsal üretim ihtiyacının karşılanmasında çevreyi ve insan sağlığını koruyan ve gözetleyen sürdürülebilir tarım sistemleri yaygın hale gelmiştir. Tüm bu etkenler günümüzün en etkili tarım sistemlerinden biri olarak kabul edilen iyi tarım uygulamalarının daha da önem kazanmasını sağlamıştır (Aydın ve Kılıç, 2018: 624).

Iyi tarım uygulamasının genel çerçevesini belirmek amacıyla 1997 yılında Avrupa perakendeciler ürün çalışma grubunun (EUREP) girişimiyle yaş meyve ve sebzede iyi tarım uygulamalarına ilişkin esasları belirlemiş, 1999'da ise EUREPGAP protokolünü yayınlamıştır. İyi tarım uygulamalarını 2002'deki Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi'nde Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), tarım ve kırsal kalkınmanın prensiplerinden biri olarak benimsemiştir. Bu uygulama FAO tarafından Dünya Ticaret Örgütü üyesi ülkelere önerilmiş, sonrasında Avrupa ülkeleri bu uygulamaya öncülük etmiş, zamanla birlikte diğer ülkelere de yayılım göstermiştir (Aba ve Işın, 2014).

Sürdürülebilir çevreyi oluşturmak ve korumak, tarımsal faaliyetlerde aşırı kimyasal girdi kullanımını en aza indirmek amacıyla, gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere birçok ülke sürdürülebilir tarım sistemlerini desteklemektedir. Bu uygulamalar Finlandiya, Almanya, Fransa, Hollanda ve İsviçre'de yoğunluk kazanmıştır. Finlandiya tarımsal faaliyetlerin neden olduğu kirliliği azalmak için, 2007-2013 yılları arasında Agri-Environmental Payments (AEP) adı altında parasal desteklemelerde bulunmuştur. Tarımsal özelliği kaybetmiş ya da tarıma az elverişli alanların üretime katılmasını sağlamak için 2009'da başta Almanya olmak üzere Fransa, Hollanda ve İsviçre Payment-By-Results (PBR) ve Agricultural Environmental Schemes (AES) kapsamında destekler vermeye başlamıştır. Ayrıca Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) üyesi ülkelerde 2010 yılından itibaren çevrenin konunmasına yönelik Payments for Environmental Services (PES) adıyla üreticilere destekleme ödemeleri yapmıştır (Türkten vd., 2014).

## 2. Türkiye'de İyi Tarım Uygulamaları

Son yıllarda tarımın çevre üzerindeki olumsuz etkilerine ilişkin senaryolar ortaya atılmış, sanayileşme çabaları ile birlikte çevresel problemler tartışılmaya başlanmıştır. Dünyada çevrenin korunmasına yönelik gerçekleştirilen çalışmaların Türkiye üzerindeki yansımaları 1972'de Stockholm'de düzenlenen konferansla birlikte başlamıştır. Bu gelişmelerin somut bir hale getirilmesi üçüncü beş yıllık kalkınma planıyla (1973-1977) sağlanmıştır. Bu kalkınma planıyla birlikte sanayileşmenin yoğun olarak yapıldığı kentsel alanlarda su, hava ve çevresel sorunlara da değinilmiştir (Davran, 2007).

Ilerleyen yıllarda tüketicileriin çevresel ve sağlık konularında gıda ürünleri ile kaygıları daha da artmıştır. Toplumların ortak kaygısı haline gelen tarımsal ekdeksli çevresel sorunların çözümünde, sürdürülebilir tarım ve buna bağlı olarak tarımsal faaliyetler öne çıkmıştır. Değişen dünya düzeni ve yaşam şartları bilinçli tüketicilerin sayısında artış sağlamış, gıda güvenliği ön plana çıkmış ve bu durum tarımsal üretimde yeni yöntemlerin oluşmasına imkan sağlamıştır (Yaşar, 2017). Tarımsal üretimde kullanılan yöntemlerin insan sağlığını koruması ve çevre dostu olması esasları çerçevesinde sürdürülebilir üretim şekli olan iyi tarım uygulamalarını ortaya çıkarmıştır. Iyi tarım uygulamasının temelinde kirliliğin azaltılmsı ve doğal çevtenin korunması ve yasal önlemlern alınmaı olmakla birlikte, üretimde verimliliği ve sürdürülebilirliği amaçlamaktadır (Doğan ve Tümer, 2019).

Türkiye'de iyi tarım uygulamaları 2007 yılında başlamıştır. İyi tarım uygulamalarında üretim alanı ve üretici sayısı açısından en önemli gelişmeler 2013 yılından sonra gerçekleşmiştir. Hem il sayısında hem de üretici sayısında en büyük artış 2016 yılında yaşanmıştır. 2007 yılında iyi tarım uygulamasının yapıldığı il sayısı 18 iken, bu rakam 2020 yılında 61'e çıkmıştır. Üretici sayısı ise 2007 yılında 651 iken, 2020 yılında14.051 olmuştur. Üretici sayısında geçen 13 yıllık süre içerisinde yaklaşık 21 kat artış yaşanmıştır (Tablo 1).

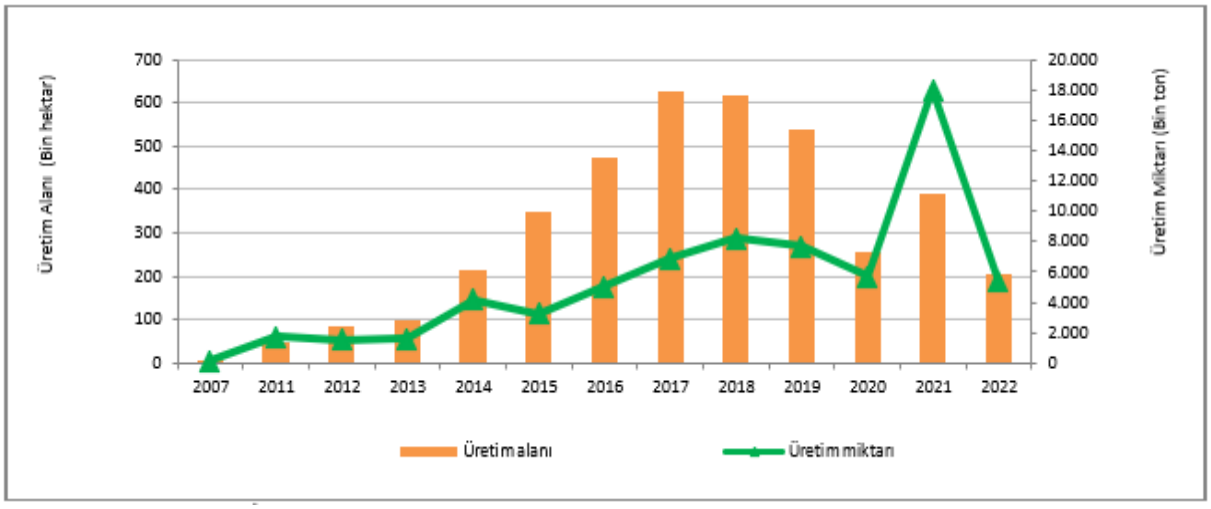
**Tablo 1. Türkiye'de İl ve Üretici Sayısı Açısından İyi Tarım Uygulamaları**

| Yıllar | İl Sayısı | Üretici Sayısı |
|---|---|---|
| 2007 | 18 | 651 |
| 2008 | 19 | 822 |
| 2009 | 42 | 6.020 |
| 2010 | 48 | 4.540 |
| 2011 | 49 | 3.042 |
| 2012 | 47 | 3.676 |
| 2013 | 56 | 8.170 |
| 2014 | 53 | 21.332 |
| 2015 | 61 | 39.740 |
| 2016 | 64 | 55.609 |
| 2017 | 64 | 5.365 |
| 2018 | 63 | 6.442 |
| 2019 | 62 | 7.734 |
| 2020 | 61 | 14.051 |
| Değişim Oranı (2007-2020) | | 21 Kat |

**Kaynak:** Tarım ve Ormancılık Bakanlığı, 2023

Yıllara göre iyi tarım uygulamlarının üretim alanı ve üretim miktarına yönelik bilgiler Grafik 1'de verilmiştir. Grafik 1'e göre Türkiye'de iyi tarım uygulamaları 2007 yılında 5.360 hektar alanda 56.000ton ile başlanmıştır. Yıllar itibariyle üretim alanındaki en büyük artış 2017 yılında, üretim miktarı açısından en büyük artışta 2021 yılında yaşanmıştır. 2022 yılında iyi tarım uygulaması ise 206.893 hektar alanda 5.336.252ton olarak gerçekleşmiştir (Grafik 1).

**GRAFİK 1- Yıllar İtibariyle İyi Tarım Uygulamaları Üretim Alanı ve Miktarı**




**Kaynak:** Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2022

2022 yılı verilerine göre Türkiye'de toplam tarımsal alan içerisinde iyi tarım uygulamaları % 1 civarında bir paya sahiptir. Yine aynı yıl verilerine göre büyükbaş hayvan sayısı 39.343 adet, kanatlı hayvan sayısı 279.924.045 adet, su ürünleri 23.450 ton/yıl olarak gerçekleşmiştir (TOB, 2023)

Türkiye'de iyi tarım uygulamaları kapsamında ekimi yapılan ve desteklenen ürünler dört ana gruba ayrılmıştır. Birinci grup ürünlerde sebzeler yer almakta (Barbunya, Domates, Enginar, Maydanoz, Tere, Çilek, Havuç, Roka, Salatalık, Biber, Brokoli Dereotu, Fasulye, Bezelye, , Muz, Kuşkonmaz, Lahana, Marul, Nane, Patlıcan, Acur, Bakla, Balkabağı, Pırasa, Ispanak, Kabak, Karnabahar, Kereviz ve Turp) ve en fazla ödenek bu ürünlere ayrılmaktadır. Birinci kategoride ürünler arasında meyve grubu olarak sadece muz yer almaktadır. Türkiye'de muz ihracatı Avrupa ülkelerine yoğun olarak gerçekleştirildiği için 1. kategoride ürünler arasına alınmıştır. Birinci kategoride yer alıp bireysel sertifika başvurusunda bulunan üreticilere dekar başına 150 TL yardım yapılmaktadır. Grup sertifikasyonu içinde grup başına 75TL yardımda bulunulmaktadır. 2. kategori ürünlerinde ise ağırlığı meyveler (Avakado, Elma, Kayısı, Ayva, Erik, İncir, Böğürtlen, Sarımsak, Şeftali, Altıntop, Armut, Karpuz, Kavun, Fındık, Nar, Mandalina, Trabzon Hurması, Üzüm, Kiraz, Limon, Kivi, Nektarin, Patates, Portakal, Vişne, Soğan ve Yeni Dünya) oluşturmaktadır. Bu kategorideki ürünlere yapılacak desteklemenin miktarı bireysel sertifikalar için dekar başına 40TL olurken, grup sertifikasyonları için dekar başına 20TL

belirlenmiştir. 3. kategori ürünleri daha çok yeşil sebze ve meyveler (Adaçayı, Kuşburnu, Zeytin, Biberiye, Karabuğday, Anason, Kekik, Antep Fıstığı, Ceviz, Hünnap, Melissa, Kestane, Badem, Rezene, Kimyon, Çemen, Çörekotu, Fesleğen, Reyhan, Gül, Kinoa, Gojiberry, Kişnik ve Lavanta) oluşturmaktadır. Bu kategorideki ürünlere bireysel olarak dekar başına 30TL, grup olarak ise 15TL ödeme yapılmaktadır. 4. kategori ürünlerde ise sadece çeltik üretimi yer almaktadır. Çeltik üretimine dekar başına yapılan destekleme hem bireysel hem de grup sertifikasyonlarında aynı olup, bu tutar 10TL olarak belirlenmiştir (GTHB, 2022).

**3. Türkiye'de İyi Tarım Uygulamalarının Önündeki Engeller ve Çözüm Önerileri**

Türkiye'nin endüstride 4.0 dönemine girişiyle birlikte sanayileşme oranlarında da önemli artışlar meydana gelmiştir. Sanayileşmeyle birlikte artan gelir yaşam kalitesinde bir iyileşme sağlayarak gıdaya olan talebi artırmıştır. Tüketicilerin fast food, hazır yemek ya da ayaküstü yemeklere yönelmesiyle çeşitli gıda maddeleri üreten sanayi kolları oluşmuştur. Bu gelişmelerin ardından sağlıklı gıda üretimi gerçekleştirebilmek amacıyla denetim faaliyetlerine önem verilmiş ve gıda kontrolleri ön plana çıkarılmıştır (Aydın vd., 2016: 13).

Türkiye'de iyi tarım uygulamalarının başlangıç noktasını artan sağlık sorunları oluşturmaktadır. Bu uygulama çevre, insan ve hayvan sağlığına önem vermekte ve ürünlerin sertifikalandırılmasını gerçekleştirmektedir. Ekimi yapılan alanlarda gereksiz ve kalitesiz ilaç kullanımı ürün kalitesini düşürmektedir. Bu noktada devlet tarafından görevlendirilen kişilerin aktif bir rol üstlenmesi ve üreticileri bilinçlendirmesi gerekmektedir (Tutar vd., 2020).

İyi tarım uygulamaları suyun analizi, toprağın bakımı ve gübre sentezi açısından oldukça büyük önem arz etmektedir. Bu şekil üretimle topraktan elde edilen verim artmakta ve insanlar açısından sağlıklı ürünler yetiştirilebilmektedir. Bilinçli bir tüketicinin varlığı iyi tarımın gelişimi için oldukça gereklidir. Bu noktada halk bilinçlendirilmeli ve tarımda yenileşmenin önü açılmalıdır.

Denize zarar verici maddelerin atılması ve kaçak avcılığın yapılması iyi tarımın başarıya ulaşmasını engelleyen başka bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Burada çözüm olarak yasak avlanmanın önüne geçilmeli ve sahil güvenlik tarafından caydırıcı cezai işlemler uygulanmalıdır.

Eğitim seviyesinin düşük olması da sürdürülebilir tarım uygulamaları için önemli bir sorun olarak görülebilir. Bu durumda kalite düşebilir ve üretilen üründe istenilen randıman sağlanamayabilir. Bu olumsuzluğun önüne geçebilmek adına toplumu aydınlatma birimleri kurulabilir.

Çevreye zarar veren üretim bazlı fabrikalar sürekli denetlenmeli ve eksiklik halinde cezai işlemlerden kaçınılmamalıdır. Müfettişler tarafından sıkı denetim yapılmalı ve caydırıcı olarak kabul edilen rakamlar kanunda yer almalıdır.

Ekimi yasak olan tarımsal ürünlerin yaygın olduğu yerlerde gerekli önlemlerin alınmayışı nedeniyle ülke içinde bu ürünler satış olanağı bulabilmekte ve bu da iyi tarım adına olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Çözüm olarak gümrük ve güvenlik birimleri tarafından daha sıkı önlemler alınmalıdır.

Türkiye'de ithal malların fiyatının yüksek olması ve GDO'lu besinlerin varlığı nedeniyle iyi tarım oldukça yaygınlık kazanmış durumdadır. Sürdürülebilir tarım kapsamında iyi tarım uygulamaları'nın başarıya ulaşması halinde dünyada Türk mallarına olan talepte artacaktır. Bu noktada Türkiye'nin bilinirliği artacak ve daha yaşanabilir çevreyle geleceğe daha güvenle bakabilecektir (Tutar vd., 2020).

## SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

GDO'lu besinlerin varlığı, doğal kaynak kıtlığı ve çevre kirliliğinden dolayı iyi tarım uygulamaları zamanla birlikte Türkiye'de karşılık bulmuş ve kısa sürede üretici kesim tarafından benimsenmiştir. Üretimden tüketime kadar geçen her aşamayı kayıt altında tutan, kaliteye önem veren bu anlayış geleceğe daha yaşanabilir bir çevre bırakmayı ve doğal kaynakları en verimli bir şekilde kullanmayı amaçlamıştır.

Türkiye'de iyi tarım uygulamalarına geçiş noktasında, sistemin zorunlu kriterleri nedeniyle küçük işletmeler çok fazla sorun yaşamaktadır. Meyve üretiminin daha çok küçük işletmeler tarafından yapılması nedeniyle, iyi tarım uygulama desteğinin kademeli ve tatmin edici şekilde uygulanması gerekmektedir. Özellikle iyi tarım logosuna sahip ürünlere pazarlarda öncelik verilmesi, destekleme miktarının özendirici olması iyi tarımın yaygınlaştırılmasında önemli bir etkiye sahiptir. Türkiye, dünyanın en önemli meyve üreticilerinden biri olmasına rağmen ihracatın üretime oranı oldukça düşük çıkmaktadır. Bu durumun nedeni olarak üretimden tüketime olan süreçte ürün kayıplarının çok yüksek olması ve ithalatçı ülkelerin sertifikalı ürünleri tercih etmeleri gösterilebilir. Ürün kayıplarında yaşanan artışın önüne örgütlenme bilincine sahip üreticilerin etkinliğini artırarak geçmek mümkündür. Bu durumu ihracat gelirleri ve talep cephesi açısından

değerlendirdiğimizde, küresel kayıpların azaltılması da bir çözüm olarak değerlendirilebilir.

Sonuç olarak iyi tarım uygulamalarıyla birlikte çevre ve doğal kaynaklar korunacak, insan sağlığına zarar veren kimyasal madde kullanımının da önüne geçilecek ve böylelikle dış pazarda da önemli bir pay sahibi olunacaktır. Esas hedefinin doğal kaynakları ve çevreyi koruyarak üretim yapma anlayışı olan iyi tarıma gereken destek verildiği taktirde güvenli üretim- sağlıklı gıdaya olan talep zinciri devam edecektir.

## KAYNAKLAR

Aba, G.Ö., & Işın, Ş. (2014). Dünyada ve Türkiye'de İyi Tarım Uygulamalarının Gelişimi. XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, 3-5 Eylül, Samsun.

Aksoy, A., Dıvrak B. B., & Sütlü, E. (2013). İyi Tarım Uygulamaları El Kitabı. http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/itu_w eb_son.pdf. (Erişim tarihi: 01.12.2024).

Aydın, E. G., & Kılıç, O. (2018). Türkiye'de Sürdürülebilir Tarım ve İyi Tarım Uygulamaları. KSÜ Tarim ve Doğa Derg 21(4), 624-631. DOI:10.18016/ ksudobil. 345137.

Aydın, B., Özkan, E., Aktürk, D., Kiracı, M. A., & Hurma, H. (2016). İyi Tarım Uygulamalarına Yönelik Üretici Görüşlerinin Ekolojik Açıdan Değerlendirilmesi (Kırklareli, Edirne, Tekirdağ ve Çanakkale İlleri Örneği). Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(1), 12-25.

Davran, M. K. (2007). Türkiye'de Kalkınma Sürecinde Kırsal Çevre Sorunları ve Toplumsal Bilinç Düzeyi. Sosyoloji Araştırmaları Dergisi, 10 (2), 37-52.

Doğan, B., & Tümer, E. İ. (2019). Çiftçilerin iyi tarım uygulamalarına katılma isteklilikleri etkileyen değişkenler: Kahramanmaraş İli örneği. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 29(4), 611-617.

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (GTHB). (2022). Türkiye'de İyi Tarım Uygulamalarının İstatistik Verileri. Ankara: Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/ Bitkisel-Uretim/Iyi-Tarim-Uygulamalari/Istatistikler (Erişim Tarihi: 01.12.2024)

Hasdemir, M. (2011). Kiraz Yetiştiriciliğinde İyi Tarım Uygulamalarının Benimsenmesini Etkileyen Faktörlerin Analizi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 209 s.

Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB), (2023). İstatistikler. https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Iyi-Tarim-Uygulamalari/Istatistikler. (Erişim Tarihi: 05.12.2024).

Tutar, E., Kutluay, T. F., & Tok, A. (2020). Geleneksel Üretim Yönteminden İyi Tarım Uygulamalarına Geçiş: Türkiye Örneği, International Social Mentality and Researcher Thinkers Journal, (Issn:2630-631X) 6(32), 832-844.

Türkten, H., Eryılmaz, G. A., Ceyhan, V., & Kılıç, O. (2014). Bafra İlçesinde Çevre Amaçlı Tarım Arazilerin Korunması Programının Değerlendirilmesi ve İyi Tarım Uygulamalarının Etkilerinin Sürdürülebilirliği. XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, 3-5 Eylül, Samsun.

Yaşar, G. (2017). İyi Tarım Uygulamaları: Migros Ticaret Anonim Şirketi Örneği, KSBD, 9(2), 503-524

# THE EFFECTS OF SALT STRESS ON ROOT DEVELOPMENT OF FORAGE CROPS

**Asist. Prof. Dr. Semih AÇIKBAŞ**

Siirt Universty, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops
semihacikbas@siirt.edu.tr orcid.org/0000-0003-4384-3908

## ABSTRACT

The aim of this review study is to highlight the effects of salt stress on the root development of forage crops. Plants may encounter various adverse conditions that restrict their growth and development in the areas where they are grown in order to continue their life. One of the stress factors, salinity, is one of the most important stress factors that directly affect plant production and productivity today and in the near future. Salinity negatively impacts both physiological, biochemical, and morphological functions in plants, hindering seed germination, plant growth, development, and consequently, plant yield. Particularly in forage crops, salt stress leads to different levels of response/tolerance during seed germination, early seedling stages, and mature plant stages. One of the most important criteria that affect variety performance in terms of stress tolerance is the root structure of the plants. In forage crops, salt damage is not only dependent on the growth stage, environmental factors, and the composition of salts, but also significantly influenced by the plant species, variety, and the amount of salt. The development of roots in forage crops under salt stress is weakened, and depending on the intensity of salt stress, all root elements, especially root length, lateral root length and numbers, root biomass, and root count that form the root architecture, are negatively affected.

**Keywords:** Forage Crops, Root Architecture, Salt Stress, Root Length, Root Biomass

## 1. INTRODUCTION

Due to the rapid increase in the global population, meeting the demand for nutrient-rich foods such as meat, milk, and eggs to ensure balanced nutrition is becoming increasingly important (Ergün and Bayram, 2021). In the production of animal products, it is possible to achieve this by ensuring the supply of quality feed to the animals being raised (Bıçakçı and Açıkbaş, 2018; Ertuş, 2019). In the livestock sector, a significant portion of the inputs is composed of feed costs, with 78% of these feed costs being covered by roughage and 22% by concentrate feeds (Harmanşah, 2018). Forage crop farming is the most important way to ensure continuous and secure roughage production (Akman et al., 2007). In addition to pastures and meadows, which are the primary source of roughage supply, the production of forage crops plays a key role in many countries. In Turkey, important forage crops such as alfalfa, silage

corn, common vetch, sainfoin, and oats (for green fodder) are considered valuable plants for the production of both green and dry fodder.

Plants may encounter various adverse conditions that restrict their growth and development in the areas where they are grown in order to continue their life. Conditions that affect or hinder the growth, development, and metabolism of plants are defined as stress. Stress factors are divided into two groups: abiotic and biotic factors. Abiotic stress factors include environmental factors such as cold, heat, drought, salinity, excess water, radiation, various chemicals, oxidative stress, wind, and nutrient deficiencies in the soil (Arslan et al., 2013). Biotic stress factors include pathogens such as viruses, bacteria, and fungi, as well as insects and herbivores (Mahajan and Tuteja, 2005).

Salinity, one of the abiotic stress factors, is one of the most important stress factors that directly affect plant production and productivity today and in the near future. Soil salinity is steadily increasing worldwide (Athar and Hussain, 2009), and according to the Food and Agriculture Organization (FAO, 2018), approximately 6% of the world's land is affected by salinity, while in Turkey, 1.5 million hectares of land face salinity issues (Kuşvuran, 2010). Due to improper and unaware management of agricultural practices, such as the timing, quantity, irrigation, and fertilization intervals related to plant-water consumption and plant nutrition-fertilization, the salinity problem in agricultural areas is continuously and rapidly increasing today (Özyazıcı and Açıkbaş, 2021a). To maintain sustainable agricultural practices, preventing salinity is crucial for increasing agricultural productivity on a global scale (Özyazıcı and Açıkbaş, 2021b).

Salinity has a negative impact on physiological, biochemical, and morphological functions in plants (Arif et al., 2020); it inhibits seed germination, plant growth, development, and consequently plant productivity (Zhang and Dai, 2019). The most sensitive period of a plant to salt stress during its life cycle is the germination stage (Ahmad et al., 2013). In saline conditions, seed germination is affected by the low osmotic potential of the environment, which prevents the embryo from absorbing water, and also by the toxic effects of certain ions, leading to embryo poisoning (Pollack and Waisel, 1972; Athar and Ashraf, 2009).

Seed germination and seedling development stages are among the most critical phases of plant life, directly influencing plant productivity. Plants, especially in response to salt stress, exhibit varying levels of reaction/tolerance during germination, early seedling stages, and mature plant stages. One of the most important criteria affecting cultivar performance in resistance to biotic and abiotic stress factors is the root architecture of plants. It is known that root development, like the development of aboveground organs, is a three-dimensional and complex developmental system (Bektaş, 2021). Root architecture in plants is an important factor in terms of growth rate, yield, resistance to stress factors, nutrient uptake, and adaptation to environmental changes (Özgen and Balkaya, 2022). In natural and agricultural ecosystems, the root architecture of plants in the rhizosphere is seen as significant in interspecies interactions, but studies examining root distribution dynamics and their effects on interspecies interactions are limited (Zhang and Huang, 2003; Li et al., 2006). Moreover, studies have reported that competition between plants depends on the mixture ratio (Önal Aşcı and Eğritaş, 2017; Açıkbaş et al., 2021).

The aim of this study is to reveal the effects of salt stress on the root development of forage crops.

## 2. EFFECTS OF SALT STRESS ON PLANTS

When plant roots are exposed to salt stress and the salinity in the soil continues to increase, it leads to an increase in osmotic pressure in the root zone, which reduces or inhibits water uptake during germination and subsequent growth processes (Sadeghian and Yavari, 2004). As a result of salt stress, photosynthetic activity, chlorophyll content in leaves (Fedina et al., 2003), transpiration rate, and stomatal conductance (Ashraf and Harris, 2004) are affected. Moreover, salinity can also affect nitrogen (Mansour, 2000) and carbon metabolism (Balibrea et al., 2000), as well as electron transport activity (Sreenivasulu et al., 2000). Salinity inhibits plant growth and development due to several physiological, morphological, and biochemical events, including osmotic stress, which primarily affects young leaves, and ion toxicity, which is more prominent in older leaves (Munns and Tester, 2008), and a reduction in the absorption of mineral nutrients (Xu et al., 2016). Additionally, salt toxicity significantly varies depending on soil pH; therefore, alkaline stress caused by high salt concentrations has serious effects on germination, growth, and photosynthesis (Li et al., 2010).

Salt damage is not only dependent on the growth stage, environmental factors, and the structure of salts but is also significantly influenced by plant species, variety, and the amount of salt (Açıkbaş et al., 2023). Plants have been reported to respond to salt stress in different ways depending on their genetic makeup and salt doses (Almansouri et al., 2001; Tigabu et al., 2012; Önal Aşçı and Üney, 2016; Shakeri et al., 2017). Research has shown that the germination stage is the most sensitive growth phase of the plant to salinity, and salinity can significantly reduce or even completely inhibit germination (Ahmad et al., 2013; Ceritoğlu et al., 2020; Özyazıcı and Açıkbaş, 2021c; Tarhan and Ceritoğlu, 2024).

## 3. EFFECTS OF SALT STRESS ON ROOT SYSTEM IN FORAGE CROPS

The formation of root system architecture is primarily the result of three developmental processes: tissue growth, branching, and gravity-directed growth. The growth rate of roots is partly determined by anisotropic cell expansion that extends the organ and pushes the tip away from the soil matrix (Bengough et al., 2011). Branching increases the number of root tips, which are critical points for accessing soil volume and resource acquisition (York et al., 2016). Finally, the angle of tip growth relative to the gravity vector determines the depth and radial extent of the explored soil (Morris et al., 2017).

Salinity is widespread in many natural and agricultural contexts and limits plant growth and water uptake from the soil (Pierik and Testerink, 2014; Julkowska and Testerink, 2015). The first response of plants to salt stress is the inhibition of both shoot and root development. Salinity affects the growth, morphology, anatomy, and physiology of roots. Changes in water and ion uptake, along with the production of hormonal signals that communicate with the shoot, can lead to alterations in development. Root growth is typically less sensitive to salt stress than

shoot growth, so when plants are exposed to salty conditions, an increased root/shoot ratio is usually observed (Cheeseman, 1988). The restriction of root growth by salinity reduces the volume of soil the root can explore, and thus decreases the availability and uptake of water and essential minerals. The increased root/shoot ratio under salt stress may reduce the nutrient demands of the shoot and enhance the root's ability to acquire these elements, potentially providing an adaptive advantage (Cheeseman, 1988).

In forage plants exposed to salt stress, depending on the intensity of the salt stress, negative effects have been reported on parameters such as root fresh and dry weights (Okçu et al., 2005; Vahdati et al., 2012; Ivani et al., 2018), lateral root number (Özyazıcı and Açıkbaş, 2021a), root number (Okçu et al., 2005; Önal Aşçı and Eriş, 2019; Acikbas et al., 2021), lateral root length (Özyazıcı and Açıkbaş, 2021a), root formation (Krishnamurthy et al., 2007; Bilgili et al., 2011), root length (Egamberdieva et al., 2017; Acikbas et al., 2021), and root biomass (Demirkol et al., 2019; Acikbas et al., 2021).

## 4. CONCLUSIONS

Plants may encounter adverse conditions, such as salt stress, that limit their growth and development in the environments where they are grown. Salinity is one of the most significant stress factors that directly affects plant production and productivity both now and in the near future. Salinity negatively impacts physiological, biochemical, and morphological functions in plants, inhibiting seed germination, plant growth, development, and consequently plant yield. When plant roots are exposed to salt stress and as the salinity in the soil continues to increase, it leads to an increase in osmotic pressure in the root zone, which in turn reduces or prevents water uptake during germination and subsequent growth processes. The inhibition of root development is one of the primary responses of plants to salt stress. The restriction of root growth due to salinity reduces the soil volume that the roots can explore, thus decreasing the availability and uptake of water and essential minerals. In forage plants, salt stress weakens root development, and depending on the intensity of the salt stress, it negatively impacts all root components that form the root architecture, such as root length, lateral root length and number, root biomass, and root number.

## REFERENCES

Ahmad, P., Azooz, M.M., Prasad, M. N. V., 2013. Salt Stress in Plants. Heidelberg: Springer.

Akhtar, P., Hussain, F., 2009. Growth performance of *Vicia sativa* L. under saline conditions. Pakistan Journal Botany, 41, 3075-3080.

Acikbas, S., Ozyazici, M.A., Bektas, H., 2021. The Effect of Salinity on Root Architecture in Forage Pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.). Legume Research. 44(4), 407-412.

Açıkbaş, S., Özyazıcı, M. A., Bektaş, H. 2021. Root System Interactions of Common Vetch (*Vicia sativa* L.) and Triticale (*Xtriticosecale* Wittmack) Under Intercropping Conditions. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 8(3), 857-865.

Açıkbaş, S., Özyazıcı, M. A., Bıçakçı, E., Özyazıcı, G., 2023. Germination and Seedling Development Performances of Some Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Cultivars Under Salinity Stress. Turkish Journal of Range and Forage Science, 4(2), 108-118.

Akman, N., Aksoy, F., Şahin, O., Kaya, Ç.Y., Erdoğdu, G., 2007. Cumhuriyetimizin 100. Yılında Türkiye'nin Hayvansal Üretimi. Türkiye Damızlık Sığır Yetiştiriciliği Birliği Yayınları No: 4, 116s.

Almansouri, M., Kinet, J.M., Lutts, S., 2001. Effect of Salt and Osmotic Stresses on Germination in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.). Plant and Soil, 23, 243-254.

Arif, Y., Singh, P., Siddiqui, H., Bajguz, A., Hayat, S., 2020. Salinity Induced Physiological and Biochemical Changes in Plants: An Omic Approach Towards Salt Stress Tolerance. Plant Physiology and Biochemistry, 156, 64-77.

Arslan, M., Çetin, S., Erdurmuş, C., 2013. Tuz stresinin Bitki Gelişimindeki Olumsuz Etkileri Ve Bazı Yem Bitkilerinin Tuzluluk Toleransları. Ziraat Mühendisliği, (360), 32-39.

Ashraf, M.P.J.C., Harris, P.J.C., 2004. Potential Biochemical Indicators of Salinity Tolerance in Plants. Plant Science, 166(1), 3-16.

Athar H. R., Ashraf M., 2009. Strategies for Crop Improvement Against Salinity and Drought Stress: An Overview. In Ashraf M., Ozturk M., Athar H.R. (eds). Salinity and Water Stress: Improving Crop Efficiency. Springer Science + Business Media B.V., 244p.

Balibrea, M.E., Dell'Amico, J., Bolarin, M.C., Perez-Alfocea, F., 2000. Carbon Partitioning and Sucrose Metabolism in Tomato Plants Growing Under Salinity. Physiologia Plantarum, 110, 503-511.

Bektaş, H., 2021. The Effect of Salt Stress on Root Development and Architecture in Common Grasspea (*Lathyrus sativus* L.). Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 23, 793-799.

Bengough, A.G., McKenzie, B.M., Hallett, P.D., Valentine, T.A., 2011. Root Elongation, Water Stress, and Mechanical Impedance: A Review of Limiting Stresses And Beneficial Root Tip Traits. J. Exp. Bot. 62,159–68.

Bilgili, U., Carpici, E.B., Asik, B.B., Celik, N., 2011. Root and Shoot Response of Common Vetch (*Vicia sativa* L.), Forage Pea (*Pisum sativum* L.) and Canola (*Brassica napus* L.) to Salt Stress During Early Seedling Growth Stages. Turkish Journal of Field Crops, 16(1), 33-38.

Ceritoğlu, M., Erman, M., Yıldız, F., 2020. Effect of Salinity on Germination and Some Agro-Morphological Traits in Chickpea Seedlings. ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 4(1), 82-96.

Cheeseman, J.M., 1988. Mechanisms of Salinity Tolerance in Plants. Plant Physiology, 87(3), 547-550.

Demirkol, G., Yılmaz, N., Önal Aşcı, Ö., 2019. The Effect of Salt Stress on The Germination And Seedling Growthparameters of A Selected Forage Pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) Genotype. KSU Journal of Agriculture and Nature, 22(3), 354-359.

Egamberdieva, D., Wirth, S. J., Shurigin, V. V., Hashem, A., Abd_Allah, E. F., 2017. Endophytic Bacteria İmprove Plant Growth, Symbiotic Performance of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) and Induce Suppression of Root Rot Caused by *Fusarium solani* Under Salt Stress. Frontiers in Microbiology, 8, 1887.

Ergün, O.F., Bayram, B., 2021. Türkiye'de Hayvancılık Sektöründe Yaşanan Değişimler. Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi, 10(2), 158-175.

Ertuş, M.M., 2019. Hakkâri'de Sürdürülebilir Mera Kullanımı ve Yem Bitkileri Üretimi. Doğu Fen Bilimleri Dergisi, 2(1), 47-53.

FAO., 2018. Statistical data. http://www.fao.org/statistics/databases/en/ Access date: 06.11.2020.

Fedina, I.S., Grigorova, I.D., Georgieva, K.M., 2003. Response of Barley Seedlings to UV-B Radiation as Affected by NaCl. Journal of Plant Physiology, 160(2), 205-208.

Harmanşah, F., 2018. Türkiye'de Kaliteli Kaba Yem Üretimi, Sorunlar ve Öneriler, TÜRKTOB Dergisi, 25, 9-13.

Ivani, R., Sanaei Nejad, S.H., Ghahraman, B., Astaraei, A.R., Feizi, H., 2018. Role of Bulk and Nanosized $SiO_2$ to Overcome Salt Stress During Fenugreek Germination (*Trigonella foenum-graceum* L.). Plant Signaling & Behavior, 13(7), e1044190.

Julkowska, M.M., Testerink, C., 2015. Tuning Plant Signaling and Growth to Survive Salt. Trends Plant Sciences, 20, 9586-9594.

Krishnamurthy, L., Serraj, R., Hash, C.T., Dakheel, A.J., Reddy, B.V.S., 2007. Screening Sorghum Genotypes for Salinity Tolerant Biomass Production. Euphytica, 156(1), 15-24.

Kuşvuran, Ş., 2010. Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. Adana, 356s.

Li, L., Sun, J., Zhang, F., Guo, T., Bao, X., Smith, A., Smith, S.E. 2006. Root Distribution and Interactions between Intercropped Species. Oecologia, 147, 280-290.

Li, R., Shi, F., Fukuda, K., Yang, Y., 2010. Effects of Salt and Alkali Stresses on Germination, Growth, Photosynthesis and İon Accumulation in Alfalfa (*Medicago sativa* L.). Soil Science and Plant Nutrition, 56(5), 725-733.

Mahajan, S., Tuteja, N., 2005. Cold, Salinity and Drought Stress: An Overview. Archives of Biochemistry and Biophysics, 444, 139-158.

Mansour, M.M.F., 2000. Nitrogen Containing Compounds and Adaptation of Plants to Salinity Stress. Biologia Plantarum, 43(4), 491-500.

Morris, E.C., Griffiths, M., Golebiowska, A., Mairhofer, S., Burr-Hersey, J., 2017. Shaping 3D Root System Architecture. Current Biology, 27, 17R919-30

Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59, 651-681.

Okçu, G., Kaya, M.D., Atak, M., 2005. Effects of Salt and Drought Stresses on Germination and Seedling Growth of Pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29(4), 237-242.

Önal Aşçı, Ö., Üney, H., 2016. The Effect of Different Salt Concentrations on Germination and Plant Growth of Hungarian Vetch (*Vicia pannonica* Crantz). Academic Journal of Agriculture, 5(1), 29-34.

Önal Aşcı, Ö., Eğritaş, Ö., 2017. Determination of Forage Yield, Some Quality Properties and Competition in Common Vetch-Cereal Mixtures. Journal of Agricultural Sciences, 23, 242-252.

Önal Aşçı, Ö., Eriş, A., 2019. The Effect of Different Salt and Jasmonic Acid Concentrations on Plant Growth of Forage Pea (*Pisum arvense*). Academic Journal of Agriculture, 8(1), 89-92.

Özgen, R., Balkaya, A., 2022. Düşük Sıcaklığa Tolerant Hibrit Biber Çeşit Adaylarının Kök Mimarileri. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(3), 1213-1223.

Özyazıcı, M. A., Açıkbaş, S., 2021a. Effects of Different Salt Concentrations on Germination and Seedling Growth of Some Sweet Sorghum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] Cultivars. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 8(2), 133-143.

Özyazıcı, M.A., Açıkbaş, S., 2021b. Tuz Stresinin Koca Fiğ (*Vicia narbonensis* L.) Bitkisinde Çimlenme Üzerine Etkileri. 2nd International Baku Conference On Scientific Research April 28-30, Baku, p.310-317.

Özyazıcı, G., Açıkbaş, S., 2021c. Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) Bitkisinin Tuz Stresi Altında Çimlenme Özelliklerinin Belirlenmesi. II. International Hazar Scientific Researches Conference (pp. 10-12).

Pierik, R., Testerink, C., 2014. The Art of Being Flexible: How To Escape From Shade, Salt, And Drought. Plant Physiology, 166, 15-22.

Pollack, G., Waisel, Y., 1972. Salt secretion in A Litoralis (Gramineae). Physiology Plantarum, 47, 177-184.

Sadeghian, S.Y., Yavari, N., 2004. Effect of Water-Deficit Stress on Germination and Early Seedling Growth in Sugar Beet. Journal of Agronomy and Crop Science, 190, 198-144.

Shakeri, E., Emam, Y., Tabatabaei, S., Sepaskhah, A., 2017. Evaluation of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) lines/cultivars under salinity stress using tolerance indices. International Journal of Plant Production, 11(1), 101-115.

Sreenivasulu, N., Grimm, B., Wobus, U., Weschke, W., 2000. Differential Response of Antioxidant Compounds to Salinity Stress in Salt Tolerant And Salt Sensitive Seedlings Of Foxtail Millet (*Setaria italica*). Physiologia Plantarum, 109(4), 435-442.

Tarhan, B., Ceritoğlu, M., 2024. Biyo-Priming Uygulamasının Mercimek (*Lens culinaris* M.)'te Çimlenme, Fide Gelişimi ve Tuzluluk Stresi Üzerine Etkisi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 11(2), 128-140.

Tigabu, E., Andargie, M., Tesfaye, K., 2012. Response of Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Genotypes to NaCl levels at Early Growth Stages. African Journal of Agricultural Research, 7(43), 5711-5718.

Xu, G., Zhang, Y., Sun, J., Shao, H., 2016. Negative Interactive Effects Between Biochar and Phosphorus Fertilization on Phosphorus Availability and Plant Yield in Saline Sodic Soil. Science of The Total Environment, 568, 910-915.

Vahdati, N., Tehranifar, A., Neamati, S.H., Selahvarzi, Y., 2012. Physiological and Morphological Responses of White Clover (*Trifolium repens*) and Red Clover (*Trifolium pratense*) Plants of Salinity Stress. Journal of Ornamental and Horticultural Plants, 2(4), 233-241.

York, L.M., Carminati, A., Mooney, S.J., Ritz, K., Bennett, M.J., 2016. The Holistic Rhizosphere: Integrating Zones, Processes, and Semantics in The Soil Influenced By Roots. Journal of Experimental Botany, 67, 123629-43

Zhang, E., Huang, G., 2003. Temporal and Spatial Distribution Characteristics of the Crop Root in Intercropping System. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao= The Journal of Applied Ecology, 14(8), 1301-1304.

Zhang, Q., Dai, W., 2019. Plant Response to Salinity Stress. In: Dai, W. (Ed.), Stress Physiology of Woody Plants. CRC Press, Boca Raton, pp. 155-173.

# SİNİR OTU (*PLANTAGO OVATA* L.) TOHUMLARINA BORİK ASİT PRİMİNG UYGULAMALARININ BAZI ÇİMLENME VE FİDE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

**Doç. Dr. Gülen ÖZYAZICI**[1]

[1]Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

gulenozyazici@siirt.edu.tr orcid.org/ 0000-0003-2187-6733

**Dr. Öğr. Üyesi Semih AÇIKBAŞ**[2]

[2]Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

semihacikbas@siirt.edu.tr orcid.org/0000-0003-4384-3908

**Doç. Dr. Mehmet Arif ÖZYAZICI**[3]

[3]Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

arifozyazici@siirt.edu.tr orcid.org/0000-0001-8709-4633

## ÖZET

Bu çalışmada, sinir otu (*Plantago ovata* L.) tohumlarına borik asit (B) ön uygulamasının bazı çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma; Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Laboratuvarı'nda, 25±1 °C'de kontrollü şartlar altında yürütülmüştür. Çalışmanın bitkisel materyalini Hindistan orijinli *P. ovata* genotipi oluşturmuştur. Laboratuvar çalışması, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak petri kaplarında kurulmuştur. Çalışmada; borik asitin 1 mM ($B_1$), 2 mM ($B_2$), 3 mM ($B_3$) ve 4 mM ($B_4$) olmak üzere 4 farklı dozu ve borik asit uygulanmayan kontrol (K) ve saf su ile priming (hidropriming) uygulamaları araştırmanın konusunu teşkil etmiştir. Çalışmada, kurulduğu günden itibaren 24 saatte bir olacak şekilde çimlenen tohumlar sayılmış ve 7. günde sonlandırılmıştır. Araştırma sonunda her bir petri kabındaki bitkilerden rastgele seçilen 10 bitki üzerinden fide yaş ağırlığı belirlenmiştir. Çalışmada çimlenme parametrelerinden; çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, çimlenme üniformite katsayısı, çimlenme indeksi ve çimlenme enerjisi ile fide parametrelerinden fide yaş ağırlığı ve fide güç indeksi özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, B uygulamalarının incelenen çimlenme parametreler üzerine anlamlı etkiler yaptığı görülmüştür. Kolay ve ucuz bir yöntem olan tohum ön hazırlama ile B uygulamasının *P.ovata* bitkisinde çimlenme üzerine olumlu etkiler yaptığı, kontrole göre çimlenme yüzdesini artırdığı ve ortalama çimlenme süresini azaltarak çimlenmeyi hızlandırdığı belirlenmiştir. Bitkiler için önemli besin elementlerinden biri olan borun tohumlara ön uygulama olarak kullanılmasının etkili olduğu ve sinir otu bitkisinde 1 mM borik asit dozunun tohum ön uygulama işlemi olarak uygulanmasının yeterli olacağı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Plantago ovata* L. borik asit, çimlenme yüzdesi, fide güç indeksi

# EFFECTS OF BORIC ACID PRIMING APPLICATIONS ON SOME GERMINATION AND SEEDLING CHARACTERISTICS OF PSYLLIUM (*Plantago ovata* L.) SEEDS

## ABSTRACT

The aim of this study is to determine the effects of boric acid (B) priming on the germination and seedling development of psyllium (*Plantago ovata* L.) seeds. The research was conducted at the Field Crops Laboratory of the Faculty of Agriculture, Siirt University, under controlled conditions at 25±1 °C. The plant material of the study consisted of *P. ovata* genotype originating from India. The laboratory study was set up in Petri dishes with 4 replications according to randomized complete plots design. In the study, four different doses of boric acid, namely 1 mM ($B_1$), 2 mM ($B_2$), 3 mM ($B_3$), and 4 mM ($B_4$), as well as a control (K) without boric acid and priming with distilled water (hydropriming), constituted the subject of the research. In the study, seeds germinated every 24 hours from the day of establishment were counted, and the experiment was concluded on the 7th day. At the end of the research, seedling fresh weight was determined based on 10 randomly selected plants from each Petri dish. Germination parameters such as germination percentage, average germination time, germination uniformity coefficient, germination index, and germination energy, as well as seedling parameters such as seedling fresh weight and seedling vigor index, were investigated in the study. According to the research results, B treatments had significant effects on the germination parameters examined. It was concluded that B application, as a simple and cost-effective seed pre-treatment method, had positive effects on the germination of psyllium, increased the germination percentage compared to the control, and accelerated germination by reducing the mean germination time. It has been concluded that boron, which is one of the essential nutrients for plants, is effective when used as a priming for seeds, and a dose of 1 mM boric acid applied as a seed priming is sufficient for psyllium plants.

**Keywords:** *Plantago ovata* L., boric acid, germination percentage, seedling vigor index

## 1. GİRİŞ

Bitkilerin büyümesi sırasında çimlenme ve erken fide devresi kritik aşamalardır. Genellikle ürün veriminin düşük olması, çimlenme oranının düşük olmasına ve fidelerin uniform büyümemesine atfedilir. Bu arada, çevresel stres, dormansi vb. genellikle tohum canlılığında ve çimlenmede azalmaya yol açar. Hızlı ve tekdüze çimlenme, istenilen verime ulaşmak için önemli bir noktadır. Çünkü yavaş çimlenme ve fide gelişimi bitkileri olumsuz çevre koşullarına ve toprak kaynaklı hastalıklara maruz bırakır.

Tohum kalitesini artırmak için bilinen en iyi çözüm priming olarak adlandırılan tohum ön uygulamalarıdır. Ön uygulama yapılan tohumların, biyotik/abiyotik stres direnci yüksek ve çimlenme oranları, hızları ve enerjileri yüksek olmaktadır (Özyazıcı ve ark., 2023). Bitki türüne, tohum özelliklerine ve fizyolojik faktörlere bağlı olarak çeşitli priming teknikleri kullanılabilir. Bu yöntemlerin hepsi çimlenme öncesi metabolizma sürecini uyarır (Tian ve ark., 2023). Ürün rekabet gücünü artıran tüm bu özellikler, birden fazla genetik ve çevresel faktör

tarafından kontrol edilen karmaşık bir tarımsal özellik olan tohum canlılığıyla doğrudan ilişkilidir (Paparella ve ark., 2015).

Mikro besin maddelerinden biri olan bor (B) bitkilerde hücre duvarının yapısında bulunması, nükleik asit, protein ve indol asetik asit metabolizmalarında, fenol ve karbonhidrat metabolizmasında, membran bütünlüğünde ve işlevinde yer alması gibi önemli görevleri bulunmaktadır (Goldbach ve ark., 2007; Kurt ve ark., 2022; Chakraborty ve Bose, 2023). Ayrıca, borun hücre bölünmesi, çiçeklenme ve meyve verme, azot metabolizması, hastalıklara karşı direnç ve belirli süreçlerin iyileştirilmesi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Farooq ve ark., 2011).

Mikro besin maddeleri çok düşük miktarlarda ve farklı yöntemlerle uygulanır. Bu yöntemler, toprağa uygulama, yaprağa püskürtme ve tohuma ön uygulamadır. Özellikle mikro besin elementlerinin noksanlığı durumunda tohuma ön uygulamanın bu noksanlıkların giderilmesinde daha iyi bir uygulama olduğu birçok araştırmada ifade edilmiştir (Musakhandov 1984; Harris ve ark., 1999; Mirshekari, 2012). Borik asit ile tohum ön uygulamasının Stevia bitkisinde yapılan bir çalışmada, çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, çimlenme oranı, çimlenme enerjisi, çimlenme düzgünlüğü, ortalama çimlenme, günlük çimlenme hızı, fide uzunluğu ve tohum canlılık indeksi üzerinde anlamlı etkileri bulunmuştur (Shahverdi ve ark., 2017). Mung fasulyesi (*Vigna radiata* L.) tohumlarına bor uygulaması, ortalama çıkış süresini, çıkış indeksini, son çıkış yüzdesini, yaprak sayısını, kökün, sürgünün kuru ve taze ağırlığını, toplam ağırlığı, kök uzunluğunu iyileştirmiştir (Rehman ve ark., 2022). Ekmeklik buğday (Iqbal ve ark., 2017), yem bezelyesi (Özyazıcı ve Açıkbaş, 2021; Ebrahim Pour Mokhtari ve Kızılgeçi, 2022), şekerpancarı (Ebrahim Pour Mokhtari ve ark., 2022), fesleğen (Özyazıcı, 2023), mürdümük (Kurt ve ark., 2023)'te yapılan çalışmalarda boric asit tohum ön uygulamalarının önemli etkilerinin olduğu rapor edilmiştir.

Bu çalışmada, Sinir otu (*P. ovata* L.) tohumlarına borik asit ön tohum uygulamasının bazı çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak Hindistan orijinli *P. ovata* L. genotipi kullanılmıştır.

Dört farklı borik asit ($H_3BO_3$) dozu [1 mM ($B_1$), 2 mM ($B_2$), 3 mM ($B_3$) ve 4 mM ($B_4$)] ile ön uygulama yapılmayan kontrol ve hidropriming konuları araştırmada konu olarak ele alınmıştır. Çalışma, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Her tekerrür için 50 adet tohum kullanılmıştır. Tohumlar 1 dakika % 70 etil alkolde steril edildikten sonra 3 defa saf su ile durulanmıştır. Steril hale gelen tohumlar petri (90 mm x 15 mm) kaplarında bulunan iki katlı Whatman's filtre kâğıdının arasına yerleştirilmiştir. Dört farklı konsantrasyonda hazırlanan B solüsyonları, her bir Petri kabına 5 ml olacak şekilde uygulanmış ve 8 saat süreyle bekletilmiştir. Her bir Petri kabına tohum/solüsyon oranı 2:1 g/ml olacak şekilde ayarlanmıştır (Johnson ve ark., 2005). Tohum ön uygulamaları sonrası tohumlar saf su ile tüm yüzey temizlenecek şekilde yıkanmış ve kurutma kağıdı içerisinde önce kabaca

kurutulmuş; daha sonra tekrar kuru filtre kağıdı arasına alınarak başlangıç nemine kadar (% 3±) kurutulmuştur (Jatana ve ark., 2020). Priming uygulanan tohumlar ile ön uygulama yapılmayan tohumlar yeni Petrilere yerleştirilmiş ve Petri kapları 25±1 $^{o}$C sıcaklığa ayarlı etüvde çimlenmeye bırakılmıştır. Çalışmada, her gün aynı saatte çimlenen tohumlar sayılmıştır. Çalışmanın bittiği güne kadar 48 saatte bir (nemlilik durumuna göre) Petrilerdeki tohumlara saf su ilave edilmiştir.

Deneme 7. günün sonunda her bir Petri kabındaki bitkilerden rastgele seçilen 10 bitki üzerinden fide yaş ağırlığı ölçümü yapılmıştır. Çalışmada, ayrıca; çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, çimlenme üniformite katsayısı, çimlenme enerjisi, çimlenme indeksi ve fide güç indeksi özellikleri incelenmiştir.

Çimlenme yüzdesi parametresi, her 24 saatte bir çimlenen tohumlar sayılarak Scott ve ark. (1984)'nın kullandığı Eşitlik 1'e göre belirlenmiştir.

Çimlenme yüzdesi= ($NÇTS/TS$)x100 (1)

Eşitlikte $NÇTS$, normal çimlenen tohum sayısını; $TS$, kullanılan toplam tohum sayısını ifade etmektedir.

Ortalama çimlenme süresi genel olarak tohumların çimlendiği günü belirlemede kullanılmakta olup, Eşitlik 2'ye göre hesaplanmıştır (Ellis ve Roberts, 1981).

Ortalama çimlenme süresi (OÇS)= $\sum(N_i T_i / N_i)$ (2)

Burada $N_i$, $T_i$ gününde çimlenen tohum sayısını; $T_i$, çimlenmenin başlangıcından itibaren geçen günlerin sayısını ifade etmektedir.

Çimlenme indeksi Eşitlik 3 (Wang ve ark., 2004), çimlenme üniformite katsayısı Eşitlik 4 (Bewely ve Black, 1994), çimlenme enerjisi Eşitlik 5 (Li ve ark., 2020) ve fide güç indeksi Eşitlik 6 (Kalsa ve Abebie, 2012) yardımıyla hesaplanmıştır.

Çimlenme indeksi= $\sum(G_i/T_t)$ (3)

Eşitlikte $G_i$, i. gündeki çimlenme oranı ve $T_t$, çimlenme süresinin günleridir.

Çimlenme üniformite katsayısı= $\sum n / \sum[(OÇS\text{-}t)^2 n]$ (4)

Eşitlikte $t$, ekim günü olan 0. günden başlayarak gün cinsinden süreyi; $n$, $t$ gününde çimlenmeyi tamamlayan tohum sayısını ifade etmektedir.

Çimlenme enerjisi= ($T_1/N$)x100 (5)

Eşitlikte $T_1$, birinci günde çimlenen tohum sayısını; $N$, toplam tohum sayısını ifade etmektedir.

Fide güç indeksi= Çimlenme oranı x fide yaş ağırlık (g) (6)

Elde edilen veriler, tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş, F testi sonuçlarına göre gruplar arasındaki farklılıklar TUKEY çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir (Açıkgöz ve Açıkgöz, 2001).

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sinir otu tohumlarına farklı konsantrasyonlarda borik asit priming uygulamaları sonucunda elde edilen bazı çimlenme ve fide gelişim parametrelerine ait veriler Çizelge 1'de sunulmuştur. Araştırmada incelenen çimlenme oranı ($p<0.05$), ortalama çimlenme süresi, çimlenme üniformite katsayısı, çimlenme enerjisi, çimlenme indeksi ($p<0.01$) yönünden uygulamalar arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Sinir otu tohumlarının çimlenme ve fide gelişim özelliklerine borik asit priming uygulamalarının etkisi*

| İncelenen parametreler | Borik asit (B) dozları | | | | | | Önemlilik |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | K | HP | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ | $B_4$ | düzeyi |
| Çimlenme yüzdesi (%) | 81.3 b | 89.3 ab | 90.7 a | 91.3 a | 88.7 ab | 87.3 ab | 0.0350 |
| Ortalama çimlenme süresi (gün) | 1.73 a | 1.07 b | 1.10 b | 1.03 b | 1.00 b | 1.00 b | 0.0024 |
| Çimlenme üniformite katsayısı | 48.8 b | 81.8 a | 84.8 a | 88.2 a | 86.7 a | 86.7 a | 0.0003 |
| Çimlenme enerjisi | 34.0 b | 84.7 a | 86.7 a | 89.3 a | 88.7 a | 86.7 a | 0.0006 |
| Çimlenme indeksi | 28.2 b | 43.1 a | 44.1 a | 45.1 a | 44.3 a | 43.5 a | 0.0013 |
| Fide yaş ağırlığı (g) | 1.63 | 1.78 | 1.80 | 1.66 | 2.10 | 1.98 | 0.7987 |
| Fide güç indeksi | 20.1 | 19.9 | 19.8 | 17.9 | 23.6 | 22.5 | 0.7748 |

*: Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli değildir, K: Kontrol, HP: Hidropriming, $B_1$: 1 mM, $B_2$: 2 mM, $B_3$: 3 mM, $B_4$: 4 mM borik asit dozu

Çimlenme oranı incelendiğinde, en yüksek değerler $B_1$ ve $B_2$ borik asit uygulamalarında (sırasıyla % 90.7 ve % 91.3) tespit edilmiştir. $B_1$ ve $B_2$ borik asit uygulamaları ile H, $B_3$ ve $B_4$ uygulamaları arasındaki istatistiksel farklılık çimlenme oranı bakımından önemsizdir. En düşük çimlenme oranı priming uygulaması yapılmayan kontrol (K) grubunda (% 81.3) belirlenmiştir. Çimlenme oranına borik asit ve hidropriming uygulamaları kontrole göre çimlenme oranını artırıcı yönde olumlu etkileri olmuştur (Çizelge 1).

Ortalama çimlenme süresi yönünden baktığımızda, borik asit ve hidropriming uygulamalarının kontrole göre daha hızlı çimlenmelerin olduğu görülmektedir. Kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde ortalama çimlenme süresi bakımından uygulamalar arasında benzer değerler çıkmıştır. Borik asit dozları ve hidropiriming uygulaması Sinir otu tohumlarının çimlenmelerine olumlu etkiler yaptığı belirlenmiştir (Çizelge 1).

Diğer çimlenme parametrelerinden çimlenme üniformite katsayısı, çimlenme enerjisi ve çimlenme indeksi özellikleri beraber değerlendirildiğinde kontrole göre her üç çümlenme parametresinde de istatistiksel olarak borik asit priming ve Hidropriming uygulamalarının anlamlı çıktığı belirlenmiştir. En yüksek değerler kontrol grubu haricindeki borik asit priming ve hidropriming uygulamalarında elde edilmiştir. Bu üç çimlenme özelliğinde de borik asit priming ve hidropriming uygulamaları arasındaki istatistiksel farklılık önemsiz bulunmuştur.

Priming yapılmayan gruba göre borik asit priming ve hidropriming uygulamaları çimlenme üniformite katsayısı, çimlenme enerjisi ve çimlenme indeksi özelliklerini pozitif yönde etkilediği görülmüştür.

Çimlenme ve fide oluşumu bitkilerin yaşam döngüsünde kritik ve önemli aşamalardan biridir (Windauer ve ark., 2007). Bitkilerin bu dönemlerinde uygulanan priming teknikleri, bitkilerin tohumlarında çimlenmeyi ve çıkışı iyileştirdiği rapor edilmiştir (Donaldson ve ark., 2001; Açıkbaş ve Özyazıcı, 2021). Farklı bitki türlerinde borik asit ile ilgili priming çalışmalarında; çimlenme yüzdesine (Ölçer ve Kocaçalışkan, 2007; Farooq ve ark., 2011**;** Mirshekari, 2012), çimlenme üniformite katsayısına (Shahverdi ve ark., 2017), çimlenme indeksi ve çimlenme enerjisine (Farooq ve ark., 2011) pozitif etkiler yaptığı bildirilmiştir. Ayrıca, borik asit ile ilgili priming uygulamasının bitkilerde ortalama çimlenme süresini (Shahverdi ve ark., 2017) kısaltarak çimlenmeyi hızlandırdığı vurgulanmıştır.

Borik asit ile yapılan priming çalışmalarında çimlenme özelliklerinin iyileştirilmesi için; Ebrahim Pour Mokhtari ve ark. (2022) şeker pancarında 0.2 ppm dozunu, Özyazıcı ve Açıkbaş (2022) arı otu (*Phacelia tanacetifolia* Bentham) bitkisinde 3.0 mM dozunu, Turan ve Samur (2024) Kolza (*Brassica napus* L.) bitkisinde 2.00 mg/l dozunu, Özyazıcı (2023) fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinde 2 mM dozunu, Kurt ve ark. (2023) mürdümük (*Lathyrus sativus* L.)'te, Özyazıcı ve Açıkbaş (2021) yem bezelyesi [*Pisum sativum* ssp. *arvense* L. (Poir.)]'nde 4 mM dozunu önermişlerdir.

Fide gelişim parametrelerinden fide yaş ağırlığı ve fide güç indeksi yönünden borik asit uygulamalarının etkisi istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (Tablo 1). Fide yaş ağırlığı değerleri 1.63-2.10 g arasında değişim göstermiştir. Fide güç indeksi incelendiğinde ise, değerlerin 17.9 ile 23.6 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 1).

## 4. SONUÇ

Sonuç olarak, sinir otu tohumlarına uygulanan borik asit konsantrasyonlarının genel olarak olumlu tepkiler verdiği ve özellikle çimlenme parametrelerini iyileştirici etkiler yaptığı tespit edilmiştir. Özellikle borik asit priming uygulamaları ile çimlenme yüzdesinin artması ve ortalama çimlenme süresinin kısalması öne çıkan gelişmeler olarak düşünülmektedir. Borik asit uygulamalarının sinir otu bitkisinde fide gelişim parametrelerine etkisinin olmadığı görülmüştür. Bitkiler için önemli besin elementlerinden biri olan borun tohumlara ön uygulama olarak kullanılmasının etkili olduğu ve sinir otu bitkisinde 1 mM borik asit dozunun tohum ön uygulama işlemi olarak uygulanmasının yeterli olacağı sonucuna varılmıştır.

## 5. KAYNAKLAR

Açıkbaş, S., Özyazıcı, M.A., 2021. Yaygın mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) tohumlarına silisyum ön uygulamasının çimlenme üzerine etkileri. 3rd International African Conference on Current Studies, 27-28 Şubat, Abomey-Calavi, Benin, s. 404-412.

Açıkgöz, N., Açıkgöz, N., 2001. Tarımsal araştırmaların istatistiki değerlendirilmesinde yapılan bazı hatalar: I. Tek faktörlü denemeler. Anadolu, 11(1) 135-147.

Bewely, J., Black, M., 1994. Seeds: Physiology of Development and Germination. New York.

Donaldson, E., Schillinger, W.F., Stephen, M.D., 2001. Straw production and grain yield relationships in winter wheat. Crop Sciences 41, 100-106.

Ellis, R.A., Roberts, E.H., 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology, 9(2), 373-409.

Ebrahim Pour Mokhtari, N., Asan, N.T., Kızılgeçi, F. 2022. Bor uygulamasının şeker pancarında çimlenme ve erken gelişim dönemindeki etkilerinin araştırılması. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 10(1), 29-33.

Ebrahim Pour Mokhtari, N., Kızılgeçi, F. 2022. Yem bezelyesinin çimlenme döneminde çinko ve bor gübrelerine tepkileri. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(1), 99-110.

Farooq, M., Rehman, A.U., Aziz, T., Habib, M. 2011. Boronnutrient priming improves the germination and early seedlinggrowth of rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Plant Nutrition, 34(10), 1507-1515.

Goldbach, H.E., Huang, L., Wimmer, M.A. 2007. Boron functionsin plants and animals: recent advances in Boron research andopen questions. In: Xu, F., Goldbach, H.E., Brown, P.H.,Bell, R.W., Fujiwara, T.O., Hunt, C.D., Goldberg, S.A. andShi, L, eds. Advances in Plant and Animal Boron Nutrition. Dordrecht, the Netherlands Springer. pp. 3-25.

Iqbal, S., Farooq, M., Cheema, S. A., Afzal, I. 2017. Boron seed priming improves the seedling emergence, growth, grain yield and grain biofortification of bread wheat. International Journal of Agriculture & Biology, 19, 177-182.

Jatana, B.S., Ram, H., Gupta, N., 2020. Application of seed and foliar priming strategies to improve the growth and productivity of late sown wheat (*Triticum aestivum* L.). Cereal Research Communications, 48, 383-390.

Johnson, S.E., Lauren, J.G., Welch, R.M., Duxbury, J.M., 2005. A comparison of the effects of micronutrient seed priming and soil fertilization on the mineral nutrition of chickpea

(*Cicer arietinum*), lentil (*Lens culinaris*), rice (*Oryza sativa*) and wheat (*Triticum aestivum*) in Nepal. Experimental Agriculture, 41, 427-448.

Kalsa, K.K., Abebie, B., 2012. Influence of seed priming on seed germination and vigor traits of *Vicia villosa* ssp. dasycarpa (Ten.). African Journal of Agricultural Research, 7(21), 3202-3208.

Kurt, A.N., Tufan, Y., Özkurt, M., Karadağ, Y., 2023. Borik asit ön uygulamalarının bazı mürdümük çeşitlerine ait tohumların çimlenme ve fide gelişim parametrelerine etkileri. Ziraat Mühendisliği, 376, 23-32.

Li, W., Zhang, H., Zeng, Y., Xiang, L., Lei, Z., Huang, Q., Li ,T., Shen, F., Cheng, Q., 2020. A salt tolerance evaluation method for sunflower (*Helianthus annuus* L.) at the seed germination stage. Scientific Reports, 10(1), 1-9.

Mirshekari, B., 2012. Seed priming with iron and boron enhances germination and yield of dill (*Anethum graveolens*). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 36(1), 27-33.

Ölçer, H., Kocaçalışkan, İ., 2007. Excess boron reduces polyphenol oxidase activities in embryo and endosperm of maize seed during germination. Zeitschrift für Naturforschung, 62(1-2), 111-115.

Özyazıcı, G. 2023. Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.)'de çimlenme parametrelerine borik asit uygulamalarının etkisi. 7. International Scientific Research and Innovation Congress, 16-17 December, Ankara, Türkiye, s.1032-1039.

Özyazıcı, G., Açıkbaş, S., Özyazıcı, M. A. 2023. Effects of salicylic acid priming application in some switchgrass (*Panicum virgatum* L.) cultivars. International Journal of Nature and Life Sciences, 7(2), 137-146.

Özyazıcı, M. A., Açıkbaş, S., 2021. Borik asit priming uygulamasının yem bezelyesi (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.(Pour).'nin çimlenme ve fide gelişimine etkileri. In ISPEC 8th International Conference on Agriculture, Animal Sciences and Rural Development, pp. 24-25.

Özyazıcı, M. A., Açıkbaş, S. 2022. Arı Otu (*Phacelia tanacetifolia* Bentham)'na borik asit priming uygulamasının çimlenme ve fide gelişim parametrelerine etkisi. 5. International Sciences And Innovation Congress, 11 - 12 November, Ankara s.198-205.

Paparella, S., Araújo, S. S., Rossi, G., Wijayasinghe, M. A. L. A. K. A., Carbonera, D., Balestrazzi, A. 2015. Seed priming: state of the art and new perspectives. Plant Cell Reports, 34, 1281-1293.

Rehman, A. U., Fatima, Z., Qamar, R., Farukh, F., Alwahibi, M. S., Hussain, M., 2022. The impact of boron seed priming on seedling establishment, growth, and grain biofortification of mungbean (*Vigna radiata* L.) in yermosols. Plos one, 17(3), e0265956.

Scott, S.J., Jones, R.A., Williams, W.A. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science, 24, 1192-1199.

Shahverdi, M.A., Omidi, H., Tabatabaei, S.J., 2017. Determination of optimum duration and concentration of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) seed priming with boric acid ($H_3BO_3$). Turkish Journal of Agricultural Research, 4(1), 24-30.

Tian, Y. Gama-Arachchige, N.S., Zhao, M. 2023. Trends in seed priming research in the past 30 years based on bibliometric analysis. Plants, 12, 3483.

Turan, F., Samur, S., 2024. Kolza (*Brassica napus* L.) tohumumuna borik asit ve gibberellik asit ön uygulamalarının kuraklık stresine karşı etkisinin incelenmesi. ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 8(3), 756-765.

Wang, Y.R., Yu, L., Nan, Z.B., Liu, Y.L., 2004. Vigor tests used to rank seed lot quality and predict field emergence in four forage species. Crop Sciences, 44(2), 535-541.

Windauer, L., Altuna, A., Benech-Arnold, R., 2007. Hydritime analysis of lesquerella fendleri seed germination responses to priming treatments. Industrial Crops and Products, 25, 70-74.

# INVESTIGATION OF THE ROLE OF Π−CATION INTERACTIONS BETWEEN GALECTIN-3 AND INHIBITORS BY MEANS OF DFT AND MOLECULAR DYNAMICS METHODS.

Muslum Yildiz[a]

[a] Department of Molecular Biology and Genetics, Gebze Technical University, 41400 Kocaeli, Turkey
Author email: muslum@gtu.edu.tr
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8396-1461

**Abstract**

Galactin-3 (Gal-3) is an important drug target among galectins. There are various studies on understanding the interaction between inhibitors and Gal-3 for better understanding design principle of an effective drug/scaffold. Studies showed that modifying inhibitors with aromatic rings that form π-cation interaction in the binding site of Gal-3, improve the effect of inhibitors. On the other hand, it is still unknown whether inhibitor modification with di-aromatic ring will further bring any improvement. Here, we have assessed the four inhibitors that were reported in the literature to unravel the correlation between the number of aromatic rings and affinity of inhibitors toward Gal-3 by computational methods. These inhibitors have affinity towards Gal-3 with different Kd and they are comprised of single and double aromatic rings in their structures. Results showed that the negative charge density on the aromatic ring is very important for affinity of inhibitors toward enzyme. In addition, the number of hydrogen bonds between inhibitor and Gal-3 might be another essential aspect of efficient inhibitor design.

**Keywords:**

Galectins, Molecular Dynamics, Molecular Recognition, π−Cation Interactions

## Introduction

Galectins (Gal) function in many cell-signaling processes through changing the character and amplitude of the cell signals by various mechanisms[1–7]. Galectins are expressed in diverse tissues and show function extracellularly by binding the glycan that is tailoring the surface of the cell membrane and intracellularly via glycan independent mechanisms[8–13].

Disruption in the functionality of the galectins may cause abnormality in cell physiology and start different disease onsets [14,15]. Studies showed that galectins have many roles in different diseases via glycan-dependent and independent pathways[16,17]. They can change the microenvironments of the tumor cells, reprogram the cell fate, and modulate the proliferation[18–20].[21] Galectins are also involved in fibrosis disease which manifests itself by abnormal tissue repair mechanisms[22].[23] They also participate in heart inflammation, chronic kidney disease, and infections[24–28]. Galectins are drug targets because of their role in disease mechanisms. Numerous agents that target galectins have been developed including small-compound, peptide, small interfering RNA (siRNA), natural glycans and synthetic glycan derivatives[29–33]. Despite intense studies in drug discovery effort, there are many difficulties including biodistribution, selectivity and safety, in designing agents against galectin action in the cell[34–38].

Galectins can be classified in three groups based on their domain architecture [39–41]. Galectins that contain single carbohydrate recognition domain (CRD) per protein are generally in dimer form such as Gal-1, Gal-2, Gal-7, Gal-10, Gal-13, and Gal-14. Tandem repeat-type galectins comprise two CRDs in tandem and examples of these types are Gal-4, Gal-8, Gal-9 and Gal-12[42,43]. The last class is chimera-type galectins and CRD domain is linked to another non-lectin partner domain which is represented by Gal-3.

Galectins are members of the lectin family and comprise glycan binding proteins that has specificity to molecules that contain β-galactoside through conserved residues [30,44]. Galectins recognize glycans through hydrophilic and hydrophobic interactions. The binding groves contain aromatic amino acids such as tryptophan, tyrosine, and histidine. The polar hydrogens (C-H) in the structure of the glycans make CH-π interactions with aromatic ring of amino acids[45]. Polar amino acids such as aspartic acid, glutamic acid, glutamine, and arginine are other conserved amino acids that locate in glycan binding site and participate in CRD-inhibitor interactions. These residues are involved in hydrogen bond and cation-π interactions that stabilize the inhibitor in the binding grove. The role of these conserved interactions in inhibitor recognition is still an important subject of active research area.

Galactin-3 (Gal-3) is one of the most prominent drug targets among galectins[46–51]. Gal-3 preferentially binds to disaccharide N-acetyllactosamine core. The hydroxyl groups (OH) in C3, C4, and C6 of the N-acetyllactosamine, C4 and C6 position of the galactose moiety is essential for glycan interaction. Inhibitors containing aromatic rings involve in π-cation interaction have enhanced affinity towards Gal-3. It is still not well understood that how di-aromatic ring will improve the inhibitor efficiency in binding Gal-3. This remains an essential question for designing the next generation of inhibitors[52–59].

## Materials and Methods

### Molecular dynamics

AMBER-22 software along with AmberTools20 packages are used in all simulations. The topologies of proteins and inhibitors were generated by ff99SB Amber force field. The protein-inhibitor complex were centered on an octahedron box. TIP3P model-type water is used to solvate the with a cell margin distance of 10 Å for each size. The system was neutralized by addition of necessary number of $Na^+$ or $Cl^-$ ions. Molecular dynamics simulations is completed in 500,000,000 steps (1000 ns=1 μs). The number of volume change attempts performed as part of the Monte Carlo barostat was set to 100 (mcbarint=100).

H atom containing bonds were constrained using the SHAKE algorithm to classical harmonic potential. The energy of the system was minimized by the Verlet cut off method with maximum force of 100 $kJ.mol^{-1}$. $nm^{-1}$. In order to define the long-range electrostatic and van der Waals interactions, the Particle Mesh Ewald method (PME) was used to calculate a nonbonded cutoff of 8 Å in all simulations. The neighbor list was updated with dt= 0.002 ps. Systems were prepared by an energy minimization protocol using steepest-descent algorithm up to 10,000 cycles prior to starting the simulation. All systems were equilibrated in three steps following energy minimization step using Langevin Dynamics. In the first step the NVT ensemble were run for 2 ns. Following the NVT, systems were further equilibrated in NPT ensemble with 310 K and 1 atm pressure for 1 ns using Berendsen barostat. After equilibrium, systems are entered to molecular dynamics (MD) simulation step under NPT conditions for 1 microsecond.

**DFT calculation**

Four inhibitors were optimized utilizing at the level of B3LYP/6-311++G(d,p) at the gas phase using Gaussian-16 software. The minimum energy conformers were confirmed by frequency calculations. The electrostatic potentials were generated using Merz-Singh-Kollman method. Molecules were visualized by Gauss view 6.0 Software. The same DFT method was used to compute the theoretical electrostatic potential map.

**Results**

**Table 1**

| | Acceptor | DonorH | Donor | Frames | Frac | AvgDist | AvgAng |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **5nf9** | GLU_72@OE1 | 8VW_139@H21 | 8VW_139@O3 | 40059.00 | 0.80 | 2.66 | 165.73 |
| | GLU_72@OE1 | 8VW_139@H32 | 8VW_139@O6 | 36078.00 | 0.72 | 2.72 | 156.04 |
| | GLU_72@OE2 | 8VW_139@H21 | 8VW_139@O3 | 8069.00 | 0.16 | 2.67 | 162.80 |
| | GLU_72@OE2 | 8VW_139@H32 | 8VW_139@O6 | 6298.00 | 0.13 | 2.72 | 155.95 |
| | ASN_48@OD1 | 8VW_139@H26 | 8VW_139@O3 | 542.00 | 0.01 | 2.85 | 154.81 |
| **5nfa** | GLU_72@OE2 | INH_139@H12 | INH_139@O3 | 40944.00 | 0.82 | 2.66 | 165.62 |
| | GLU_72@OE2 | INH_139@H04 | INH_139@O6 | 35125.00 | 0.70 | 2.73 | 156.84 |
| | GLU_72@OE1 | INH_139@H12 | INH_139@O3 | 9035.00 | 0.18 | 2.68 | 163.72 |
| | GLU_72@OE1 | INH_139@H04 | INH_139@O6 | 7187.00 | 0.14 | 2.72 | 156.98 |
| | ASN_62@HB3 | INH_139@H08 | INH_139@C6 | 358.00 | 0.01 | 2.94 | 139.39 |
| **5nfb** | GLU_72@OE2 | 8VT_139@H21 | 8VT_139@O3 | 42994.00 | 0.86 | 2.65 | 165.71 |
| | GLU_72@OE2 | 8VT_139@H31 | 8VT_139@O6 | 37137.00 | 0.74 | 2.72 | 155.63 |
| | GLU_72@OE1 | 8VT_139@H21 | 8VT_139@O3 | 7351.00 | 0.15 | 2.67 | 161.83 |
| | GLU_72@OE1 | 8VT_139@H31 | 8VT_139@O6 | 5123.00 | 0.10 | 2.72 | 155.65 |
| | ARG_74@HH22 | 8VT_139@H07 | 8VT_139@N2 | 351.00 | 0.01 | 2.90 | 142.86 |
| **7rh1** | GLU_72@OE2 | 5EI_139@H17 | 5EI_139@O6 | 10424.00 | 0.21 | 2.68 | 163.05 |
| | GLU_72@OE1 | 5EI_139@H17 | 5EI_139@O6 | 9492.00 | 0.19 | 2.68 | 163.32 |
| | ASN_48@OD1 | 5EI_139@H13 | 5EI_139@O4 | 3210.00 | 0.06 | 2.76 | 142.75 |

*INH in 5nfa is composition of ligand ID of TVD and TVM.

The number of hydrogen bonds between Gal-3 and 8VW, INH (ligand IDs TVD and TVM), and 8VT oscillates between 0 and 5, with the majority being populated around 1 and 3. The number of hydrogen bonds involving 5EI alternates between 1 and 2, with a significant number of frames showing no hydrogen bond throughout the simulation (**Figure 1A**).

Two hydroxyl groups of the 8VW inhibitor are involved in hydrogen bonding with their oxygens (O3 and O6) and hydrogens (H21 and H32), forming bonds with the OE1 oxygen of glutamic acid (E72). These hydrogen bonds are observed in 80% and 72% of all frames throughout the MD simulation. The average bond lengths for these two hydrogen bonds are 2.66 Å and 2.72 Å, with average angles of 165.73° and 156.04°, respectively. The other two hydrogen bonds form between the OE2 atom of the E72 residue and the same hydroxyl groups, but these hydrogen bonds have lower fractions, at 16% and 13%, respectively. Another hydrogen bond is formed between the OD1 atom of the N48 residue and H26 and O6 of the inhibitor. This hydrogen bond is observed in only 1% of the frames over the course of the simulation **Table 1**.

The INH inhibitor forms hydrogen bonds with the OE1 and OE2 atoms of the E73 residue. The OE2 atom forms hydrogen bonds with H12, H04, O3, and O6 of the inhibitor **Figure 1B**, **Table 1**. These two hydrogen bonds are visible in 82% and 70% of all frames in the simulation. The average distance between the involved atom pairs is 2.66 Å and 2.73 Å, with angles of 165.62° and 156.84°, respectively. OE1 forms hydrogen bonds with the same hydrogens and oxygens (H12, HO4, O3, and O6), with these bonds being observed in 8% and 14% of all frames. Asparagine (N62) is also involved in a hydrogen bond, but it is visible in only 1% of the MD simulation time.

H21, H31, O3, and O6 atoms of inhibitor 8VT are in vicinity of OE2 of E73 and make hydrogen bonds **Figure 1C**. These two-hydrogen bonds are visible in 86% and 74% respectively. The average distances and angles for these bonds are 2.65 Å and 2.72 Å, and 165.71 and 155.63 degrees respectively. The other two hydrogen bonds are between OE1 of E72 and H21, H31, O3, and O6. They can be observed in 15% and 10% of all frames. The arginine R74 is also involved with hydrogen bond but fraction is only 1% **Table 1**.

H21, H31, O3, and O6 atoms of the 8VT inhibitor are in proximity to the OE2 of E73 and form hydrogen bonds **Figure 1**D. These two hydrogen bonds are visible in 86% and 74% of the frames, respectively. The average distances and angles for these bonds are 2.65 Å and 2.72 Å, and 165.71° and 155.63°, respectively. The other two hydrogen bonds are between OE1 of E72 and H21, H31, O3, and O6. These can be observed in 15% and 10% of all frames. Arginine R74 is also involved in a hydrogen bond, but its fraction is only 1% **Table 1**.

The hydrogen bond between the E72 residue and the 5EI inhibitor occurs through the OE2 and OE1 atoms of E72 and the H17 and O6 atoms of the inhibitor. The hydrogen bond involving OE2 is visible in 21% of the MD simulation time, with an average distance of 2.68 Å and an angle of 163.05°. The hydrogen bond involving OE1 can be observed in 19% of all frames, with an average distance of 2.68 Å and an angle of 163.32°. The N32 residue forms a hydrogen bond through OD1 with H13 and O4 of the inhibitor, but this bond is detectable in only 6% of the frames **Table 1**

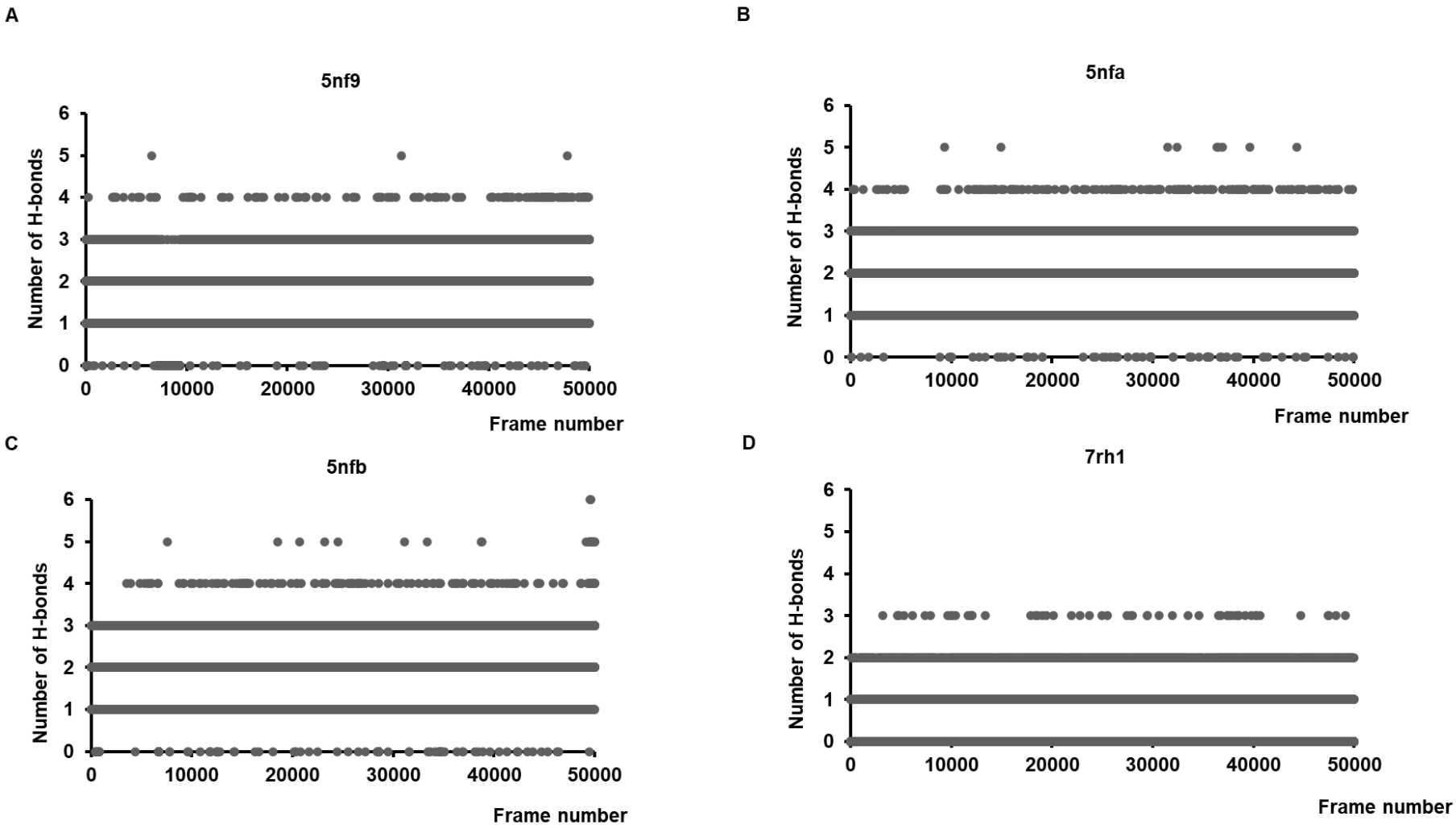



**Figure 1.** Number of hydrogen bonds between residues in the binding site of Gal-3 and inhibitors over simulation time.

Geometrically optimized inhibitor structures are well aligned with conformers that are shown in crystal structures. The electrostatic potential maps of four inhibitors show that the aromatic ring of each inhibitor has different levels of negative charge density (NCD). The 5EI has the lowest NCD on both rings while 8VT has the highest NCD on ring **.** The other ring of 8VT has relatively lower NCD but this density is higher than both rings of 5EI inhibitor. The single ring of INH also shows high NCD but the other single ring containing inhibitor, 8VW, has lower NCD **Figure *2***.

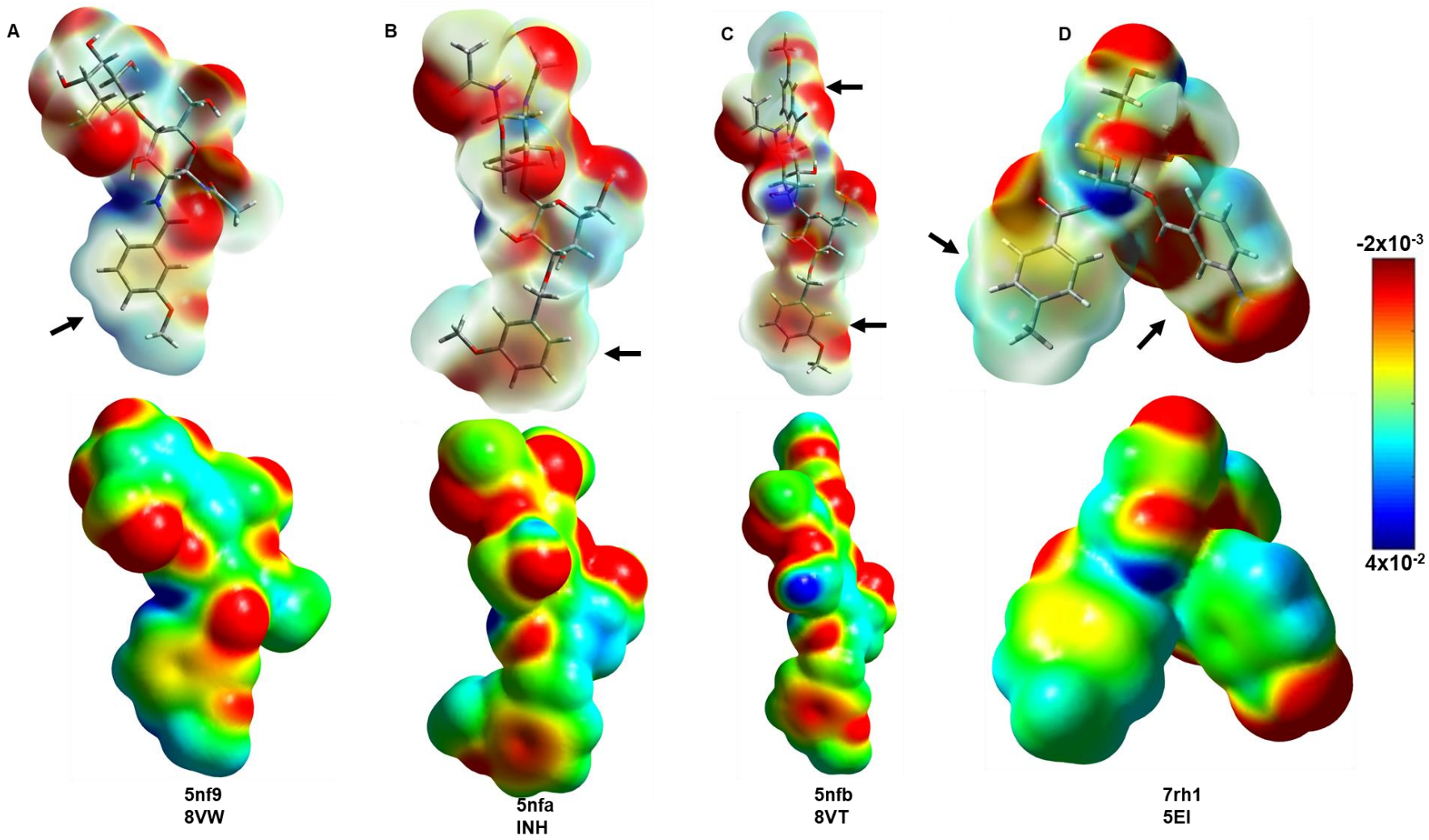

A
B
C
D
-2x10-3
4x10-2
5nf9
8VW
5nfa
INH
5nfb
8VT
7rh1
5El

**Figure 2:** The electrostatic potential of four ligands**.** The aromatic ring of each inhibitor is pointed by a black arrow. There are two single aromatic containing inhibitor (A-B) and two double rings containing inhibitors (C-D)**.**

## Discussion

One of the important physicochemical interactions that play a significant role in ligand binding is the hydrogen bond. The analysis suggests that E72, N48, N62, and R74 are the main residues involved in hydrogen bond formation with inhibitors. The number of hydrogen bonds, the variation in this number, and the percentage occurrence of these bonds were monitored throughout the simulation. Results show that the hydrogen bond between 5EI and E72 has the lowest number and occurrence rate among the others. Other inhibitors exhibit different behaviors in terms of hydrogen bond formation with Gal-3. The E72 residue is involved in most of the hydrogen bond formations, and the number of hydrogen bonds is within the same range. Additionally, the occurrence rate of these bonds is high and consistent. The high occurrence rate of these hydrogen bonds suggests that they are stable and do not occur randomly, unlike the hydrogen bonds involving N48, N62, and R74, which were observed in only 1% of all frames covering the simulation time. The relatively lower number of hydrogen bonds in 5EI might explain its lower affinity toward Gal-3, given that the hydrogen bond network stabilizes the ligand in the binding groove of its partner.

In addition to hydrogen bonding, since the π-cation interaction involves a partial-charge/charge element, we measured the charge intensity on the aromatic rings of all inhibitors by mapping the electrostatic potential maps (ESP) using highly accurate DFT methods. Prior to the calculations, the inhibitors were geometrically optimized, and the optimized structures were aligned with the conformers reported in the crystal structure to ensure that the optimization did not cause drastic changes in the conformation. The missing piece of the puzzle was revealed in this map. The rings present in the 5EI inhibitor have the least negative charge density relative to all others, which explains that, even though the interacting pairs are in the correct geometry and position, the low density of negative charge may result in a weaker interaction, lowering

the affinity of 5EI toward Gal-3. The interacting ring of the 8VT inhibitor, ring B, has the highest charge density and the best geometric position compared to the others, which is in perfect agreement with the fact that this inhibitor has the lowest Kd value.

All results together provide further evidence for the importance of the π-cation interaction in inhibitor binding. The findings also suggest that the quality of the rings is much more important than the number of aromatic rings, given that the single aromatic-containing 8VW and INH show higher affinity than the double-ringed 5EI.

## ACKNOWLEDGEMENT

The numerical calculations reported in this paper were fully/partially performed at TUBITAK ULAKBIM, High Performance and Grid Computing Center (TRUBA resources).

**References**

(1) Krautter, F.; Iqbal, A. J. Glycans and Glycan-Binding Proteins as Regulators and Potential Targets in Leukocyte Recruitment. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. Frontiers Media S.A. February 4, 2021. https://doi.org/10.3389/fcell.2021.624082.

(2) Querol Cano, L.; Dunlock, V. M. E.; Schwerdtfeger, F.; van Spriel, A. B. Membrane Organization by Tetraspanins and Galectins Shapes Lymphocyte Function. *Nature Reviews Immunology*. Nature Research 2023. https://doi.org/10.1038/s41577-023-00935-0.

(3) Porębska, N.; Poźniak, M.; Matynia, A.; Żukowska, D.; Zakrzewska, M.; Otlewski, J.; Opaliński, Ł. Galectins as Modulators of Receptor Tyrosine Kinases Signaling in Health and Disease. *Cytokine and Growth Factor Reviews*. Elsevier Ltd August 1, 2021, pp 89–106. https://doi.org/10.1016/j.cytogfr.2021.03.004.

(4) Settembre, C.; Perera, R. M. Lysosomes as Coordinators of Cellular Catabolism, Metabolic Signalling and Organ Physiology. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. Nature Research 2023. https://doi.org/10.1038/s41580-023-00676-x.

(5) Ward, E. M.; Zamora, C. Y.; Schocker, N. S.; Ghosh, S.; Kizer, M. E.; Imperiali, B. Engineered Glycan-Binding Proteins for Recognition of the Thomsen-Friedenreich Antigen and Structurally Related Disaccharides. *ACS Chem Biol* **2023**, *18* (1), 70–80. https://doi.org/10.1021/acschembio.2c00683.

(6) Marth, J. D.; Grewal, P. K. Mammalian Glycosylation in Immunity. *Nature Reviews Immunology*. November 2008, pp 874–887. https://doi.org/10.1038/nri2417.

(7) Raposo, C. D.; Canelas, A. B.; Barros, M. T. Human Lectins, Their Carbohydrate Affinities and Where to Find Them. *Biomolecules* **2021**, *11* (2), 1–22. https://doi.org/10.3390/biom11020188.

(8) Wu, S. C.; Kamili, N. A.; Dias-Baruffi, M.; Josephson, C. D.; Rathgeber, M. F.; Yeung, M. Y.; Lane, W. J.; Wang, J.; Jan, H. M.; Rakoff-Nahoum, S.; Cummings, R. D.; Stowell, S. R.; Arthur, C. M. Innate Immune Galectin-7 Specifically Targets Microbes That Decorate Themselves in Blood Group-like Antigens. *iScience* **2022**, *25* (7). https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.104482.

(9) Jia, J.; Claude-Taupin, A.; Gu, Y.; Choi, S. W.; Peters, R.; Bissa, B.; Mudd, M. H.; Allers, L.; Pallikkuth, S.; Lidke, K. A.; Salemi, M.; Phinney, B.; Mari, M.; Reggiori, F.; Deretic, V. Galectin-3 Coordinates a Cellular System for Lysosomal Repair and Removal. *Dev Cell* **2020**, *52* (1), 69-87.e8. https://doi.org/10.1016/j.devcel.2019.10.025.

(10) Prato, C. A.; Carabelli, J.; Campetella, O.; Tribulatti, M. V. Galectin-8 Enhances T Cell Response by Promotion of Antigen Internalization and Processing. *iScience* **2020**, *23* (7). https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101278.

(11) Johannes, L.; Jacob, R.; Leffler, H. Galectins at a Glance. *J Cell Sci* **2018**, *131* (9). https://doi.org/10.1242/jcs.208884.

(12) Vladoiu, M. C.; Labrie, M.; St-Pierre, Y. Intracellular Galectins in Cancer Cells: Potential New Targets for Therapy (Review). *International Journal of Oncology*. April 2014, pp 1001–1014. https://doi.org/10.3892/ijo.2014.2267.

(13) Mendes-Frias, A.; Gallo, V.; Iacobelli, V.; Gentile, R.; Antonini, G.; Silvestre, R.; Iacobelli, S. Galectin-3 Binding Protein Stimulated IL-6 Expression Is Impeded by Antibody Intervention in SARS-CoV-2 Susceptible Cell Lines. *Sci Rep* **2022**, *12* (1). https://doi.org/10.1038/s41598-022-20852-x.

(14) Han, X.; Geng, B.; Deng, F.; Ma, Y.; Fan, N.; Huang, S.; Xue, M.; Wu, L.; Li, B.; Liao, S.; Ye, Q.; Liu, Y. Galectin-3 Is Associated with the Functional Outcome and Mortality in Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Heliyon*. Elsevier Ltd February 1, 2023. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13279.

(15) Herrador-Cañete, G.; Zalacain, M.; Labiano, S.; Laspidea, V.; Puigdelloses, M.; Marrodan, L.; Garcia-Moure, M.; Gonzalez-Huarriz, M.; Marco-Sanz, J.; Ausejo-Mauleon, I.; de la Nava, D.; Hernández-Osuna, R.; Martínez-García, J.; Silva-Pilipich, N.; Gurucega, E.; Patiño-García, A.; Hernández-Alcoceba, R.; Smerdou, C.; Alonso, M. M. Galectin-3 Inhibition Boosts the Therapeutic Efficacy of Semliki Forest Virus in Pediatric Osteosarcoma. *Mol Ther Oncolytics* **2022**, *26*, 246–264. https://doi.org/10.1016/j.omto.2022.07.004.

(16) Souza, D. S.; Macheroni, C.; Pereira, G. J. S.; Vicente, C. M.; Porto, C. S. Molecular Regulation of Prostate Cancer by Galectin-3 and Estrogen Receptor. *Frontiers in Endocrinology*. Frontiers Media S.A. 2023. https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1124111.

(17) Capone, E.; Iacobelli, S.; Sala, G. Role of Galectin 3 Binding Protein in Cancer Progression: A Potential Novel Therapeutic Target. *Journal of Translational Medicine*. BioMed Central Ltd December 1, 2021. https://doi.org/10.1186/s12967-021-03085-w.

(18) Seyrek, K.; Richter, M.; Lavrik, I. N. Decoding the Sweet Regulation of Apoptosis: The Role of Glycosylation and Galectins in Apoptotic Signaling Pathways. *Cell Death and Differentiation*. Nature Publishing Group June 1, 2019, pp 981–993. https://doi.org/10.1038/s41418-019-0317-6.

(19) Martínez-Bosch, N.; Rodriguez-Vida, A.; Juanpere, N.; Lloreta, J.; Rovira, A.; Albanell, J.; Bellmunt, J.; Navarro, P. Galectins in Prostate and Bladder Cancer: Tumorigenic Roles and Clinical Opportunities. *Nature Reviews Urology*. Nature Publishing Group July 1, 2019, pp 433–445. https://doi.org/10.1038/s41585-019-0183-5.

(20) Mariño, K. V.; Cagnoni, A. J.; Croci, D. O.; Rabinovich, G. A. Targeting Galectin-Driven Regulatory Circuits in Cancer and Fibrosis. *Nature Reviews Drug Discovery*. Nature Research April 1, 2023, pp 295–316. https://doi.org/10.1038/s41573-023-00636-2.

(21) Pace, A.; Scirocchi, F.; Napoletano, C.; Zizzari, I. G.; D'angelo, L.; Santoro, A.; Nuti, M.; Rahimi, H.; Rughetti, A. Glycan-Lectin Interactions as Novel Immunosuppression Drivers in Glioblastoma. *International Journal of Molecular Sciences*. MDPI June 1, 2022. https://doi.org/10.3390/ijms23116312.

(22) Bouffette, S.; Botez, I.; De Ceuninck, F. Targeting Galectin-3 in Inflammatory and Fibrotic Diseases. *Trends in Pharmacological Sciences*. Elsevier Ltd August 1, 2023, pp 519–531. https://doi.org/10.1016/j.tips.2023.06.001.

(23) Delaine, T.; Collins, P.; MacKinnon, A.; Sharma, G.; Stegmayr, J.; Rajput, V. K.; Mandal, S.; Cumpstey, I.; Larumbe, A.; Salameh, B. A.; Kahl-Knutsson, B.; van Hattum, H.; van Scherpenzeel, M.; Pieters, R. J.; Sethi, T.; Schambye, H.; Oredsson, S.; Leffler, H.; Blanchard, H.; Nilsson, U. J. Galectin-3-Binding Glycomimetics That Strongly Reduce Bleomycin-Induced Lung Fibrosis and Modulate Intracellular Glycan Recognition. *ChemBioChem* **2016**, *17* (18), 1759–1770. https://doi.org/10.1002/cbic.201600285.

(24) Wang, W. H.; Lin, C. Y.; Chang, M. R.; Urbina, A. N.; Assavalapsakul, W.; Thitithanyanont, A.; Chen, Y. H.; Liu, F. T.; Wang, S. F. The Role of Galectins in Virus Infection - A Systemic Literature Review. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection* **2020**, *53* (6), 925–935. https://doi.org/10.1016/j.jmii.2019.09.005.

(25) Hassan, S. U.; Donia, A.; Sial, U.; Zhang, X.; Bokhari, H. Glycoprotein-and Lectin-Based Approaches for Detection of Pathogens. *Pathogens*. MDPI AG September 1, 2020, pp 1–22. https://doi.org/10.3390/pathogens9090694.

(26) González-Morelo, K. J.; Vega-Sagardía, M.; Garrido, D. Molecular Insights Into O-Linked Glycan Utilization by Gut Microbes. *Frontiers in Microbiology*. Frontiers Media S.A. November 5, 2020. https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.591568.

(27) Lee, S.; Inzerillo, S.; Lee, G. Y.; Bosire, E. M.; Mahato, S. K.; Song, J. Glycan-Mediated Molecular Interactions in Bacterial Pathogenesis. *Trends in Microbiology*. Elsevier Ltd March 1, 2022, pp 254–267. https://doi.org/10.1016/j.tim.2021.06.011.

(28) Liu, F. T.; Stowell, S. R. The Role of Galectins in Immunity and Infection. *Nature Reviews Immunology*. Nature Research August 1, 2023, pp 479–494. https://doi.org/10.1038/s41577-022-00829-7.

(29) Bum-Erdene, K.; Collins, P. M.; Hugo, M. W.; Tarighat, S. S.; Fei, F.; Kishor, C.; Leffler, H.; Nilsson, U. J.; Groffen, J.; Grice, I. D.; Heisterkamp, N.; Blanchard, H. Novel Selective Galectin-3 Antagonists Are Cytotoxic to Acute Lymphoblastic Leukemia. *J Med Chem* **2022**, *65* (8), 5975–5989. https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.1c01296.

(30) Modenutti, C. P.; Capurro, J. I. B.; Di Lella, S.; Martí, M. A. The Structural Biology of Galectin-Ligand Recognition: Current Advances in Modeling Tools, Protein Engineering, and Inhibitor Design. *Frontiers in Chemistry*. Frontiers Media S.A. December 3, 2019. https://doi.org/10.3389/fchem.2019.00823.

(31) Smith, B. A. H.; Bertozzi, C. R. The Clinical Impact of Glycobiology: Targeting Selectins, Siglecs and Mammalian Glycans. *Nature Reviews Drug Discovery*. Nature Research March 1, 2021, pp 217–243. https://doi.org/10.1038/s41573-020-00093-1.

(32) Berois, N.; Pittini, A.; Osinaga, E. Targeting Tumor Glycans for Cancer Therapy: Successes, Limitations, and Perspectives. *Cancers*. MDPI February 1, 2022. https://doi.org/10.3390/cancers14030645.

(33) Sethi, A.; Sanam, S.; Alvala, R.; Alvala, M. An Updated Patent Review of Galectin-1 and Galectin-3 Inhibitors and Their Potential Therapeutic Applications (2016–Present). *Expert Opinion on Therapeutic Patents*. Taylor and Francis Ltd. 2021, pp 709–721. https://doi.org/10.1080/13543776.2021.1903430.

(34) Muthana, S. M.; Campbell, C. T.; Gildersleeve, J. C. Modifications of Glycans: Biological Significance and Therapeutic Opportunities. *ACS Chemical Biology*. January 20, 2012, pp 31–43. https://doi.org/10.1021/cb2004466.

(35) Al Attar, A.; Antaramian, A.; Noureddin, M. Review of Galectin-3 Inhibitors in the Treatment of Nonalcoholic Steatohepatitis. *Expert Review of Clinical Pharmacology*. Taylor and Francis Ltd. 2021, pp 457–464. https://doi.org/10.1080/17512433.2021.1894127.

(36) Bertuzzi, S.; Quintana, J. I.; Ardá, A.; Gimeno, A.; Jiménez-Barbero, J. Targeting Galectins With Glycomimetics. *Frontiers in Chemistry*. Frontiers Media S.A. August 7, 2020. https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00593.

(37) Carabias, P.; Espelt, M. V.; Bacigalupo, M. L.; Rojas, P.; Sarrias, L.; Rubin, A.; Saffioti, N. A.; Elola, M. T.; Rossi, J. P.; Wolfenstein-Todel, C.; Rabinovich, G. A.; Troncoso, M. F. Galectin-1 Confers Resistance to Doxorubicin in Hepatocellular Carcinoma Cells through Modulation of P-Glycoprotein Expression. *Cell Death Dis* **2022**, *13* (1). https://doi.org/10.1038/s41419-022-04520-6.

(38) Balakrishnan, B.; Subramanian, S.; Mallia, M. B.; Repaka, K.; Kaur, S.; Chandan, R.; Bhardwaj, P.; Dash, A.; Banerjee, R. Multifunctional Core-Shell Glyconanoparticles for Galectin-3-Targeted, Trigger-Responsive Combination Chemotherapy. *Biomacromolecules* **2020**, *21* (7), 2645–2660. https://doi.org/10.1021/acs.biomac.0c00358.

(39) Kamili, N. A.; Arthur, C. M.; Gerner-Smidt, C.; Tafesse, E.; Blenda, A.; Dias-Baruffi, M.; Stowell, S. R. Key Regulators of Galectin–Glycan Interactions. *Proteomics*. Wiley-VCH Verlag December 1, 2016, pp 3111–3125. https://doi.org/10.1002/pmic.201600116.

(40) Santos-Martin, C.; Wang, G.; Subedi, P.; Hor, L.; Totsika, M.; Paxman, J. J.; Heras, B. Structural Bioinformatic Analysis of DsbA Proteins and Their Pathogenicity Associated Substrates. *Computational and Structural Biotechnology Journal*. Elsevier B.V. January 1, 2021, pp 4725–4737. https://doi.org/10.1016/j.csbj.2021.08.018.

(41) Velikovsky, C. A.; Deng, L.; Tasumi, S.; Iyer, L. M.; Kerzic, M. C.; Aravind, L.; Pancer, Z.; Mariuzza, R. A. Structure of a Lamprey Variable Lymphocyte Receptor in Complex with a Protein Antigen. *Nat Struct Mol Biol* **2009**, *16* (7), 725–730. https://doi.org/10.1038/nsmb.1619.

(42) Yang, Z. S.; Lin, C. Y.; Huang, S. W.; Wang, W. H.; Urbina, A. N.; Tseng, S. P.; Lu, P. L.; Chen, Y. H.; Wang, S. F. Regulatory Roles of Galectins on Influenza A Virus and Their Potential as a Therapeutic Strategy. *Biomedicine and Pharmacotherapy*. Elsevier Masson s.r.l. July 1, 2021. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111713.

(43) Yang, R. Y.; Rabinovich, G. A.; Liu, F. T. Galectins: Structure, Function and Therapeutic Potential. *Expert Rev Mol Med* **2008**, *10* (17). https://doi.org/10.1017/S1462399408000719.

(44) Suzuki, R.; Kuno, A.; Hasegawa, T.; Hirabayashi, J.; Kasai, K. I.; Momma, M.; Fujimoto, Z. Sugar-Complex Structures of the C-Half Domain of the Galactose-Binding Lectin EW29 from the Earthworm Lumbricus Terrestris. *Acta Crystallogr D Biol Crystallogr* **2009**, *65* (1), 49–57. https://doi.org/10.1107/S0907444908037451.

(45) Kiessling, L. L.; Diehl, R. C. CH-ΠInteractions in Glycan Recognition. *ACS Chemical Biology*. American Chemical Society October 15, 2021, pp 1884–1893. https://doi.org/10.1021/acschembio.1c00413.

(46) Li, P.; Liu, S.; Lu, M.; Bandyopadhyay, G.; Oh, D.; Imamura, T.; Johnson, A. M. F.; Sears, D.; Shen, Z.; Cui, B.; Kong, L.; Hou, S.; Liang, X.; Iovino, S.; Watkins, S. M.; Ying, W.; Osborn, O.; Wollam, J.; Brenner, M.; Olefsky, J. M. Hematopoietic-Derived Galectin-3 Causes Cellular and Systemic Insulin Resistance. *Cell* **2016**, *167* (4), 973-984.e12. https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.10.025.

(47) Zhang, L.; Wang, P.; Qin, Y.; Cong, Q.; Shao, C.; Du, Z.; Ni, X.; Li, P.; Ding, K. RN1, a Novel Galectin-3 Inhibitor, Inhibits Pancreatic Cancer Cell Growth in Vitro and in Vivo via Blocking Galectin-3 Associated Signaling Pathways. *Oncogene* **2017**, *36* (9), 1297–1308. https://doi.org/10.1038/onc.2016.306.

(48) Wang, C.; Wang, Y.; Ma, S. R.; Zuo, Z. Y.; Wu, Y. Bin; Kong, W. J.; Wang, A. P.; Jiang, J. D. Berberine Inhibits Adipocyte Differentiation, Proliferation and Adiposity through down-Regulating Galectin-3. *Sci Rep* **2019**, *9* (1). https://doi.org/10.1038/s41598-019-50103-5.

(49) Ahmed, R.; Anam, K.; Ahmed, H. Development of Galectin-3 Targeting Drugs for Therapeutic Applications in Various Diseases. *International Journal of Molecular Sciences*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI) May 1, 2023. https://doi.org/10.3390/ijms24098116.

(50) Tabel, M.; Wolf, A.; Szczepan, M.; Xu, H.; Jägle, H.; Moehle, C.; Chen, M.; Langmann, T. Genetic Targeting or Pharmacological Inhibition of Galectin-3 Dampens Microglia Reactivity and Delays Retinal Degeneration. *J Neuroinflammation* **2022**, *19* (1). https://doi.org/10.1186/s12974-022-02589-6.

(51) Caniglia, J. L.; Asuthkar, S.; Tsung, A. J.; Guda, M. R.; Velpula, K. K. Immunopathology of Galectin-3: An Increasingly Promising Target in COVID-19. *F1000Res* **2020**, *9*, 1078. https://doi.org/10.12688/f1000research.25979.1.

(52) Atmanene, C.; Ronin, C.; Téletchéa, S.; Gautier, F. M.; Djedaïni-Pilard, F.; Ciesielski, F.; Vivat, V.; Grandjean, C. Biophysical and Structural Characterization of Mono/Di-Arylated Lactosamine Derivatives Interaction with Human Galectin-3. *Biochem Biophys Res Commun* **2017**, *489* (3), 281–286. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2017.05.150.

(53) Sörme, P.; Arnoux, P.; Kahl-Knutsson, B.; Leffler, H.; Rini, J. M.; Nilsson, U. J. Structural and Thermodynamic Studies on Cation-II Interactions in Lectin-Ligand Complexes: High-Affinity Galectin-3 Inhibitors through Fine-Tuning of an Arginine-Arene Interaction. *J Am Chem Soc* **2005**, *127* (6), 1737–1743. https://doi.org/10.1021/ja043475p.

(54) Liang, Z.; Li, Q. X. π-Cation Interactions in Molecular Recognition: Perspectives on Pharmaceuticals and Pesticides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. American Chemical Society April 4, 2018, pp 3315–3323. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b00758.

(55) Raics, M.; Balogh, Á. K.; Kishor, C.; Timári, I.; Medrano, F. J.; Romero, A.; Go, R. M.; Blanchard, H.; Szilágyi, L.; Kövér, K. E.; Fehér, K. Investigation of the Molecular Details of the Interactions of Selenoglycosides and Human Galectin-3. *Int J Mol Sci* **2022**, *23* (5). https://doi.org/10.3390/ijms23052494.

(56) Pirone, L.; Nieto-Fabregat, F.; Di Gaetano, S.; Capasso, D.; Russo, R.; Traboni, S.; Molinaro, A.; Iadonisi, A.; Saviano, M.; Marchetti, R.; Silipo, A.; Pedone, E. Exploring the Molecular Interactions of Symmetrical and Unsymmetrical Selenoglycosides with Human Galectin-1 and Galectin-3. *Int J Mol Sci* **2022**, *23* (15). https://doi.org/10.3390/ijms23158273.

(57) Mahanti, M.; Pal, K. B.; Kumar, R.; Schulze, M.; Leffler, H.; Logan, D. T.; Nilsson, U. J. Ligand Sulfur Oxidation State Progressively Alters Galectin-3-Ligand Complex Conformations To Induce Affinity-Influencing Hydrogen Bonds. *J Med Chem* **2023**, *66* (21), 14716–14723. https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.3c01223.

(58) Kumar, A.; Paul, M.; Panda, M.; Jayaram, S.; Kalidindi, N.; Sale, H.; Vetrichelvan, M.; Gupta, A.; Mathur, A.; Beno, B.; Regueiro-Ren, A.; Cheng, D.; Ramarao, M.; Ghosh, K. Molecular Mechanism of Interspecies Differences in the Binding Affinity of TD139 to Galectin-3. *Glycobiology*. Oxford University Press October 1, 2021, pp 1390–1400. https://doi.org/10.1093/glycob/cwab072.

(59) Bum-Erdene, K.; Collins, P. M.; Hugo, M. W.; Tarighat, S. S.; Fei, F.; Kishor, C.; Leffler, H.; Nilsson, U. J.; Groffen, J.; Grice, I. D.; Heisterkamp, N.; Blanchard, H. Novel Selective Galectin-3 Antagonists Are Cytotoxic to Acute Lymphoblastic Leukemia. *J Med Chem* **2022**, *65* (8), 5975–5989. https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.1c01296.

(60) Liang, Z.; Li, Q. X. π-Cation Interactions in Molecular Recognition: Perspectives on Pharmaceuticals and Pesticides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. American Chemical Society April 4, 2018, pp 3315–3323. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b00758.

# DIFFERENTIAL EFFECTS OF BIOCHAR ON NITROGEN ASSIMILATION PATHWAYS IN C3 (WHEAT) AND C4 (MAIZE) PLANTS

**Busra ARIKAN-ABDULVELI**
Selcuk University, busra.arikan@selcuk.edu.tr - 0000000153130501

## Abstract

This study investigated the effects of biochar treatments on nitrogen metabolism in the roots of the C3 plant wheat and the C4 plant maize. By analyzing the activities of key enzymes, nitrite reductase (NiR), nitrate reductase (NR), glutamate synthase (GOGAT) and glutamine synthetase (GS), and glutamate dehydrogenase (GDH), this research elucidated the differential responses of these plants to BC treatments (BC1, 1 g $L^{-1}$; BC2, 3 g $L^{-1}$). NR activity in wheat roots increased by 22% in the BC1 group, while BC2 treatment caused a slight reduction. In maize roots, BC1 treatment increased NiR activity by 31%. In wheat, lower biochar concentrations (BC1) tend to enhance nitrogen assimilation and associated enzyme activities, while higher concentrations (BC2) show diminishing or neutral effects. In maize, however, BC1 led to some beneficial changes in nitrogen metabolism, but BC2 showed inhibitory effects on several key enzymes involved in nitrogen assimilation and amino acid metabolism. These findings emphasize the importance of optimizing biochar application in agriculture, as the effects on plant physiological processes may depend not only on the biochar concentration but also on the plant species and its unique metabolic pathways.

**Keywords:** Biochar, C4 photosynthesis, Nitrogen assimilation, *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L.

## 1. Introduction

Nitrogen is an essential nutrient for plants, absorbed primarily from the soil as nitrate ($NO_3^-$) or ammonium ($NH_4^+$) (Wang et al., 2020). After nitrate is taken up by roots, it is reduced to nitrite ($NO_2^-$) by the enzyme nitrate reductase (NR) (Chamizo-Ampudia et al., 2017). Because nitrite is toxic to cells, it must be rapidly converted to ammonium by nitrite reductase (NiR), a process that occurs in plastids (Philippe et al., 2019). The resulting ammonium is incorporated into essential cellular molecules, such as nucleic acids (DNA and RNA) and proteins, and plays a central role in the synthesis of amino acids via the glutamine synthetase (GS) and glutamate synthase (GOGAT) pathways (Krapp, 2015). Additionally, nitrogen is critical for pigment biosynthesis, directly influencing photosynthetic activity (Hayat et al., 2012). Despite these common pathways, nitrogen metabolism differs significantly between C3 and C4 plants due to their distinct photosynthetic mechanisms.

C3 plants, which utilize the Calvin cycle as their primary photosynthetic pathway, fix $CO_2$ directly through the Rubisco enzyme (Gowik and Westhoff, 2011). Examples of C3 plants include wheat, rice, barley, and soybeans. In contrast, C4 plants such as maize, sorghum, and sugarcane employ a carbon-concentrating mechanism prior to the Calvin cycle, enabling greater photosynthetic efficiency under nitrogen-limited and high-temperature conditions (Way, 2012). This efficiency extends to their nitrogen metabolism; C4 plants exhibit superior nitrogen uptake, nitrate reduction, and ammonium assimilation compared to C3 plants. For instance, C4 roots demonstrate higher nitrate reductase activity and more efficient ammonium assimilation, complementing their photosynthetic advantages (Leakey et al., 2009). Conversely, C3 plants often require higher nitrogen inputs and are less efficient in nitrogen utilization, especially under low-nitrogen conditions, as their roots exhibit reduced nitrate reduction capacity.

Recently, biochar (BC) has gained attention as a versatile material for environmental remediation and soil enhancement (Kumar and Bhattacharya, 2021). Produced through the pyrolysis of organic matter under anaerobic conditions, BC possesses a highly porous structure and significant surface area, providing excellent adsorption and nutrient-retention properties (Dai et al., 2020). Its application as a soil amendment improves fertility, structure, and microbial activity, while also contributing to carbon sequestration, pollutant mitigation, and climate change resilience (Hakeem et al., 2022). BC's multifaceted benefits make it a valuable tool for enhancing agricultural productivity and environmental sustainability. However, despite its

potential, the impact of BC on nitrogen metabolism in plant roots remains unexplored. Specifically, no detailed studies have examined how BC applications influence nitrogen-related enzyme activities in C3 and C4 plants.

This study aims to address this gap by investigating the effects of BC on nitrogen metabolism in the roots of the C3 plant wheat and the C4 plant maize. By analyzing the activities of key enzymes, NR, NiR, GS, GOGAT, and glutamate dehydrogenase (GDH), this research seeks to elucidate the differential responses of these plants to BC treatments (BC1, 1 g $L^{-1}$; BC2, 3 g $L^{-1}$), offering insights into the role of BC in enhancing nitrogen metabolism and overall plant performance.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Plant Material

Maize (*Zea mays* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings were hydroponically grown under the control conditions. Based on the previous studies about the biochar (BC1; 1 g $L^{-1}$ and BC2; 3 g $L^{-1}$) concentrations were treated to roots (Hafez et al., 2020).

### 2.2. Determination of enzyme compositions associated with nitrogen assimilation

The enzyme activity of nitrite reductase (NiR), nitrate reductase (NR), glutamate synthase (GOGAT) and glutamine synthetase (GS) was completed as showed by Barro et al. (1991), Ida and Morita (1973), O'neal and Joy (1973), Groat and Vance (1981). The deaminating GDH activity (NAD-GDH) and the aminating GDH activity (NADH-GDH) were determined following the Groat and Vance (1981) protocol.

### 2.3. Statistical Analyses

Each experiment was repeated at least three times, with each result derived from two replicates (n=6). Data were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA), and differences between means were evaluated using the Least Significant Difference (LSD) test. Values with $p<0.05$ were considered statistically significant.

## 3. Results

Nitrate reductase (NR) activity in wheat roots increased by 22% in the BC1 group compared to the control, while BC2 treatment caused a slight reduction, showing no statistically significant difference from the control (Figure 1A). In maize roots, NR activity in the BC1 group was 56% higher than the control, whereas BC2 treatment resulted in no significant change compared to the control. Nitrite reductase (NiR) activity doubled in the BC1-treated wheat roots compared to the control, while BC2 treatment showed a modest 25% increase (Figure 1B). In maize roots, BC1 treatment increased NiR activity by 31% compared to the control, but no statistically significant change was observed in the BC2 group.

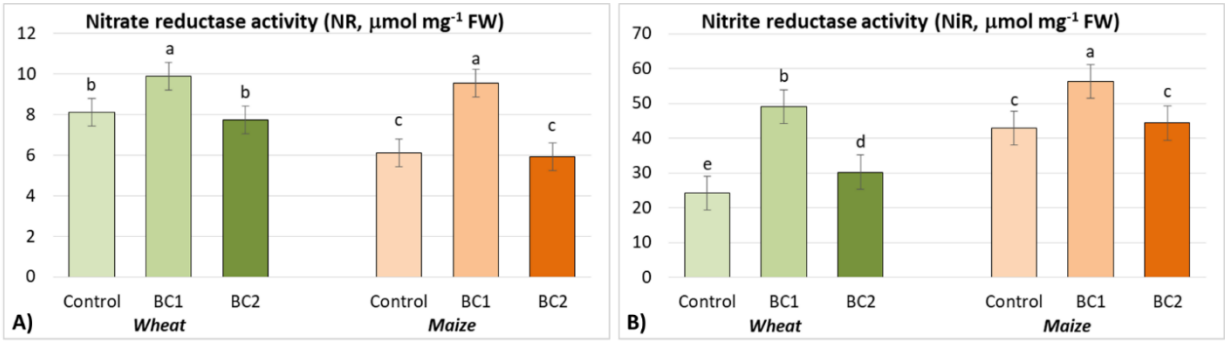



**Figure 1.** Nitrate reductase (NR, **A**) and nitrite reductase (NiR, **B**) activity in wheat and maize roots treated with biochar (BC1, 1 g $L^{-1}$; BC2, 3 g $L^{-1}$).

Glutamine synthetase (GS) activity in wheat roots increased by 82% in the BC1 group, while BC2 treatment resulted in a 23% increase compared to the control (Figure 2A). In maize roots, GS activity decreased by 33% in the BC1 group compared to the control, while BC2 treatment 24% reduced activity. Glutamate synthase (GOGAT) activity in wheat roots increased by 45% with BC1 treatment and by 31% in the BC2 group compared to the control (Figure 2B). In maize roots, BC1 treatment reduced GOGAT activity by 55%, while BC2 treatment led to a 41% decrease compared to the control.

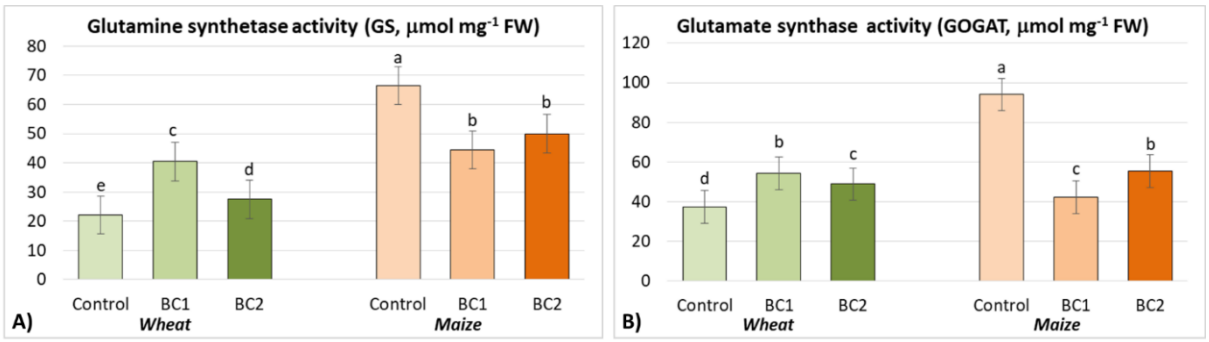



**Figure 2.** Glutamine synthetase (GS, **A**) and glutamate synthase (GOGAT, **B**) activity in wheat and maize roots treated with biochar (BC1, 1 g $L^{-1}$; BC2, 3 g $L^{-1}$).

NAD-dependent glutamate dehydrogenase (NAD-GDH) activity in wheat roots showed no significant difference in the BC1 group compared to the control, while BC2 treatment caused a 32% increase (Figure 3A). In maize roots, NAD-GDH activity was three times higher in the BC1 group compared to the control, while BC2 treatment resulted in a 61% increase. NADH-dependent glutamate dehydrogenase (NADH-GDH) activity in wheat roots showed no statistically significant difference in the BC1 group, while BC2 treatment resulted in a 24% increase compared to the control (Figure 3B). In maize roots, NADH-GDH activity increased by 15% with BC1 treatment compared to the control, while BC2 treatment caused a 21% decrease.

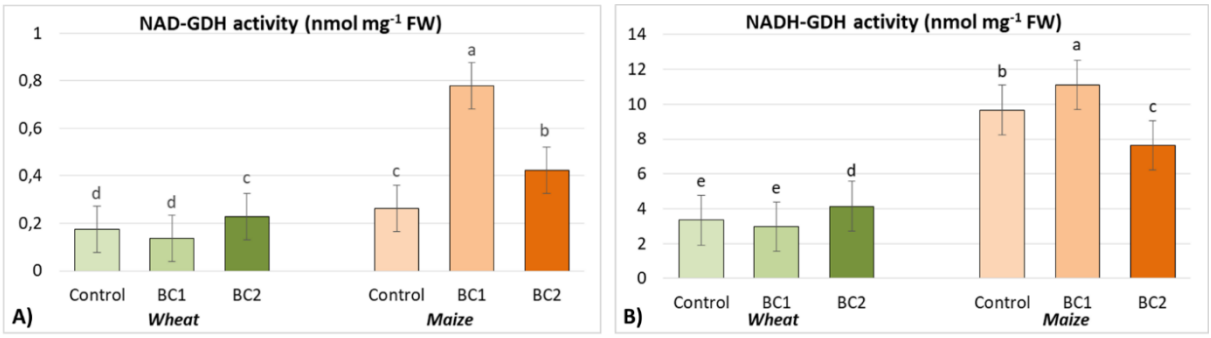



**Figure 3.** Deaminating glutamate dehydrogenase (NAD-GDH, **A**) and aminating glutamate dehydrogenase (NADH-GDH, **B**) activity in wheat and maize roots treated with biochar (BC1, 1 g $L^{-1}$; BC2, 3 g $L^{-1}$).

## 4. Discussion

The results suggest that biochar has a differential impact on wheat and maize roots, likely due to species-specific responses to biochar amendments and differences in nutrient

demands and metabolic regulation (Xu et al., 2016). Moderate biochar levels (BC1) generally stimulated nitrogen metabolism enzymes in wheat roots, enhancing nitrate reduction, ammonium assimilation, and amino acid synthesis. In maize roots, BC1 elicits mixed responses, with strong stimulation of NR and NiR activities but suppression of GS and GOGAT activities. Wheat roots show consistent activation of nitrogen assimilation pathways under biochar treatments, suggesting a higher adaptability to biochar amendments (Yildiztugay et al., 2019). Maize roots exhibit a more complex response, with BC1 enhancing early steps (NR, NiR) but suppressing downstream pathways (GS, GOGAT). Enhanced enzyme activities under BC1 treatments may reflect improved nutrient availability, altered pH, or biochar-induced priming of nitrogen metabolism (Houben et al., 2013). Suppression of specific enzymes at BC2 may result from nutrient imbalances, altered C/N ratios, or potential toxicity at higher biochar concentrations (Xu et al., 2016). The results show that optimizing biochar dosage is critical for maximizing its benefits on nitrogen metabolism, particularly for species-specific applications. Wheat may benefit more from biochar amendments, while maize responses necessitate careful consideration of biochar levels to avoid inhibitory effects.

## 5. Conclusion

These results highlight biochar's potential as a tool for enhancing nitrogen use efficiency and improving plant growth. Further research could explore the underlying mechanisms by which biochar influences nitrogen metabolism in different plants, considering factors such as soil microbial interactions, nutrient availability, and biochar’s role in improving soil structure and water retention.

## References

Barro, F., Fontes, A., Maldonado, J., 1991. Organic nitrogen content and nitrate and nitrite reductase activities in tritordeum and wheat grown under nitrate or ammonium. Plant and Soil 135, 251-256.

Chamizo-Ampudia, A., Sanz-Luque, E., Llamas, A., Galvan, A., Fernandez, E., 2017. Nitrate reductase regulates plant nitric oxide homeostasis. Trends in Plant Science 22, 163-174.

Dai, Y., Zheng, H., Jiang, Z., Xing, B., 2020. Combined effects of biochar properties and soil conditions on plant growth: A meta-analysis. Sci Total Environ 713, 136635.

Gowik, U., Westhoff, P., 2011. The path from C3 to C4 photosynthesis. Plant Physiology 155, 56-63.

Groat, R. G., Vance, C. P., 1981. Root nodule enzymes of ammonia assimilation in alfalfa (*Medicago sativa* L.): developmental patterns and response to applied nitrogen. Plant Physiology 67, 1198-1203.

Hafez, Y., Attia, K., Alamery, S., Ghazy, A., Al-Doss, A., Ibrahim, E., Rashwan, E., El-Maghraby, L., Awad, A., Abdelaal, K., 2020. Beneficial effects of biochar and chitosan on antioxidative capacity, osmolytes accumulation, and anatomical characters of water-stressed barley plants. Agronomy 10, 630.

Hakeem, K. R., Alharby, H. F., Bamagoos, A. A., Pirzadah, T. B., 2022. Biochar promotes arsenic (As) immobilization in contaminated soils and alleviates the As-toxicity in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). Chemosphere 292, 133407.

Hayat, Q., Hayat, S., Alyemeni, M., Ahmad, A., 2012. Salicylic acid mediated changes in growth, photosynthesis, nitrogen metabolism and antioxidant defense system in *Cicer arietinum* L. Plant, Soil and Environment 58, 417-423.

Houben, D., Evrard, L., Sonnet, P., 2013. Mobility, bioavailability and pH-dependent leaching of cadmium, zinc and lead in a contaminated soil amended with biochar. Chemosphere 92, 1450-1457.

Ida, S., Morita, Y., 1973. Purification and general properties of spinach leaf nitrite reductase. Plant Cell Physiol 14, 661-671.

Krapp, A., 2015. Plant nitrogen assimilation and its regulation: a complex puzzle with missing pieces. Current Opinion in Plant Biology 25, 115-122.

Kumar, A., Bhattacharya, T., 2021. Biochar: a sustainable solution. Environment, Development and Sustainability 23, 6642-6680.

Leakey, A. D., Ainsworth, E. A., Bernacchi, C. J., Rogers, A., Long, S. P., Ort, D. R., 2009. Elevated $CO_2$ effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important lessons from FACE. Journal of Experimental Botany 60, 2859-2876.

O'neal, D., Joy, K., 1973. Glutamine synthetase of pea leaves. I. Purification, stabilization, and pH optima. Archives of Biochemistry and Biophysics 159, 113-122.

Philippe, F., Verdu, I., Morère-Le Paven, M.-C., Limami, A. M., Planchet, E., 2019. Involvement of *Medicago truncatula* glutamate receptor-like channels in nitric oxide production under short-term water deficit stress. Journal of Plant Physiology 236, 1-6.

Wang, Y., Zhang, P., Li, M., Guo, Z., Ullah, S., Rui, Y., Lynch, I., 2020. Alleviation of nitrogen stress in rice (*Oryza sativa*) by ceria nanoparticles. Environmental Science: Nano 7, 2930-2940.

Way, D. A., 2012. What lies between: the evolution of stomatal traits on the road to C4 photosynthesis. New phytologist 193, 291-293.

Xu, G., Zhang, Y., Sun, J., Shao, H., 2016. Negative interactive effects between biochar and phosphorus fertilization on phosphorus availability and plant yield in saline sodic soil. Science of the Total Environment 568, 910-915.

Yildiztugay, A., Ozfidan-Konakci, C., Yildiztugay, E., Kucukoduk, M., 2019. Biochar triggers systemic tolerance against cobalt stress in wheat leaves through regulation of water status and antioxidant metabolism. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 19, 935-947.

# CHEMICAL, PHYSICAL, AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF DIFFERENT TRADITIONAL FOOD/FRUIT LEATHER PRODUCTS

**Master's Degree Selim YALÇIN**

Gumushane University, selim29yalcin@gmail.com- 0000-0002-5454-5271

**Research Assistant Dr. Abdulkadir GÜL**

Gumushane University, kadirgul@gumushane.edu.tr- 0000-0003-4879-6194

**Research Assistant Ömer KARPUZ**

Gumushane University, omerkarpuz@gmail.com- 0000-0002-0546-9831

**Professor Dr. Cemalettin BALTACI**

Gumushane University, cbaltaci11@gmail.com- 0000-0002-4336-4002

## ABSTRACT

In this study, the chemical, physical, and microbiological properties of pestil and honey (pestil) rolls, which are fruit leather-based products, were assessed according to standard food product conditions. For this purpose, pestil and honey rolls were obtained from six different companies, and analyses were conducted on these samples for total solids % (m/m), moisture % (m/m), hydroxymethylfurfural (HMF) (mg/kg), protein% (m/m), fat (%), glucose % (m/m), fructose % (m/m), and sucrose % (m/m). The research results indicated that the honey roll samples had the highest concentrations of fat (28.77%) and protein (9.75%). The high protein and fat content of the products suggests that these foods are quite beneficial from a nutritional standpoint. Physical and chemical analyses have revealed different results for the same product from each company, underscoring the need to establish a product standard for these items. Additionally, the microbiological properties of the samples were investigated through analyses of coliform bacteria, yeast, and mold. Due to the results of microbial growth in certain samples, it has been concluded that pestil production companies need to review their hygiene and quality practices. As a result of all the physical and chemical evaluations conducted, it was observed that the examined samples were largely in accordance with the TS 12677 mulberry pestil standards and the commercial registration certificate values obtained for Gümüşhane pestil.

**Keywords:** Pestil, Pestil roll, Honey roll, Fruit leather, Microbiological properties

## 1. INTRODUCTION

Parallel to the population increase, rising consumption demands have led to the development of new product recipes based on various traditional foods, along with a transition to industrial production. Some of these products, with names that may vary by region, are food items known as pestil and honey rolls (pestil dessert), which are produced in the Gümüşhane province [1]. According to the Turkish Standards Institute's TS 12677 [2] standard, the preparation of mulberry pestil, a traditional product, involves separating the seeds of fresh ripe mulberries [3], turning them into pulp, and then appropriately thickening them with the addition of starch [4], white sugar [5], and accepted additives, spreading to a certain thickness, and, if necessary, folding with the addition of dried fruit. The purpose of adding certain amounts of flour and starch during the production of pestil is to achieve the desired hardness and elasticity in the final product. Otherwise, the pestil becomes very brittle, losing its folding and stretching properties [6]. Due to the widespread presence of white mulberry fruit in the Gümüşhane region, mulberry pestil has gained popularity in its history. The local customs of Gümüşhane have also influenced the production method [7]. In some regions, pestil, also known as bastı, is an important traditional Turkish food in the form of dried fruit [8].

Studies conducted on traditionally produced pestil samples reveal significant differences in their results. The main reason for the differences is that the types of pestil are produced to meet their own needs and use their own formulations [9]. For example, in a study examining the effects of cooking methods on molasses production, it was noted that the molasses produced in open pans had a darker color and a lower pH compared to the molasses produced in vacuum pans. It has been noted that the HMF content of molasses produced in open pans differs significantly from that produced in vacuum pans, with the molasses produced in open pans having higher HMF levels [10]. In a study describing the production stages of a new product called chocopestil, made with white mulberry fruit in the Gümüşhane region, it was noted that traditional foods are being brought to an industrial scale with the help of modern enterprises. As a result of this study, the physical and chemical properties of pestil and chocopestil revealed that chocopestil contains more protein than plain pestil and that plain pestil is thinner than other pestils. The study indicated that aflatoxin was not formed during the drying process and that HMF formation ranged between 6.28 and 9.68 [11].

The production of pestil, which has high nutritional value, using methods and additives that are not suitable for its traditional preparation can cause these products to lose their beneficial properties and become harmful foods. The development of modern production technologies and the production and drying under hygienic conditions have increased the quality of the product and reduced the microbial load, making the product healthier. Unwanted substances like HMF, which are excessively formed as a result of boiling processes in open vats at high temperatures, have been minimized in modern production techniques by conducting these processes at low temperatures under high pressure [6].

Parallel to the increasing consumer demands, efforts to enhance food quality and safety are of significant importance for consumer and public health. Given the economic significance of the food sector, enhancing the quality and safety of food from the perspective of consumers becomes even more crucial. This study aims to identify the chemical, physical, and microbiological quality characteristics of pestil-based products, specifically pestil and honey rolls, produced using various methods and materials. In this context, the quality criteria of the

product varieties of pestil and honey rolls have been established, and it has been aimed to make the necessary determinations for their production in a quality suitable for consumer health.

## 2. EXPERIMENTAL STUDIES

### 2.1. Sample Acquisition

Samples of pestil and honey rolls were purchased in batches from several manufacturers of the goods to be examined for the designated quality parameters (Image 1). To prepare them for physical, chemical, and microbiological examinations, the collected samples were wrapped in cling film and kept in refrigerators at +4°C.



**Image 1.** Honey roll (left image) and pestil roll (right image)

### 2.2. Analyses

#### 2.2.1. Determination of Total Solids and Moisture

From each of the prepared experimental samples for the analyses, 10 g was weighed into a 100 ml beaker. A small amount of heated distilled water was added, and it was thoroughly dissolved. After the mixture cooled, it was transferred to a volumetric flask and brought to 200 mL with water. After the mixture was filtered through filter paper, the filtrate was read on a refractometer at 20°C. The residue remaining on the filter paper was dried in a 130°C drying oven until a constant weight was achieved, and then it was weighed. The moisture content was calculated using Equation 1 as follows.

Moisture (%) = 100 - (Water-Soluble Dry Matter % + Insoluble Solid Matter %) (1)

This value was multiplied by the dilution factor (20) to calculate the amount of water-soluble solid matter in the sample. The amount of insoluble solid in the 10 g analysis sample was determined by subtracting the mass of the filter paper from the found value. The total solid content was calculated using Equation 2 below.

Total solid content (%) =Water-Soluble Dry Matter %+Water-Insoluble Solid Matter % (2)

#### 2.2.2. Protein Determination

For protein analysis, 1 g of homogenized sample was placed in a Kjeldahl flask. A catalyst was added, and 20 mL of concentrated $H_2SO_4$ was added. The prepared Kjeldahl flask

was placed in the combustion set and burned first at 200–250 ºC for 15 minutes, then at 350–380 ºC for 30–45 minutes. After the Kjeldahl flask was cooled, 150–200 mL of distilled water was added to it. For the distillation process, the solution in the Kjeldahl flask was transferred to the distillation apparatus. 75 mL of 40% NaOH solution was added. 50 mL of 2% $H_3BO_4$ solution and 5-6 drops of indicator were added to the 500 mL flask. It was placed in the Erlenmeyer cooling system, and distillation was carried out for about 10–20 minutes. At the end of the distillation, the blue-purple boric acid solution turned green. The protein amounts in the samples were calculated using Equation 3 below.

$$\textbf{Protein}\ (\%) = \frac{(V1-V0)xFx0.0014xf*100}{m} \quad (3)$$

**m:** Sample mass (g),
**V1:** Volume of 0.1 M $H_2SO_4$ solution used (mL)
**V0:** Volume of $H_2SO_4$ solution consumed (mL)
**F:** Factor for converting nitrogen to protein (f= 6.25)
**f:** Factor for the 0.1 M $H_2SO_4$ solution

### 2.2.3 HMF Determination

HMF determination was carried out according to TS 6178 ISO 7466 standard [12]. All samples were homogenized, and a 5 g sample was weighed and placed in a 50 ml volumetric flask. 25 mL of distilled water was added to the mixture to dissolve the sample. To prevent the degradation of HMF, 0.5 mL of Karrez I and Karrez II solutions were added. The final mixture obtained was passed through a 0.45-micron filter, collected in glass vials, and injected into the HPLC system. The HMF content of the sample was calculated in mg/kg using Equation 4 below.

$$\textbf{HMF}\left(\frac{mg}{kg}\right) = \frac{V1}{M} X \frac{1}{V2} X \frac{(y-b0)}{m} \quad (4)$$

**V1:** Volume of HMF completed from a 5 g sample (mL)
**V2:** Volume of the solution injected into HPLC (mL)
**m:** Mass of the sample (g)
**(y-b0) / m =** calibration constant

### 2.2.4. Determination of Total Sugar, Glucose, Fructose, and Sucrose

The analyses of total sugar, glucose, fructose, and sucrose were conducted according to the procedure in IHC [13]. 5 g of the samples were weighed and dissolved in 40 mL of distilled water. The solution was transferred to a flask that previously contained 25 mL of methanol. The solution was filtered through a 0.45-micron filter and transferred to glass vials. In the HPLC device, the flow rate was set to 1.3 mL/min, the column temperature to 30 °C, and the injection volume to 20 µL. Using the results obtained from HPLC, the sugar amounts were calculated using Equation 5 below.

$$\textbf{Sugar}\ \% = \frac{V1}{M} x \frac{1}{V2} x \frac{100}{1000} x\ (y - b0)/m \quad (5)$$

**V1:** The volume (mL) at which the sample is completed
**V2:** The volume (mL) of the solution injected into the HPLC
**(y-b0) / m =** calibration constant

### 2.2.5. Total Fat Determination

5 g of the ground samples are filled into a Soxhlet cartridge, and the mouth of the cartridge is sealed with hydrophilic cotton. The collection flask was brought to a constant weight at 103 °C, weighed, and recorded as the tare. The prepared cartridge was subjected to extraction for 6 hours. When the process was completed, the solvent remaining in the collection flask was completely removed and placed in an oven. The remaining residue was brought to a constant weight at 103 °C, then weighed, and the crude oil amount was calculated as a percentage.

### 2.2.6. Yeast and Mold Determination

In the yeast and mold analysis, a 25 g sample was homogenized with 225 mL of Maximum Recovery Diluent according to food microbiology laboratory practices. 1/10 serial dilutions were prepared. From the last dilution to the first dilution, a 0.1 mL sample from each dilution was spread on the surface of the agar medium prepared with pre-prepared Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol (DRBC) agar plates using the spread plate method. The inoculated petri dishes were incubated at 25°C for 5 days. At the end of this period, the colonies formed were calculated using Equation 6 below. Petri dishes with 10-150 colonies were included in the calculation.

$$N = \sum C / [(1 \times n_1) + (0.1 \times n_2)] \times d \quad (6)$$

**N:** Number of colonies [gram (g) or ml]
**∑C:** Total number of colonies counted in petri dishes
**$n_1$:** Number of petri dishes in the first dilution
**$n_2$:** Number of petri dishes in the second dilution
**d :** Dilution factor of the first counted petri dish

### 2.2.7. Determination of Coliform Bacteria

In all food samples, the determination of coliform bacteria generally includes the determination of E. coli and coliform bacteria. Some of the coliform group bacteria are of fecal origin, while others are of soil/plant origin. Coliforms of fecal origin are called fecal coliforms. The principle of the method is based on counting the pink-colored colonies formed in solid culture media as a result of lactose fermentation by the coliform group of bacteria.10 g was taken from the incoming food sample in a sterile environment. The sample was transferred to a bottle containing 90 mL of Maximum Recovery Diluent and homogenized. The prepared Violet Red Bile Agar (VRBA) medium was cooled to approximately 45°C, poured into Petri dishes, and allowed to solidify. After solidification, samples were inoculated and incubated at 35°C for 18–24 hours. At the end of the incubation, bright pink-red colonies with a diameter of 0.5 mm or larger, surrounded by a zonal precipitate due to bile acid, were considered suspicious coliforms. These suspicious colonies were taken and inoculated into Durham tubes containing Brilliant Green Bile Broth (BGBB). Incubated at 35°C for 24 and 48 hours. If gas formation was observed, it was considered a positive result for coliform. The results were given as CFU/g or CFU/mL.

### 2.3. Statistical Analyses

The means and standard deviations of the results of the studies were calculated using the SPSS program. The results were presented as "mean result ± standard deviation." Duncan statistical evaluation was used, and the results were interpreted with Duncan's test results at $P < 0.05$.

## 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

### 3.1. Microbiological Analysis Results

Total bacteria, coliform, E. coli, yeast, and mold analyses in the samples were evaluated according to the Turkish Food Codex Microbiological Criteria Regulation published in the Official Gazette dated December 29, 2011, and numbered 28157. Differences in production conditions, drying methods, and drying environments, as well as the physical and chemical properties of the products, were taken into account to examine the variations in microbial growth and the number of microorganisms present.

In the microbiological analyses conducted for pestil rolls, the total bacterial values ranged from $<10^1$ to $5.17x10^5 \pm 5.69 \times 10^4$ CFU/g, according to the results in Chart 1. In the microbiological analyses of honey rolls, according to the results in Chart 2, the total bacterial values ranged from $<10^1$ to $6.0 \times 10^4 \pm 4.0 \times 10^3$ CFU/g. Since $P < 0.05$, the differences between the total bacterial values were found to be statistically significant. In a similar study [7], it was noted that the total mesophilic bacterial count in pestil triangle (muska pestil) samples was $2.6 \times 10^3 \pm 550$ CFU/g. According to the results of the Duncan multiple comparison test, it was observed that the total bacterial counts of the products from companies A, C, D, E, and F were similar to each other.

**Chart 1.** Microbiological analysis results of pestil rolls

| Companies | Total bacteria | Coliform + *E. coli* | Yeast | Mold |
|---|---|---|---|---|
| **A** | $<10^{1\ cdef}$ | $<10^{1}$ | $<10^{1\ df}$ | $<10^{1\ bcde}$ |
| **B** | $5.17\ x10^{5} \pm 5.69x10^{4}$ | $<10^{1}$ | $2.4x10^{3} \pm 9.5x10^{2c}$ | $<10^{1\ acde}$ |
| **C** | $2.3x10^{4} \pm 5.8x10^{2\ adef}$ | $<10^{1}$ | $2.2x10^{3} \pm 7.6x10^{2b}$ | $<10^{1\ abde}$ |
| **D** | $2.7x10^{3} \pm 5.8x10^{1acef}$ | $<10^{1}$ | $8.0x10^{1} \pm 10^{1\ af}$ | $2.1x10^{2} \pm 1.5x10^{1abce}$ |
| **E** | $2.5x10^{3} \pm 5.0x10^{1acdf}$ | $<10^{1}$ | $4.1x10^{3} \pm 6.1x10^{2}$ | $<10^{1\ abcd}$ |
| **F** | $3.0x10^{2} \pm 0.01^{acde}$ | $<10^{1}$ | $4x10^{2} \pm 1x10^{2ad}$ | $4.3x10^{3} \pm 5.8x10^{2}$ |

a-f Different letters in each column indicate the similarity of the values within the column. $p < 0.05$ indicates that the difference between the samples is statistically significant at the 95% confidence level.

**Chart 2.** Microbiological analysis results of honey rolls

| Companies | Total bacteria | Coliform | *E. coli* | Yeast | Mold |
|---|---|---|---|---|---|
| **A** | $<10^{1f}$ | $<10^{1bf}$ | $<10^{1bcef}$ | $<10^{ef}$ | $<10^{1bdef}$ |
| **B** | $6.0x10^{4} \pm 4.0x10^{3}$ | $<10^{1af}$ | $<10^{1acef}$ | $9.8x10^{5} \pm 1.7x10^{2}$ | $<10^{1adef}$ |
| **C** | $1.8x10^{3} \pm 1.5x10^{2de}$ | $2.8x10^{1} \pm 0.1x10^{1}$ | $<10^{1abef}$ | $2.3x10^{3} \pm 7.4x10^{1}$ | $2.7x10^{2} \pm 1.5x10^{1}$ |
| **D** | $1.8x10^{2} \pm 0.6x10^{1ce}$ | $1.7x10^{1} \pm 3.0x10^{1}$ | $1.2x10^{1} \pm 0.2x10^{1}$ | $1.8x10^{3} \pm 3.0x10^{2}$ | $<10^{1abef}$ |
| **E** | $1.5x10^{3} \pm 5.1x10^{2cd}$ | $2.3x10^{1} \pm 0.05x10^{1}$ | $<10^{1abcf}$ | $<10^{ef}$ | $1.1x10^{1} \pm 0.1x10^{1abdf}$ |
| **F** | $<10^{1a}$ | $<10^{1ab}$ | $<10^{1abce}$ | $<10^{ae}$ | $<10^{1abde}$ |

a-f Different letters in each column indicate the similarity of the values within the column. $p < 0.05$ indicates that the difference between the samples is statistically significant at the 95% confidence level.

The Turkish Food Codex Microbiological Criteria Regulation requires the presence of E. coli and coliform bacteria to be less than $10^{1}$. The quantity of E. coli and coliform bacteria reveals the level of adherence to hygiene regulations in businesses. The presence of E. coli and coliform bacteria in products indicates fecal contamination during the production process.

In the microbiological analyses conducted on pestil roll samples, the number of coliform bacteria and E. coli was found to be $<10^{1}$ (Chart 1). For the pestil roll, the coliform bacteria count was $<10^{1}$ in samples from companies A, B, C, E, and F, while in the sample from company D, it was $9.3 \times 10^{1} \pm 0.01$. In the microbiological analyses conducted for honey rolls, according to the results in Chart 2, the E. coli count was $<10^{1}$ in samples from companies A, B, C, E, and F, while it was $1.2 \times 10^{1} \pm 0.2 \times 10^{1}$ in samples from company D. In the microbiological analyses conducted on honey roll samples, the coliform bacteria count ranged from $<10^{1}$ to $2.8 \times 10^{1} \pm 0.1 \times 10^{1}$ CFU/g. The Duncan multiple comparison test results revealed

a similarity in the coliform bacteria counts of products from companies A, B, and F. In a similar study [7], the E. coli count for honey roll was reported as 1.1 x $10^1 \pm 8$ and the coliform bacteria count as 1.8 x $10^2 \pm 65$. The study [7] found that the *E. coli* count for köme (sweet sujuk or churchkela), which has a lot of the same ingredients as pestil, was 5.4 x $10^1 \pm 8$ and the coliform count was 1 x $10^2 \pm 50$. For pestil triangles, the *E. coli* count was found to be 1.4 x $10^1 \pm 7$ and the coliform count was 2.1 x $10^2 \pm 45$.

Yeasts and molds are microorganisms that can reproduce even at very low moisture levels. Therefore, the moisture content of the products directly influences the microbiological growth of yeast and mold, which in turn influences the drying methods and durations. Additionally, the air in the drying environments plays a crucial role in influencing the microbial load and the proliferation of microorganisms. For this reason, ventilation is of significant importance in businesses.

In the microbiological analyses conducted for pestil rolls, according to the results in Chart 1, the yeast values were found to be in the range of $<10^1$–$4.1x10^3 \pm 6.1x10^2$ CFU/g. Since $P < 0.05$, the differences between the total yeast values were found to be statistically significant. The Duncan multiple comparison test results showed that the total yeast counts of products from companies A, D, and F were similar to those of products from companies B and C. In the microbiological analyses conducted for honey rollers, according to the results in Chart 2, the yeast values were found to be in the range of $<10^1$–9.8 x $10^5 \pm 1.7$ x $10^2$ CFU/g. Since $P < 0.05$, the differences between the total yeast values were found to be statistically significant. According to the results of the Duncan multiple comparison test, the total yeast colony counts developed in the products of companies A, E, and F were found to be similar to those of the products of companies C and D.

In the microbiological analyses conducted for pestil rolls, according to the results in Chart 1, the mold values were found to be in the range of $<10^1$–$4.3x10^3 \pm 5.8x10^2$ CFU/g. Since $P < 0.05$, the differences between the total mold values were found to be statistically significant. The Duncan multiple comparison test results revealed a similar total mold count in the products of companies A, B, C, D, and E. In the microbiological analyses conducted for honey rolls, according to the results in Chart 2, the mold values were found to be in the range of $<10^1$–$2.7x10^2 \pm 1.5x10^1$ CFU/g. Since $P < 0.05$, the differences between the total yeast values were found to be statistically significant. According to the results of the Duncan multiple comparison test, it was observed that the total mold counts of the products from companies A, B, D, E, and F were similar to each other. In Bayram's study [7], it was stated that the total yeast and mold count in honey roll samples was 4.9 x $10^2 \pm 80$ CFU/g.

### 3.2. Physical and Chemical Analysis Results

The evaluation of the physical and chemical analysis results of the samples was conducted according to the standards established for mulberry pestil [2] and the criteria of the commercial registration certificate obtained for Gümüşhane pestil.

**Chart 3.** Results of physical and chemical analysis of pestil rolls

| Companies | Protein (g/100 g) | Humidity (g/100 g) | Dry matter (g/100 g) | HMF (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|
| A | 7.33 ± 1.29$^{def}$ | 8.45 ± 0.44$^{d}$ | 91.55 ± 0.45$^{d}$ | 27.36 ± 1.15 |
| B | 3.60 ± 0.20 | 9.62 ± 0.60 | 90.38 ± 0.60 | 6.83 ± 0.03 |
| C | 8.82 ± 0.49$^{f}$ | 6.12 ± 0.25 | 93.87 ± 0.25 | 1.78 ± 0.03$^{d}$ |
| D | 6.79 ± 0.26$^{aef}$ | 8.24 ± 0.19$^{a}$ | 91.75 ± 0.19$^{a}$ | 2.22 ± 0.17$^{c}$ |
| E | 6.71 ± 0.80$^{adf}$ | 10.43 ±0.23 | 89.56 ± 0.23 | 21.04 ± 0.06 |
| F | 7.78 ±0.09$^{acde}$ | 7.38 ± 0.04 | 92.61 ± 0.04 | 9.36 ± 0.12 |
| **Companies** | **Oil (g/100 g)** | **Fructose (g/100 g)** | **Glucose (g/100 g)** | **Sucrose (g/100 g)** |
| A | 21.22 ± 0.12 | 10.58 ± 2.98 | 5.57 ± 1.03$^{e}$ | 15.81 ± 5.87$^{bcdf}$ |
| B | 14.68 ± 0.05$^{e}$ | 5.81 ± 0.50$^{cef}$ | 9.84 ± 0.87$^{cdf}$ | 13.92 ± 0.28$^{acdf}$ |
| C | 28.77 ± 0.53 | 6.65 ± 1.11$^{bef}$ | 10.68 ± 1.06$^{bf}$ | 17.54 ± 2.77$^{abdef}$ |
| D | 21.66 ± 0.16 | 2.61 ± 0.62$^{f}$ | 8.47 ± 1.58$^{bf}$ | 18.68 ± 0.43$^{abcef}$ |
| E | 14.59 ± 0.03$^{b}$ | 5.92 ± 0.04$^{bcf}$ | 6.41 ± 0.42$^{a}$ | 20.67 ± 1.15$^{cdf}$ |
| F | 25.86 ± 0.04 | 4.61 ± 0.36$^{bcde}$ | 9.00 ± 0.56$^{bcd}$ | 17.69 ± 0.50$^{abcde}$ |

**Chart 4.** Results of physical and chemical analysis of honey rolls

| Companies | Protein (g/100 g) | Humidity (g/100 g) | Dry matter (g/100 g) | HMF (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|
| | 9.75 ± 0.05$^{bc}$ | 10.89 ± 0.50$^{de}$ | 89.11 ± 0.50$^{de}$ | 28.70 ± 3.88 |
| B | 9.12 ± 0.03$^{ac}$ | 12.39 ± 0.19 | 87.61 ± 0.19 | 8.71 ± 0.30$^{f}$ |
| C | 8.95 ± 0.34$^{ab}$ | 9.02 ± 0.12$^{f}$ | 90.97 ± 0.12$^{f}$ | 3.76 ± 0.21$^{df}$ |
| D | 4.94 ± 1.45 | 10.46 ± 0.13$^{ae}$ | 89.53 ± 0.13$^{ae}$ | 2.48 ± 0.26$^{c}$ |
| E | 6.26 ± 0.22$^{f}$ | 10.30 ± 0.26$^{af}$ | 89.69 ± 0.26$^{ad}$ | 45.73 ± 0.86 |
| F | 7.11 ±0.04$^{e}$ | 8.70 ± 0.80$^{c}$ | 91.29 ± 0.80$^{c}$ | 5.83 ± 0.36$^{bc}$ |
| **Companies** | **Oil (g/100 g)** | **Fructose (g/100 g)** | **Glucose (g/100 g)** | **Sucrose (g/100 g)** |
| A | 8.18 ± 0.48$^{b}$ | 14.18 ± 3.55 | 13.74 ± 4.75$^{c}$ | 10.79 ± 0.26$^{de}$ |
| B | 8.10 ± 0.09$^{a}$ | 4.56 ± 0.53$^{d}$ | 7.06 ± 0.23$^{def}$ | 8.56 ± 0.52$^{cd}$ |
| C | 22.50 ± 0.17 | 8.39 ± 0.38$^{ef}$ | 13.42 ± 0.57$^{a}$ | 7.55 ± 1.35$^{b}$ |
| D | 20.23 ± 0.6 | 3.40 ± 0.79$^{b}$ | 8.70 ± 0.06$^{bef}$ | 10.16 ± 0.58$^{ab}$ |
| E | 14.77 ± 0.15 | 8.48 ± 0.73$^{cf}$ | 8.52 ± 1.14$^{bdf}$ | 12.75 ± 1.61$^{a}$ |
| F | 9.74 ± 0.46 | 7.51 ± 0.27$^{ce}$ | 8.27 ± 0.36$^{bde}$ | 16.27 ± 1.46 |

Both undesirable chemicals with carcinogenic and toxic consequences, including HMF, and molecules that contribute food flavor and scent are produced by Maillard reactions [14, 15]. HMF plays a crucial role in exposing the thermal processing conditions that foods undergo during production and the development of brown pigments. Based on this data, the physical and chemical investigations indicated that the HMF values for pestil rolls, as displayed in Chart 3, varied between 1.78 and 27.37. The differences in the HMF values were determined to be statistically significant since $P < 0.05$. The Duncan multiple comparison test results yielded similar HMF levels in the products of companies C and D.

The HMF values varied from 2.48 to 45.72 based on the physical and chemical examinations of honey rolls (Chart 4). According to Bayram's [7] research, honey rolls' HMF

content ranges from 11.0 to 9.00. The study's findings are consistent with those of Bayram [7]. The differences in the HMF values were determined to be statistically significant since $P < 0.05$. The Duncan multiple comparison test results showed that the HMF levels in the products of companies C and D were similar to those of companies C and F.

According to the results of the physical and chemical analyses conducted on pestil rolls (Chart 3), the fat values ranged from 14.59 to 28.77. The variations in fat values were determined to be statistically significant since $P < 0.05$. The Duncan multiple comparison test results revealed a similar fat content in the products of companies B and E.

The fat values in Chart 4, which presents the findings of the physical and chemical examinations performed on honey rolls, vary from 8.10 to 22.50. According to Bayram's [7] research, honey rolls have fat content ranging from 10.30 to 2.00. The differences between the fat values were determined to be statistically significant since $P < 0.05$. The findings of the Duncan multiple comparison test showed that the fat content of items from businesses A and B was comparable.

In the analysis of pestil rolls (Chart 3), the fructose values ranged from 2.61 to 10.58. The differences between the fructose values were determined to be statistically significant since $P < 0.05$. The Duncan multiple comparison test resulted a similar fructose content in the products of companies B, C, E, and F.

The fructose assessments in the honey roll studies (Chart 4) vary from 3.40 to 14.18. Bayram [7] determined the fructose content in honey rolls to be between 4.02 and 5.00. The results we found are similar to the results of Bayram's [7] study. Since $P < 0.05$, the differences between the fructose values were found to be statistically significant. The Duncan multiple comparison test results showed that the fructose content in the products of companies B and D was similar to that of companies C, E, and F.

Based on the findings of the tests performed on pestil rolls (Chart 3), the glucose levels fall between 5.57 and 10.68. The differences between the glucose values were determined to be statistically significant since $P < 0.05$. The glucose content of items from companies A and E was determined to be comparable to that of products from companies B, C, D, and F, based on the findings of the Duncan multiple comparison test. Protein values on pestil rolls ranged from 3.60 to 8.82, based on the findings of physical and chemical studies (Chart 3). The variations in the protein values were determined to be statistically significant since $P < 0.05$. The Duncan multiple comparison test results showed that the protein content in the products of companies C and F was similar to those of companies A, D, E, and F.

The protein values for honey rolls (Chart 4) varied from 4.94 to 9.75 in the physical and chemical examinations. According to a relevant study on pestil products, honey rolls had a protein content of 5.6 [7]. Our findings are consistent with those of this investigation. The discrepancies in the protein values were determined to be statistically significant since $P < 0.05$. The Duncan multiple comparison test revealed that the protein composition of items from company A, B, and C was comparable to that of products from firms E and F.

The moisture levels on pestil rolls range from 6.12 to 10.43, based on the findings of the physical and chemical examinations (Chart 3). The differences in the moisture levels were determined to be statistically significant since $P < 0.05$. The findings of the Duncan multiple

comparison test showed that the moisture content of items from companies A and D was comparable.

Honey rolls (Chart 4) had moisture values ranging from 8.70 to 12.39 in the physical and chemical examinations. According to a comparable research [7], honey rolls had a moisture content of 12.8%. It has been noted that our findings and those of this investigation are similar. The variations in the moisture levels were determined to be statistically significant since $P < 0.05$. Products from businesses A, D, and E, as well as those from companies C and F, had very similar moisture contents, according to the results of the Duncan multiple comparison test.

Factors such as the thickness of the food item, the content of the food, the drying time and method, and the moisture content of the drying air are the main factors affecting the dry matter content in the food item [16]. Based on this information, the dry matter values for pestil rolls determined in the physical and chemical analyses (Chart3) ranged from 89.56 to 93.87. Since $P < 0.05$, the differences between the dry matter values were found to be statistically significant. According to the results of the Duncan multiple comparison test, it was observed that the dry matter content in the products of companies A and D was similar.

The dry matter values for honey rolls (Table 4) were found to fall between 87.61 and 91.29 in the analyses. According to Bayram's [7] research, honey rolls had a total dry matter content of 87.20± 4.20. It has been noted that our findings and those of this investigation are comparable. The discrepancies between the dry matter values were determined to be statistically significant since $P < 0.05$. The dry matter content of items from firms A, D, and E was found to be similar to that of products from companies C and F, based on the results of the Duncan multiple comparison test.

The glucose values for honey rolls (Chart 4) varied from 7.06 to 13.74 in the physical and chemical analyses. The glucose content of honey rolls was reported to be 11.48 ± 3.00 in a comparable study [7]. It is evident that the results we discovered are comparable to those of Bayram's [7] research. The statistical significance of the differences between the glucose values was determined by the fact that $P < 0.05$. The glucose content of the products of companies A and C was determined to be comparable to that of the products of companies B, D, E, and F, as indicated by the Duncan multiple comparison test results.

The sucrose values in pestil rolls were 13.92 to 20.67, as shown by the results of the physical and chemical analyses in Chart 3. The differences between the sucrose values were not determined to be statistically significant, as $P > 0.12$. Based on the Duncan multiple comparison test results, the sucrose content of the products of companies A, B, C, D, and F was determined to be comparable to that of companies C, D, E, and F.

The sucrose values in honey rolls were found to vary between 7.55 and 16.27 in the physical and chemical analyses conducted, as indicated in Chart 4. The sucrose content in honey rolls was determined to be 14.50 ± 4.00 in a comparable study [7]. It is clear that the results we obtained are comparable with those of Bayram's [7] research. The statistical significance of the differences between the sucrose values was determined by the fact that $P < 0.05$. The sucrose content of the products of companies A, D, and E was found to be similar to that of the products of companies B, C, and D, given by the Duncan multiple comparison test results. After conducting all of the physical and chemical evaluations, it has been determined that the physical and chemical values of the examined samples are largely consistent with the TS 12677 [2]

mulberry pestil standards and the commercial registration certificate values for Gümüşhane pestil.

## 4. CONCLUSIONS AND GENERAL EVALUATION

The microbiological, chemical, and physical properties of pestil and honey pastries, which are frequently manufactured in certain enterprises in Gümüşhane province, were investigated in this investigation. The samples contained varying quantities of total bacteria, coliform, E. coli, yeast, and fungal growth, as determined by microbiological analyses. The study's findings indicate that the moisture levels of the products are inconsistent and that yeast and mold growth occurs in samples with elevated moisture levels. Physical and chemical analyses have ascertained that the findings are primarily in accordance with the TS 12677 mulberry pestil standards, and the values specified in the geographical indication registration document. However, certain parameters were identified as non-compliant. Although they adhere to the relevant standards, it has been demonstrated that the analysis results of the samples related to the given parameters differ. This underscores the importance of establishing a standard for these products. The honey rolls samples exhibited the maximum protein and fat content, as indicated by the study's findings. These products are highly nutritious due to their substantial protein and lipid content. The HMF levels are consistent with the TS 12677 mulberry pestil standards; however, it has been noted that there are variations within the products.

## REFERENCES

[1] Yalçın, S., Determination of physical, chemical and microbiological quality characteristics of pestil and köme based foods (muska pestil, rolled pestil, pestil with hazelnut, pikolalı köme, coconut pestil, honey roll) produced in Gümüşhane (Master's thesis, Gümüşhane Üniversitesi), 2019.
[2] TS 12677, Mulberry Pestil, Turkish Standards Institute, Ankara, 2000.
[3] TS 11127, Fresh fruits-Mulberry, Turkish Standards Institute, Ankara, 1993.
[4] TS 2970, Starch - Edible, Turkish Standards Institute, Ankara, 2015.
[5] TS 861, White sugar (sucrose), Turkish Standards Institute, Ankara, 2017.
[6] Boz, H., The Effects of Wheat Flour, Sucrose Syrup, Glucose Syrup and Cooking Time on Chemical Textural and Sensory Properties of Mulberry Pestil. Doctoral Dissertation, Atatürk University Institute of Science and Technology, Erzurum, 194s, 2012.
[7] Bayram, U.H., Investigation of Production Methods and Quality Parameters of Traditional Gümüşhane Pestil and Kömesi. Master's Thesis, Karadeniz Technical University Institute of Science and Technology, Trabzon, 104s, 2018.
[8] Çakır, Ş., Production of Pestil from Carob and Determination of its Quality. Master's Thesis, İnönü University Institute of Science and Technology, Malatya, 74s, 2009.
[9] Maskan, A., Kaya, S., Maskan, M., Effect of Concentration and Drying Processes on Color Change of Grape Juice and Leather (pestil), Journal of Food Engineering, 54, 75–80, 2002.
[10] Batu, A., Kaya, C., Çatak, J., ve Şahin, C., Pestil Production Technique. Electronic Journal of Food Technologies,1,71-81, 2007.

[11] Yıldız O., Gümüşhane Traditional Foods; Pestil, Köme, Honey Dessert and a New Product; Çokopestil, II. Traditional Foods Symposium, Van,77, 2009.
[12] TS 6178 ISO 7466, Fruit and vegetable products - Determination of 5-Hydroxymethylfurfural (5-Hmf) content, Turkish Standards Institute, Ankara, 2002.
[13] IHC, International Honey Comission, 2009 (http://www.ihc-platform.net/ihcmethods2009.pdf), 2009.
[14] Gül, A., Simultaneous Production of Gluconic Acid and 5-Hydroxymethyl Furfural. Doctoral Thesis, F.Ü. Institute of Science and Technology, ELAZIĞ, 2023.
[15] Baltacı C., Ilyasoglu H., Gundogdu A. &Ucuncu O., Investigation of Hydroxymethylfurfural Formation in Herle, International Journal of Food Properties, 19:2761–2768, 2016.
[16] Karabacak, A. Ö., Suna, S., Tamer, C. E., & Çopur, Ö. U., Effects of oven, microwave and vacuum drying on drying characteristics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity of celery slices. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, *10*(2), 193-205, 2018.

# *RHUS CORİARİA* L. BİTKİSİNDEN DOĞAL OLARAK ÜRETİLEN SOSUN FİZİKOKİMYASAL ANALİZLERİ VE LC-MS/MS KULLANILARAK İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ

**Arş. Gör. Dr. Abdulkadir GÜL**

Gümüşhane Üniversitesi, kadirgul@gumushane.edu.tr- 0000-0003-4879-6194

**Arş. Gör. Ömer KARPUZ**

Gümüşhane Üniversitesi, omerkarpuz@gmail.com- 0000-0002-0546-9831

**Prof. Dr. Cemalettin Baltacı**

Gümüşhane Üniversitesi, cbaltaci11@gmail.com- 0000-0002-4336-4002

## ÖZET

Bitkiler ve baharatlar yiyecek, içecek, ilaç ve kozmetik endüstrilerinde önemli bileşenler olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Tüketicilerin bu ürünlere daha fazla ulaşabilmesi ve bu ürünleri farklı uygulamalarda kullanmak istemesi amacıyla birlikte son yıllarda talep büyük ölçüde artmıştır. En önemli bitkisel baharat kaynaklarından biri de özellikle Akdeniz bölgesinde sağlığa faydaları nedeniyle yaygın olarak tüketilen ve gıda preparatlarında kullanılan çiçekli bir bitki olan sumak (*Rhus coriaria* L.) bitkisidir. Sumak, geleneksel olarak baharat ve aroma maddesi olmasının yanı sıra farmakoloji ve tıpta kullanılan bitkilerden biridir. Sumak bitkisinin meyve ve yaprakları gibi farklı organları bu özelliklere sahiptir. Sumak bitkisinin meyvesi proteinler, doymamış yağ asitleri, lifler, vitaminler ve mineraller gibi birçok besleyici unsuru içeren en önemli kısımlarından biridir. Ayrıca, baharatı zenginleştiren ve terapötik rolünü etkinleştirmeye katkıda bulunan çok sayıda fenolik ve flavonoid içeriğe sahiptir. Bu çalışmada, *Rhus coriaria* bitki meyvesinin çekirdekleriyle birlikte kurutulup öğütülerek saf su içerisinde belirli bir süre bekletildikten sonra vakumlu evaporatör ile muamelesi sonucu elde edilen sumak sosunun (ekşisinin) fizikokimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda elde edilen numuneye suda çözünen katı madde (Briks), pH, toplam asitlik, şeker ve hidroksimetilfurfural (HMF) analizi uygulanmıştır. Ayrıca, numunenin içerdiği fitokimyasal bileşikleri belirlemek amacıyla Sıvı Kromatografi-Kütle Spektrometresi/Kütle Spektrometresi (LC-MS/MS) analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda tanik asit, kinik asit, kuersetin, gallik asit, epikateşin ve fumarik asidin majör bileşenler olduğu belirlenmiştir. Fizikokimyasal ve LC-MS/MS analizleri sonucunda çalışmada üretilen sumak ekşisinin genel olarak ticari kullanıma uygun bir ürün olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** *Rhus coriaria* L., Sumak ekşisi, LC-MS/MS, Fitokimyasal bileşikler

## 1. GİRİŞ

Bitkiler ve otlardan elde edilen gıda baharatları aromatik özellikleri ve mutfaklarda kullanımlarından dolayı yaygın bir şekilde araştırılmaktadır. Baharatların yoğun bir şekilde araştırılması bu özelliklerinin dışında hastalıkların önlenmesi, ilaç tedavisi, gıda endüstrisi ve tarımdaki potansiyellerinden kaynaklanmaktadır. Bu besin bileşenleri, tarih boyunca farklı kültürlerdeki insanların yaşam tarzında önemli roller oynamıştır. Çünkü bu bileşenler ekonomik olarak değerlilerdir ve genellikle gıda hazırlamada renklendirici, tatlandırıcı, koruyucu ve tedavi edici maddeler olarak kullanılmaktadır. Baharatlar, bitki veya otların kökleri, rizomları, gövde kabuğu, yaprakları, meyveleri, çiçekleri ve tohumlar dahil olmak üzere çeşitli kısımlarından üretilebilir [1]. Baharatlar bileşim bakımından büyük çeşitlilik gösterir ancak onları değerli kılan içeriğinde uçucu yağlar, reçineler ve fitokimyasallar gibi biyoaktif bileşenlerin bulunmasıdır [2]. Bu ticari ve tıbbi değeri olan baharatlardan biri de birçok sağlık sorununun önlenmesinde ve tedavisinde etkili bir role sahip olan sumak bitkisidir [3].

Sumak (*Rhus coriaria* L.), özellikle Akdeniz bölgesinde ve Afrika'nın kuzey kesimlerinde çoğunlukla yetişen ve çeşitli amaçlarla kullanılan bir mutfak baharatıdır. *Anacardiaceae* familyasına ait olan bu bitki, *Rhus* cinsinin 250'den fazla üyesi arasında ekonomik açıdan en önemli türlerinden biridir. Bitki subtropikal ve ılıman iklimlerde, özellikle Akdeniz'in çeşitli bölgelerinde, Asya'da ve kuzey Afrika'da yetişmektedir [4]. Bitki 3-5 m boyunda, uzun yapraklı, iğnemsi damarlı, 7-8 çift küçük oval yaprakçıklı, değişik büyüklükte bir çalıdır. *Rhus coriaria*, dal uçlarında sumak koçanı olarak bilinen yoğun kümeler oluşturan ince etli koyu kırmızı sert çekirdekli meyveler üretir. Bitki adını, bitkinin önemli ve yaygın olarak kullanılan baharat ürününün kırmızı rengine borçludur [2]. Yaygın isimleri Mavi glabrum, Cüce sumak, Dağ sumağı, Hint tuzu (meyvelerin üzerindeki toz), Kızıl sumak, Pürüzsüz sumak ve Yayla sumağıdır. Sumak uzun zamandır saf baharat olarak veya diğer baharatlarla birlikte, içeceklerin, sosların tamamlayıcısı olarak ve yemek tariflerinde doğal bir tatlandırıcı olarak kullanılmaktadır [5]. Sumaktan elde edilen en önemli ürünlerden biride yemek ve salatalara tat ve lezzet vermek için kullanılan sumak sosu yani sumak ekşisidir. Sumak ekşisi sumağın suda bekletildikten sonra meyveleri süzülerek elde edilen ve önemli bir ticari değere sahip olan bir üründür [6]. Ekşi tadı da malik asit, sitrik asit ve tartarik asit gibi organik asitlerin varlığından kaynaklanmaktadır [7, 8]. Sumak ayrıca kozmetik, boyama, gıda koruma ve hayvan derisi işleme teknolojisindeki kullanımı nedeniyle ekonomik açıdan da özel bir öneme sahiptir [9]. Sumak yağı, yerel tariflerin türüne bağlı olarak sirke veya zeytin ya da susam yağı ile karıştırılabilir. Günümüzde sumağın en yaygın yenilebilir tüketim şekli, baharat veya sıvı olarak gıdalara katkı maddesidir [10]. Sumak, Türkiye ve Orta Doğu'da, özellikle Lübnan, İran ve Irak'ta yemeklerde yaygın olarak [11, 12].

Sumağın birçok sağlık sorununun önlenmesinde ve tedavisinde etkili olduğu kanıtlanmıştır. Birçok çalışmada sumağın antibakteriyel, antiviral, anti-enflamatuar, antioksidan, antikanser, kardiyoprotektif, hipolipidemik ve hipoglisemik aktivitelere sahip olduğu ifade edilmiştir [13]. Ayrıca, farklı çalışmalar sumağın veya sumaktan elde edilen ürünlerinin yağlı karaciğer hastalıklarının [14], ishalin [15], obezitenin [16], diş çürüklerinin [3, 17] giderilmesinde ve yara iyileşmesinin hızlandırılmasında önemli bir destek olduğunu göstermiştir [18]. Gıda endüstrisinde, sumak doğal bir gıda katkı maddesi olarak ve farklı gıda

ürünlerinde doğal antioksidan [19], koruyucu [20] ve renklendirici [21] olarak kullanılmıştır. Meyve ve yaprak yağı üzerinde yapılan çalışmalar, sumak meyvesinin flavonoller, fenolik asit, antosiyaninler ve organik asitler içerdiğini kanıtlamıştır [10].

Bir bitki veya gıda maddesinin sahip olduğu bileşimin belirlenmesinde birçok analiz metodu kullanılmaktadır. Suda çözünmüş halde bulunan bitkisel numunelerin içerik tayininde en çok kullanılan yöntem Sıvı kromatografi-kütle spektrometresi/kütle spektrometresidir (LC-MS/MS). LC-MS/MS, yüksek sinyal/gürültü oranı, seçiciliği ve hassasiyeti nedeniyle bitki ekstraktlarının fitokimyasal bileşiminin belirlenmesinde en güvenilir tekniklerden biri olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır [22, 23] Analitik yöntem validasyonu, belirli bir test için kullanılan analitik işlemin kullanım amacına uygun olduğunu onaylamak için kullanılan bir prosedürdür. Metot validasyon sonuçları analitik sonuçların güvenilirliğini, tutarlılığını ve kalitesini değerlendirmek için kullanılabilir [24].

Bu çalışmanın amacı, *in vitro* laboratuvar şartlarında *Rhus coriaria* bitkisinden elde edilen sumak ekşisinin LC-MS/MS ile sıvı kromatografisi kullanılarak fitokimyasal analizini yapmak ve mevcut çeşitli biyoaktif bileşikleri tanımlamayı ve miktarını belirlemeyi amaçlamaktır. Ayrıca, sumak ekşisi numunesine Briks, pH, toplam asitlik, şeker ve HMF analizleri yapılarak standartlara uygunluğu incelenmiştir. Bu araştırma, *Rhus coriaria* 'nın biyotıp ve doğal ürün araştırmalarındaki farmakolojik potansiyelini ve terapötik uygulamalarını aydınlatmak için önemlidir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyaller

Deneysel çalışmalarda kullanılan tüm kimyasal maddeler Sigma Aldrich ve Merck firmalarından analitik saflıkta temin edilmiştir. HMF ve şeker analizlerinde Agilent marka 1200 serisi Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) sistemi, numunelerin içerik tayininde ise LC-MS/MS (Shimadzu-Nexera) sistemi kullanılmıştır. Numunelerin pH analizleri için Hanna marka pH metre, suda çözünür madde (Briks) analizi için Abbe refraktometresi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan çözeltiler TS 545'e standartlarına uygun olarak hazırlanmıştır [25].

### 2.2. Bitki Materyalinin Temini ve Sumak Ekşisinin Üretimi

*Rhus coriaria* bitkisi (Görsel 1) meyveleriyle beraber 2023 Ağustos ayında Türkiye'nin biyolojik çeşitlilik açısından zengin illerinden biri olan Gümüşhane ilinden Dr. Abdulkadir GÜL tarafından toplanmıştır. Toplanan numuneler laboratuvarda temizlenmiş ve çalışmada kullanılmak üzere + 4 ºC'de depolanmıştır. Daha sonra hazırlanan sumak meyveleri çekirdekleriyle birlikte kullanılmak suretiyle sumak ekşisi üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 2,5 kg sumak meyvesi 3 L saf suyun içine konulmuş ve 24 saat boyunca farklı zaman aralıklarında karıştırılmak suretiyle bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda oluşan karışım süzgeç kağıdı yardımıyla sumak meyveleri kalıntısından arındırılmıştır. Bu işlem birkaç defa tekrar edildikten sonra oluşan süzüntü vakumlu evaporatör (SCILOGEX RE100-Pro, Rocky Hill, USA) yardımı ile suda çözünür kuru maddesi %65 civarlarına gelinceye kadar suyu buharlaştırılma işlemi yapılmıştır. Elde edilen sumak ekşisi (S1) ileriki çalışmalarda kullanılmak üzere buzdolabında +4 ºC'de depolanmıştır.



**Görsel 1. *Rhus coriaria* bitkisinin görüntüsü**

### 2.3. Analizler

#### 2.3.1. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini

Bir önceki çalışmada elde edilen sumak ekşisinin suda çözünür katı madde oranı (%Briks) belirlenmesi amacıyla refraktometre cihazı (Görsel 2) kullanıldı. Cihaz saf su ile kalibre edildikten sonra sumak ekşisi numunesi refraktometrenin prizmaları arasına yerleştirildi. Daha sonra numunenin konulduğu bölgenin sıcaklığı 20°C olarak ayarlandı. Cihazda okuma yapılarak sumak ekşisinin % Briks değeri hesaplandı [26].

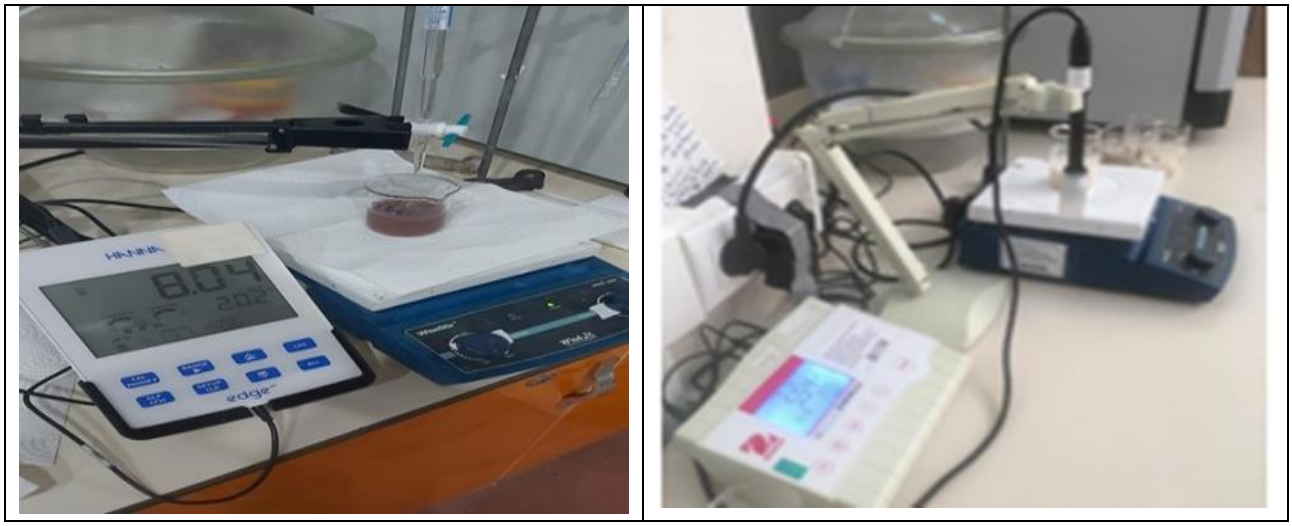



**Görsel 2. Briks analizinde kullanılan refraktometre**

#### 2.3.2 Numunelerde pH değerinin ve Titrasyon Yöntemiyle Toplam Asitliğin Belirlenmesi

Numunelerin pH değerleri, TS 1728 ISO 1842 standardına uygun şekilde Görsel 3B'de görüldüğü gibi belirlendi. Analizde pH metrenin probu homojenize edilmiş örneğin bulunduğu kabın içerisine daldırılarak ölçüm gerçekleştirildi [27]. Toplam asitliğinin titrasyon yoluyla belirlenmesi için öncelikle numuneler homojen hale getirildi (Görsel 3A). Homojen hale gelen numunelerden 2 g tartılarak 15 mL saf su içerisine konuldu. Hazırlanan karışım içerisine bir pH metre cihazının probu daldırıldı. Ardından bu ortama titrasyon yapmak amacıyla 0.1 M sodyum

hidroksit (NaOH) çözeltisi ile pH değeri 8.3±1.0 olana kadar titre edildi. Eklenen NaOH değeri kaydedilerek numunenin toplam asitlik (TA) değeri aşağıda verilen Eşitlik 1 ile hesaplandı [28].



**Görsel 3. A. Titrasyon asitliği (sağ) ve B. pH tayini (sol)**

$$\%TA = \frac{SxMx0{,}0064x100}{g} \quad \text{(E1)}$$

Burada;

**TA:** Toplam asitlik

**S:** 0.1 M NaOH sarfiyatı

**M:** Molarite

**g:** Numune miktarı

### 2.3.3 Numunelerde Hidroksimetilfurfural (HMF) Miktarının Belirlenmesi

Numunelerin HMF içeriği Baltacı ve Akşit [29] tarafından gerçekleştirilen yönteme uygun olarak yapıldı. Daha önce homojenize edilen numunelerden 1 g numune tartılıp üzerine 15 mL ultra saf su eklenerek analiz edilecek numune hazırlandı. Ardından HMF'nin denatürasyonunu önlemek için 21,94 g cinko asetat dihidrat ($Zn(CH_3COOH)_2 .2H_2O$) 100 mL saf su içerisinde Carrez I çözeltisi ve 10,56 g potasyum ferro siyanür ($K_4Fe(CN)_6 .3H_2O$) yine 100 mL saf su içerisinde Carrez II çözeltisi hazırlandı. Her iki çözeltiden de 0.5 mL alındı ve HMF çözeltisine eklendi. Hazırlanan çözelti HPLC cihazında analiz edilmek üzere 0.45 mikronluk bir filtre kullanılarak cam şişelere (vial) alındı ve analiz gerçekleştirildi.

### 2.3.4. Sakaroz, Glukoz ve Fruktoz Tayini

Numunelerin sakkaroz, glukoz, fruktoz ve toplam şeker analizleri IHC [30]'a uygun olarak gerçekleştirildi. Bu kapsamda numunelerden 0,5 g tartılarak 8 mL saf su içerisinde çözüldü. Daha sonra bu karışım içerisinde 2 mL metanol bulunan balon jojeye aktarıldı. Numuneler HPLC'de analiz edilmek amacıyla 0.45 mikronluk bir filtre kullanılarak istenmeyen maddelerden uzaklaştırıldı cam viallere aktarıldı.

### 2.3.5. LC-MS/MS Analizleri

LC-MS/MS deneyleri Dicle Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi. Numune içerisinde bulunan fitokimyasalların miktarlarını belirlemek için tandem kütle spektrometresine bağlanan bir Shimadzu-Nexera modeli ultra yüksek performanslı sıvı kromatografisi (UHPLC) (Shimadzu, Japonya) kullanıldı. Ters fazlı Agilent Poroshell 120 EC-C18 model analitik kolon üzerinde kromatografik ayırma gerçekleştirildi. Kolon sıcaklığı 40 $^{o}$C'ye ayarlandı. Elüent A (su + 5 mM amonyum format + %0,1 formik asit) ve elüent B'yi (metanol + 5 mM amonyum format + %0,1 formik asit) içeren elüsyon gradyanı %20–100 B (0–25 dakika), %100 B (25–35 dakika) ve %20 B (35–45 dakika) olacak şekilde kullanıldı. Çözücü akış hızı ve enjeksiyon hacmi sırasıyla 0,5 mL/dak ve 5 µL'ye ayarlandı. Kütle spektrometrik tespiti hem negatif hem de pozitif iyonizasyon modlarında çalışan bir elektrosprey iyonizasyon (ESI) kaynağı ile donatılmış bir Shimadzu LCMS-8040 model tandem kütle spektrometresi kullanılarak yardımıyla gerçekleştirildi. LC-ESI-MS/MS verileri LabSolutions yazılımı (Shimadzu) kullanılarak elde edildi. Fitokimyasalların miktarının belirlenmesi için çoklu reaksiyon izleme (MRM) modu kullanıldı. MS çalışma koşulları kurutma gazı ($N_2$) akışı 15 L/dak, nebulizasyon gazı ($N_2$) akışı 3 L/dak, DL sıcaklığı 250 $^{o}$C, ısı bloğu sıcaklığı 400 $^{o}$C ve arayüz sıcaklığı 350 $^{o}$C olacak şekilde uygulandı.

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

### 3.1. Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

S1 numunesinde bulunan çözünür kuru madde (şeker) miktarının belirlenmesi için tüm numunedeki şekerin ağırlık yüzdesi olarak hesaplanan Briks analizi kullanılmıştır. Bu analiz genellikle gıda maddelerinin tatlılık oranlarının belirlenmesinde kullanılır [31]. Bu şekilde hesaplanan % Briks değeri meyvelerden elde edilen ekşilerde yaklaşık olarak %65-68 aralığında değişmektedir. Bu çalışmada elde edilen S1 numunesinin % Briks değeri Çizelge 1'de görülmektedir.

**Çizelge 1. Numunelere uygulanan analiz sonuçları**

| Numune | Briks, % | Asitlik, % | pH | HMF, mg/kg | Fruktoz, % | Glukoz, % | Sakkaroz, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S1 | 26.42 ±0.75 | 1.85 ±0.06 | 3.48 ±0.08 | 10.62 ±0.10 | 1,02 ±0.12 | 0,89 ±0.08 | 0.82 ±0.05 |

Çizelge 1'de görüldüğü gibi laboratuvarda vakumlu evaporatör yardımıyla elde edilen S1 numunesinin Briks değeri %26,42 olarak hesaplanmıştır. Briks değeri düşük olmasına rağmen üretilen sumak ekşisi kıvamlı bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Farklı numunelerde elde edilen Briks değerleri farklı olabilmekle birlikte, bu oran analiz edilecek numunenin kalitesini katkı maddelerinin eklenmesi veya yüksek fruktozlu mısır şurubunun eklenmesiyle azaltılıp arttırılabilir. Bununla birlikte, bu durum gıda maddelerine ek katkı maddeleri eklenmesi nedeniyle tağşiş kategorisine girmektedir.

Üretilen ürünün değerlendirilmesinde diğer önemli bir kalite kriteri de numunenin toplam asitliğidir. Çizelge 1'den görüldüğü gibi S1 numunesinin asitlik (%) değeri %1,85 olarak belirlenmiştir. Asitliği etkileyen en önemli parametre ise gıdalarda bulunan organik asitlerdir. Bu asitler gıdalarda doğal olarak bulunmalarının yanı sıra fermantasyon ile de oluşabilmektedirler. Li vd. [32] yaptıkları bir çalışmada organik asitlerin bazı gıda maddelerinde tat, renk, stabilite ve kalitenin korunmasında önemli bir rol oynadıklarını ifade etmişlerdir. Bir numunenin pH değeri $H^+$ iyonlarının konsantrasyonunun ölçülmesiyle belirlenir. Düşük pH değerlerinde yüksek bir asitlik oluşurken, yüksek pH değerlerinde ise düşük bir asitlik oluşur [33]. Bu çalışmada elde edilen S1 numunesinin pH değeri 3,48 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Gıda numunelerinin pH'ı ve asitliğinin kontrol edilmesi duyusal özellikler ve gıda güvenliği açısından oldukça önemlidir [34]. Literatürde sumak meyvelerinin fizikokimyasal analizinin incelendiği bir çalışmada pH değeri 3,70 olarak belirlenmiştir [35]. Farklı bir çalışmada ise titre edilebilir asitlik değerinin %2,01 ile 7,84 arasında değişirdiği, pH değerinin ise 2,66 ile 3,90 arasında değiştiği ifade edilmiştir [10]. Bu sonuçlar bizim çalışmamızda elde ettiğimiz değerleri desteklemektedir.

Gıda maddelerindeki kalitenin önemli göstergelerinden biri gıda ürünlerinde aşırı ısıtılmaya bağlı olarak miktarı değişen önemli bir kimyasal madde olan HMF'dir [36]. Bu çalışmada S1 numunesi için hesaplanan HMF değeri 10.62 mg/kg olarak belirlenmiştir. Yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen ısıl işlemlerde ve asidik ortamlarda 5C ve 6C'lu şekerlerin monomerlerine parçalanması HMF oluşumununda başlıca nedenlerdir. Bu reaksiyon 120°C'den yüksek sıcaklıklarda ve pH'ın 3'den küçük ve 9'dan büyük olduğu durumlarda hızlanmaktadır (Karamelizasyon durumu) [37]. Sumak ekşisinin HMF içeriği ile ilgili tam bir veri bulunmamaktadır.

Glukoz, fruktoz ve sakkaroz sumak bitkisinin farklı organlarında bulunan ana karbonhidratlardır. Bu çalışmada Çizelge 1'de görüldüğü gibi S1 numunesindeki fruktoz glukoz ve sakkaroz miktarları sırasıyla %1,02, %0,89 ve %0,82 olarak belirlenmiştir. Farklı çalışmalarda [38, 39] sumağın meyvesindeki karbonhidratların miktarları incelendiğinde glukoz miktarı 0-0,75, fruktoz miktarı 0-1,93 ve sakkaroz miktarı 1,41-5,85 aralığında olduğu görülmüştür [39]. Bu çalışmada elde edilen şeker miktarlarıyla bizim çalışmamızda elde edilen değerlerin paralellik gösterdiği görülmektedir.

### 3.2. Numune İçeriğinin LC-MS/MS Sonuçları

Özelleşmiş metabolitler olarak da bilinen fitokimyasal bileşikler, bitkilerde çeşitli kimyasal yapı ve konsantrasyonlarda bulunurlar. Bu bileşik grubunda, en büyük bileşik sınıfını fenolikler oluşturmaktadır. Bu çalışmada, LC-MS/MS analitik tekniği incelenen numunede bir dizi fenolik (flavonoidler, fenolik asitler), organik asitler ve bazı polisakkaritler olmak üzere fitokimyasal bileşikler içerdiğini ortaya koyulmuştur. Çizelge 2'de LC-MS/MS ile ortaya çıkarılan baskın fenolik bileşikleri göstermektedir. 15 sumak meyvesi genotipi kullanılarak yapılan benzer bir araştırmada, toplam fenolik madde içeriğinin kuru ağırlık bazında 36,8 mg GAE/g ile 58,46 mg GAE/g arasında değiştiği belirtilmiştir [39].

**Çizelge 2. S1 numunesinin fenolik bileşiklerinin kantitatif sonuçları**

| | | Miktar (mg analit/g ekstrakt) |
|---|---|---|
| 1 | **Kinik asit** | **3.49** |
| 2 | **Fumarik asit** | **0.80** |
| 3 | Akonitik asit | N.D. |
| 4 | **Gallik asit** | **2.89** |
| 5 | Epigallokateşin | N.D. |
| 6 | Protokatekuik asit | N.D. |
| 7 | Kateşin | N.D. |
| 8 | Gentisik asit | N.D. |
| 9 | **Klorojenik asit** | **0.03** |
| 10 | Protokatekuik aldehit | N.D. |
| 11 | **Tanik asit** | **10.33** |
| 12 | Epigallokatekin galat | N.D. |
| 13 | Sinarin | N.D. |
| 14 | 4-OH Benzoik asit | N.D. |
| 15 | **Epikateşin** | **1.30** |
| 16 | **Vanilik asit** | **0.02** |
| 17 | **Kafeik asit** | **0.02** |
| 18 | Sirinik asit | N.D. |
| 19 | Vanilin | N.D. |
| 20 | Sirinik aldehit | N.D. |
| 21 | Daidzin | N.D. |
| 22 | Epikateşin galat | N.D. |
| 23 | Piceid | N.D. |
| 24 | **p-Kumarik asit** | **0.01** |
| 25 | Ferulik asit | N.D. |
| 26 | Sinapik asit | N.D. |
| 27 | Kumarin | N.D. |
| 28 | Salisilik asit | N.D. |
| 29 | Cyranosid | N.D. |
| 30 | Miquelianin | N.D. |
| 31 | Rutin-D3-IS | N.A. |
| 32 | Rutin | N.D. |
| 33 | İzokersitrin | N.D. |
| 34 | Hesperidin | N.D. |
| 35 | o-Kumarik asit | N.D. |
| 36 | Genistin | N.D. |
| 37 | Rosmarinik asit | N.D. |
| 38 | Ellagik asit | N.D. |
| 39 | Kozmosin | N.D. |
| 40 | **Kuersitrin** | **0.05** |
| 41 | Astragalin | N.D. |
| 42 | Nikotiflorin | N.D. |

| | | |
|---|---|---|
| 43 | Fisetin | N.D. |
| 44 | Daidzein | N.D. |
| 45 | **Kuersetin** | **2.9** |
| 46 | Naringenin | N.D. |
| 47 | Hesperetin | N.D. |
| 48 | Luteolin | N.D. |
| 49 | Genistein | N.D. |
| 50 | Kaempferol | N.D. |
| 51 | Apigenin | N.D. |
| 52 | Amentoflavon | N.D. |
| 53 | Krizin | N.D. |
| 54 | Akasetin | N.D. |

**N.D.:** Tespit Edilmedi

Çizelge 2'den görüldüğü gibi S1 numunesinde bulunan başlıca fenolik bileşikler tanik asit (10,33), kinik asit (3,49), kuersetin (2,9), gallik asit (2,89), epikateşin (1,3) ve fumarik asit (0,80) (mg analit/g ekstrakt) olarak belirlenmiştir. Bir çalışmada sumak bitkisinin farklı ekstraktlarında çeşitli konsantrasyonlarda gallik asit, vanilik asit, benzoik asit ve protokatekuik asit olmak üzere dört fenolik asit rapor edilmiş ve sumakta gallik asidin öne çıkan bileşen olduğu ifade edilmiştir [40, 41]. Bu sonuçlar bizim çalışmada incelenen S1 numunesinin LC-MS/MS sonuçlarını desteklemektedir. Bununla birlikte, sumak bitkisinin incelenen organına (yaprak ve meyve gibi) göre de bu içerikler değişebilmektedir. Örneğin, Perna vd. [42] tarafından sumak üzerinde yapılan bir başka çalışmada, gallik asit (924,36 µg/g), rosemarinik asit (217,02 µg/g), klorojenik asit (21, 22 µg/g), vanilik asit (22,27 µg/g), p-kumarik asit (9,57 µg/g), siring asit (10,42 µg/g), kafeik asit (8,63 µg/g) tespit edilmiş ve sumak yaprakları ekstraktında miktarları belirlenmiştir. Bu bileşikler, antioksidan, enflamatuar ve anti-mikrobiyal özellikleri nedeniyle sağlık yararları ile ilişkilendirilmiştir.

Sumak, ekşi tadından sorumlu olan fumarik, sitrik, tartarik ve malik asitler gibi çeşitli organik asitlerden oluşur. Sumak ayrıca gallik, ferulik, gentisik, p-kumarik, klorojenik, kafeik, sinnamik, vanilik, p-hidroksibenzoik, anisik, sinapik gibi fenolik asitler bakımından oldukça zengindir. Ayrıca, siringik ve benzoik asitler ve siringaldehit, vanilin, kaempferol, pirogallol, epikateşin, taksifolin, kuersetin, izorhamnetin, apigenin ve kateşin gibi birçok flavonoid bileşik açısından da zengindir [43]. Sumağın fenolik içeriği meyve olgunlaştıkça artar. Olgunlaşmış meyvenin kırmızı rengi, yüksek antosiyanidin içeriğini yansıtır [44]. Bu durumda sumağın bir gıda baharatı olarak, sağlık, beslenme ve farmakoloji alanlarındaki eski ve mevcut uygulamalarını açıklamaktadır [5].

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Sumak, birçok geleneksel yemeğe kendine özgü bir tat katan besleyici bir baharattır. Çeşitli sağlık yararları nedeniyle birçok sağlık sorununa karşı güçlü bir ilaç olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca, gıda endüstrisinde uygulanan ve birçok gıda maddesinin kalitesini artıran çok yönlü bir bileşen olarak kabul edilir. Sumağın biyoaktif ve fitokimyasal içeriğindeki büyük çeşitlilik nedeniyle, sumak çok çeşitli nutrasötik ve farmakolojik faydalara sahiptir. Bu da

sumağı sağlıklı yaşama katkıda bulunabilecek zengin bir fonksiyonel gıda haline getirmektedir. Buna ek olarak, sumak ile ilişkili sağlığı geliştirici faydalar, farklı ticari ürünlerdeki uygulamalarını potansiyel olarak artırabilir. Bu bilgiler doğrultusunda bu çalışmada sumağın meyvesinden sumak ekşisi elde edilmiştir. Elde edilen ürünün genel olarak gıda amaçlı kullanılabilirliği farklı fizikokimyasal analizlerle test adilmiş ve ayrıca içeriği LC-MS/MS ile ortaya çıkarılmıştır. Analizler sonucunda çalışmada üretilen ürünün gıda maddesi olabilecek potansiyele sahip olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, ileri *in-vivo* ve *in-vitro* deneyler yoluyla gıda maddesi olarak kullanımını ortaya koymak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

## KAYNAKÇA

[1] El-Sayed, S. M., & Youssef, A. M. (2019). Potential application of herbs and spices and their effects in functional dairy products. *Heliyon*, *5*(6).

[2] Batiha, G. E. S., Ogunyemi, O. M., Shaheen, H. M., Kutu, F. R., Olaiya, C. O., Sabatier, J. M., & De Waard, M. (2022). Rhus coriaria L.(Sumac), a versatile and resourceful food spice with cornucopia of polyphenols. *Molecules*, *27*(16), 5179.

[3] Abraham, A. M., Quintero, C., Carrillo-Hormaza, L., Osorio, E., & Keck, C. M. (2021). Production and characterization of sumac PlantCrystals: Influence of high-pressure homogenization on antioxidant activity of sumac (Rhus coriaria L.). *Plants*, *10*(6), 1051.

[4] Nasar-Abbas, S. M., & Halkman, A. K. (2004). Antimicrobial effect of water extract of sumac (Rhus coriaria L.) on the growth of some food borne bacteria including pathogens. *International journal of food microbiology*, *97*(1), 63-69.

[5] Abu-Reidah, I. M., Ali-Shtayeh, M. S., Jamous, R. M., Arráez-Román, D., & Segura-Carretero, A. (2015). HPLC–DAD–ESI-MS/MS screening of bioactive components from Rhus coriaria L.(Sumac) fruits. *Food chemistry*, *166*, 179-191.

[6] Dell Aquila, G. (2013). *Bazı Türk baharat çeşitlerinin antimikrobiyal ve antioksidan aktivitelerinin değerlendirilmesi* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

[7] Chakraborty, A., Ferk, F., Simić, T., Brantner, A., Dušinská, M., Kundi, M., ... & Knasmüller, S. (2009). DNA-protective effects of sumach (Rhus coriaria L.), a common spice: results of human and animal studies. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, *661*(1-2), 10-17.

[8] Heydari, M., Hashempur, M. H., Daneshfard, B., & Mosavat, S. H. (2019). Bioactive foods as dietary intervention for diabetes from the perspective of Persian medicine. In *Bioactive Food as Dietary Interventions for Diabetes* (pp. 49-68). Academic Press

[9] Abu-Reidah, I. M., Jamous, R. M., & Ali-Shtayeh, M. S. (2014). Phytochemistry, pharmacological properties and industrial applications of Rhus coriaria L.(sumac), 12-1, (1573) 147.

[10] Khoshkharam, M., Shahrajabian, M. H., Sun, W. L., & Cheng, Q. (2020). Sumac (Rhus coriaria L.) a spice and medicinal plant-a mini review.

[11] Moerman, D. E. (1998). Native American Ethnobotany.

[12] Mohammadi, S., Kouhsari, S. M., & Feshani, A. M. (2010). Antidiabetic properties of the ethanolic extract of Rhus coriaria fruits in rats. *Daru: journal of Faculty of Pharmacy, Tehran University of Medical Sciences*, *18*(4), 270.

[13] Abdul-Jalil, T. Z. (2020). Rhus coriaria (Sumac): a magical spice. *Herbs and Spices*, *39*.
[14] Kazemi, S., Shidfar, F., Ehsani, S., Adibi, P., Janani, L., & Eslami, O. (2020). The effects of sumac (Rhus coriaria L.) powder supplementation in patients with non-alcoholic fatty liver disease: A randomized controlled trial. *Complementary therapies in clinical practice*, *41*, 101259.
[15] Janbaz, K. H., Shabbir, A., Mehmood, H., & Gilani, A. H. (2014). Pharmacological basis for the medicinal use of Rhus coriaria in hyperactive gut disorders. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, *9*(4), 636.
[16] Hariri, N., Darafshi Ghahroudi, S., Jahangiri, S., Borumandnia, N., Narmaki, E., & Saidpour, A. (2020). The beneficial effects of sumac (Rhus coriaria L.) supplementation along with restricted calorie diet on anthropometric indices, oxidative stress, and inflammation in overweight or obese women with depression: a randomized clinical trial. *Phytotherapy Research*, *34*(11), 3041-3051.
[17] Alsamri, H., Athamneh, K., Pintus, G., Eid, A. H., & Iratni, R. (2021). Pharmacological and antioxidant activities of Rhus coriaria L.(Sumac). *Antioxidants*, *10*(1), 73.
[18] Gabr, S. A., & Alghadir, A. H. (2019). Evaluation of the biological effects of lyophilized hydrophilic extract of Rhus coriaria on myeloperoxidase (MPO) activity, wound healing, and microbial infections of skin wound tissues. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, *2019*(1), 5861537.
[19] Özcan, M. (2003). Effect of sumach (Rhus coriaria L.) extracts on the oxidative stability of peanut oil. *Journal of medicinal food*, *6*(1), 63-66.
[20] Ghane, M., Babaeekhou, L., & Shams, M. (2022). Antimicrobial activity of Rhus Coriaria L. and Salvia Urmiensis bunge against some food-borne pathogens and identification of active components using molecular networking and docking analyses. *Food Science and Technology*, *42*, e08221.
[21] Dabas, D. (2016). Polyphenols as colorants. *Adv. Food Technol. Nutr. Sci. Open J*, S1-S6.
[22] Taddeo, V. A., Genovese, S., de Medina, P., Palmisano, R., Epifano, F., & Fiorito, S. (2017). Quantification of biologically active O-prenylated and unprenylated phenylpropanoids in dill (Anethum graveolens), anise (Pimpinella anisum), and wild celery (Angelica archangelica). *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *134*, 319-324.
[23] Wang, Q., Kuang, Y., Song, W., Qian, Y., Qiao, X., Guo, D. A., & Ye, M. (2017). Permeability through the Caco-2 cell monolayer of 42 bioactive compounds in the TCM formula Gegen-Qinlian Decoction by liquid chromatography tandem mass spectrometry analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *146*, 206-213.
[24] Song, Y., Zhang, N., Shi, S., Li, J., Zhang, Q., Zhao, Y., ... & Tu, P. (2015). Large-scale qualitative and quantitative characterization of components in Shenfu injection by integrating hydrophilic interaction chromatography, reversed phase liquid chromatography, and tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, *1407*, 106-118.
[25] TS 545, (2020). Türk Standartlar Enstitüsü Yalnız Volumetrik Analizlerde Kullanılan Genel Ayarlı Çözeltilerin Hazırlanma Metodları Tebliği. Ankara: Türk Standartlar Enstitüsü.
[26] TS 1466, Türk Standartlar Enstitüsü Domates Salçası ve Domates Püresini Tebliği. Ankara: Türk Standartlar Enstitüsü.

[27] TS 1728 ISO 1842, (2001). Meyve ve Sebze Ürünleri- pH Tayini, Türk Standartları Enstitüsü
[28] TS 1125, (2002). Meyve Ve Sebze Ürünleri- Titrasyon asitliği tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
[29] Baltacı, C. ve Aksit, Z. (2016). Validation of HPLC method for the determination of 5-hydroxymethylfurfural in Pestil, Kome, Jam, Marmalade and Pekmez. *Hittite J Sci Eng*, 3(2):91–97
[30] IHC, (2009). International Honey Comission, 2009 (http://www.ihc-platform.net/ihcmethods2009.pdf)
[31] Wojdyło, A., Teleszko, M., & Oszmiański, J. (2014). Physicochemical characterisation of quince fruits for industrial use: Yield, turbidity, viscosity and colour properties of juices. *International Journal of Food Science & Technology*, *49*(8), 1818-1824.
[32] Li, X., Cheng, X., Yang, J., Wang, X., & Lü, X. (2022). Unraveling the difference in physicochemical properties, sensory, and volatile profiles of dry chili sauce and traditional fresh dry chili sauce fermented by Lactobacillus plantarum PC8 using electronic nose and HS-SPME-GC-MS. *Food Bioscience*, *50*, 102057.
[33] Tyl, C., Sadler, G.D. (2017). pH and Titratable Acidity. In: Nielsen, S.S. (eds) Food Analysis. Food Science Text Series. Springer, Cham.
[34] Gundewadi, G., Reddy, V. R., & Bhimappa, B. B. (2018). Physiological and biochemical basis of fruit development and ripening-a review. *Journal of Hill Agriculture*, *9*(1), 7-21.
[35] Zannou, O., Oussou, K. F., Chabi, I. B., Alamou, F., Awad, N. M., Miassi, Y. E., ... & Ibrahim, S. A. (2025). Phytochemical and nutritional properties of sumac (Rhus coriaria): a potential ingredient for developing functional foods. *Journal of Future Foods*, *5*(1), 21-35.
[36] Oğul, T. E., Belbez, E., Keyik, Ş., Ercioğlu, E., & Dayioğlugil, Z. (2019). Ultrasound Applications for Surface Cleaning In Dairy Industry. In *1 st International/11 th National Food Engineering Congress* (p. 106).
[37] Gül, A. (2023). Glukonik Asit ve 5-Hidroksimetil Furfuralın Eş Zamanlı Olarak Üretilmesi. Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, ELAZIĞ.
[38] Ferk, F., Chakraborty, A., Simic, T., Kundi, M., & Knasmüller, S. (2007). Antioxidant and free radical scavenging activities of sumac (Rhus coriaria) and identification of gallic acid as its active principle. *BMC Pharmacology*, *7*(Suppl 2), A71.
[39] Özcan, A., Susluoglu, Z., Nogay, G., Ergun, M., & Sutyemez, M. (2021). Phytochemical characterization of some sumac (Rhus coriaria L.) genotypes from southern part of turkey. *Food Chemistry*, *358*, 129779.
[40] Kosar, M., Bozan, B., Temelli, F., & Baser, K. H. C. (2007). Antioxidant activity and phenolic composition of sumac (Rhus coriaria L.) extracts. *Food chemistry*, *103*(3), 952-959.
[41] Bozan, B., Kosar, M., Tunalier, Z., Ozturk, N., & Baser, K. H. C. (2003). Antioxidant and free radical scavenging activities of Rhus coriaria and Cinnamomum cassia extracts. *Acta Alimentaria*, *32*(1), 53-61.
[42] Perna, A., Simonetti, A., Grassi, G., & Gambacorta, E. (2018). Effect of αS1-casein genotype on phenolic compounds and antioxidant activity in goat milk yogurt fortified with Rhus coriaria leaf powder. *Journal of dairy science*, *101*(9), 7691-7701.

[43] Shahrajabian, M. H., & Wenli, S. U. N. (2022). Using sumac (Rhus coriaria L.), as a miraculous spice with outstanding pharmacological activities. *Notulae Scientia Biologicae*, *14*(1), 11118-11118.

[44] Wang, S., & Zhu, F. (2017). Chemical composition and biological activity of staghorn sumac (Rhus typhina). *Food chemistry*, *237*, 431-443.

# ATIK SULARDAN İZOLE EDİLEN *PSEUDOMONAS* TÜRLERİNİN ANTİBİYOTİK DİRENÇ DURUMLARININ İNCELENMESİ

**Doktor Öğretim Üyesi Nilgün POYRAZ**

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

nilgun.kavak@dpu.edu.tr, ORCID NO: 0000-0002-5861-7922

**Suat SEZEN**

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü

suatsezen93@gmail.com, ORCID NO: 0000-0002-5901-5747

## ÖZET

Bu çalışmada, kültüre alınmış *Pseudomonas* türlerinin antimikrobiyal duyarlılığı, atık su arıtma tesislerinin çeşitli ünitelerinden örnek alınarak incelenmiştir. Duyarlılık, 8 antimikrobiyale karşı test edilmiştir. Çoklu ilaç direnci (MDR) halk sağlığı için ciddi bir tehdittir. Bu nedenle bu çalışma, atık su örneklerinden izole edilen *Pseudomonas* türlerindeki çoklu antibiyotik direnç varlığının bulunup bulunmadığını belirlemek için gerçekleştirilmiştir. Atık su örnekleri farklı noktalardan toplanmıştır ve *Pseudomonas* türlerinin izolasyonu standart yayma plak yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İzolatlar standart biyokimyasal ve moleküler testler kullanılarak tanımlanırken, antibiyotik duyarlılık testi disk difüzyon yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Toplam 37 *Pseudomonas* türü izole edilmiş ve 17 adet izolatta direnç durumu saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Atık su, Çoklu ilaç direnci (MDR), *Pseudomonas* türleri, Antimikrobiyal duyarlılık

## ABSTRACT

In this study, the antimicrobial susceptibility of cultured *Pseudomonas* species was investigated by taking samples from various units of wastewater treatment plants. Susceptibility was tested against eight antimicrobials. Multidrug resistance (MDR) is a serious threat to public health. Therefore, this study was conducted to determine the presence of multiple antibiotic resistances in *Pseudomonas* species isolated from wastewater samples. Wastewater samples were collected from different points, and *Pseudomonas* species were isolated using the standard spread plate method. Isolates were identified using standard biochemical and molecular tests, while the antibiotic susceptibility test was performed using the disk diffusion method. Thirty-seven *Pseudomonas* species were isolated, and the resistance status was determined for 17 isolates.

**Keywords:** Wastewater, Multidrug resistance (MDR), *Pseudomonas* species, antimicrobial susceptibility

## 1. GİRİŞ

Tüm dünyada çoklu ilaç direnci giderek artmakta ve bu durum halk sağlığını tehdit eden bir durum olarak değerlendirilmektedir (Reem ve ark.,2024). Antibiyotik dirençli bakterilerin veya antibiyotik dirençli genlerin (ARB, ARG) ortaya çıkışı ve yayılması pek çok soruna yol açmakta ve su ekosistemleri bu mikro kirleticiler için tanınan bir rezervuar haline gelmektedir (Baghal Asghari ve ark.,2021).

Ancak çevresel antibiyotik direnci üzerine yapılan çoğu çalışma, *Escherichia coli, Enterococci, Aeromonas spp.* ve *Campylobacter* gibi enterik patojenlere odaklanmıştır. Ortamlardaki antibiyotik dirençli bakteriler plazmidler, transpozonlar ve integronlar gibi hareketli genetik elemanlar aracılığıyla yatay gen transferi yoluyla antibiyotik dirençli genlerin insan ve hayvan patojenlerine yayılmasını özellikle de atık su arıtma sistemlerinde sürdürebilirler (Igbinosa ve ark.,2012).

Atık su, bol miktarda besin, yüksek mikrobiyal konsantrasyon ve bakteriler arasında yakın etkileşim sunarak, bakteri toplulukları arasında antibiyotik dirençli genlerin transferini kolaylaştırabilir (Manaia ve ark. 2018). Belediye atık su arıtma tesislerinden deşarj edilen son atık sular, bazen ham atık sudan daha yüksek yüzdelerde antibiyotik dirençli bakteriler içerir. Halk sağlığı için endişelenilen en büyük korku, çevresel bakteriler ve insan patojenleri arasında direnç genlerinin transferidir (Roulová ve ark.,2022).

Zorlu çevresel koşullara (oksidatif, besinsel ve diğer stresler) hızlı büyüme ve uyum sağlama yeteneği nedeniyle, *Pseudomonas* üyeleri, çeşitli doğal (örneğin toprak, su), klinik ve yapay nişlerden izole edilmiş en çeşitli ve yaygın gruplardan biri olarak kabul edilir. *P. aeruginosa* nadiren toplum kaynaklı enfeksiyonlarla ilişkilendirilir ancak özellikle bağışıklık sistemi zayıf ve bağışıklık sistemi yeterli konakçılarla ilişkili en yaygın hastane patojenlerinden biri olarak kabul edilmiştir (Livermore 2002). Pseudomonas spp.'nin diğer üyeleri de patojen veya fırsatçı patojen olarak kabul edilir. Bitkileri (örn. *Pseudomonas syringae, Pseudomonas savastanoi* ve *Pseudomonas pseudoalcaligenes*) ve ayrıca insanları ve hayvanları (örn. *P. aeruginosa, Pseudomonas fluorescens, Pseudomonas putida, Pseudomonas stutzeri, Pseudomonas anguilliseptica*) enfekte edebilirler (Peix ve ark. 2009). *Pseudomonas aeruginosa* içme suyu da dahil olmak çok üzere çeşitli su kaynaklarında kontaminasyona neden olan bir bakteridir. Yapılan çalışmalarda *Pseudomonas putida* ve *floresans* türleri de karakterize edilmiştir (Reem ve ark.,2024).

Bu nedenle bu çalışmada, *Pseudomonas* cinsinin üyeleri bir atık su arıtma tesisinin suyundan izole edilmiştir. Tanımlanan türler üzerine antimikrobiyal duyarlılık testi gerçekleştirilerek Pseudomonasların atıksulardan çoklu antibiyotik direnç genlerini yayma olasılığı değerlendirilmiştir.

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

### 2.1. Örneklerin Toplanması

Çalışmada kullanılan su ve çamur numuneleri belediye atıksu arıtma tesislerinin farklı bölgelerinden ve çeşitli ünitelerinden steril numune kaplarına alınmıştır. Örnekler alınır alınmaz 1 saat içerisinde laboratuvara getirilmiştir ve uygun koşullarda muhafaza edilmiştir.



**Görsel 1. Örnekleme yapılan bazı noktalar**

## 2.2. İzolasyon

Örneklerden mikroorganizmaları kültüre edebilmek için NA/PCA/Cetrimide Agar besiyeri kullanılmıştır. Belirtilen besiyerlerine yayma plak yöntemi ile 0,1 ml inokülasyon yapılmıştır. Gelişen koloniler seçilerek çizgi ekim yöntemiyle saflaştırılmış ve ileri testler için gliserol stokları halinde muhafaza edilmiştir.

## 2.3.İzolatlardan DNA Ekstraksiyonu

Çalışmada elde edilen izolatlardan DNA elde etmek için kaynatma metodu uygulanmıştır. Saf kültürlerden koloniler alınarak steril distile su içinde karıştırılmış ve hücrelerin lize olmasını sağlamak amacıyla kaynatma yapılmıştır. Kaynatma işlemi sonrası 10000 rpm'de santrifüj yapılmış ve süpernatant PCR reaksiyonları için kalıp DNA olarak kullanılmıştır. DNA konsantrasyonu ve saflığı yaklaşık 2 µL örnek ile bir NanoDrop spektrofotometresi kullanılarak belirlenmiştir (NanoDrop spektrofotometre, Thermo Scientific).

## 2.4. PCR ile 16S r RNA Geninin Çoğaltılması

Farklı morfolojilerdeki izolatlardan kalıp DNA elde edildikten sonra bakteriler için spesifik evrensel primerler kullanılarak PCR için reaksiyon karışımı hazırlanmıştır. PCR reaksiyon karışımı için 27F ileri yönlü primer, 1492 R ise geri yönlü primer, kalıp DNA ve ticari 2X Master Mix kullanılmıştır. Reaksiyonlar 16S rRNA hedef bölgesinin çoğaltılması amacıyla termal döngüye tabii tutulmuş ve bağlanma sıcaklığı 50°C'ye ayarlanmıştır.

Termal döngü tamamlanınca izolatların DNA'sından 1500 bç büyüklüğündeki 16S rRNA bölgesine ait ürün eldesi hedeflenmiştir. PCR ürünleri, SYBR® Safe Stain ve DNA moleküler ağırlık belirteci içeren agaroz elektroforezi ile incelenmiştir. Jeller bir UV transillüminatörde görüntülenmiş ve 1500 bç ürün boyutu varlığı belirlenmiştir.

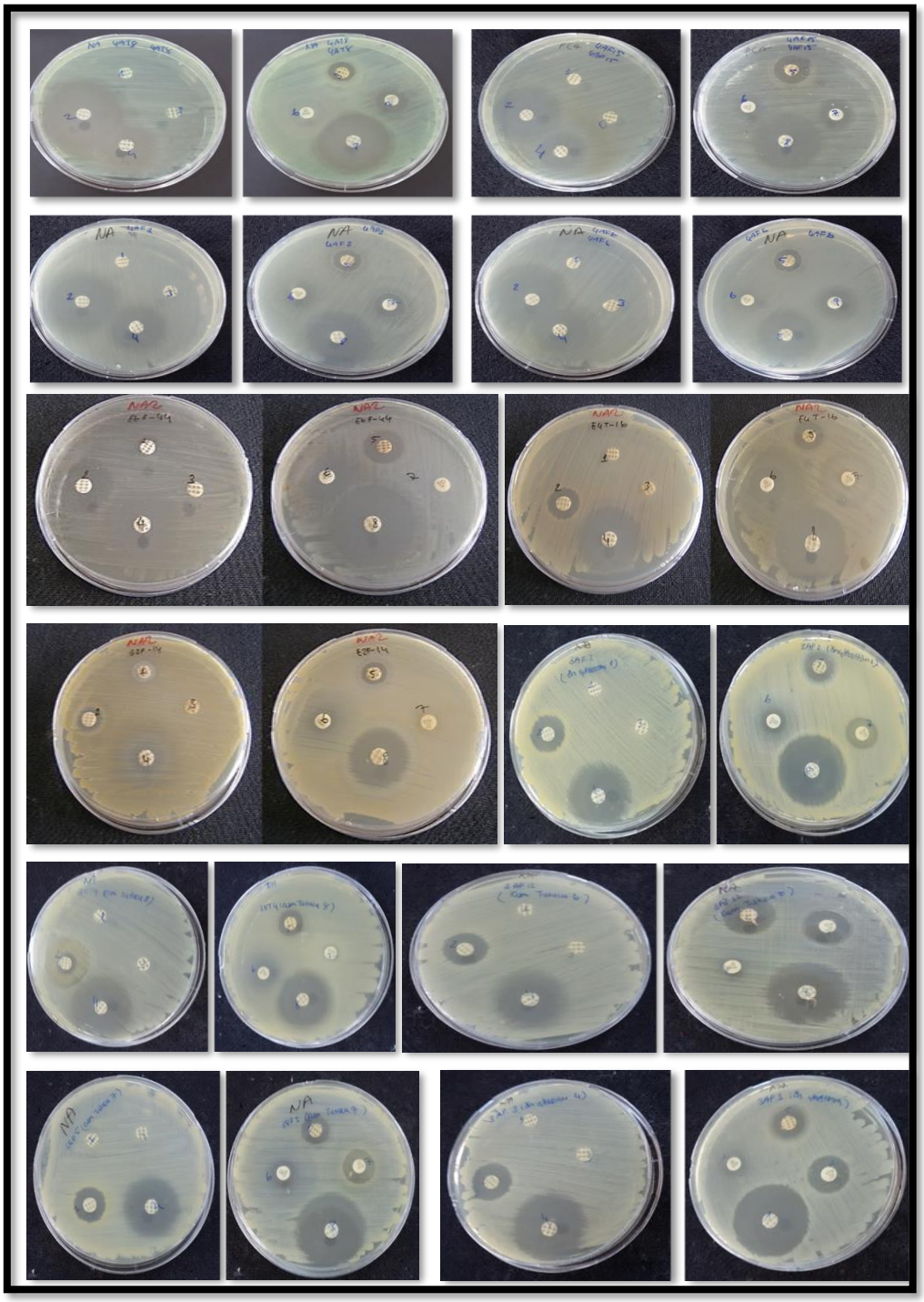
Dizileme öncesi yüksek saflıkta ve kaliteli PCR ürününe ihtiyaç duyulduğundan ticari saflaştırma kiti kullanılarak ürün kalitesi iyileştirilmiş ve örnekler 27F, 907R ve 1492R primerleri ile dizi analizine gönderilmiştir. PCR ürünlerinin baz diziliminin belirlenmesinde BM Yazılım Danış. ve Lab. Sis. Ltd. Sti. (BMLabosis) 'den hizmet alımı yapılmıştır.

## 2.5. Antibiyotik Duyarlılığının Belirlenmesi

Dizi analizinde belirlenen izolatların antimikrobiyal duyarlılık profillerini belirlemek için Avrupa Antimikrobiyal Duyarlılık Testi Komitesi'nin (EUCAST) önerilerine göre standart bir disk difüzyon yöntemi kullanılmıştır. 0,5 McFarland bulanıklık standardına göre standardize edilmiş izolatların 24 saatlik saf kültürü, standart operasyonel prosedüre göre agar besiyerine inoküle edilmiştir ve inkübasyon 35±2 °C'de 18±2 saat boyunca gerçekleştirilmiştir. İnhibisyon zonları, güncel EUCAST, CLSI ve FDA tablolarına göre yorumlanmıştır. Çalışma için 1.Piperacillin, 2.Gentamisin, 3.Metisilin, 4.Aztreonam, 5.Rifampicin, 6.Florfenikol, 7.Ertapenem ve 8.Ofloxacin kullanılmıştır.

## 3. BULGULAR

10 örnekten 95 adet izolat dizilenmiş ve *Pseudomonas* türlerine benzerlik gösteren 37 izolat antimikrobiyal aktivite için taranmıştır ve antibiyotik dirençli olan 17 izolat belirlenmiştir (R:Resistant ND:Not determined). EUCAST, CLSI ve FDA tablolarına göre yapılan değerlendirmeler sonucu Piperacillin,gentamisin ve ertapeneme dirençli suşlar belirlenmiştir.



**Görsel 2. Disk difüzyon zonlarına ait bazı petriler**

**Çizelge 1. Antimikrobiyal aktivite sonuçları**

| Antibiotik-zonlar (mm) | | | | | | | | Tür-Benzerlik Oranı |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R | 25 | ND | 28 | 18 | 20 | R | 31 | F44-Pseudomonas sp. EGD-AKN5 16S ribosomal RNA gene, partial sequence-%99 (1298/1299) |
| R | 19 | ND | 26 | 16 | 16 | 25 | 29 | T16-Pseudomonas sp. 38M1 FL01 16S ribosomal RNA gene, partial sequence-%99 (1337/1341) |
| R | R | ND | 29 | 11 | 20 | R | 20 | F14-Pseudomonas denitrificans strain H35C 16S ribosomal RNA gene, partial sequence-962/994(97%) |
| R | R | 17 | 20 | 15 | 13 | R | 26 | F21-Pseudomonas aeruginosa strain ARa 16S ribosomal RNA gene, partial sequence-864/881(97%) |
| R | 17 | ND | 32 | 15 | 11 | R | 40 | F14-Pseudomonas sp. NBUS11 16S ribosomal RNA gene, partial sequence-843/846(99%) |
| R | R | ND | R | 9 | R | R | 30 | F2-Pseudomonas nitroreducens strain TERI BD 16S ribosomal RNA gene, partial sequence-817/821(99%) |
| R | 17 | ND | 30 | 18 | 10 | 15 | 30 | F2-Pseudomonas denitrificans strain H38A 16S ribosomal RNA gene, partial sequence-790/798(99%) |
| R | R | ND | 32 | 13 | 12 | 6 | 29 | T4-Pseudomonas otitidis gene for 16S ribosomal RNA, partial sequence, strain: 81f-872/887(98%) |
| R | R | ND | 25 | 14 | 12 | 16 | 32 | F5-Pseudomonas citronellolis strain SJTE-3, complete genome-864/868(99%) |
| R | 16 | ND | 26 | 20 | 10 | 18 | 30 | F12-Pseudomonas sp. JM1-3 16S ribosomal RNA gene, partial sequence-849/851(99%) |
| R | 32 | ND | 25 | 14 | 10 | 15 | 27 | F9-Pseudomonas denitrificans strain H44B 16S ribosomal RNA gene, partial sequence-1085/1085(100%) |
| R | 32 | ND | 24 | 13 | 9 | 15 | 26 | F6-Pseudomonas sp. NBIWW4 16S ribosomal RNA gene, partial sequence-1028/1061(97%) |
| R | 28 | ND | 23 | 18 | 13 | R | 27 | F31-Pseudomonas citronellolis strain R5-120 16S ribosomal RNA gene, partial sequence-830/848(98%) |
| R | 31 | ND | 29 | 10 | 15 | R | 22 | F24-Pseudomonas sp. FP2-3 16S ribosomal RNA gene, partial sequence-1038/1038(100%) |
| R | R | ND | 21 | 15 | 17 | R | 21 | F13-Pseudomonas sp. enrichment culture clone AD25-2 16S ribosomal RNA gene, partial sequence-1235/1249(99%) |
| R | 27 | ND | 24 | 16 | 11 | 12 | 26 | F15-Pseudomonas citronellolis partial 16S rRNA gene, strain BG 6903-668/684(98%) |
| R | 27 | ND | 22 | 16 | 9 | 11 | 24 | F14-Pseudomonas sp. NBUS7 16S ribosomal RNA gene, partial sequence-1232/1246(99%) |

## 4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada, atık sulardaki kültüre edilebilen *Pseusdomonas* türlerinin antibiyotik direnç profilleri analiz edilmiştir. İncelenen örneklerde dirençli suşlar tespit edilmiştir ve bu suşların atık su sistemi aracılığıyla yayılabileceğinden endişe edilmektedir. Bir çalışmada tüm antimikrobiyallere karşı direnç, tüm örnekleme noktalarında baskın tür olan *Pseudomonas*

*putida* da gösterilmiştir. Diğer türlerde, direnç esas olarak seftazidim, tikarsilin, tikarsilin-klavulanat ve aztreonam'a karşı gözlemlenmiştir, Ancak *Pseudomonas aeruginosa* ve *Pseudomonas fluorescens* gibi bazı izolatların çoklu ilaç direncine sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler, *Pseudomonas spp*. türlerinin geniş bir antibiyotik direnç mekanizması yelpazesine sahip veya bunları edinme yeteneğine sahip olduğunu ve bu nedenle olası direnç genleri kaynağı olarak izlenmesi gerektiğini vurgulamıştır (Luczkiewicz ve ark.,2015). Çalışmamızda da benzer şekilde dirençli *Pseudomonas* türleri belirlenmiş olup, direnç gelişmesi ve yayılmasını önlemek için atık sularda *Pseudomonas* türlerinin de diğer türler gibi izlenmesi gerekliliğini ortaya koymuştur.

## KAYNAKÇA

**1.** Baghal Asghari, F., Dehghani, M. H., Dehghanzadeh, R., Farajzadeh, D., Yaghmaeian, K., Mahvi, A. H., & Rajabi, A. (2021). Antibiotic resistance and antibiotic-resistance genes of Pseudomonas spp. and Escherichia coli isolated from untreated hospital wastewater. Water Science and Technology, 84(1), 172-181.

**2.**Igbinosa, I. H., Nwodo, U. U., Sosa, A., Tom, M., & Okoh, A. I. (2012). Commensal Pseudomonas species isolated from wastewater and freshwater milieus in the Eastern Cape Province, South Africa, as reservoir of antibiotic resistant determinants. International Journal of Environmental Research and Public Health, 9(7), 2537-2549.

**3.**Livermore DM (2002) Multiple mechanisms of antimicrobial resistance in Pseudomonas aeruginosa: our worst nightmare? Clin Infect Dis 34:634–640

**4.**Luczkiewicz, A., Kotlarska, E., Artichowicz, W., Tarasewicz, K., & Fudala-Ksiazek, S. (2015). Antimicrobial resistance of Pseudomonas spp. isolated from wastewater and wastewater-impacted marine coastal zone. Environmental Science and Pollution Research, 22, 19823-19834.

**5.**Peix A, Ramírez-Bahena MH, Velázquez E (2009) Historical evolution and current status of the taxonomy of genus Pseudomonas. Infect Genet Evol 9:1132–1147

**6.**Reem, A., Almansoob, S., Senan, A. M., Raj, A. K., Shah, R., Shrewastwa, M. K., & Kumal, J. P. P. (2024). Pseudomonas aeruginosa and related antibiotic resistance genes as indicators for wastewater treatment. Heliyon.

**7.**Roulová, N., Mot'ková, P., Brožková, I., & Pejchalová, M. (2022). Antibiotic resistance of Pseudomonas aeruginosa isolated from hospital wastewater in the Czech Republic. Journal of Water and Health, 20(4), 692-701.

# 11-12 HAFTALIK MERİNOS KOYUN FETÜSLERİNİN COSTA'LARININ GELİŞİM DURUMU

**Prof. Dr. Şükrü Hakan Atalgın**

Balıkesir Üniversitesi Veteriner Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Çağış Kampüsü Altıeylül Balıkesir
orcid: 0000-0001-9436-6270 sukruhakan@hotmail.com

## Özet

Bu çalışmanın amacı, 11-12 haftalık Merinos koyunu fetüslerinin kaburga kemikleşmesinin ve gelişiminin tespitidir. Kemik gelişimi bazı hastalıklarda önemli bir rol oynar. Kemikleşme noktaları ve kemik boyutları, doğum öncesi büyümenin tahmini ve fetal anormalliklerin saptanması için değerli bilgiler sunar. Çalışmada kullanılan fetüsler, Balıkesir'deki bir mezbahadan temin edilmiştir. Numuneler, Inouye tekniği ile alizarin red ve alcian blue ile muamele edilmiştir. Alizarin red gelişen kaburgalardaki kalsifikasyonu (kemikleşmeyi) tespit için kullanılmış, alcian blue ise kıkırdak gelişimini göstermek amacıyla kullanılmıştır. 11-12 haftalık Merinos koyun fetüsleri temizlenmiş ve bölgesel kaburgalarının incelenmesiyle bu dönemdeki gelişim durumu ortaya konulmuştur. Numuneler, % 10'luk formalde saklanmış, saf su ile yıkandıktan sonra % 95'lik etanol içeren kaplara yerleştirilmiştir. Bu kaplarda 10 gün kalan materyaller saf asetonda 24 saat tutulduktan sonra boyama işlemine hazır hale getirilmiştir. Boyama için 300 mg alcian mavisi ve 100 ml %70'lik etanol ile 100 mg alizarin kırmızısı ve 100 ml %95'lik etanol karıştırılmıştır. Karışıma 100 ml glisial asetik asit ve 1700 ml %70'lik etanol eklenerek çözelti hazırlandı. Bu çözelti içinde, etüvde uygun sıcaklıkta 4 gün bekletilmiştir. İncelemelerde kemikleşmeyi gösteren kırmızı bölge ile kıkırdak dokuyu işaretleyen mavi veya şeffaf alanlar gözlenmiştir. 11-12 haftalık Merinos koyunlarında toplam 13 adet kaburgaya ait kemikleşme merkezlerinin olduğu saptanmıştır. Kaburgaları oluşturan bu merkezlerden hepsinin tek bir kemikleşme merkezinin olduğu belirlendi. Merinos koyunlarındaki bu çalışma ile 11-12 haftalık fetüslerin kaburgalarının kemikleşme durumları ortaya konulmuş, deneysel çalışmalara bir altyapı olması amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Alcian blue, alizarin red, costa, fetüs, merinos koyunu.

## Developmental Status of Ribs of 11-12 Week Old Merino Sheep Fetuses

## Abstract

The aim of this study was to determine rib ossification and development of 11-12 week old Merino sheep fetuses. Bone development plays an important role in some diseases. Ossification points and bone dimensions provide valuable information for the estimation of prenatal growth and detection of fetal abnormalities. The fetuses used in the study were obtained from a slaughterhouse in Balıkesir. Samples were treated with alizarin red and alcian blue using the Inouye technique. Alizarin red was used to detect calcification (ossification) in developing ribs, while alcian blue was used to show cartilage development. 11-12 week old Merino sheep fetuses were cleaned and the developmental status during this period was revealed by examining their regional ribs. Samples were stored in 10% formaldehyde, washed with distilled water and placed in containers containing 95% ethanol. The materials that remained in these containers for 10 days were kept in pure acetone for 24 hours and then made ready for the dyeing process. For dyeing, 300 mg alcian blue and 100 ml 70% ethanol and 100 mg alizarin red and 100 ml

95% ethanol were mixed. The solution was prepared by adding 100 ml glycial acetic acid and 1700 ml 70% ethanol to the mixture. It was kept in the oven at the appropriate temperature for 4 days in this solution. In the examinations, the red area indicating ossification and the blue or transparent areas marking the cartilage tissue were observed. It was determined that there were ossification centers belonging to a total of 13 ribs in 11-12 week old Merino sheep. It was determined that all of these centers forming the ribs had a single ossification center. With this study in Merino sheep, the ossification status of the ribs of 11-12 week old fetuses was revealed and it was aimed to be a basis for experimental studies.

Key words: Alcian blue, alizarin red, costa, fetus, merino sheep.

## Giriş

Thorax, yanlarda kaburgalar, üstte sırt omurları altta da sternum'un birbiriyle eklem yapmak suretiyle meydana getirdikleri oluşumdur. Eklemlerin çokluğu yanında, kaburgaların bir bölümünün de göğüs kemiği gibi spongioz dokudan yapılmış olması, bu kafesin hem esnek hem de hafif olmasına neden olmuştur. Göğüs kafesinin bir girişi bir de çıkışı vardır. Girişine apertura thoracis cranialis denir. Bu giriş, üstte birinci sırt omuru, ön-iki yanda birinci kaburgalar, altta da göğüs kemiğinin manubrium sterni'si tarafından sınırlandırılır. Göğüs kafesinin çıkışına da apertura thoracis caudalis denir. Çıkış, üstte sonuncu sırt omuru, yanlarda arcus costalis ve sonuncu kaburgalar altta da processus xiphoideus tarafından sınırlandırılır. Kaburgalar, göğüs kafesinin yan duvarlarını şekillendirir, kemer tarzında bükülmüş uzun kemiklerdir. Sayıları sırt omurları sayısının iki katı kadardır (Dursun N., 2002). Bir kaburga iki kısımdan oluşur. Birincisi kaburganın büyük kısmını teşkil eden, kemik dokudan oluşan os costale; ikincisi ise kaburganın küçük kısmını teşkil eden kıkırdak dokudan oluşan cartilago costalis'tir. Os costale, iki uç ve iki uç arasında kalan bir gövde kısmından oluşur. İki uçtan birincisi omura yakın olan dorsal uçtur. Bu uca extemitas vertebralis denir. İkincisi ise sternum'a yakın olan ventral uçtur. Bu uca da extremitas sternalis denir. Ventral uçları ile doğrudan sternum'a bağlanan kaburgalara costae verae (sternalis) denir. Kıkırdak kısımları sternum'a ulaşamadığı için, kıkırdak kısımları birbiriyle birleşerek sternum'a bağlanan kaburgalara yalancı kaburga, costae spuriae (asternalis) denir. Birbirleri sadece dayanan asternal cartilago costalis'ler, göğüs kafesini caudalden çepeçevre sınırlayan bir kemer oluştururlar, buna arcus costalis denir. Bazı türlerde (insan ve carnivor) son iki çift kaburga, diğer kaburgalara nazaran çok daha kısadır ve uçları hiçbir yere eklenmeksizin, karın kasları arasında serbest olarak bulunur. Bu tür kaburgalara ise costae fluctuantes denir (Getty 1973).

Os costale'nin extermitas vertebralis'i caput costae, collum costae ve tuberculum costae diye üç oluşum bulundurur. Caput costae: Facies articularis capitis costae cranialis ve caudalis diye iki eklem yüzü taşır. Crista capitis costae denilen bir krista ile birbirinden ayrılmış olan bu iki eklem yüzünden cranial olanı bir önceki sırt omurunun fovea costalis caudalis'ine, caudal olanı ise kaburganın numarasını taşıyan sırt omurunun fovea costalis cranialis'ine eklemleşir. Collum costae, kaburganın boyun kesimidir. Öndeki kaburgalarda uzun olmasına karşın, sonuncu kaburgalara doğru kısalır ve kalınlaşır. Corpus costae kaburganın collum costae'dan sonra geri kalan kısmına denir. Corpus costae'nin collum costae ile birleşiminde tuberculum costae denilen bir çıkıntı bulunur. Üzerine facies articularis tuberculi costae denilen bir eklem yüzü taşır. Bu eklem yüzü kaburga ile aynı numarayı taşıyan sırt omurunun processus transversus'undaki fovea costalis processus transversi ile eklem yapar (Dursun N. 2002; Getty 1973).

Kaburgalar, toraksın temel yapılarıdır ve radyolojik görüntülerin yorumlanmasına yardımcı olan bilgiler sağlarlar. Kaburgaların kesin olarak tanımlanmasına yönelik teknikler, kaburga lezyonlarının saptanmasında ve akciğer lezyonlarının lokalizasyonunda faydalıdır. Büyük kaburga işareti ve dikey yer değiştirme işareti, lateral göğüs radyografilerinde sağ ve sol kaburgaları ayırt etmek için kullanılabilir. Lateral göğüs radyografilerinde kaburga sayımı için sternal açı veya 12. kaburga kullanılabilir. Anatomik kaburga varyantları arasında gelişimsel deformiteler, servikal kaburga ve kısa kaburga bulunur ve gerçek kaburga hastalıklarını taklit edebilir. Huni göğsü (pectus excavatum) ve fıçı biçimli toraks gibi torasik deformitelerin saptanması, toraksın enine görünümü ile kostal şekil arasındaki güçlü korelasyonun farkında olmayı gerektirir. Kaburga kafesinin etrafındaki gölgeler (örneğin, kaburga eşlik eden gölgeler, kaburgaların alt kenarı boyunca keskin çizgiler, kaburganın üstünü örten gölgeler) frontal göğüs radyografilerinde plevral ve ekstraplevral hastalığı taklit edebilir. Yanlış tanıyı önlemek için radyoloğun normal kaburga anatomisi, normal kaburga varyantları ve kaburgaların radyolojik görünümü konusunda bilgi sahibi olması zorunludur (Yasuyuki K. et al.1999). Günümüzde üzerinde çalışılan insan büyüklüğüne yakın evcil memeli hayvanlardan biri de Merinos koyunudur (Şahin F. Atalgın ŞH, 2024).

Kaburgalar için son iki kaburga hariç her biri için dört kemikleşme merkezi vardır. Kaburgaların kemikleşme merkezleri thoracal omurların processus transversus'larının uzantısından gelir ve gebeliğin iki haftası kadar erken bir zamanda ortaya çıkar. Gebeliğin üçüncü haftasının sonunda kaburgalar ikinciden sonuncuya kadar birincil kemikleşme merkezi gösterir. İkinci merkez tuber costa için tasarlanır ve doğumdan iki hafta sonra ortaya çıkar. Tuber costa için üçüncü ve dördüncü merkezler doğumdan bir ay sonra ortaya çıkar. Bu merkezler arasındaki tam kaynaşma üç aylık tavşanda gerçekleşir (Kamal, B. M. et al 2016).

İnsanda, her kaburga dört kemikleşme merkezinden kemikleşmiştir. Son ikisi ise daha farklı sayıda merkeze sahiptir. Corpus costa için bir kemikleşme merkezi, caput costa ve tuberculum costa için birer, toplam iki olmak üzere üç epifiz kemikleşme merkezi vardır. (Louise ve Sue, 2000). İnsanda, ilk kemikleşme merkezleri önce fetal yaşamın 8-9. haftalarında angulus costa'da 5.-7. kaburgalarda gözlenir. (Geddes, 1912; Noback ve Robertson, 1951 ve Ogden, 1979). Kemikleşme merkezleri sağlı sollu olacak şekilde belirir ve ilk kaburganın ilk merkezi sonuncu costa'dan önce gözlenir (Noback ve Robertson, 1951). Gebeliğin üçüncü ayı tamamlandığında, tüm kaburgaların (sonuncusu hariç) tek bir birincil kemikleşme merkezi vardır (Flecker, 1932). Bu nedenle kaburga, karşılık gelen omurundan önce kemikleşmeye başlar.

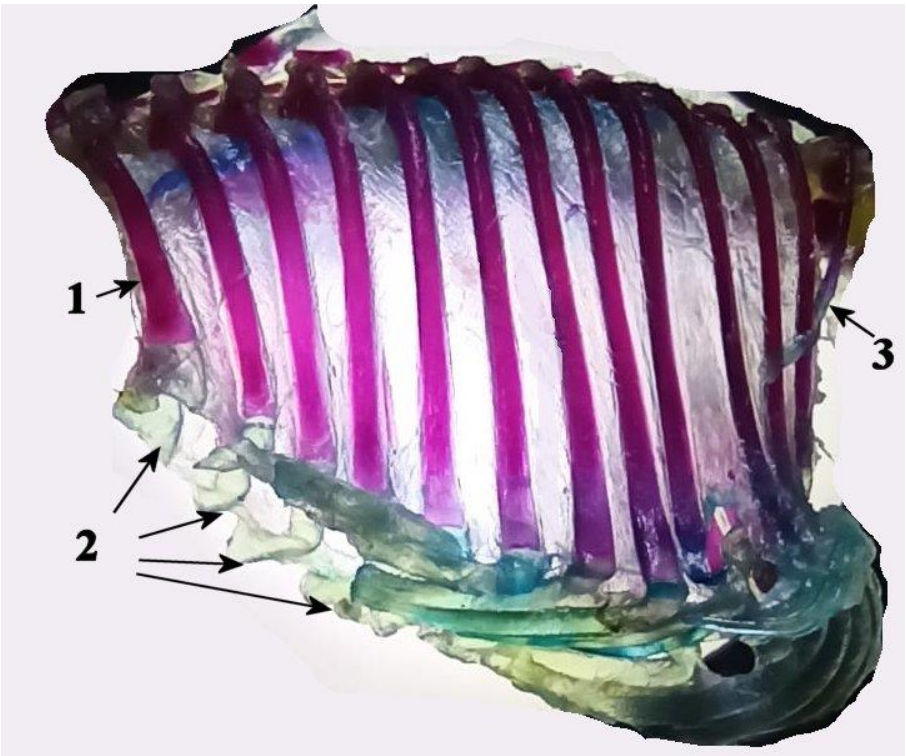
## Materyal Metot

Bu çalışmada 4 adet Merinos fetüsü kullanılmıştır. Hepsi rutin kesimden sonra gebe dişilerin uteruslarından toplandı. Fetüslerin tepe-kuyruk uzunluğu bir kumpasla ölçüldü. Bu uzunluk ile (tepe-kuyruk uzunluğu) bu fetüslerin tahmini yaşının 11-12 haftalık olduğu saptandı. Fetüsler derileri yüzüldükten sonra organları ayrıldı ve daha sonra güçlü boyama sağlayan %90 etil alkolde fiksasyon işlemi yapıldı. Bu kaplarda10 gün bekleyen materyaller saf asetonda 24 saat tutulduktan sonra boyamaya hazır hale getirildi. 300 mg alcian blue ve 100 ml % 70'lik etanol içeren çözelti ile 100 mg alizarin red ve 100 mg % 95'lik etanol içeren çözelti karıştırıldı. Bu karışıma 100 ml glisial asetik asit ile1700 ml % 70'lik etanol eklenerek solüsyon hazırlandı. Bu solüsyon içinde etüvde uygun sıcaklıkta 4 gün bekletilen kemikler etüvden çıkartıldıktan sonra 2 saat boyunca akan suda yıkandı. Yıkamanın ardından kemikler üç gün boyunca % 2'lik KOH

içeren kaplarda bekletildi. Son olarak % 100'lük gliserin çözeltisinde saklandı (Atalgin, S. H., Kurtul, I. 2009; Kurtul et al. 2011). Boyama işlemi bitince materyaller stereomikroskop altında incelendi. Materyallerde kırmızı ve mavi bölümler gözlendi. Kırmızı kısımlar kemikleşmeyi gösterdi. Mavi veya şeffaf kısımlar ise kıkırdak dokuyu gösterdi.

## Bulgular

Alizarin red ve alcian blue ile boyanan materyallerde kırmızı renkli görülen sınırları net bir şekilde mavi veya şeffaf olarak gözlenen kıkırdaktan ayrılan merkezler saptandı (Şekil 1). Bu merkezler bilinen corpus costa görüntüsünü aynen sağladığı görüldü. Bu merkezlerden corpus costa'nın gövdesinin oluştuğu saptandı. Öndeki costaların daha kısa ve kalın olduğu ve arkaya doğru gidildikçe uzunluğun arttığı saptandı. Arkaya doğu gidildikçe costa'ların eninin de azaldığı belirlendi. Proksimal kısımda costa'nın caput costa, tuberulum costa ve collum costa'sında herhangi bir kemiğe ait gelişimi merkezi görülmedi. Bu kısımlar mavi veya şeffaf renkli gözlendi, bu da kıkırdak oluşumunun olduğunu gösterdi. Corpus costa kısmında gelişimine göre uzunluğu değişen kırmızı renkli kemikleşme merkezi saptandı. Distal kısımda ise sternum'la birleşen cartilago costa kısmı saptandı (Şekil 1). Distal bölümdeki kemikleşme merkezinin cartilago costa ile birleştiği kısımda genişleme gösterdiği gözlendi. Erişkin hayvanlarda da gözlenen kıkırdak bölüm olan cartilago costa'nın sternum ile birleştiği saptandı. Erişkin hayvanlarda da kıkırdak olan bu bölümün bu yaştaki hayvanlarda da kıkırdak olduğu belirlendi ve bu bölgede sternum'a ait kemikleşme merkezleri dışında herhangi bir kemikleşme merkezi görülmedi. Son costa'nın (13. costa) oldukça ince şekillendiği saptandı.




Şekil 1. 11-12 Haftalık Merinos Koyun Fetüslerinin costa'larının lateral'den görünüşü, 1.İlk costa'ya ait kemik taslak, 2. Cartilago costa'lar, 3. Son costa'ya ait kemikleşme taslağı

## Sonuç

İnsanda, son ikisi hariç her kaburga dört kemikleşme merkezinden kemikleşmiştir. Gövde için temel bir odak ve caput costa için bir, tuberculum costa için bir, toplam iki olmak üzere üç epifiz odak vardır. (Louise ve Sue, 2000). İnsanda, birincil kemikleşme merkezleri ilk olarak fetal yaşamın 8-9. haftaları arasında angulus costa bölgesinde 5.-7. kaburgalarda belirir (Geddes, 1912; Noback ve Robertson, 1951 ve Ogden, 1979). Kemikleşme merkezleri çift yönlü bir şekilde belirir ve ilk kaburganın birincil merkezi sonuncu costa'dan önce belirir (Noback ve Robertson, 1951). Gebeliğin üçüncü ayının sonunda, tüm kaburgaların (sonuncusu hariç) tek bir birincil kemikleşme merkezi vardır (Flecker, 1932). Bu nedenle kaburga, karşılık gelen omurundan önce kemikleşmeye başlar. Bu çalışmada ise 11-12. haftalardaki gelişim durumu incelenmiştir. Bu dönemde sadece corpus costa'yı oluşturan kemikleşme merkezi gözlenmiştir. Önceki çalışmalarla (Flecker, 1932; Gray, 1918) uyumlu olarak tuberculum costa ve caput costa'da herhangi bir kemikleşme merkezi gözlenmemiştir. Bu dönemde sadece corpus costae kemikleşme merkezine sahiptir. Tavşanlarda yapılan bir çalışmada (Kamal, B. M. et al 2016) gebeliğin dördüncü haftasına doğru costa'lar ikinciden sonuncuya kadar ilk kemikleşme merkezini gösterdiği bildirilmiştir. Tuberculum costa için kemikleşme merkezi postnatal birinci ayın sonunda gözlenmiştir. Çalışmamızda ise tuberculum costa için için herhangi bir merkez gözlenmedi. Bu sonuç zamana bağlı gelişim sürecinde meydana geleceğinden sadece bu zaman aralıklarında bu merkez saptanmamıştır şeklinde yorumlanabilir.

Sonuç olarak, merinos koyunu kaburgalarının bir corpus costa ve proximal'de caput costa, tuberculum costa ve collum costa'ya sahip olmasıyla insan costa'sına nispeten yakın bir anatomik yapıya sahiptir. Deneysel çalışmalar için ulaşılabilir olması ve insana yakın büyüklüğe sahip olması daha karakteristik sonuçlara dair makul bir örnek teşkil etmesi nedeniyle gelişim çalışmalarında ve toksikolojik incelemelerde yararlı olabileceği düşünülmektedir.

## Reference

Atalgin, S. H., & Kürtül, I. (2009). A Morphological Study of Skeletal Development in Turkey During The Pre-Hatching Stage. Anatomia, Histologia, Embryologia, 38(1), 23-30.

Dursun Nejdet, Veteriner Anatomi II Medisan Yayınevi 2002

Flecker H (1932). Roentgenographic Observations of the Times of Appearance of Epiphyses and their Fusion with the Diaphysis. Journal of Anatomy, 67(1): 118-164.

Geddes AC (1912). The Ribs in the Second Month of Development. Journal of Anatomy and Physiology, 47 (1): 18–30.

Gray H, Williams PL and Bannister LH (1995). Gray's anatomy: The Anatomical Basis Of Medicine And Surgery. New York: Churchill-Livingstone.

İbrahim Kürtül, Şükrü Hakan Atalgın, Kadir Aslan, Emine Ümran Bozkurt (2011). Ossification and Growth of the Bones of the Wings and Legs in Prehatching Period of the Hubbert Strain Broiler" Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 15 (6): 869-874.

Kamal, B. M., Rashed, R. F., & Erasha, A. M. (2016). Development of Sternum and Ribs in White New Zealand Rabbit (Oryctolagus cuniculus). World's Veterinary Journal, 6(3), 143-150.

Louise S and Sue B (2000). Developmental Juvenile Osteology. Craig Cunningham. Academic Press, pp, 587.

Noback CR and Robertson GG (1951). Sequences of appearance of ossification centers in the human skeleton during the first five prenatal months. American, 89(1): 1-28.

Ogden JA (1979). Prenatal and postnatal development of the skeleton. In Scientific Bases of Orthopedics. Edited by JA Albright, RA Brand. New York: Appleton Century-Crofts.

Şahin F, Atalgın HŞ (2024) Merinos Koyunlarında Septum İnterventrikülere'nin Arteriyel Vaskülarizasyonu. Turk J Clin Cardiov Perfusion. Nisan;2(1):29-37.

Yasuyuki Kurihara, Yoshiko K. Yakushiji, Junichi Matsumoto, Tohru Ishikawa, and Kazuaki Hirata (1999). RadioGraphics The Ribs: Anatomic and Radiologic Considerations, 19:1, 105-119.

# İNEKLERDE KOLOSTRUM KALİTESİNİ VE VERİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

**Dr. Öğr. Üyesi Buket BOĞA KURU**

Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootekni Anabilim Dalı, Kars, Türkiye
buket_vetfak@hotmail.com - ORCID: 0000-0002-7170-270X

**Doç. Dr. Mushap KURU**

Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Doğum ve Jinekoloji Anabilim Dalı, Kars, Türkiye
mushap.kuru@kafkas.edu.tr – ORCID: 0000-0003-4409-251X

## ÖZET

Bu bildiride, sığırlarda kolostrum kalitesini ve verimini etkileyen biyolojik ve yönetimsel faktörler ele alınmaktadır. Yeni doğan buzağıların bağışıklık sistemi gelişiminde kritik rol oynayan kolostrumun kalitesi, genellikle immunglobulin G (IgG) konsantrasyonuyla değerlendirilmektedir. Ancak, IgG seviyelerinin inekler arasındaki farklılıkları, bu parametrenin tek başına yeterli bir ölçüt olmayabileceğini göstermektedir. Kolostrum kalitesi ve verimi; ırk, laktasyon sayısı, beslenme, mevsim, aşılama, kuru dönem süresi, sağım zamanlaması ve vücut kondisyon skoru gibi faktörlerden etkilenmektedir. Holstein ırkı ineklerin kolostrumunda immunglobulin seviyeleri diğer ırklara göre daha düşük bulunmuş, laktasyon sayısının artışıyla kolostrum kalitesinde genellikle iyileşme gözlenmiştir. Doğum öncesi enerji ve mikro besin takviyeleri, bağışıklık bileşenlerini artırabilirken, mevsimsel sıcaklık stresinin olumsuz etkileri ve kış aylarındaki iyileştirici koşullar vurgulanmıştır. Ayrıca, doğum öncesi aşılama kolostrumun antikor içeriğini artırmakta, kısa kuru dönemlerin ise kolostrum verimini azalttığı gösterilmiştir. Doğumdan sonraki ilk iki saatte yapılan sağımın en yüksek IgG seviyesini sağladığı, düşük vücut kondisyon skorunun kolostrum üretimini artırıcı etkisine rağmen bağışıklık aktarımı üzerindeki potansiyel riskler taşıdığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, kolostrum kalitesini etkileyen faktörlerin iyi yönetimi, buzağıların yaşama gücünü artırmada önemli bir rol oynamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Besin, buzağı, immunglobulin, kolostrum kalitesi, yönetim.

# FACTORS AFFECTING COLOSTRUM QUALITY AND YIELD IN COWS

## ABSTRACT

This study addresses the biological and managerial factors affecting colostrum quality and yield in cattle. Colostrum, which plays a critical role in the development of the immune system in newborn calves, is generally evaluated based on immunoglobulin G (IgG) concentration. However, variations in IgG levels among cows indicate that this parameter alone may not be a sufficient measure of colostrum quality. Factors such as breed, lactation number,

nutrition, season, vaccination, dry period duration, milking timing, and body condition score influence colostrum quality and yield. Holstein cows were found to produce colostrum with lower immunoglobulin levels compared to other breeds, while an increase in lactation number generally improved colostrum quality. Prepartum energy and micronutrient supplementation were observed to enhance immunological components, while seasonal heat stress negatively affected colostrum quality, with winter conditions being more favorable. Additionally, prepartum vaccination increased the antibody content of colostrum, while shorter dry periods were associated with reduced colostrum yield. Milking within the first two hours postpartum ensured the highest IgG concentrations. Although a low body condition score improved colostrum yield, it posed potential risks for passive immunity transfer. In conclusion, effective management of factors influencing colostrum quality plays a significant role in improving calf survival rates.

**Keywords:** Calf, colostrum quality, immunoglobulin, management, nutrition.

## 1. GİRİŞ

İneklerin sindesmokorial yapıda olan plasentası, anne ve fetüs kan dolaşımı arasında tam bir ayrım oluşturarak, immunglobulin (Ig) gibi büyük moleküllerin plasentayı geçerek fetüse ulaşmasını engeller. Bu nedenle buzağılar, doğumda agammaglobulinemik olarak tanımlanan bir durumla doğarlar ve hayatta kalmaları için gerekli olan pasif bağışıklığı doğum sonrası anne sütü olan kolostrumdan elde ederler (Godden vd., 2019; Weaver vd., 2000).

Sığır kolostrumu, yeni doğan buzağıların yaşamlarının ilk saatlerinde annelerinden aldıkları, immunglobulinler açısından zengin bir salgıdır. Kolostrum, buzağıların henüz olgunlaşmamış olan immün sistemlerini güçlendirerek, neonatal dönemde karşılaşabilecekleri patojenlere karşı pasif bağışıklık kazandırır. Bu süreç, kolostrumdaki immunglobulinlerin erken neonatal süreçte bağırsaktan aktif olarak emilmesi ile gerçekleşir. Yeterli miktarda ve kalitede kolostrum alamayan buzağılarda pasif bağışıklık transferi başarısız olur ve bu durum, buzağıların hayatta kalma oranlarını olumsuz etkileyerek ekonomik kayıplara neden olabilir. Pasif bağışıklık transferinin başarısı, kolostrumun IgG içeriği, besleme miktarı ve buzağının yaşı gibi faktörlerden etkilenir. Kolostrum yönetimi, buzağı sağlığı ve üretimin verimliliği açısından büyük önem taşımaktadır (Lopez & Heinrichs, 2022; Westhoff vd., 2024).

Bu bildiride amaç, ineklerde kolostrum kalite ve verimini etkileyen faktörler ile ilgili bilgi vermektir.

## 2. İNEKLERDE KOLOSTRUM KALİTE VE VERİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Kolostrum, yeni doğan memeliler için hayati önem taşıyan, bağışıklık ve besin açısından zengin bir salgıdır. Özellikle sığır kolostrumunda bulunan IgG molekülleri, yavrunun pasif bağışıklık kazanımında kritik bir rol oynar. Bu bağlamda, kolostrum kalitesinin değerlendirilmesinde IgG konsantrasyonu uzun yıllardır bir altın standart olarak kabul edilmiş ve 50 g/L'nin üzerindeki IgG seviyeleri yüksek kaliteli kolostrum olarak tanımlanmıştır. Ancak,

kolostrum IgG seviyelerinin inekler arasında önemli ölçüde farklılık gösterebilmektedir (Godden vd., 2019). Örneğin, 13 farklı eyaletteki 104 çiftlikten toplanan 2253 kolostrum örneği üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, ortalama IgG seviyesi 74.2 g/L olarak belirlenmiş ve bu değerlerin 24.9 g/L ile 130.2 g/L arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bu bulgular, kolostrum kalitesini etkileyen birçok faktörün varlığını ve IgG seviyesinin tek başına yeterli bir belirteç olmayabileceğini göstermektedir. Kolostrum kalitesini etkileyen faktörler ve kolostrum IgG seviyelerini ölçmek için kullanılan yöntemler üzerine yapılan araştırmalar, bu konudaki bilgi birikimini artırmaya devam etmektedir (Shivley vd., 2018).

### 2.1.Irk

Literatürdeki karşılaştırmalı çalışmalar, farklı sığır ırklarının ürettiği kolostrumun kalitesi arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermektedir. Bu farklılıkların temel nedenlerinden biri, ırklara özgü genetik yapılar ve fizyolojik özelliklerdir (Guy vd., 1994; Muller & Ellinger, 1981). Yapılan bir çalışmada, Holstein ırkı ineklerin kolostrumunda toplam immunglobulin içeriği, Guernsey, İsviçre Esmeri, Ayrshire ve Jersey gibi diğer sığır ırklarının kolostrumlarına kıyasla daha düşük bulunmuştur (Tablo 1) (Muller & Ellinger, 1981). Bu bulgu, Holstein ırkının kolostrumunda diğer ırklara göre daha düşük miktarda immunglobulin sentezi veya kolostrumu seyrelten faktörlerin varlığı gibi genetik veya fizyolojik farklılıklarla açıklanabilir (Godden vd., 2019).

**Tablo 1:** Farklı sığır ırklarında kolostral immunglobulin içeriğinin karşılaştırılması (Muller & Ellinger, 1981).

| Irk | N | İmmunglobulin | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | IgG | IgA | IgM | Total |
| | | (%) | | | |
| Ayrshire | 19 | 5.99 | 1.58 | 0.51 | 8.08[a] |
| İsviçre Esmeri | 17 | 5.16 | 1.00 | 0.41 | 6.57[ab] |
| Guernsey | 12 | 5.02 | 0.90 | 0.39 | 6.31[ab] |
| Holstein | 19 | 4.12 | 1.01 | 0.46 | 5.59[b] |
| Jersey | 5 | 6.65 | 1.86 | 0.53 | 9.04[a] |

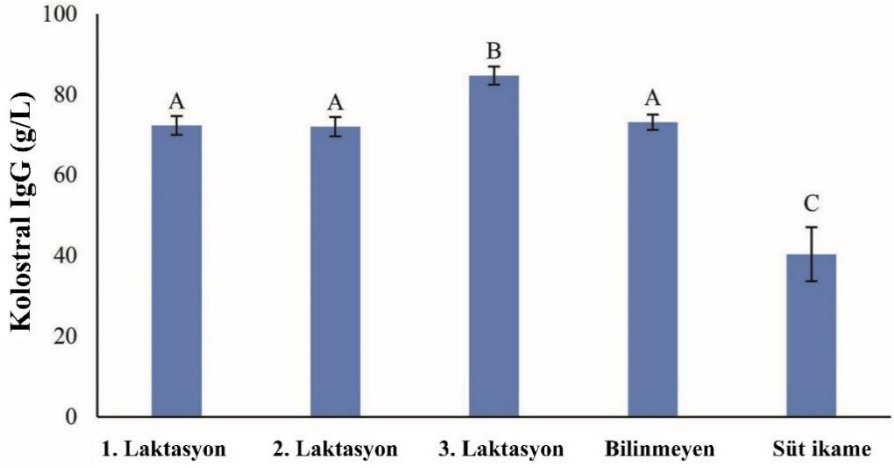
[ab]: Farklı harfler sütunlardaki ortalamalar arasındaki farklı ifade eder (P<0.05). Ig: İmmunglobulin

### 2.2.İneğin Yaşı – Laktasyon Sayısı

İneklerin laktasyon sayısı ile kolostrum kalitesi arasında pozitif bir ilişki olduğuna dair bildirimler bulunmaktadır. Yani, genellikle yaşlı ineklerin daha yüksek kalitede kolostrum ürettiği gözlemlenmektedir. Bu durum, yaşlı hayvanların çiftlik koşullarında daha önceki laktasyon dönemlerinde çeşitli patojenlere maruz kalması ve bu maruziyet sonucu geliştirdikleri daha geniş spektrumlu immün yanıtıyla ilişkilendirilebilir (Morin vd., 2001; Shivley vd., 2018; Tyler vd., 1999).

Bir araştırmada, birinci ve ikinci laktasyon dönemindeki ineklerin kolostrumunda ortalama 73.2 ve 71.7 g/L IgG tespit edilirken, üçüncü ve daha yaşlı laktasyon dönemindeki ineklerin kolostrumunda bu değer ortalama 83.3 g/L olarak bulunmuştur. Bu bulgunun, yaşlı

ineklerin kolostrumunda daha yüksek immunglobulin seviyelerinin varlığını desteklemektedir (Şekil 1) (Shivley vd., 2018). Ancak, tüm çalışmalar bu sonucu desteklememektedir. Bu durum, farklı ırkların, beslenme koşullarının ve yönetim uygulamalarının kolostrum kalitesi üzerindeki etkilerini göstermektedir. Bu nedenle, her bir çiftlikte kolostrum kalitesini etkileyen faktörler farklılık gösterebilir. Süt sığırcılığı işletmelerinde, tüm kolostrum örneklerinin IgG seviyeleri düzenli olarak ölçülmeli ve kayıt altına alınmalıdır. Özellikle ilk laktasyondaki ineklerden elde edilen kolostrumun otomatik olarak düşük kaliteli kabul edilmemesi gerekmektedir. Çünkü bu ineklerin kolostrumu da yüksek kalitede olabilir (Godden vd., 2019).




**Şekil 1:** Farklı laktasyondaki ineklerde ve süt ikame için kolostral IgG değerleri. $^{A-C}$: Farklı harfler gruplar arası farklılıkları ifade etmektedir (Shivley vd., 2018).

Jersey ineklerinde (n=2988) ilk laktasyon döneminde belirgin bir kolostrum ağırlığı artışı gözlemlenmiştir. İkinci ve daha fazla laktasyon dönemindeki ineklerde ise kolostrum ağırlığı genel olarak daha düşük seviyelerde seyretmiş ve aylık değişimler ilk laktasyon dönemine göre daha az belirgin olmuştur. Bu bulgular, ilk laktasyon dönemindeki ineklerin kolostrum üretiminin daha yüksek ancak daha değişken olabileceğini ve laktasyon sayısının arttıkça kolostrum üretiminin daha düzenli hale gelebileceğini düşündürmektedir (Gavin vd., 2018).

### 2.3.Doğum Öncesi Dönemde Beslenme

Doğum öncesi dönemde ineklerin beslenmesini kolostrum kalitesi üzerindeki etkili olabilmektedir. Bu konuyla ilgili çalışmalarda, genellikle doğum öncesi dönemde enerji kısıtlaması uygulandığında kolostrumdaki immunglobulin içeriğinde önemli bir azalma gözlenmemiştir (Blecha vd., 1981; Hough vd., 1990; Nowak vd., 2012). Doğum öncesi dönemde ineklere optimal şekilde enerji diyeti uygulandığında, kolostrum IgG seviyelerinde artış gözlemlenmiştir. Kuru dönem boyunca aşırı enerji alan ineklerde ise, kontrollü enerji rasyonuna göre daha düşük kolostral IgG ve daha yüksek insülin konsantrasyonları gözlenmiştir. Ancak, kolostrum verimi üzerinde bir etkisi olmadığı belirtilmiştir (Mann vd., 2016). Yine doğum öncesi dönemde E vitamini ve selenyum takviyesi yapılan ineklerde kolostrum ve süt veriminde artış olmaktadır fakat mekanizması tam olarak anlaşılamamıştır.

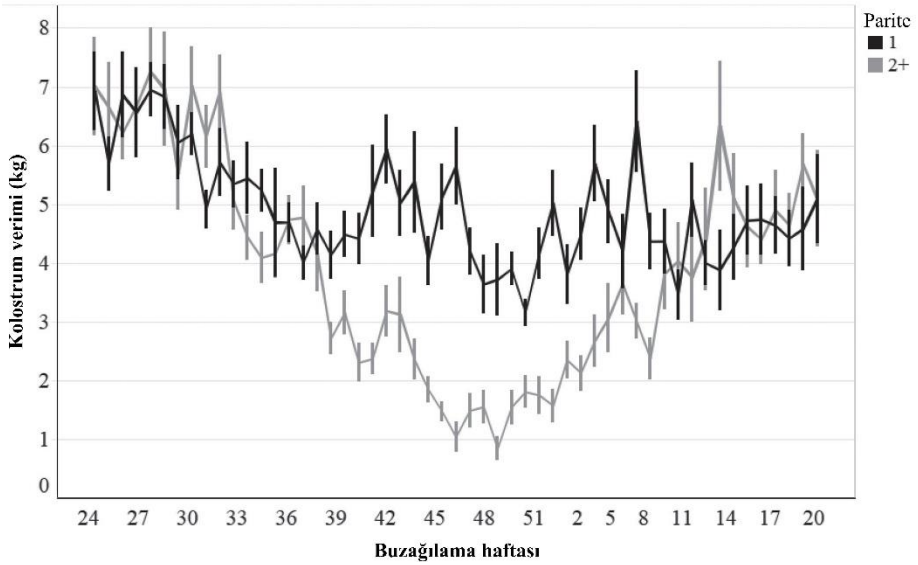
Bununla birlikte E vitamini ve selenyum takviyesi yapılan ineklerin kolostrum ve sütünü içen buzağıların serum antioksidant statüsünde artış saptanmıştır (Lacetera vd., 1996).

Doğum öncesi dönemde ineklerde rasyona nikotinik asit takviyesi, kolostral IgG konsantrasyonunu %18 oranında artırmış fakat kolostrum verimi üzerine etkili olmamıştır. Yine buzağı doğum ağırlığı üzerine pozitif etki etmese de rasyona nikotinik asit eklemenin kolostrum kalitesini arttırabileceği ifade edilmiştir (Aragona vd., 2016). Elde edilen sonuçlar, doğum öncesi dönemde ineklerde yapılacak farklı beslenme rejimlerinin kolostrum kalitesi üzerinde potansiyel bir etkisi olabileceğini göstermektedir.

### 2.4.Mevsim

Mevsim ile kolostrum kalitesi veya miktarı arasındaki ilişki belirsizliğini korumaktadır. Bazı çalışmalar, gebelik döneminin sonlarında yüksek ortam sıcaklığına maruz kalmanın, kolostral IgG ve IgA ortalama konsantrasyonlarının düşmesi gibi daha kötü kolostrum kompozisyonuyla ilişkili olduğunu bildirirken, diğerleri bunun tersini bildirmiştir (Morin vd., 2001; Nardone vd., 1997). Sıcaklık stresinin kolostrum kalitesi üzerindeki herhangi bir olumsuz etkisinin, kuru madde alımının azalması veya meme kan akışının bozulmasıyla ilişkili olabileceği ve bunun da IgG ve besin maddelerinin memeye transferinin azalmasına yol açabileceği öne sürülmüştür (Nardone vd., 1997).

Jersey ineklerinde (n=2988), hem ilk hem de ikinci ve daha fazla laktasyon dönemlerinde kolostrum veriminde belirgin mevsimsel dalgalanmalar olduğu görülmektedir. Özellikle kış aylarında (Aralık-Ocak) kolostrum veriminde bir artış, yaz aylarında ise (Haziran-Temmuz) bir düşüş trendi gözlemlenmektedir (Şekil 2). Kış aylarındaki artış, muhtemelen hayvanların daha az stres altında olması ve daha iyi beslenmesiyle ilişkili olabilirken, yaz aylarındaki düşüş ise sıcak stresinin süt üretimi üzerindeki olumsuz etkilerine bağlanabilir (Gavin vd., 2018). Düşük sıcaklık-nem indeksi ve doğumdan bir ay önce ve doğumda kısalan fotoperiyot, kolostrum veriminin azalmasıyla güçlü bir şekilde ilişkili olabileceği ifade edilmiştir. Kısaltılmış fotoperiyodun melatonin ve prolaktin üzerindeki etkisi nedeniyle kolostrum üretimini azaltabileceğini öne sürülmüştür (Auchtung vd., 2005; Godden vd., 2019).




**Şekil 2:** Jersey ineklerinde (n=2988) ilk ve ikinci veya daha fazla laktasyon dönemlerinde haftalık ortalama kolostrum ağırlığı ve standart sapmaları (Gavin vd., 2018).

## 2.5.Doğum Öncesi İneklerde Aşılama

Doğum öncesi aşılama, sığır yetiştiriciliğinde buzağı sağlığını doğrudan etkileyen kritik bir müdahaledir. İlgili süreçte yapılan aşılama ile kolostral IgG veya total Ig konsantrasyonu arttırılabilmektedir (Tablo 2). İneklerin doğumdan önceki dönemde belirli hastalıklara karşı aşılanmasıyla, buzağıların kolostrum yoluyla pasif bağışıklık kazanması sağlanır. Bu sayede buzağılar, özellikle neonatal dönemde sıklıkla karşılaşılan bulaşıcı hastalıklara karşı daha dirençli hale gelirler. Bu yaklaşım, buzağı ölümlerini azaltarak yaşama gücünü artırır ve buzağıların daha sağlıklı bir şekilde büyümesini sağlar (Chambers vd., 2022; Hodgins & Shewen, 1996).

**Tablo 2:** Gebe sütçü ineklerin doğum öncesi aşılanması ile kolostrum immunglobulin (Ig) konsantrasyonları üzerine etkisini değerlendiren bir çalışmada kontrol (n=20) ve aşılanmış (n=20) ineklerde tahmin edilen ortalama aşıya özgü kolostral immunglobulin konsantrasyonları (Chambers vd., 2022).

| İmmunglobulinler | Ortalama (95% CI) konsantrasyon, mg/mL | | P değeri |
|---|---|---|---|
| | Kontrol | Aşılanan | |
| IgG1 | 0.489 (0.288, 0.690) | 1.472 (1.271, 1.674) | <0.001 |
| IgG2a | 0.011 (0.008, 0.015) | 0.023 (0.017, 0.031) | 0.001 |
| IgA | 0.086 (0.061, 0.120) | 0.081 (0.058, 0.113) | 0.798 |
| IgM | 0.322 (0.243, 0.426) | 0.505 (0.382, 0.668) | 0.027 |
| IgG | 0.499 (0.293, 0.705) | 1.496 (1.290, 1.703) | <0.001 |
| Total Ig | 0.895 (0.577, 1.214) | 2.096 (1.778, 2.414) | <0.001 |

Gebe ineklerin doğumdan önceki son 3-6 hafta içinde aşılanmasıyla, antijene özgü koruyucu kolostral antikor konsantrasyonları artabilmektedir. Bu uygulama yapılan ineklerden doğan buzağılarında, özellikle *Pasteurella haemolytica* (Hodgins & Shewen, 1996), *Salmonella typhimurium* (Jones vd., 1988), *Escherichia coli* (Waltner-Toews vd., 1985), rotavirüs

(McNulty & Logan, 1987) ve koronavirüs (Waltner-Toews vd., 1985) gibi yaygın patojenlere karşı pasif antikor titrelerinin artmasını sağlayabilmektedir.

### 2.6.Kuru Dönem Süresi

Kuru dönem süresi, süt verimini etkilediği için önemlidir. Optimal kuru dönem süresi süt verimini artırıp mastitis riskini azaltmaktadır. Bununla birlikte, kısa kuru dönemlerin bazı olumsuz etkileri de olabilmektedir. Kısa kuru dönemin kolostrum kalitesi ve miktarını etkileyebileceği düşünülmektedir. Yine, kısa kuru dönemin kolostrumdaki IgG konsantrasyonlarını azalttığı ve kolostrum verimini düşürdüğü gösterilmiştir (Shoshani vd., 2014). Süt sığırlarında aşırı kısa (21 günden daha az) kuru dönemlerinin, kolostrum kalitesi ve miktarı üzerinde olumsuz etkileri olduğu tespit edilmiştir (Godden vd., 2019). Bu dönemde meydana gelen fizyolojik değişimlerin yetersizliği, kolostrumdaki IgG konsantrasyonlarında düşüşe neden olmaktadır. Benzer şekilde, daha kısa kuru dönemlere sahip ineklerin kolostrum verimleri de anlamlı ölçüde azalmaktadır (Rastani vd., 2005). Holstein ırkı 334 inek, 60 gün ve 40 gün olmak üzere iki farklı kuru dönem uzunluğunda rastgele gruplara ayrılmıştır. Çalışmanın sonunda, toplam IgG içeriği ortalama 77,0 mg/mL olarak belirlenmiş ve kuru dönem uzunluğunun IgG konsantrasyonu ve dolayısıyla kolostrum kalitesi üzerinde anlamlı bir etkisi bulunamamıştır. Ancak, kuru döneminin 40 güne indirilmesi ile kolostrum veriminde istatistiksel olarak önemli bir düşüş gözlemlenmiştir (sırasıyla 8,9 kg ve 6,8 kg). Bu sonuçlar, kuru döneminin kısalmasının kolostrum miktarını azalttığını, ancak kalitesini etkilemediğini göstermektedir (Grusenmeyer vd., 2006).

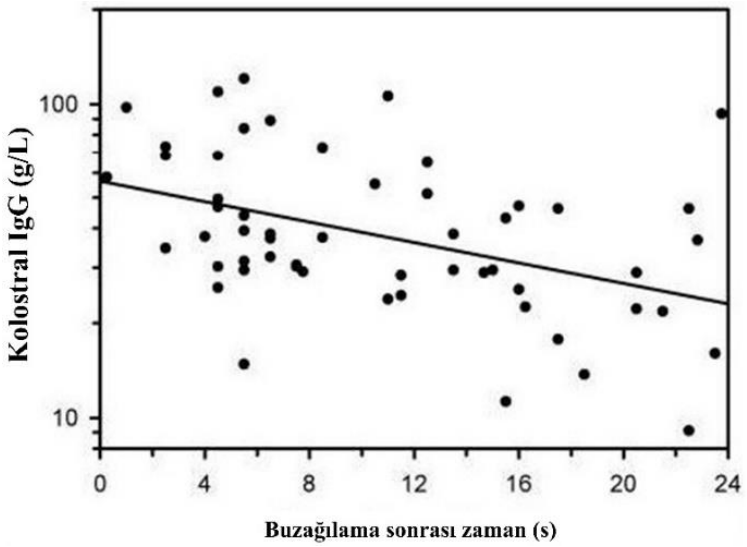
### 2.7.İlk Sağımda Üretilen Kolostrum Hacmi

İlk sağımda 8.5 kg'dan daha az kolostrum üreten ineklerin, yüksek kaliteli (>50 g/L IgG) kolostrum üretme olasılığının daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Bu durumun, kolostrum miktarının artmasıyla birlikte IgG konsantrasyonunun seyreltici etkiler nedeniyle azalmasından kaynaklanabileceği öne sürülmüştür (Pritchett vd., 1991). Ancak, farklı çalışmalar, ilk sağımda üretilen kolostrum miktarı ile kolostrumdaki IgG konsantrasyonu arasında tutarlı ve öngörülebilir bir ilişki olmadığını göstermiştir. Bu bulgular, ağız sütü kalitesinin yalnızca üretim miktarı üzerinden değerlendirilmesinin yanıltıcı olabileceğini ifade etmektedir (Baumrucker vd., 2010; Maunsell vd., 1999).

### 2.8.Kolostrumun Geç Sağılması

İneklerde doğum ile ilk sağım arasındaki sürenin uzaması ve kolostrum miktarının artmasıyla kolostrumdaki IgG seviyelerinin düştüğü tespit edilmiştir (Conneely vd., 2013; Morin vd., 2010). Bu ilişki içerisinde, doğum ile ilk sağım arasındaki süre, kolostrum miktarına kıyasla IgG seviyeleri üzerinde daha belirgin bir etkiye sahip olduğu görülmüştür (Şekil 3). Doğum anındaki ineklerin kanındaki total protein, globulin ve IgG seviyeleri ile kolostrumdaki IgG seviyeleri arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Bu bağlamda sütçü ırk buzağılarda pasif bağışıklık transferinin başarıyla sağlanması için, üreticilerin doğumdan hemen sonra, mümkünse ilk 2 saat içerisinde kolostrumu sağmaları önerilmektedir. Bu sayede, buzağılar

annelerinin kolostrumunu alabilecek ve böylece pasif bağışıklık transferi en iyi şekilde gerçekleşeceği ifade edilmektedir (Morin vd., 2010).




**Şekil 3:** Multipar Holstein-Friesian ineklerde doğum ile ilk sağım arasındaki süre ve kolostral IgG konsantrasyonu arasındaki ilişki. Regresyon denklemi doğumdan sonra geçen her bir saat için kolostral IgG konsantrasyonunda yaklaşık %3.7 oranında bir azalma olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, doğum sonrası kolostrum sağımının gecikmesinin kolostrum kalitesini olumsuz etkileyebileceği ifade etmektedir (Morin vd., 2010).

Holstein ineklerde doğumdan sonraki 2, 6, 10 ve 14. saatlerde tek bir memeden toplanan kolostrum örneklerinde IgG seviyeleri araştırılmıştır. Doğumdan hemen sonra (ilk 2 saat içinde) toplanan kolostrumda IgG seviyesinin en yüksek konsantrasyonda olduğu ve zamanla önemli ölçüde azaldığı gösterilmiştir. Ortalama kolostral IgG konsantrasyonları sırasıyla 2, 6, 10 ve 14 saat sonra 113, 94, 82 ve 76 g/L olarak ölçülmüştür. Özellikle, üçüncü ve daha yüksek laktasyon dönemindeki ineklerin ilk sağımda daha yüksek IgG seviyelerine sahip olduğu bulunmuştur. Bu nedenle, süt sığırcılığı işletmelerinde kolostrum kalitesini en üst düzeye çıkarmak ve buzağılarda pasif bağışıklık transferi başarısızlıklarını azaltmak için rutin yönetim uygulamalarında düzenlemeler yapılması gerektiği ifade edilmiştir (Moore vd., 2005).

### 2.9.Vücut Kondisyon Skoru

İneklerde kuru dönem başı ve doğum anındaki vücut kondisyon skoru (VKS) ile kuru dönem boyunca meydana gelen değişimin doğum sonrası hastalıklar ve süt verimi ile ilişkili olduğu bildirilmektedir (Dezetter vd., 2024; Melendez vd., 2020). Kuru dönemde VKS değişimi ve bunun ağız sütü üretimi ile kalitesi üzerindeki etkisi hakkında sınırlı bilgi bulunmaktadır. Bu nedenle, kuruya çıkarma ve doğum sırasındaki VKS'nin ve kuru dönem boyunca meydana gelen değişimin, annenin bağışıklık fonksiyonlarını ve enerji dengesini etkileyerek kolostrum üretimi ve kalitesine etki edebileceği varsayılmaktadır (Aghakhani vd., 2022).

Holstein ineklerde, doğum sırasındaki VKS ve kuru dönem boyunca VKS değişiminin kolostrum üretimi ve kalitesi üzerindeki etkileri dikkat çekici bulunmuştur. Doğum sırasında VKS'nin kolostrum üretimi ile negatif bir ilişki gösterdiği tespit edilmiştir ve VKS < 3 olan ineklerin daha yüksek miktarda ağız sütü ürettiği gözlemlenmiştir. Buna karşın, kuruya çıkarma

VKS'si yüksek olan ineklerin ağız sütü üretiminde artış eğilimi sergilediği belirtilmiştir. Ayrıca, doğum sırasındaki VKS ve kuru dönem boyunca meydana gelen VKS değişiminin, ağız sütündeki IgG konsantrasyonu üzerinde önemli bir etkisi olduğu bulunmuştur. Dolayısıyla, VKS değişiminin yalnızca enerji dengesiyle değil, aynı zamanda bağışıklık fonksiyonlarıyla ilişkili olabileceği ve bu durumun kolostrum üretimi ile kalitesine doğrudan etki edebileceği gösterilmiştir. Özellikle doğum sırasındaki düşük VKS'nin kolostrum üretimini artırıcı etkisine rağmen, bu durumun bağışıklık aktarımı ve buzağının sağlığı üzerindeki potansiyel sonuçları dikkatle değerlendirilmelidir (Aghakhani vd., 2022).

Doğumdan hemen sonra yeterli miktarda yüksek kaliteli kolostrumun yavrulara verilmesi, hayatta kalma, sağlık ve gelecekteki üretim açısından son derece önemli bir yönetim uygulamasıdır (Reschke vd., 2017; Weaver vd., 2000). Kolostrum, büyüme faktörleri, sitokinler ve immün reaktif hücreler içeren besin açısından zengin bir süttür (McGrath vd., 2015). Ancak, bileşimi inekler ve çiftlikler arasında önemli ölçüde değişebilir (Dunn vd., 2017). Özellikle IgG konsantrasyonunu etkileyen faktörler olmak üzere, kolostrumun immünolojik özellikleri üzerine odaklanmış birçok çalışma bulunmaktadır (Gulliksen vd., 2008; Shivley vd., 2018). IgG, pasif bağışıklık transferi için gereklidir ve buzağıları, 3-6 haftalıkken kendi antikorlarını üretebilene kadar çeşitli bulaşıcı hastalıklardan korur (Besser & Gay, 1985). Parite, sezon, kolostrum verimi, kuru dönem uzunluğu, buzağı sayısı ve mastitis gibi çeşitli faktörler IgG içeriğini etkileyebildiğine dair yapılmış bazı çalışmaların verileri Tablo 3 ve 4' de verilmiştir

**Tablo 3:** İneklerin doğum sayısı, kuru dönem uzunluğu, daha önceki laktasyonlarda buzağı sayısı, mastitis geçmişi ve süt verimi gibi faktörlerin, kolostrumun miktarı ve kalitesi üzerindeki etkileri (Aghakhani vd., 2022)

| **Değişkenler** | **Üretim (kg)** | **Brix (%)** | **IgG (g/L)** | **SCS[A]** |
|---|---|---|---|---|
| Parite | | | | |
| 2 | $6.11 \pm 0.06^{a}$ | $26.49 \pm 0.46$ | $83.18 \pm 0.99^{b}$ | $2.71 \pm 0.42^{c}$ |
| 3 | $5.43 \pm 0.07^{b}$ | $26.72 \pm 0.48$ | $83.82 \pm 1.03^{b}$ | $3.07 \pm 0.40^{b}$ |
| 4 | $5.50 \pm 0.08^{b}$ | $27.47 \pm 0.55$ | $88.27 \pm 1.18^{a}$ | $3.21 \pm 0.36^{a}$ |
| 5 | $5.59 \pm 0.08^{ab}$ | $27.03 \pm 0.56$ | $86.04 \pm 1.14^{a}$ | $3.37 \pm 0.47^{a}$ |
| P değeri | 0.015 | 0.052 | 0.042 | 0.001 |
| Kuru dönem uzunluğu (gün) | | | | |
| <45 | $5.70 \pm 0.11^{a}$ | $28.18 \pm 0.66^{a}$ | $91.68 \pm 2.44^{a}$ | $2.98 \pm 0.32^{b}$ |
| 46–60 | $5.57 \pm 0.06^{b}$ | $26.51 \pm 0.45^{b}$ | $83.04 \pm 1.85^{b}$ | $2.96 \pm 0.36^{b}$ |
| 61–75 | $5.74 \pm 0.07^{a}$ | $26.65 \pm 0.50^{b}$ | $84.20 \pm 2.16^{b}$ | $2.80 \pm 0.31^{c}$ |
| >75 | $5.63 \pm 0.08^{b}$ | $26.37 \pm 0.52^{b}$ | $82.37 \pm 1.93^{b}$ | $3.57 \pm 0.27^{a}$ |
| P değeri | 0.012 | 0.017 | 0.012 | 0.040 |
| Buzağı sayısı | | | | |
| Tekiz | $5.73 \pm 0.05^{a}$ | $26.66 \pm 0.31$ | $86.73 \pm 1.68$ | $2.71 \pm 0.26^{b}$ |
| İkiz | $5.59 \pm 0.09^{b}$ | $27.29 \pm 0.54$ | $83.93 \pm 3.19$ | $3.40 \pm 0.29^{a}$ |
| P değeri | 0.032 | 0.197 | 0.205 | 0.002 |
| Daha önceki laktasyonda mastitis olma durumu | | | | |
| No | $5.61 \pm 0.12$ | $26.89 \pm 0.66$ | $85.03 \pm 2.86$ | $3.00 \pm 0.25^{b}$ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Yes | 5.70 ± 0.08 | 26.96 ± 0.39 | 85.62 ± 2.13 | 3.21 ± 1.03[a] |
| P değeri | 0.084 | 0.836 | 0.740 | 0.039 |
| Önceki ECM[B] verimi, 305 gün (kg) | | | | |
| <9500 | 5.73 ± 0.12 | 26.40 ± 0.74[b] | 83.98 ± 2.16[b] | 3.32 ± 0.26[a] |
| 9500–11 000 | 5.60 ± 0.08 | 26.58 ± 0.55[b] | 83.87 ± 2.05[b] | 3.07 ± 0.25[b] |
| 11 001–12 500 | 5.82 ± 0.06 | 26.40 ± 0.44[b] | 82.62 ± 1.88[b] | 3.17 ± 0.24[b] |
| >12 500 | 5.81 ± 0.09 | 28.33 ± 0.43[a] | 91.83 ± 1.77[a] | 2.82 ± 0.33[c] |
| P değeri | 0.067 | 0.001 | 0.003 | 0.012 |

Aynı sütunda farklı harfler bulunan ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır (P = 0.05 düzeyinde). [B]: Somatik Hücre Skoru (SCS): log2 (SCC/100 000) + 3. [C]: 305 günlük enerji düzeltilmiş süt (ECM) verimi: süt (kg) × [0.3246 × 305 günlük süt üretimi (kg)] + [12.86 × 305 günlük yağ üretimi (kg)] + [7.04 × 305 günlük protein üretimi (kg)].

**Tablo 4:** Holstein ineklerde kolostrum kalitesini ve verimini etkileyen faktörler (Soufleri vd., 2021).

| **Değişkenler** | **Yağ (%)** | **Protein (%)** | **Laktoz (%)** | **Enerji (Mcal/kg)** | **Total Solids (%Brix)** | **Verim (kg)** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Parite | | | | | | |
| | ** | * | * | * | * | * |
| 1 | 7.77[b] | 17.15[a] | 2.24[b] | 1.36[b] | 25.38[b] | 4.95[a] |
| 2 | 5.50[a] | 16.93[a] | 2.36[b] | 1.35[a] | 24.40[a] | 6.75[b] |
| 3 | 5.32[a] | 17.98[a] | 2.20[b] | 1.32[a] | 25.81[b] | 7.69[b] |
| 4+ | 5.92[a] | 18.96[b] | 1.97[a] | 1.36[b] | 26.77[c] | 6.99[b] |
| Sezon | | | | | | |
| | * | ** | ** | * | ** | *** |
| Kış | 6.11[a,b] | 18.01[b] | 2.30[b] | 1.35[a,b] | 25.62[a,b] | 6.01[a] |
| Bahar | 6.58[b] | 17.64[a] | 2.24[b] | 1.37[b] | 25.50[a] | 7.52[b] |
| Yaz | 6.06[a] | 17.33[a] | 2.19[b] | 1.32[a] | 25.01[a] | 6.99[b] |
| Sonbahar | 5.77[a] | 18.03[b] | 2.04[a] | 1.34[a] | 26.23[b] | 5.77[a] |
| Önceki 305 günlük laktasyonu süt verimi (kg) | | | | | | |
| | NS | NS | NS | NS | NS | *** |
| ≤7000 | 5.96 | 17.64 | 2.05 | 1.32 | 24.97 | 5.61[a] |
| 7000–9000 | 5.35 | 17.69 | 2.11 | 1.37 | 25.11 | 6.42[a,b] |
| 9000–11,000 | 5.10 | 18.26 | 2.00 | 1.37 | 25.81 | 7.39[b,c] |
| ≥11,000 | 5.61 | 18.01 | 2.14 | 1.39 | 25.61 | 8.53[c] |
| Kuru dönem uzunluğu (gün) | | | | | | |
| | * | NS | * | * | NS | * |
| ≤45 | 5.07[a] | 18.33 | 2.02[a,b] | 1.34[a] | 25.68 | 6.10[a] |
| 46–64 | 5.12[a] | 17.41 | 2.22[b] | 1.35[a] | 24.66 | 6.66[a,b] |
| 65–84 | 5.45[a,b] | 17.70 | 2.06[a,b] | 1.39[a,b] | 25.07 | 7.45[a,b] |
| ≥85 | 6.37[b] | 18.14 | 1.99[a] | 1.38[b] | 26.09 | 7.74[b] |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kolostrum verimi | | | | | | |
| | NS | *** | *** | NS | ** | |
| ≤4.0 | 5.83 | 18.46$^{b}$ | 2.03$^{a}$ | 1.37 | 26.33$^{b}$ | |
| 4.1–8.5 | 6.25 | 18.06$^{b}$ | 2.19$^{b}$ | 1.33 | 25.94$^{b}$ | |
| >8.5 | 6.30 | 16.75$^{a}$ | 2.35$^{c}$ | 1.34 | 24.51$^{a}$ | |
| Buzağılama ile kolostrum toplanması arasındaki zaman aralığı (saat) | | | | | | |
| | * | ** | *** | * | *** | * |
| ≤2 | 6.55$^{b}$ | 18.24$^{b}$ | 2.07$^{a}$ | 1.38$^{b}$ | 26.18$^{b}$ | 6.14$^{a,b}$ |
| 2–6 | 6.09$^{a,b}$ | 17.91$^{b}$ | 2.17$^{a}$ | 1.37$^{b}$ | 25.83$^{b}$ | 6.26$^{a}$ |
| ≥6 | 5.74$^{a}$ | 17.11$^{a}$ | 2.34$^{b}$ | 1.34$^{a}$ | 24.76$^{a}$ | 7.39$^{b}$ |
| Buzağılama yaşı | −0.19* | 0.24* | −0.05* | −0.02* | 0.20* | 0.47* |
| Vücut kondisyon skoru | 0.93$^{NS}$ | −0.25$^{NS}$ | 0.04$^{NS}$ | −0.01$^{NS}$ | −0.17$^{NS}$ | 0.43* |

Sezon, parite, önceki 305 günlük laktasyonun süt verimi, kuru dönem uzunluğu, kolostrum verimi ve doğum ile kolostrum toplama arasındaki zaman aralığı için gösterilen değerler marjinal ortalamalardır. Doğum yaşındaki ve vücut kondisyon skorundaki değerler regresyon eğimidir. *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$, faktörlerin kolostrum özellikleri üzerindeki etkileri. $^{a–c}$: Aynı sütunda farklı üst simgelere sahip ortalamalar anlamlı derecede farklıdır. $^{NS}$: İstatistiksel olarak anlamlı değildir.

## 3. SONUÇ

Bu bildiride, sığırlarda kolostrum kalitesini ve verimini etkileyen çeşitli biyolojik ve yönetimsel faktörleri ele alarak, özellikle bağışıklık ve beslenme bileşenleri açısından yapılmış çalışmaların kritik bulguları sunulmaktadır. Kolostrum kalitesinin belirlenmesinde IgG konsantrasyonu temel bir ölçüt olarak kabul edilmekle birlikte, bu parametrenin tek başına yeterli bir gösterge olmayabileceği anlaşılmıştır. Irk farklılıkları, laktasyon sayısı, doğum öncesi beslenme rejimi, mevsimsel değişiklikler ve aşılama uygulamaları gibi faktörlerin kolostrumun immün ve besin bileşenleri üzerinde belirgin etkiler yarattığı gösterilmiştir. Özellikle Holstein ırkı ineklerin diğer ırklara kıyasla daha düşük immunglobulin içeriğine sahip kolostrum ürettiği ve bu durumun genetik özelliklerden kaynaklanabileceği ortaya koyulmuştur. Ayrıca, laktasyon sayısının artmasıyla birlikte kolostrum kalitesinde genellikle bir iyileşme gözlenmiştir. Doğum öncesi dönemde enerji ve mikro besin takviyeleri ile aşılama uygulamalarının, kolostrumun bağışıklık fonksiyonlarını artırabileceği anlaşılmıştır. Bununla birlikte, kısa kuru dönemlerin kolostrum verimini azalttığı ancak kalitesini etkilemediği sonucuna varılmıştır. Yine, kolostrum üretimi ve kalitesine yönelik yönetimsel stratejilerin optimize edilmesinin, buzağıların pasif bağışıklık kazanımını ve yaşama gücünü artırabileceği gösterilmiştir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, farklı ırk ve besleme uygulamalarının kolostrum kalitesi üzerindeki uzun vadeli etkilerini daha derinlemesine inceleyerek bu alandaki bilgi birikimine katkı yapmaya odaklanmalıdır.

## 4. KAYNAKÇA

Aghakhani, M., Foroozandeh Shahraki, A. D., Tabatabaei, S. N., Toghyani, M., & Rafiee, H. (2022). Cow-level factors associated with colostrum yield and quality of Holstein dairy cows. *Animal Production Science*, *62*(15), 1518-1526. https://doi.org/10.1071/AN21415

Aragona, K. M., Chapman, C. E., Pereira, A. B. D., Isenberg, B. J., Standish, R. B., Maugeri, C. J., Cabral, R. G., & Erickson, P. S. (2016). Prepartum supplementation of nicotinic acid: Effects on health of the dam, colostrum quality, and acquisition of immunity in the calf. *Journal of Dairy Science*, *99*(5), 3529-3538. https://doi.org/10.3168/JDS.2015-10598

Auchtung, T. L., Rius, A. G., Kendall, P. E., McFadden, T. B., & Dahl, G. E. (2005). Effects of photoperiod during the dry period on prolactin, prolactin receptor, and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *88*(1), 121-127. https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(05)72669-2

Baumrucker, C. R., Burkett, A. M., Magliaro-Macrina, A. L., & Dechow, C. D. (2010). Colostrogenesis: Mass transfer of immunoglobulin G1 into colostrum. *Journal of Dairy Science*, *93*(7), 3031-3038. https://doi.org/10.3168/JDS.2009-2963

Besser, T. E., & Gay, C. C. (1985). Septicemic Colibacillosis and Failure of Passive Transfer of Colostral Immunoglobulin in Calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, *1*(3), 445-459. https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)31295-0

Blecha, F., Bull, R. C., Olson, D. P., Ross, R. H., & Curtis, S. (1981). Effects of Prepartum Protein Restriction in the Beef Cow on Immunoglobin Content in Blood and Colostral Whey and Subsequent Immunoglobin Absorption by the Neonatal Calf. *Journal of Animal Science*, *53*(5), 1174-1180. https://doi.org/10.2527/JAS1981.5351174X

Chambers, G. P., Kelton, W., Smolenski, G., & Cuttance, E. (2022). Impact of prepartum administration of a vaccine against infectious calf diarrhea on nonspecific colostral immunoglobulin concentrations of dairy cows. *Journal of Animal Science*, *100*(8). https://doi.org/10.1093/jas/skac212

Conneely, M., Berry, D. P., Sayers, R., Murphy, J. P., Lorenz, I., Doherty, M. L., & Kennedy, E. (2013). Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows. *Animal*, *7*(11), 1824-1832. https://doi.org/10.1017/S1751731113001444

Dezetter, C., Bidan, F., Delaby, L., Blanc, F., Freret, S., & Bedere, N. (2024). Association between body condition profiles, milk production and reproduction performance in Holstein and Normande cows. *Journal of Dairy Science*. https://doi.org/10.3168/jds.2024-24766

Dunn, A., Ashfield, A., Earley, B., Welsh, M., Gordon, A., & Morrison, S. J. (2017). Evaluation of factors associated with immunoglobulin G, fat, protein, and lactose concentrations in bovine colostrum and colostrum management practices in grassland-based dairy systems in Northern Ireland. *Journal of Dairy Science*, *100*(3), 2068-2079. https://doi.org/10.3168/jds.2016-11724

Gavin, K., Neibergs, H., Hoffman, A., Kiser, J. N., Cornmesser, M. A., Haredasht, S. A., Martínez-López, B., Wenz, J. R., & Moore, D. A. (2018). Low colostrum yield in Jersey cattle and potential risk factors. *Journal of Dairy Science*, *101*(7), 6388-6398. https://doi.org/10.3168/JDS.2017-14308

Godden, S. M., Lombard, J. E., & Woolums, A. R. (2019). Colostrum management for dairy calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, *35*(3), 535-556. https://doi.org/10.1016/J.CVFA.2019.07.005

Grusenmeyer, D. J., Ryan, C. M., Galton, D. M., & Overton, T. R. (2006). Shortening the dry period from 60 to 40 days does not affect colostrum quality but decreases colostrum yield by Holstein cows. *Journal of Animal Science*, *84*(Supplement 1), 336.

Gulliksen, S. M., Lie, K. I., Sølverød, L., & Østerås, O. (2008). Risk factors associated with colostrum quality in Norwegian dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *91*(2), 704-712. https://doi.org/10.3168/jds.2007-0450

Guy, M. A., McFadden, T. B., Cockrell, D. C., & Besser, T. E. (1994). Regulation of colostrum formation in beef and dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *77*(10), 3002-3007. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77241-6

Hodgins, D. C., & Shewen, P. E. (1996). Preparturient vaccination to enhance passive immunity to the capsular polysaccharide of Pasteurella haemolytica A1. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, *50*(1-2), 67-77. https://doi.org/10.1016/0165-2427(95)05493-6

Hough, R. L., McCarthy, F. D., Kent, H. D., Eversole, D. E., & Wahlberg, M. L. (1990). Influence of nutritional restriction during late gestation on production measures and passive immunity in beef cattle. *Journal of Animal Science*, *68*(9), 2622-2627. https://doi.org/10.2527/1990.6892622X

Jones, P. W., Collins, P., & Aitken, M. M. (1988). Passive protection of calves against experimental infection with Salmonella typhimurium. *The Veterinary Record*, *123*(21), 536-541. https://doi.org/10.1136/vr.123.21.536

Lacetera, N., Bernabucci, U., Ronchi, B., & Nardone, A. (1996). Effects of selenium and vitamin E administration during a late stage of pregnancy on colostrum and milk production in dairy cows, and on passive immunity and growth of their offspring. *American Journal of Veterinary Research*, *57*(12), 1776-1780.

Lopez, A. J., & Heinrichs, A. J. (2022). Invited review: The importance of colostrum in the newborn dairy calf. *Journal of Dairy Science*, *105*(4), 2733-2749. https://doi.org/10.3168/JDS.2020-20114

Mann, S., Leal Yepes, F. A., Overton, T. R., Lock, A. L., Lamb, S. V., Wakshlag, J. J., & Nydam, D. V. (2016). Effect of dry period dietary energy level in dairy cattle on volume, concentrations of immunoglobulin G, insulin, and fatty acid composition of colostrum. *Journal of Dairy Science*, *99*(2), 1515-1526. https://doi.org/10.3168/JDS.2015-9926

Maunsell, F. P., Morin, D. E., Constable, P. D., Hurley, W. L., & McCoy, G. C. (1999). Use of mammary gland and colostral characteristics for prediction of colostral IgG1 concentration and intramammary infection in Holstein cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, *214*(12), 1817-1823. https://doi.org/10.2460/JAVMA.1999.214.12.1817

McGrath, B. A., Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., & Kelly, A. L. (2015). Composition and properties of bovine colostrum: a review. *Dairy Science & Technology 2015 96:2*, *96*(2), 133-158. https://doi.org/10.1007/S13594-015-0258-X

McNulty, M. S., & Logan, E. F. (1987). Effect of vaccination of the dam on rotavirus infection in young calves. *The Veterinary Record*, *120*(11), 250-252. https://doi.org/10.1136/vr.120.11.250

Melendez, P., Bargo, F., Tuñón, G., & Grigera, J. (2020). Associations between postpartum diseases and milk yield and changes in body condition between drying off and parturition of dairy cows in Argentina. *New Zealand Veterinary Journal*, *68*(5), 297-303. https://doi.org/10.1080/00480169.2020.1763218

Moore, M., Tyler, J. W., Chigerwe, M., Dawes, M. E., & Middleton, J. R. (2005). Effect of delayed colostrum collection on colostral IgG concentration in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, *226*(8), 1375-1377. https://doi.org/10.2460/javma.2005.226.1375

Morin, D. E., Constable, P. D., Maunsell, F. P., & McCoy, G. C. (2001). Factors associated with colostral specific gravity in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *84*(4), 937-943. https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(01)74551-1

Morin, D. E., Nelson, S. V., Reid, E. D., Nagy, D. W., Dahl, G. E., & Constable, P. D. (2010). Effect of colostral volume, interval between calving and first milking, and photoperiod on colostral IgG concentrations in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, *237*(4), 420-428. https://doi.org/10.2460/javma.237.4.420

Muller, L. D., & Ellinger, D. K. (1981). Colostral immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *64*(8), 1727-1730. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82754-3

Nardone, A., Lacetera, N., Bernabucci, U., & Ronchi, B. (1997). Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period. *Journal of Dairy Science*, *80*(5), 838-844. https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(97)76005-3

Nowak, W., Mikuła, R., Zachwieja, A., Paczyńska, K., Pecka, E., Drzazga, K., & Ślósarz, P. (2012). The impact of cow nutrition in the dry period on colostrum quality and immune status of calves. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, *15*(1). https://doi.org/10.2478/v10181-011-0117-5

Pritchett, L. C., Gay, C. C., Besser, T. E., & Hancock, D. D. (1991). Management and production factors ınfluencing immunoglobulin G1 concentration in colostrum from Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, *74*(7), 2336-2341. https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(91)78406-3

Rastani, R. R., Grummer, R. R., Bertics, S. J., Gümen, A., Wiltbank, M. C., Mashek, D. G., & Schwab, M. C. (2005). Reducing dry period length to simplify feeding transition cows: Milk production, energy balance, and metabolic profiles. *Journal of Dairy Science*, *88*(3), 1004-1014. https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(05)72768-5

Reschke, C., Schelling, E., Michel, A., Remy-Wohlfender, F., & Meylan, M. (2017). Factors associated with colostrum quality and effects on serum gamma globulin concentrations of calves in Swiss dairy herds. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, *31*(5), 1563-1571. https://doi.org/10.1111/jvim.14806

Shivley, C. B., Lombard, J. E., Urie, N. J., Haines, D. M., Sargent, R., Kopral, C. A., Earleywine, T. J., Olson, J. D., & Garry, F. B. (2018). Preweaned heifer management on US dairy operations:

Part II. Factors associated with colostrum quality and passive transfer status of dairy heifer calves. *Journal of Dairy Science*, *101*(10), 9185-9198. https://doi.org/10.3168/JDS.2017-14008

Shoshani, E., Rozen, S., & Doekes, J. J. (2014). Effect of a short dry period on milk yield and content, colostrum quality, fertility, and metabolic status of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, *97*(5), 2909-2922. https://doi.org/10.3168/jds.2013-7733

Soufleri, A., Banos, G., Panousis, N., Fletouris, D., Arsenos, G., Kougioumtzis, A., & Valergakis, G. E. (2021). Evaluation of factors affecting colostrum quality and quantity in Holstein dairy cattle. *Animals*, *11*(7), 2005. https://doi.org/10.3390/ani11072005

Tyler, J. W., Steevens, B. J., Hostetler, D. E., Holle, J. M., & Denbigh, J. L. (1999). Colostral immunoglobulin concentrations in Holstein and Guernsey cows. *American Journal of Veterinary Research*, *60*(9), 1136-1139. https://doi.org/10.2460/AJVR.1999.60.09.1136

Waltner-Toews, D., Martin, S. W., Meek, A. H., McMillan, I., & Crouch, C. F. (1985). A field trial to evaluate the efficacy of a combined rotavirus-coronavirus/Escherichia coli vaccine in dairy cattle. *Canadian Journal of Comparative Medicine*, *49*(1), 1-9.

Weaver, D. M., Tyler, J. W., VanMetre, D. C., Hostetler, D. E., & Barrington, G. M. (2000). Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, *14*(6), 569-577. https://doi.org/10.1111/J.1939-1676.2000.TB02278.X

Westhoff, T. A., Borchardt, S., & Mann, S. (2024). Invited review: Nutritional and management factors that influence colostrum production and composition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *107*(7), 4109-4128. https://doi.org/10.3168/JDS.2023-24349

# SIK KUZULATMA SİSTEMLERİ

**Dr. Öğr. Üyesi Buket BOĞA KURU**

Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootekni Anabilim Dalı, Kars, Türkiye
buket_vetfak@hotmail.com - ORCID: 0000-0002-7170-270X

**Doç. Dr. Mushap KURU**

Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Doğum ve Jinekoloji Anabilim Dalı, Kars, Türkiye
mushap.kuru@kafkas.edu.tr – ORCID: 0000-0003-4409-251X

## ÖZET

Bu bildiri, sık kuzulatma sistemlerinin temel prensiplerini, uygulama stratejilerini ve koyun yetiştiriciliğinde üretim verimliliğine etkilerini incelemektedir. Sık kuzulatma sistemleri, üreme etkinliğini optimize etmek amacıyla seçilen östrus senkronizasyon yöntemleri ile işletmenin fiziki, ekonomik ve çevresel koşullarına göre belirlenir. Ancak bu sistemler, ek iş gücü, sağlık yönetimi ve maliyet artışı gerektirdiği için meraya dayalı işletmelerde genellikle tercih edilmemektedir. Yoğun bakım ve yemleme sistemlerine sahip işletmelerde, birim hayvan başına üretim potansiyelini artırmak amacıyla yılda bir, yılda iki, iki yılda üç ve üç yılda dört kuzulatma gibi protokoller kullanılmaktadır. İki yılda üç kuzulatma sistemi, optimal 3 aylık servis periyoduyla en çok tercih edilen yöntemdir. Bu süre, üreme organlarının postpartum dönemde toparlanmasına olanak tanır ve kuzu sütten kesme sürecini düzenler. Ancak, bazı araştırmacılar sık kuzulatma sistemlerinin teknik olarak başarılı olsa da artan iş gücü, yem maliyetleri ve hormon uygulamalarının yüksek maliyeti nedeniyle her zaman ekonomik açıdan sürdürülebilir olmadığını vurgulamaktadır. Altı ayda bir kuzulatma sistemi, kısa gebelik aralıkları nedeniyle hayvanın fizyolojik sınırlarını zorlayabilir ve üreme performansını olumsuz etkileyebilir. Sekiz ayda bir kuzulatma sistemi, üreme performansını artırarak ekonomik getiri sağlarken, üç yılda dört kuzulatma sistemi ve CAMAL sistemi, sık çiftleşme ve doğum planlaması gerektiren karmaşık yönetim stratejileridir. STAR sistemi ise yıllık takvimle uyumlu, basit yönetim süreçleri sunarak üç yılda beş kuzulama hedeflemektedir. Sonuç olarak, sık kuzulatma sistemleri işletme altyapısı, iş gücü kapasitesi, pazar talepleri ve hayvan refahı göz önünde bulundurularak dikkatli bir şekilde değerlendirilmelidir.

**Anahtar kelimeler:** CAMAL, doğum, koyun, kuzulama, STAR.

# ACCELERATED LAMBING SYSTEMS

## ABSTRACT

This conference paper examines the fundamental principles, application strategies, and effects of frequent lambing systems on production efficiency in sheep farming. Frequent lambing systems are determined based on the estrus synchronization methods selected to optimize reproductive efficiency and tailored to the physical, economic, and environmental

conditions of the farm. However, pasture-based operations often avoid these systems due to increased labor, intensive health management, and higher costs. In contrast, farms with intensive care and feeding systems employ protocols such as once-a-year, twice-a-year, three-times-in-two-years, and four-times-in-three-years lambing to increase the production potential per animal. The three-times-in-two-years system is the most preferred, offering an optimal three-month service period, which facilitates efficient weaning and allows for the recovery of reproductive organs during the postpartum period. Nevertheless, some researchers emphasize that while technically successful, frequent lambing systems are not always economically sustainable due to increased labor, feed costs, and the high expense of hormonal treatments. The six-monthly lambing system may negatively impact reproductive performance due to the physiological strain of shorter pregnancy intervals. In contrast, the eight-monthly lambing system enhances reproductive performance and economic returns. The four-times-in-three-years and CAMAL systems require complex breeding and lambing schedules. The STAR system, designed to align with the annual calendar, simplifies management processes and targets five lambing within three years. In conclusion, the selection and implementation of frequent lambing systems should carefully consider farm infrastructure, labor capacity, market demands, and animal welfare. Properly chosen and effectively managed systems can enhance both sheep productivity and the economic profitability of the operation.

**Keywords:** CAMAL, lambing, sheep, STAR, reproduction.

## 1. GİRİŞ

Koyunlar diğer hayvanlarla karşılaştırıldığında üreme durumlarına göre mevsimsel poliöstrik hayvanlardır. Yani yılın belli aylarında kızgınlık gösterirler. Koyunların seksüel siklusları günlerin kısalmaya başladığı dönemlerde aktifleşmektedir. Vücutta sentezlenen melatonin reprodüktif aktivite üzerine direkt etki ederek (Gonadotropik etki) siklusun başlamasını sağlar (Kalkan & Öcal, 2019; Robinson & Noakes, 2019).

Üreme sezonu içerisinde gebe kalamayan bir koyun bir dahaki üreme sezonunu beklemek zorundadır. Bunun nedeni üreme sezonu dışında bu hayvanların anöstrus dönemine girmeleridir. Bu dönemde herhangi bir seksüel aktivite olamayacağından bu hayvanların gelecek sezonda gebe kalma ihtimali olacaktır (Canooğlu & Sarıbay, 2019).

Fizyolojik koşullar altında, koyunlar genellikle yılda yalnızca bir kez doğum yaparlar. Bu durum, hayvancılık işletmelerinde, üretim verimliliğini artırma amacıyla üremenin kontrollü bir şekilde yönetilmesini gerektirmektedir. Üreme kontrolünü sağlamak ve birim başına üretim potansiyelini maksimize etmek amacıyla çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Bu kapsamda, üreme sezonu boyunca koç katımı, ışık manipülasyonu ve flushing (enerji açısından zengin yemlerin verilmesi) gibi teknikler kullanılmaktadır. Ancak, bu uygulamalar çoğunlukla sadece üreme sezonu içinde etkili olup, sezon dışı üreme dönemi (anöstrus) boyunca istenen sonuçları vermemektedir. Bu nedenle, üreme etkinliğini artırmak amacıyla sezon dışı uygulamalarda sıklıkla hormonal tedavilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu hormon uygulamaları, üreme döngüsünü senkronize ederek koyunların mevsim dışı dönemde de üreme kapasitesini korumasını sağlamaktadır (Robinson & Noakes, 2019). Bu amaçla bazı senkronizasyon

protokolleriyle sezon dışı veya geçiş dönemlerinde koyunların kızgınlığa getirilmesi planlanır (Gordon, 1997).

Koyunlarda östrus senkronizasyonunda yaygın olarak kullanılan hormonlar arasında progestagenler (CIDR veya sünger), kısrak koryonik gonadotropini (eCG), insan koryonik gonadotropini (hCG), gonadotropin salgılatıcı hormon (GnRH), prostaglandin F2α (PGF2α) ve melatonin yer almaktadır (Abecia vd., 2012; Gordon, 1997).

Melatonin, koyunlarda anöstrus dönemini sona erdirmek ve üreme döngüsünü başlatmak amacıyla kullanılsa da uygulama süresinin uzunluğu (40-55 gün) nedeniyle, sık kuzulatma protokollerinde tercih edilmemektedir. Zira, bu süre zarfında hayvanların bakım ve yönetimi karmaşık hale gelebilir ve sık doğum döngüleri için optimal olmayabilir (Gordon, 1997; Robinson & Noakes, 2019).

Sezon dışı üreme programlarında, özellikle doğumun doğal üreme sezonu dışında gerçekleşmesini sağlamak amacıyla, progesteron ve eCG hormonları ön plana çıkmaktadır. Progesteron uygulamaları, endojen luteal fazı taklit ederek üreme döngüsünün başlangıcını düzenlerken, eCG ise ovaryan foliküllerin büyümesini ve ovulasyonunu teşvik ederek, yüksek ovulasyon ve gebelik oranlarının elde edilmesine katkı sağlamaktadır. Bu kombinasyon, özellikle sezon dışı kuzulatma programlarında üreme verimliliğini artırmak için etkin bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Gordon, 1997; Kulaksız vd., 2011; Robinson & Noakes, 2019).

Bu bildirinin amacı, sık kuzulatma sistemlerinin temel prensipleri, uygulama stratejileri ve bu sistemlerin koyun yetiştiriciliğindeki üretim verimliliğine etkisi hakkında kapsamlı bilgi sağlamaktır.

## 2. SIK KUZULATMA SİSTEMLERİ

Üreme faaliyetlerini optimize etmek amacıyla en uygun östrus senkronizasyon yönteminin seçilmesi, koyunların kuzulama sıklığının işletmenin fiziki, ekonomik ve çevresel koşullarına göre belirlenmesine olanak tanımaktadır. Ancak, sık kuzulatma sistemleri ek iş gücü, daha yoğun sağlık yönetimi ve maliyet artışı gerektirmektedir. Bu nedenle, özellikle mera koşullarına dayalı küçükbaş hayvancılık işletmelerinde sık kuzulatma sistemi genellikle tercih edilmemektedir. Meraya dayalı sistemlerde doğal çevre koşulları, yem kaynaklarının sınırlı olması ve iş gücü maliyetleri bu tercihte belirleyici olmaktadır. Bununla birlikte, yoğun bakım ve yemleme sistemlerine sahip işletmelerde, birim hayvan başına üretim potansiyelini artırmak amacıyla farklı sık kuzulatma protokolleri kullanılmaktadır. Bu bağlamda, yılda bir kuzulatma, yılda iki kuzulatma, iki yılda üç kuzulatma ve üç yılda dört kuzulatma gibi yöntemlerin yanı sıra, CAMAL sistemi ve Yıldız sistemi gibi özel teknikler de uygulanmaktadır (Bülbül vd., 2014; Keskin vd., 2002, 2005). Bu stratejiler, üreme etkinliğini artırarak işletme karlılığını maksimize etmeyi amaçlamakla birlikte, yoğun bakım ve ileri düzey yönetim gerektirdiği için her işletmeye uygun olmayabilir. Bu nedenle, uygulanacak yöntemin seçimi, işletmenin altyapısı, iş gücü kapasitesi ve pazar taleplerine göre dikkatle değerlendirilmelidir.

Kuzulatma sistemleri arasında en fazla tercih edilen yöntem, iki yılda üç kuzulatma sistemidir. Bu sistemin tercih edilmesinin başlıca nedeni, her doğumdan sonra uygulanan servis periyodunun 3 ay gibi optimal bir süre olmasıdır. Bu süre, postpartum dönemde üreme organlarının daha hızlı toparlanmasına olanak tanıyarak, koyunun bir sonraki gebelik için hazırlanmasını kolaylaştırmaktadır (Keskin vd., 2002, 2005). Ayrıca, kuzu sütten kesme işlemi de bu süre zarfında daha düzenli ve rahat bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Kuzular, sütten kesme döneminde yeterli gelişim ve büyüme sağladığından, sürünün genel sağlık durumu ve üretkenliği de olumlu yönde etkilenmektedir. Bu sistem, özellikle süt üretiminde yoğunlaşan ya da yoğun bakım uygulamalarıyla çalışan işletmelerde yüksek verimlilik hedefiyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Gordon, 1997, 2004). Yapılan çalışmalarda sık kuzulatma sistemlerinin verimi arttırdığı ve yetiştiricilerin bu uygulamalardan olumlu sonuçlar aldığı veya olumsuz herhangi bir etkisinin olmadığı bildirilmektedir (Çetin & Akçapınar, 2005; Keskin vd., 2005; Yılmaz & Odabaşıoğlu, 2006).

Bununla birlikte, bazı araştırmacılar sık kuzulatma sistemlerinde kullanılan senkronizasyon yöntemlerinin teknik olarak başarılı olmasına rağmen, elde edilen kuzu veriminin ekonomik açıdan her zaman sürdürülebilir olmadığını ifade etmektedir. Bu eleştiriler genellikle, artan iş gücü ihtiyacı, ek yemleme maliyetleri, hormon uygulamalarının yüksek maliyeti ve bazı durumlarda kuzu başına düşen net kârın düşük olması gibi faktörlere dayanmaktadır. Dolayısıyla, sık kuzulatma sistemlerinin uygulanabilirliği, işletmenin altyapısına, pazar koşullarına ve yönetim becerilerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Bülbül vd., 2014; Morris, 2017).

### 2.1.Yılda Bir Kuzulatma Sistemi

Geleneksel koyun yetiştiriciliğinde, dişilerin üreme döngüleri genellikle yılda bir kez kuzulama ile sınırlandırılmıştır. Üreme başarısı göstermeyen ve sürüde kalmaya devam eden dişilerde ise, üreme performanslarına bağlı olarak 24 veya 36 aylık daha uzun kuzulama aralıkları uygulanmaktadır. Bu durum, hem hayvanın fizyolojik yapısına hem de sürü yönetimi stratejilerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (Hogue, 1987).

Ekstansif yetiştiricilik yapılan hemen hemen tüm işletmelerde bu sisteme dayalı kuzulatma yapılmaktadır. Koyunlar üreme sezonu içinde çiftleşirler ve gebe kalırlar. Bu süre zarfında gebe kalmayan bir koyundan ortalama yıllık kuzu alımı düşük olmaktadır (Hogue, 1987; Keskin vd., 2002).

### 2.2.Altı Ayda Bir Kuzulatma Sistemi

Bu üretim sisteminde iki doğum arasında ideal olarak altı aylık bir süre hedeflenmektedir. Bu durum, doğum sonrası hayvanın bir ay içerisinde yeniden gebe kalmasını gerektirmektedir. Böyle kısa bir gebelik aralığı, hayvanın fizyolojik sınırlarını zorlayarak üreme performansını olumsuz etkileyebilir. Özellikle, sıkışık doğum aralıkları hayvanlarda yıpranmaya, süt verimi düşüklüğüne, üreme organı hastalıklarına ve ömrün kısalmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, bu sistemin sürdürülebilirliği ve hayvan refahı açısından ciddi soru işaretleri bulunmaktadır. Söz konusu uygulama, genellikle kısa sürede yüksek miktarda ürün

elde etmeye odaklanan entansif üretim sistemlerinde tercih edilmekle birlikte, uzun vadede hem hayvan hem de sistemin ekonomik verimliliği üzerinde olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir (Hogue, 1987; Hulet & Stellflug, 1983; Keskin vd., 2002).

Merinos koyunlarında yılda iki kuzulama sisteminin döl verimi üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar, bu sistemin uygulanmasıyla döl veriminde artış elde edildiğini belirtmişlerdir. Ancak, çalışmanın sonuçları değerlendirilirken, bu sistemin özellikle Marmara, Ege ve Akdeniz gibi ılıman iklim koşullarına sahip bölgelerde daha başarılı olabileceği vurgulanmıştır (Çetin & Akçapınar, 2005).

### 2.3.Sekiz Ayda Bir Kuzulama - İki Yılda Üç Kuzulatma Sistemi

Yaklaşık 25 yıl önce uygulamaya konulan bu sistemde, koyunlara her 8 ayda bir doğum imkanı tanınarak, iki yılda üç kez kuzulatma hedeflenmektedir. Sistemin verimliliğini artırmak amacıyla, koyunlar dört aylık periyotlarla farklı gruplara ayrılmaktadır (Hogue, 1987). Bu sayede, bir gruptaki koyunların gebe kalma oranları takip edilerek, gebe kalamayan bireyler diğer gruplara aktarılmakta ve böylece tüm koyunlara eşit üreme fırsatı sunulmaktadır. Bu sistem, koyunların üreme potansiyelini en üst düzeye çıkarırken, aynı zamanda işletmelerin ekonomik verimliliğini de artırmayı amaçlamaktadır (Batmaz & Başpınar, 1999; Hulet & Stellflug, 1983; Keskin vd., 2002).

Bir çalışmada, İvesi koyunlarına uygulanan iki yılda üç kuzulama sisteminin döl verimini anlamlı ölçüde artırdığı belirtilmiştir. Araştırmacılar, bu sistem sayesinde elde edilen artan kuzu üretimiyle birlikte, yapılan harcamaların karşılaştırılması sonucunda ekonomik bir getirinin sağlandığını vurgulamışlardır. Bu bulgular, söz konusu sistemin İvesi koyunlarında üreme verimliliğini artırmak ve ekonomik getirinin maksimize edilmesi için uygun bir alternatif olduğunu göstermektedir (Keskin vd., 2005).

### 2.4.Dokuz Ayda Bir Kuzulama - Üç Yılda Dört Kuzulama Sistemi

Üç yılda dört kuzulama sistemi, koyunların fizyolojik sınırları dahilinde, üreme performanslarını artırmayı amaçlayan bir üreme yönetimi stratejisidir. Bu sistemde, koyunlara ortalama dokuz aylık süreç içerisinde yeniden çiftleşme dönemi sunulur. Morlam koyunları üzerinde ilk olarak uygulanan bu sistemde, doğum sonrası dördüncü ayda başlayan ve üç aylık aralıklarla tekrarlanan koç katımı ile koyunların üreme döngüleri senkronize edilerek, daha sık ve düzenli kuzulamalar elde edilmesi hedeflenir (Hogue, 1987; Keskin vd., 2002).

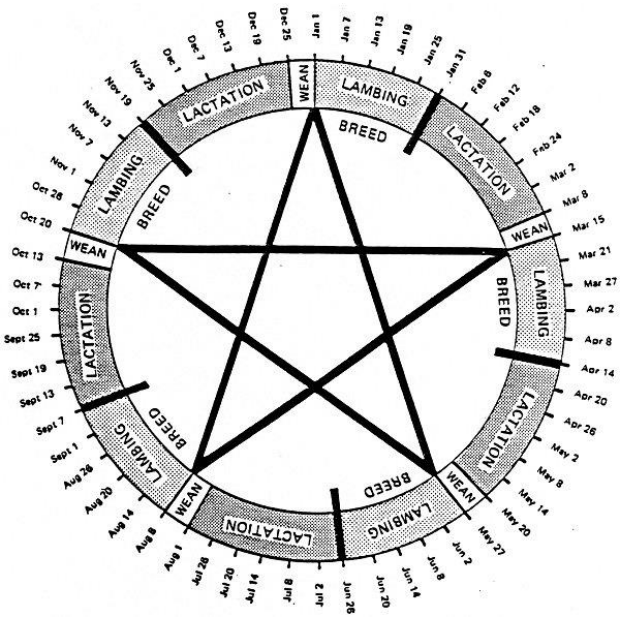
### 2.5.CAMAL Sistemi

Bu sistem, özellikle STAR sistemine kıyasla daha ileri bir planlama olarak tasarlanmıştır. Temelde, iki yılda üç kuzulama yapılan sistemdeki koyunlar, iki sürü yerine dört sürüye ayrılmaktadır ve her bir sürü her iki ayda bir kuzulamaktadır. Programdan da anlaşılacağı üzere, tüm sürüler birleştirildiğinde her iki ayda bir çiftleşme dönemi ve bu ayların arasında da kuzulama dönemi bulunmaktadır; bu nedenle sistem, CAMAL olarak adlandırılmaktadır. Eğer koçlar, süt verenler de dahil olmak üzere tüm koyunlarla birlikte

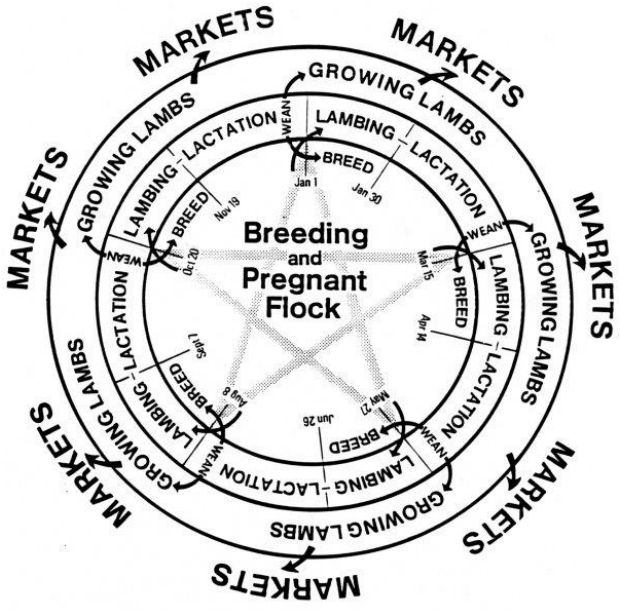
tutulursa, her bir koyunun 6, 8, 10 veya 12 ay aralıklarla kuzulama fırsatı bulunmaktadır. Bu sistem, yılda iki kez kuzulama ve iki yılda üç kez kuzulama avantajlarını birleştirmenin yanı sıra, 10 aylık bir aralık olasılığını da sunmaktadır. Cornell Üniversitesi'nde Dorset koyunları yaklaşık 5 yıl boyunca CAMAL sistemiyle yönetilmiştir; ancak bu sistemin yönetimi oldukça karmaşıktır. Koyunlar 5 aylık bir gebelik süresine değil, aslında 146 günlük bir gebelik süresine sahiptir. Bu nedenle, iki ayda bir düzenlenen program tam olarak uyum göstermemiş ve istenenden daha fazla dikkat ve detay gerektirmiştir. Altı ay aralıkla kuzulayan koyun sayısı oldukça azdır ve bu kuzulamalar genellikle 7 aylık aralıklarla gerçekleşmiştir. Bu durum, kuzulamanın ayın başında, çiftleşmenin ise bir sonraki ayın sonunda gerçekleşmesinden kaynaklanmıştır. Ayrıca kuzulama ve çiftleşme dönemleri çakışmamış, bu da doğum öncesi ve çiftleşme öncesi beslenme gibi yönetimsel süreçleri daha da karmaşık hale getirmiştir (Hogue, 1987).

### 2.6.STAR Sistemi

STAR sistemi (Şekil 1), Cornell Üniversitesi'nde CAMAL sistemine bir iyileştirme olarak geliştirilmiştir. Başarılı bir sık veya hızlandırılmış kuzulama sisteminin koyunların biyolojik özelliklerine aykırı olmaması, takvim yılına uyum sağlaması gerektiği anlaşılmıştır. Ayrıca, çiftleşme ve kuzulama dönemlerinin çakışması durumunda yönetimin daha basit hale geleceği de belirlenmiştir. STAR programı, bu sorunlara çözüm getirmiştir. Koyunlarda gebelik süresi 146 gündür. Gebelik süresinin yarısı (146/2) 73 gün olup, bu süre tam olarak bir yılın beşte birine denk gelmektedir. Yıllık takvim, dairesel bir şekilde düzenlenmiş ve beş eşit 73 günlük döneme ayrılmıştır. Alternatif dönemlerin ilk günleri birleştirildiğinde, mükemmel bir yıldız (STAR) şekli oluşur. Dönemin ilk 30 günü içinde çiftleşme veya kuzulama yapıldığında, geri kalan yönetim süreçleri belirginleşir. Örneğin; bir koyun 1. dönemde kuzuladığında, 2. dönemde çiftleşir ve 4. dönemde tekrar kuzular, ardından 5. dönemde tekrar çiftleşir gibi. Bu döngüyü tamamlayarak 3 yılda 5 kez kuzulayan koyuna STAR koyunu denir. Eğer koyun her kuzulamada ikiz doğurursa, bu koyuna ALL-STAR koyunu adı verilir. STAR sistemi bu bağlamda, koyun biyolojisine aykırı değildir, takvim yılına uyum sağlar, çiftleşme ve kuzulama tarihlerini kesinleştirerek yönetimi basitleştirir. Çiftlikte yıl içerisinde beş kuzulama dönemi ise koyunların 3 yılda 5 kez kuzulamasına olanak tanır ve bu da yılda ortalama 1.67 kuzulama/koyun oranına eşittir. Pazar için yıllık düzenli kuzu üretimini ve bu sayede istikrarlı bir nakit akışını sağlar. Kuzulama alanları gibi tesislerin verimliliğini artırır. Mevsim dışı çiftleşebilen ve her mevsimde kuzulama sonrası çiftleşebilen koyunların belirlenmesine olanak tanır (Hogue, 1987; Lewis vd., 1996).




**Şekil 1:** STAR hızlandırılmış kuzulama sistemi (Hogue, 1987).




**Şekil 2:** STAR hızlandırılmış kuzulama sisteminde koyun ve kuzuların yönetimi (Thonney, 2018).

## 3. SONUÇ

Sık kuzulatma sistemleri, küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde verimliliği artırmak ve ekonomik kazançları maksimize etmek amacıyla farklı üreme yönetim stratejileri sunmaktadır. Ancak her bir sistemin uygulanabilirliği, işletmenin fiziksel, ekonomik ve çevresel koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Geleneksel olarak yılda bir kuzulatma sistemi yaygın olmakla birlikte, işletmelerin verimlilik hedeflerine göre yılda iki kuzulama, iki yılda üç kuzulama, hatta üç yılda dört kuzulama gibi daha yoğun sistemler de tercih edilebilmektedir. İki yılda üç kuzulama sistemi, postpartum dönemin optimal bir sürede yönetilmesini sağlayarak üreme verimini artırdığı ve ekonomik olarak sürdürülebilir olduğu için en yaygın kullanılan strateji

olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, yılda iki kuzulama ve altı ayda bir kuzulama gibi daha sıkı döngüler, hayvan refahını ve uzun vadeli verimliliği olumsuz etkileyebileceğinden dikkatli yönetim gerektirmektedir. CAMAL ve STAR gibi özel sistemler ise daha karmaşık yönetim modelleri sunmakla birlikte, yıl boyunca düzenli kuzu üretimi, yüksek verimlilik ve mevsim dışı üreme yeteneğine sahip koyunların seçilmesi gibi avantajlar sağlamaktadır. Özellikle STAR sistemi, biyolojik ve takvimsel uyum sağladığı için modern işletmelerde dikkat çekici bir alternatif olarak kabul edilmektedir. Sonuç olarak, sık kuzulatma sistemlerinin seçiminde işletme altyapısı, iş gücü kapasitesi, pazar talepleri ve hayvan refahı dengeli bir şekilde değerlendirilmelidir. Doğru seçilen ve uygun şekilde yönetilen kuzulatma sistemi hem koyunların üretkenliğini artırabilir hem de işletmenin ekonomik kazancını maksimize edebilir.

## 4. KAYNAKÇA

Abecia, J. A., Forcada, F., & González-Bulnes, A. (2012). Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science*, *130*(3-4), 173-179. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.011

Batmaz, S. E., & Başpınar, H. (1999). Karacabey Merinosu koyunların yarı entansif koşullarda kuzulama aralığının kısaltılması üzerine bir araştırma. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, *23*(Supple 4), 665-672.

Bülbül, B., Kırbaş, M., Aktaş, A. H., Köse, M., Ataman, M. B., Çoyan, K., Kan, M., Haalıcı, İ., Gök, B., & Akbuut, N. K. (2014). Anadolu merinoslarında sık kuzulatma olanaklarının araştırılması. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *20*(1), 19-26.

Canooğlu, E., & Sarıbay, M. K. (2019). Üreme kanalının morfolojisi ve üreme fizyolojisi. Içinde M. Kaymaz, M. Fındık, A. Rişvanlı, & A. Köker (Ed.), *Çiftlik Hayvanlarında Doğum ve Jinekoloji* (3. bs, ss. 409-426). Medipres.

Çetin, H., & Akçapınar, H. (2005). Merinoslarda yılda iki kuzulatmanın kuzularda yaşama gücüne ve büyümeye etkisi. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, *45*(2), 25-34.

Gordon, I. (1997). *Controlled Reproduction in Sheep & Goats: C. Volume 2*. CAB International.

Gordon, I. (2004). *Reproductive Technologies in Farm Animals*. CABI Publishing.

Hogue, D. E. (1987). Frequent lambing systems. Içinde I. F. M. Marai & J. B. Owen (Ed.), *New Techniques in Sheep Production* (ss. 57-63). Butterworth & Co. https://doi.org/10.1016/B978-0-408-10134-9.50011-X

Hulet, C. V., & Stellflug, J. N. (1983). Accelerated lambing: Its role in the sheep industry. Içinde F. H. Baker (Ed.), *Sheep and Goat Handbook: C. Volume 3* (ss. 171-178). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9780429305979-20

Kalkan, C., & Öcal, H. (2019). Üreme fizyolojisi. Içinde M. Kaymaz, M. Fındık, A. Rişvanlı, & A. Köker (Ed.), *Çiftlik Hayvanlarında Doğum ve Jinekoloji* (3. baskı, ss. 41-67). Medipres.

Keskin, M., Biçer, O., Gül, S., & Sari, A. (2005). İvesi koyunlarında iki yılda üç kuzulatma ile döl veriminin artırılması üzerine bir araştırma. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, *45*(1), 19-24.

Keskin, M., Biçer, O., & Sabri, G. (2002). Sık kuzulatma sistemleri. *MKU Ziraat Fakültesi Dergisi*, *7*(1-2), 89-94.

Kulaksız, R., Daşkın, A., & Dalcı, T. (2011). Aşım sezonunda farklı ırk koyunlarda flugeston asetat-eCG ile östrus senkronizasyonu sonrası bazı reprodüktif özellikler. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, *6*(1), 9-15.

Lewis, R. M., Notter, D. R., Hogue, D. E., & Magee, B. H. (1996). Ewe fertility in the STAR accelerated lambing system. *Journal of Animal Science*, *74*(7), 1511-1522. https://doi.org/10.2527/1996.7471511X

Morris, S. T. (2017). Overview of sheep production systems. Içinde D. M. Ferguson, C. Lee, & A. Fisher (Ed.), *Advances in Sheep Welfare* (ss. 19-35). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100718-1.00002-9

Robinson, B., & Noakes, D. E. (2019). Reproductive physiology of the female. Içinde D. E. Noakes, T. J. Parkinson, & G. C. W. England (Ed.), *Veterinary Reproduction and Obstetrics* (10th bs, ss. 2-34). W.B. Saunders.

Thonney, M. L. (2018). Sheep reproduction: Accelerated lambing systems. Içinde D. E. Ulrey, C. K. Baer, & W. G. Pond (Ed.), *Encyclopedia of Animal Science* (2nd bs, C. 2, ss. 1026-1029). CRC Press. https://doi.org/10.1081/E-EAS2-290

Yılmaz, O., & Odabaşıoğlu, F. (2006). Hamdani, Morkaraman ve Karagül koyunlannda kuzulatma sıklığının arttırılması olanakları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *9*(1), 116-126.

# AKDAĞ YABAN HAYATI GELİŞTİRME SAHASI YIRTICI MEMELİ (MAMMALIA: CARNIVORA) TÜRLERİ

**Orm.Yük.Müh.İsmail DİNÇ**
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
ismaildinc4332@gmail.com- ORCID ID: 0000-0002-6423-6675

**Doç.Dr.Yasin ÜNAL**
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi
yasinunal@isparta.edu.tr- ORCID ID: 0000-0001-7180-133X

## ÖZET

Bu çalışma Afyonkarahisar ili sınırları içinde Sandıklı ilçesi ve Denizli ili Çivril ilçesi sınırlarında bulunan Akdağ Yaban Hayatı Geliştirme Sahası'nda yürütülmüştür. Çalışmada, doğrudan sayım yöntemler içerisinde yer alan spot ışıkla sayım ve noktada sayım, dolaylı yöntemler içerisinde yer alan fotokapan yöntemi kullanılarak Afyonkarahisar Sandıklı – Denizli Çivril sınırlarında bulunan Akdağ YHGS'de yayılış gösteren kurt (*Canis lupus*), tilki (*Vulpes vulpes*), Kaya sansarı (*Martes foina*), Porsuk (*Meles meles*) tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yaban hayatı, Memeliler, Etobur memeliler, Akdağ

## ABSTRACT

This study was carried out in Akdağ Wildlife Development Area located in Sandıklı district of Afyonkarahisar province and Çivril district of Denizli province. In the study, using spot light counting and point counting among direct counting methods and cameratrap method among indirect methods, gray wolf (*Canis lupus*), fox (*Vulpes vulpes*), beech marten (*Martes foina*) and Avrasian badger (*Meles meles*) distributed in Akdağ YHGS located in Afyonkarahisar Sandıklı- Denizli Çivril borders were determined.

Key words: Wild life, Mammalia, Carnivor mammals, Akdag

## 1. GİRİŞ

Doğal kaynaklar, insan müdahalelerinin zararlı etkileri nedeniyle azalmaktadır. Ormanlar gibi yaban hayatı geliştirme sahalarıda Türkiye'nin önemli biyolojik üretim alanları olup, başta değerli av hayvanları, balık türleri ve su kuşları olmak üzere, birçok bitki ve hayvan türüne ev

sahipliği yapmaktadır (Oğurlu, 2008). Korunan alanların oluşturulması, biyolojik çeşitliliğin korunması için kilit bir stratejidir (Ünal ve ark., 2019). Bu alanların korunması ve rehabilitasyonu kritiktir (Evcin ve ark., 2017). Bu kapsamda, ülkemizde bugüne kadar tescil edilmiş 82 adet Yaban Hayatı Geliştirme Sahası bulunmaktadır. Bu sahalardan 17 adedi aynı zamanda sulak alan statüsündedir. Yaban Hayatı Geliştirme Sahaları ilan edilirken ülkemizde nesli tehlike altında olan ve Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından koruma altına alınmış olan türlerden hedef türler seçilmiştir. Yaban hayatının ve yaşam alanlarının korunması, hem ekolojik hem de sosyal nedenlerle doğal kaynak yönetiminin temel amacıdır (Morzillo ve ark., 2014). Yabani hayvanların korunması, üretimlerinin sürekliliğinin sağlanması ve tür çeşitliliği için biyoçeşitlilik kavramları ile ilgili bilgi sahibi olmak önemlidir. (Aksan ve ark., 2014). Günümüzde ormanların tahrip edilmesi, erozyon ve kirlilik, Carnivora mensubu pek çok türün doğal yaşam alanlarını gittikçe daraltmaktadır. Bununla birlikte, kürkleri için zehirlenerek ya da vurularak aşırı derecede öldürülmektedirler. Bu olumsuz gelişmeler ise, onların tür ve birey sayısı bakımından azalmasına sebep olmaktadır.

Ülkemizde bulunan biyoçeşitlilik açından önem arz eden korunan alanlar genel olarak 6 statüde toplanılabilir. Bunlar; Milli Parklar, Tabiat Parkları, Tabiat Anıtları, Tabiatı Koruma Alanları, Sulak Alanlar ve Yaban Hayatı Geliştirme Sahaları'dır. Yaban Hayatı Geliştirme Sahaları, av ve yaban hayvanlarının ve yaban hayatının korunduğu, geliştirildiği, av hayvanlarının yerleştirildiği, yaşama ortamını iyileştirici tedbirlerin alındığı ve gerektiğinde özel avlanma plânı çerçevesinde avlanmanın yapılabildiği sahalardır. Akdağ YHGS ilk olarak Mülga 3167 sayılı Karar Avcılığı Kanununa göre 23.12. 1977 tarihinde 27094 ha büyüklüğünde Yaban Hayatı Koruma Sahası olarak tescil edilmiştir. 2003 yılında 4915 sayılı Kara Avcılığı Kanununun yürürlüğe girmesinin ardından saha yeniden değerlendirilmiş ve önceleri bölge müdürlükleri bazında çalışmakta olan Bakanlığımızın İl Müdürlüğü sistemine geçmesi ile yeni yapılanmaya göre Afyonkarahisar Sandıklı Akdağ YHGS ve Denizli Çivril Akdağ YHGS olarak Bakanlar Kurulunun 7.9.2005 tarih ve 2005/9453 sayılı kararı ile 16/10/2005 tarih ve 25968 Sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Daha sonra sahanın Denizli İli Çivril İlçesi sınırları içerisinde kalan kısmında Bakanlar Kurulunun 13/09/2006 tarih ve 2006/10966 sayılı kararı ile sınır değişikliği yapılarak bugünkü hali ile 5.10.2006 tarih ve 26310 Sayılı Resmi Gazetede yayımlanmıştır. Alanın toplam büyüklüğü 25965.0 hektar olup bunun 11272.0 hektarı Yaban Hayatı Geliştirme Sahası, 14693.0 hektarı Akdağ Tabiat parkıdır. Alanın hedef türü Kızıl geyik (Cervus elaphus)'tir. Akdağ YHGS Kızıl geyik (Cervus elaphus) için ilan edilmiştir (Süel ve Ercan, 2019). Bu çalışmanın amacı Afyonkarahisar Sandıklı ilçesi ve Denizli Çivril ilçesi

sınırlarında bulunan Akdağ Yaban Hayatı Geliştirme Sahası'nda yayılış gösteren etobur (Carnivora) memeli türleri belirlemektir. Türlerin biyolojisi, ekolojisi, morfolojisi, gün içerisinde aktif bulunduğu zaman dilimleri tespit edilmiştir.

## 2. MATERYAL

### 2.1. Çalışma Alanı ve Tanıtımı

Akdağ YHGS, Ege Bölgesinde Afyonkarahisar İli Sandıklı ve Kızılören İlçeleri ile Denizli İli Çivril ilçesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Akdağ YHGS Dinar – Çivril Devlet Karayolunun kuzeyinde yer almaktadır. Akdağ YHGS Antalya'yı ülke ulaşım ağına bağlayan önemli ulaşım güzergâhının üzerinde yer alması karayolu ile ulaşılabilirliğini en üst düzeye çıkarmıştır. Antalya'yı Ankara ve İstanbul'a bağlayan D650 Karayolu, YHGS'nin güney batı sınırında, kuzey-güney yönünde baştan sona kat etmektedir. Saha kuzeybatıdan-güneydoğuya doğru alçalan iki silsile halinde uzanmaktadır. Birinci silsile Bakırlı dere'den başlayıp, Tokalı kanyonu'nda son bulan birinci Akdağ olup, en yüksek tepesi 2446 m ile Kıraç Tepesi'dir. İkinci silsile Tokalı Kanyonu'nda başlayıp Düzbel'deki Sarp Dere'de son bulan ikinci Akdağ olup, en yüksek tepesi 2343 m ile Akkıraç Tepesi'dir.




**Şekil 1.** Akdağ YHGS'nin coğrafi konumu



**Şekil 2.** Akdağ YHGS'nin uydudan görünümü

Akdağ YHGS'nin doğusunda: Yellicebel Tepe den güneye inen sırtı takiben Orta Tepe, Alaca Tepe, Göğebakan Dağı, Macıl Tepe, doğuya devam eden sırtı takiben Örenkaya - Asmacık karayoluna, karayolunu takiben Aylıca Tepenin yolu kesen sırtından Aylıca Tepeye, sırtı takiben Kuba Tepe, Aydini Tepe, Değirmen Dereye inen ve güneye devam eden sırtı takiben Mezargediği Tepeye, Üçoluk Deresi, Kurttaşı Tepesinin Üçoluk Deresine inen sırtını takiben Kurttaşı Tepe, Yüksekkıran Tepe, güneye inen sırtı takiben Sakaltutan Deresi yer almaktadır.

Akdağ YHGS'nin güneyinde: Sakaltutan Dere, Sakaltutan Derenin Arapalan Tepesinin Kuzeye inen sırtını kestiği noktadan kuzeye giden sırtı takiben Küçükkır Tepe yer almaktadır.

Akdağ YHGS'nin batısında: 1066 rakımlı tepe, düz hat ile Akdere–Leylekkayası, düz hat ile 1424 rakımlı tepeye, düz hat ile 1480 rakımlı mevki, Aygır sırtı, 110 rakımlı tepe, düz hat ile Gökçesınır sırtı, Yuvaköyün doğu yamacı, Zirayık Dere, Deve dere, Düz hat ile Çamoluk Dere, dereyi batı yönünde takip ile Kavakalanı deresi, dereyi kuzey yönünde takiple Bakırlı Deresi, Bakırlı Deresini takiple Kanlıkurak Tepesi yer almaktadır.

Akdağ YHGS'nin kuzeyinde: Kanlıkurak Tepesi, sırtı takip ile Karatavuk Gediği, Sırtı takip ile Geyikölen Çukurunun güneyindeki 1582 rakımlı tepeden sırtı takip ile Acem Mezarlığı mevkisine, sırtı takip ile 1514 rakımlı Işıkyurdu Tepesinden Karacık Tepeye, Akoluk Tepe, Yıldızdağı Tepeden Değirmen dereye inen sırtı takip ile Ömeroluğu Sırtı, sırttan devamla Kestel Çayını kesen sırtı takip ile Kestel Çayınını kuzeyini doğu yönünde takip eden sırt ile Yellicebel Tepe yer almaktadır (Anonim yönetim planı).

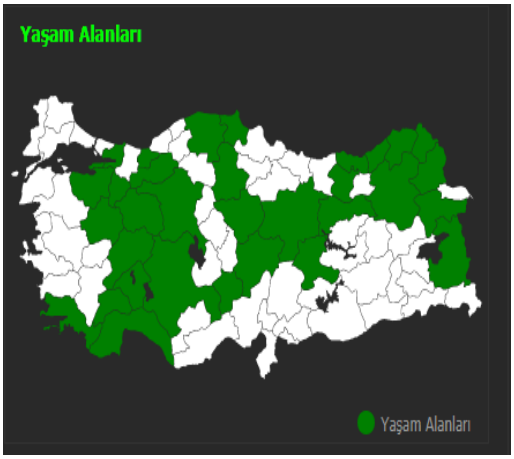
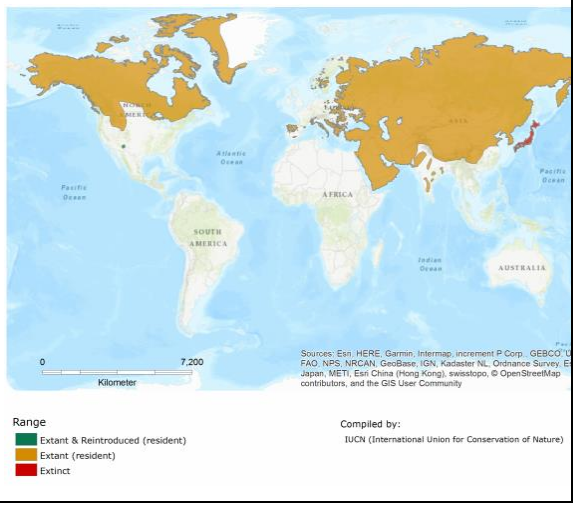
Akdağ Yaban Hayatı Geliştirme Sahası Akdeniz iklim bölgesinde olup Ege - İç Anadolu iklimi arasında bir geçiş bölgesinde yer almaktadır. Bu bölgenin hakim iklim tipi, oldukça yüksek yağış, karakteristik ve tipik şiddetli yaz kuraklığıdır. Sonuç olarak alandaki iklimin klasik

anlamda Akdeniz-İç Anadolu geçit özellikleri yansıttığı söylenebilir. YHGS ve çevresinde kışlar oldukça sert ve kar yağışlıdır. Ortalama yıllık toplam yağış 725.9 mm dir ve yağışların çoğu kış mevsimindedir. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı %5.7 dir. Bu yüzden bölgede yaz kuraklığı hakimdir.

## 3. BULGULAR

### 3.1. Çalışma Sahasında Yayılış Gösterdiği Tespit Edilen Etobur Memeli (Mammalia: Carnivora) Türler

#### 3.1.1. Kurt (*Canis lupus*)

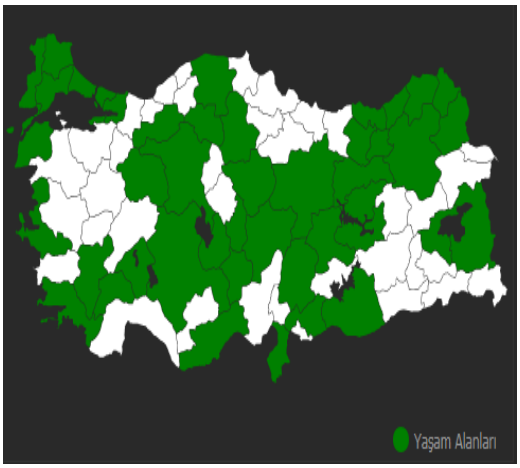
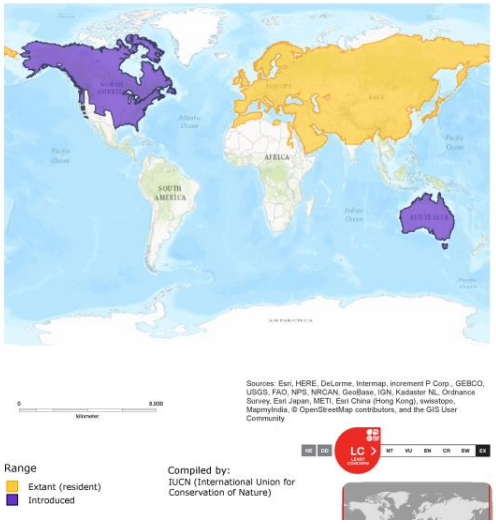
<table>
<tr>
<td>Alem (Kingdom): Hayvanlar (Animalia)<br>Şube (Pylum): Kordalılar (Chordata)<br>Sınıf (Class): Memeliler (Mammalia)<br>Grup (Order): Etoburlar (Carnivora)<br>Aile (Family): Köpekgiller (Canidae)<br>Cins (Genus): Köpek (Canis)<br>Tür (Species): Kurt (Canis lupus)</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>
</td>
</tr>
</table>

**Şekil 3.** Kurt (*Canis lupus*) görünümü, Türkiye ve Dünya üzerinde dağılımı

Köpekgiller (Canidae) familyası Kurt (Canis) cinsinin en büyük üyesi olan bu tür yırtıcı, nokturnal (gececil) bir türdür. Görme, işitme ve koku alma duyuları çok iyi gelişmiştir. Öyleki 2,5-3 km'den avının kokusunu alabilir. Zaman zaman tek başlarına yayılsalarda genellikle sürü halinde avlanırlar. Türün post rengi beyaz ve siyah aralığında ve kahverengi tonlarında olmak üzere değişiklik göstermekte ancak genellikle hakim renk alacalı gri olmaktadır. Türün

görünümü omuzlardan geriye doğru daralan büyük vücut yapısına göre uzun bacakları, kuyruk ucundaki siyah leke, göz çukurlarının kafatasındaki konumu ile kısa kulaklarıyla Türkiye'de dağılım gösteren Canidae familyasının diğer üyelerinden kolaylıkla ayrılır. Köpekten farklı olarak kuyruğu daha uzun, kulakları daha büyük ve dik, postu daha tüylü, boyu daha uzun, dişleri ve çenesi daha iri ve kuvvetlidir. Ağırlığı 35-50 kg'dır. Yetişkin bir kurt, 120 cm uzunluğa, omuz hizasından boyu 90 cm ve kuyruk uzunluğu 50 cm'dir. Daha çok etobur memelilerle beslenirler. Ömürleri 15-20 yıldır. Çiftleşme Aralık ayı sonu itibariyle başlar ve Nisan ayına kadar devam edebilir. Çiftleşmeden 8-9 hafta sonra gözleri kapalı 4-6 yavru doğar. Yavrulama genellikle mayıs ayında gerçekleşir. Yavruların gözlerin doğumdan 2 hafta sonra açılmaktadır. Anne birey yavrularının gözlerini açıncaya dek süt ile gözleri açıldıktan sonra ise kusmak yoluyla besler. Kurtlar tek eşlidir. Sürüde lider erkek ve dişi bireylerden bir tanesi ölmediği sürece bir çift erkek ve dişi ömrünün sonuna kadar birliktedir. Dişi kurt lider erkek kurt dışında başka bir türle çiftleşemez. Diğer erkek bireyler çiftleşmek istediğinde sürüden ayrılıp kendi sürüsünü oluşturmak zorundadır. Çok farklı iklim koşullarına uyum sağlamıştır. Dünya üzerinde yapılan çalışmalarda kurtların dağılım göstermiş olduğu alanlarda -50°C ile +50°C sıcaklarıklar aralarında olduğu tespit edilmiştir. Besin arayışı nedeniyle bir günde yaklaşık 70 km yol kat edebilen türün birkaç aya kadar uzayan sürelerde aç kalabildiği tespt edilmiştir. Beslenmesine bağlı olarak yapraklı, ibreli, karışık ormanlarda, çalılık yerlerde, steplerde ve az arızalı alanlarda da yaşarlar. Anadolu'da türün birincil besin kaynağının yaban domuzu (*Sus scrofa*), karaca (*Capreolus capreolus*), kızıl geyik (*Cervus elaphus*) ve bu türlerin mevcut olmaması durumunda yaban tavşanı (*Lepus europaeus*) olduğu belgelenmiştir. Yaz aylarında susuzluklarını gidermek amacıyla meyve ve meyve artıkları yedikleri de olur. Yurdumuzun hemen her yöresinde bulunmaktadır. Genellikle dağlık alanlarda ve insan etkisinden uzaklarda popülasyon oluşturmayı başarmıştır. Akdeniz ve Karadeniz'in bazı yörelerinde yaz aylarında yükseltisel göç yaparlar. Ülkemiz dışında Asya, Avrupa'nın İngiltere, İrlanda, İskoçya, Galler ve diğer bazı ülkeler haricindeki kısımlarda, K. Amerika, Mısır, Arap Yarımadası ve Grönland'da yayılış gösterirler (html1, Eryılmaz, 2017).

### 3.1.2. Tilki (*Vulpes vulpes*)

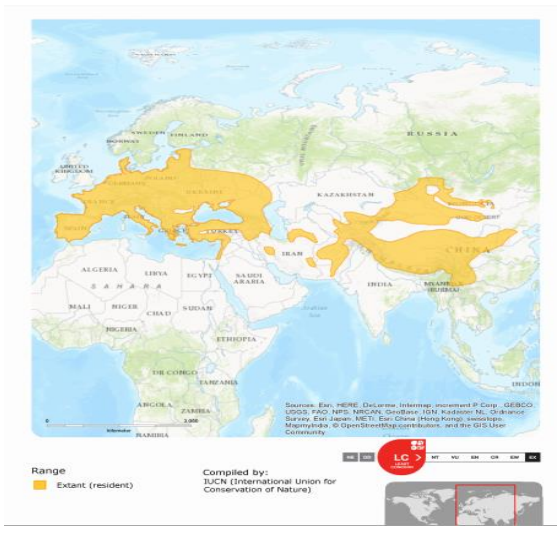
<table>
<tr>
<td>Alem (Kingdom): Hayvanlar (Animalia)<br>Şube (Pylum): Kordalılar (Chordata)<br>Sınıf (Class): Memeliler (Mammalia)<br>Grup (Order): Etoburlar (Carnivora)<br>Aile (Family): Köpekgiller (Canidae)<br>Cins (Genus): Köpek (Canis)<br>Tür (Species): Tilki (Vulpes vulpes)</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>
</td>
</tr>
</table>

**Şekil 4.** Tilki (*Vulpes vulpes*) görünümü, Türkiye ve Dünya üzerindeki dağılımı

Köpekgiller (Canidae) familyasının Tilkiler (Vulpes) cinsinin en büyük ve en yaygın türüdür. Büyük kulakları ve uzun, bol tüylü, kabarık kuyruğu vardır. Kuyruğun bu özelliği, onu çoğu zaman olduğundan büyük gösterir. Burnu sivridir. İnce ve uzun bacaklıdır. Tüylerin üst kısmı kızıl, alt kısmı beyaz, bacaklarının alt kısımları da siyah renk olur. Renklerinde yöresel olarak farklar olabilir; bazen üst kısmı turuncu ya da kahverengimsi kırmızı ve alt kısmı kar beyazı ya da gri renk olabilir. Tilki ormanlar, otlaklar, bozkırlar, çöller, tarım ve yerleşim alanları gibi çeşitli ekosistemlerde görülür (Larivière & Pasitschniak-Arts 1996; Sillero-Zubiri ve ark. 2004). Ocak ayı başından Şubat sonuna kadar çiftleşir. Çiftleşme mevsiminde kuyruk dibine yakın "Viola" diye tabir edilen bir bezeden kuvvetli bir koku çıkarır. Gebelik süresi 52-54 gündür. Dişi bir batında 4-7, genellikle 5 yavru yapar. Yavruların gözleri 2 haftada açılır. Anne tilki yavrularını 4-6 hafta emzirir. Yavrular 4 ila 6 hafta sonra yuvanın dışına çıkmaya başlarlar. 12 haftalık yavrular kendi başlarına buyruk olurlar.10-14 yıl yaşarlar. Yaşamak için büyük alanlara ihtiyaçları vardır. Ortalama beş girişi olan 15-20 metre uzunluktaki inlerde yaşarlar.

Ağaç kovuklarında da yuva yapabilirler. Koku alma ve işitme duyusu çok gelişmiştir. Hızlı bir koşucudur. Zorda kaldığında, uzun mesafeler olmadıkça yüzebilir. 2-8 kilometre arasında değişen genişlikteki alanlara yuvalarını kurarlar. Toprak altındaki kemiricilerin ıslık gibi çıkan seslerini işitir, toprağı kazarak onları inlerindeyken yemeyi tercih eder. Daha çok kemiricilerle beslenirler; fareler ve tavşanlar en çok tercih ettiği besin menüsüdür. Yuvalarını yerde kuran kuşlar, tavuksular, böcekler, balıklar da terchileri arasındadır. Meyve ve tahıl yedikleri de bilinir. Kümes hayvanlarını boğarak yer ve yemek ihtiyacını karşıladıktan sonra kalan besinleri daha sonra yemek için toprağa gömer. Tilki, şehirlerdeki güvercin, keme, fare ve tavşan populasyonlarını kontrol altında tutar ve böylece insanlar için faydalı olur. Bazı tilkiler karayollarını takip eder ve otomobillerin ezdiği hayvanların leşleri ile beslenirler. Genellikle tek başına dolaşır ve avlanırlar. Yurdumuzun hemen her yerinde yayılış gösterir. Kuduzun taşıyıcısıdır (Eryılmaz 2017).

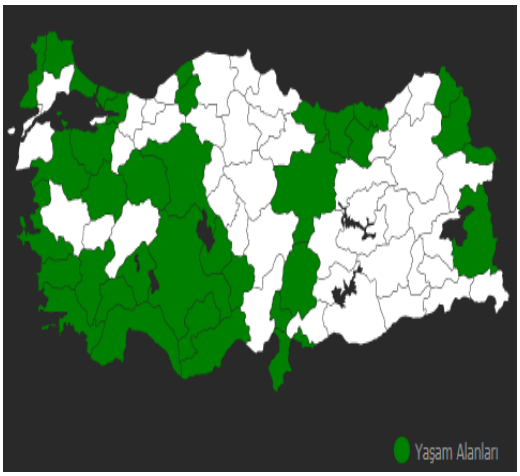
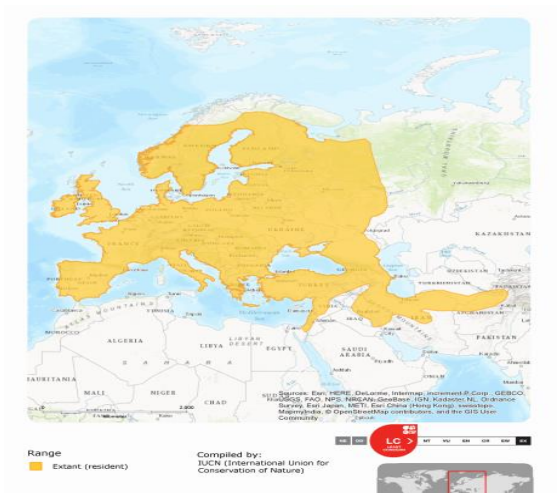
### 3.1.3. Kaya sansarı (*Martes foina*)

<table>
<tr>
<td>Alem (Kingdom): Hayvanlar (Animalia)<br>Şube (Pylum): Kordalılar (Chordata)<br>Sınıf (Class): Memeliler (Mammalia)<br>Grup (Order): Etoburlar (Carnivora)<br>Aile (Family): Sansargiller (Mustelidae)<br>Cins (Genus): Sansar (Martes)<br>Tür (Species): Kaya sansarı (Martes foina)</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>
</td>
</tr>
</table>

**Şekil 5**. Kaya sansarı (*Martes foina*) görünümü, Türkiye ve Dünya üzerinde dağılımı

Kürk; sık kıllı, kalın ve parlak görünüşlüdür. Gerdanındaki beyaz leke göğüste çatallanarak ön bacaklara kadar iner. Bu leke arkasına doğru çatallanarak eşit bir şekilde uzanır. Kuyruğu uzun ve bol kıllıdır. Bacakları kısadır. Yarıntılı, kesik arazili dağ ve ormanlarda, kayalık ve taşlıklarda, orman kenarlarında yaşar. Yerleşme alanlarının yakınlarını, bahçeleri tercih eder. Ormana bağlı değildir. Dağların 3000 m. yükseltisine kadar çıkar. Türkiye'de düz ve geniş ovalar hariç her tarafta bulunur. Fırsatçı bir hayvandır. Bulduğu herşeyi yiyebilir. Küçük memeliler, kuşlar ve yumurtalar en çok tercih ettikleridir (Virgos vd., 2010). Kurbağaları ve çeşitli omurgasız hayvanlarla da beslenirler. Yaz aylarında ise sulu meyveler, böğürtlen gibi meyveleri ve balı yer. Yiyecek bol ise depo eder. Kaya sansarının beslenmesi dikkate alındığında yazın daha çok böcek ve bitki tohumları ön plana çıkmakta ve kış mevsiminde ise ölmüş hayvanları tercih etmektedir (Mol, 2006). Karlı kışlarda kümeslerde zarar yapabilir. Kaya sansarın dağılımında kuşburnunun pozitif yönde önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen var-yok çalışması sırasında özellikle sonbahar ve kış aylarında rastlanan kaya sansarı dışkılarında bol miktarda kuşburnu kalıntılarına rastlanmıştır. Yeterli hayvansal gıda bulamadığı ağır kış şartlarında, dibine dökülmüş veya dökülmeyip dalında kalmış kuşburnu (*Rosa canina L.*) meyveleri ile beslenmektedir. Bu besini bol olarak tükettiği zamanlarda dışkı renginin kırmızıya döndüğü ve dışkı içerisinde sindirilemeyen besin artıkları bulunduğu gözlenmiştir. Salyangozlar de en önemli besin kaynaklarından biridir. İki yılda bir genellikle temmuz ayında çiftleşirler. 8-9 aylık bir gebelikten sonra gözleri 24 saat sonra açılan 3-4 yavru yaparlar. Dişiler 3 ay süre ile yavrularını emzirirler. Yavrularını beslemek ve büyütebilmek için ağaç kovuklarında, taş aralarında, eski sincap yuvalarında yuvalanır. Çok çevik olduklarından iyi tırmanırlar. Ön ve arka ayaklarda beş parmak bulunur. Gececildirler. Belli bir yuvayı uzun sure kullanmazlar, toplu yasamazlar (Özen, 2003). Çok hızlı ve sessizce hareket ederler. Kaya sansarının yırtıcı bir hayvan olmasına karşılık, taze meyve varlığının habitat tercihinde etkili olup olmadığını araştırdıkları çalışmanın bulgularına göre; ağaç örtüsünün çok önemli olduğunu ve Böğürtlen varlığının kaya sansarının habitat tercihinde anahtar rol oynadığını bildirmiştir (Oğurlu ve Aksan, 2013). Böğürtlenin bulunmadığı yüksek boylu ağaçlık alanlarda ise kaya sansarı varlığının az olduğu tespit edilmiş ve böylece kaya sansarının habitat tercihinde taze meyvenin rolü olduğu belirlenmiştir.

### 3.1.4. Porsuk (*Meles meles*)

<table>
<tr>
<td>Alem (Kingdom): Hayvanlar (Animalia)<br>Şube (Pylum): Kordalılar (Chordata)<br>Sınıf (Class): Memeliler (Mammalia)<br>Grup (Order): Etoburlar (Carnivora)<br>Aile (Family): Sansargiller (Mustelidae)<br>Cins (Genus): Porsuk (Meles)<br>Tür (Species): Porsuk (Meles meles)</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>
</td>
</tr>
</table>

**Şekil 6.** Porsuk (*Meles meles*) görünümü, Türkiye ve Dünya üzerindeki dağılımı

Mustelidae familyasında yer alan M. meles, Meles cinsi içinde bulunan tek türdür. Kısa bacaklı ve tıknaz bir görünüşü vardır. Kuyruğu kısa ve küttür. Boynu kısa ve kalındır. Başı uzun, ağız kısmı sivridir. Kulakları küçüktür. Vücudun rengi kurşuni siyahtır. Baş ve boyun yanları beyazdır. Boynundan başlayıp gözlerinin üzerinden kulaklara kadar devam eden siyah bir şerit vardır. Yapraklı ve karışık ormanlarda, Yer yer ağaçlıklı ve kayalıklı alanlarda, tarla ve çayır kenarlarına yakın yerlerde, step ve yarı steplerde, dağlık arazilerde 2000 m yükseltiye kadar yayılış gösterir. Uzun tırnakları sayesinde usta bir kazıcıdır. Birkaç çıkışı olan inler kazarak burada barınır. Çok odalı, karmaşık tünelli yuvalarına havalandırma delikleri açmayı ihmal etmez. Yuvasını kuru yaprak ve otlarla döşeyerek gündüzleri uyur. Gece yuvasından çıkarak avlanır. Ürkek ve tedbirlidir. Koku alma duyusu çok hassastır. Yavaş ve sessiz yürür. Yaşadığı yere bağlıdır, rahatsız edilmedikçe burasını terketmez. Yemlenirken domuzu andıran forklama sesi çıkarır. Kışın ininde istirahata çekilir. Genel olarak bitki kökü, tahıl, küçük memeliler, bal, yumuşakçalar, sürüngenler, solucanlar, ağaç kurdu, böcek ve palamut dahil her şeyi yer. Kötü

kokmasına rağmen son derece temiz bir hayvandır. Yuvasında kullandığı ot ve yaprakları her gece dışarı çıkararak havalandırır. Âile fertlerinden biri ölünce onu gömerek örterler.

Kemiricileri ve zararlı birçok böcekleri avladığından, bahçıvan ve çiftçilere zarardan çok faydası vardır. Çiftleşme zamanı erkekler uluma benzeri bir ses çıkarır. Çiftleşme, Temmuz-Ağustos gebelik süresi 7 aydır. Çiftleşme zamanı erkekler uluma benzeri bir ses çıkarır. Üreme, Şubat-Mart genellikle 2-3 nadiren 4 yavru yaparlar. Yavruların gözleri 4-5 hafta sonra açılır. Yavrular 2 yılda erginleşir. Boyutlarından beklenmeyecek kadar güçlü, inatçı ve saldırgandır. Kendisini sokan arılara hiç aldırmadan arı kovanındaki balı yer, kobra yılanı gibi son derece zehirli hayvanlara ve ayı gibi kendisinden hacimce çok daha büyük ve güçlü hayvanlara hiç çekinmeden saldırdığı, çakallara, tilkilere karşı korkusuzca saldırdığı belgesellerde izlenmiş ve saptanmıştır. Porsuk türünün habitat tercihinin ormanlık alanlar, ziraat alanları, boş araziler ve dağların kayalık ve çalılık karakterine sahip alanlar olduğu belirtilmektedir (Mysłajek vd., 2016; O'Brien vd., 2016). Besin zincirinde tahıllar, bitki meyveleri ve kökleri, küçük memeli türler, yumuşakçalar, solucanlar ve böcekleri daha çok tercih etmektedir (Remonti vd., 2011). O'Brien vd. (2016), çalışmalarında Porsuk türüne yerleşim yerlerine yakın alanlarda çok fazla rastlanmadığını, türün yoğun insan aktivitesi olan alanlardan kaçındığını ifade etmiştir Solucan, salyangoz, böcek, larva, kurt, krizalitler, kurbağa ve çeşitli sürüngenler, tavşan yavruları, yerde yuva yapan kuşların yumurtaları gibi besinlerle beslenir.

## 4. TARTIŞMA-SONUÇ

Yapılan bu çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi Yaban Hayatı Ekolojisi ve Yönetimi Bölümü tarafından Afyonkarahisar Sandıklı – Denizli Çivril sınırlarında bulunan Akdağ Yaban Hayatı Geliştirme Sahası'nda yapılan çalışmalar dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma etobur memeli türler (Mammalia: Carnivora) üzerine ülkemizde ve dünyada yapılmış olan çalışmalar ve alanda yapılan çalışmalar araştırılarak hazırlanmıştır. Çalışma alanımız içerisinde yayılış gösteren etobur memeli türlerin tespit edilmesi amacıyla yapılmıştır.

Etobur memeliler avlanmak ve besin ihtiyaçlarını daha kolay karşılamak için vejetasyonun daha gevşek olduğu alanları tercih ettiği belirlenmiştir.

Alanda etobur memeli türler, kurt, tilki, kaya sansarı ve Porsuk dışında önemli yaban hayvanı türleri bulunmaktadır. Bu türler, Kar faresi, Arap tavşanı, Kirpi, Yaban tavşanı, Sincap, Yaban domuzu ve alanın YHGS olmasında etkili olan Kızıl geyik'tir.

Çalışma alanında yöre halkına etobur memelilerin geçmiş yıllara göre durumu hakkındaki sorusuna verilen cevapların ve son zamanlarda yapılan çalışmalar araştırıldığında yöre halkının çoğunluğu ve araştırmaların büyük bir kısmı geçmiş yıllara göre bu türlerin arttığını belirlenmiştir. Buradan etobur türlerin besin ihtiyacının karşılanması durumunda menüsünü oluşturan kemiriciler, Yaban tavşanı, Yaban domuzu ve Kızıl geyik sayılarının bulunması etobur memelilerin çoğalmasında etkili olduğu başlıca nedenlerden olduğu düşünülmektedir.

Araştırmalara göre çalışma alanında çok fazla insan faaliyetinin olması nedeniyle etobur memeli türlerin gündüz saatlerinde çok az aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. Yani gecenin ilk saatlerinde aktif olmaya başlarlar. Tespit edilen etobur memeli türler genellikle nokturnal türler olduğu için gündüz saatlerinde dinlendiği ve saklandığı, çok ihtiyacı olduğunda ise ava çıktığı sonucuna varabiliriz.

Kurtların yapraklı ve iğne yapraklı ormanlar, çalılıklar ve step alanlarında yaşamayı sevdikleri belirlenmiştir. Beslendiği ve bağlı bulunduğu ortama kolayca uyum sağlayabildikleri belirtilmiştir. Genellikle karanlık basınca ortaya çıktıkları tespit edilmiştir. Kurtların kış aylarında daha fazla gruplar halinde görüntülendiği tespit edilmiştir. Buradan kurtların kış aylarında hava daha soğuk olduğu için daha kolay besin bulabileceği ve avlayabileceği düşünülmektedir. Avlanma sırasında günde 60 km yol katedebildikleri görülmüştür. Her grup kendi avlanma alanını idrarla belirledikleri görülmüştür.

Tilki yaz aylarında daha çok gece saatlerinde görüntülendiği tespit edilmiştir. Buradan Tilkinin yaz aylarında hava daha sıcak olduğu için ve insan baskısının artması (piknik, yürüyüş, rekreatif faaliyeler) sebebiyle türün gündüzleri değil geceleri daha faal olduğu düşünülmektedir. Tilkinin genellikle hazır olan başka bir hayvan ait olan yuvaları tercih ettiği görülmüştür. Kayalık yerlerde doğal oyuklar, kolay açılabilecek yerlerde ise, kendi açtığı tünelleri kullandığı belirlenmiştir. Tünellerinde 15 kadar giriş deliği bulunduğu tespit edilmiştir.

Kaya sansarı ve porsuk yaz aylarında gece saatlerinde daha çok görüntülendiği tespit edilmiştir. Kaya sansarının yaz aylarında hava daha sıcak olduğu için ve insan baskısının artması (piknik, yürüyüş, rekreatif faaliyeler) sebebiyle türün gündüzleri değil geceleri daha çok görüldüğü düşünülmektedir. Kaya sansarı yaz aylarında geceleri yerleşim yerlerinde ve yakınlarında daha çok görüldüğü belirtilmiştir. Buradan Kaya sansarının besin menüsünde bulunan kümes hayvanlarının avlamak için olduğu düşünülmektedir. Porsuk ise kış aylarında dinlenmeye çekildiği bilindiğinden kış aylarında çok çok nadir görüldüğü belirtilmiştir.

Yöre halkıyla yapılan röportajlarda alanda Vaşak (Lynx lynx) türünün de bulunduğu belirlenmiştir. Alanda Vaşak türünün varlığının resmi görüntüler ile tespit edilebilmesi için araştırma yapılması gerektiği düşünülmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

Aksan, Ş., Özdemir, İ. and Oğurlu, İ. *Modeling the distributions of some wild mammalian species in Gölcük Natural Park*. Turkey Biol. Divers. Conservat., 7, 1-15, 2014.

Çayır, G., Tatar, B., Karatepe, Z., Gezer, A. Afyonkarahisar – Denizli Akdağ Yaban HayatıGeliştirme Sahası Yönetim ve Gelişme Planı, 2012.

de Groot, G. A., Nowak, C., Skrbinšek, T., Andersen, L. W., Aspi, J., Fumagalli, L., Godinho, R., Harms, V., Jansman, H. A. H., Liberg, O., Marucco, F., Mysłajek, R. W., Nowak, S., Pilot, M., Randi, E., Reinhardt, I., Śmietana, W., Szewczyk, M., Taberlet, P., Vilà, C., Muñoz-Fuentes, V. *Decades of populationgenetic research reveal the need for harmonization of molecular markers: the grey wolf Canis lupus as a case study*. Mamm Rev 46:44–59, 2016.

Eryılmaz, A. *Isparta /Eğirdir Hoyran Gölü civarında yayılış gösteren saz kedisi (Felischaus Schereber, 1777) popülasyonları üzerine araştırmalar*. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü), 2017.

Html1. www.tramem.org, 2024

Küçük, O., Evcin, O., Aslan, F. *Evaluating The Frequency, Dominance, Resemblance Analysis And Diversity Index Of Bird Species In Ilgaz Mountain National Park*. Fresenius Environmental Bulletin. Volume 26: 5295-5304, 2017.

Mol, T. *Yaban Hayatı Bilgisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 4643, O.F. Yayın No. 489, İstanbul, 2006.

Morzillo, A. T., de Beurs, K. M., and Martin-Mikle, C. J. A conceptual framework to evaluatehuman–wildlife interactions within coupled human and natural systems. *Ecology and Society* 19,44, 2014.

O'Brien, J., Elliott, S., Hayden, T. J. *Use of hedgerows as a key element of badger(Meles meles) behaviour in Ireland*. Mammalian Biology, 2016.

Oğurlu, İ., *Yaban hayati kaynaklarımızın yönetimi üzerine*. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A (2), 35-88, 2008.

Oğurlu, İ., Aksan, Ş., *Bazı Memeli Yaban Hayvanlarının Potansiyel Habitatları İçin Gösterge Odunsu Bitki Türlerinin Belirlenmesi*. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 14: 81-87, 2013.

Özen, S. A. *Kaya Sansarı (Martes foina)'nın Davranış Özelliklerine Genel Bir Bakış*. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi. Sayı 4, 2003.

Remonti, L., Balestrieri, A., Prigioni, C. *Percentage of protein, lipids, and carbohydrates in the diet of badger (Meles meles ) populations across Europe*. Ecol Res 26: 487– 95.,2011.

Süel, H. ve Ercan, M. *Akdağ (Afyon) Yöresinde Kızıl Geyik (Cervus elaphus L.)'in Habitat Tercihleri*. Bilge International Journal of Science and Technology Research. Volume 3 , Issue 2, Pages 201 – 212, 2019.

Ünal, Y., Pekin, B.K., Oğurlu, İ., Süel, H., Koca, A. *Human, domestic animal, Caracal (Caracal caracal), and other wildlife species interactions in a Mediterranean forest landscape*. Eur J Wildl Res 66, 5, 2020.

Virgós, E., Cabezas-Díaz, S., Lozano, J., Mangas, J. Spatial distribution models in a Frugivorous carnivore, thestone marten (Martes foina): is the fleshy-fruit availability a useful predictor? Anim Biol. Nov 1;60(4):423–36, 2010

# EVCİL KEDİ VE KÖPEKLERİN YABAN HAYATI VE BİYOÇEŞİTLİLİK ÜZERİNE ETKİLERİ

## EFFECTS OF DOMESTIC CATS AND DOGS ON WILDLIFE AND BIODIVERSITY

**Halis Mümin YILMAZ**

Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü

halismuminyilmaz@gmail.com, ORCID ID: 0009-0000-4470-2934

**Yasin ÜNAL**

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi

yasinunal@isparta.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-7180-133X

## ÖZET

İnsan faaliyetlerinin yaban hayatı ve biyoçeşitlilik üzerindeki olumsuz etkileri her geçen gün artmaktadır. Kaynakların bilinçsiz tüketimi, aşırı avlanma, hayvanların evcilleştirilmesi ve bakımlarının sağlanamaması sebebiyle serbest dolaşıma bırakılması gibi durumlar yaban hayatının varlığını sürdürmesi ve biyolojik çeşitliliğin korunması konusunda ciddi tehditler oluşturmaktadır. Son zamanlarda serbest dolaşımdaki evcil hayvanların sayılarının kontrolsüzce artması yaban hayatı ve biyoçeşitlilik için oldukça kritik bir duruma gelmektedir. Bu çalışmanın amacı ise evcil hayvanların yaban hayatı ve biyoçeşitlilik üzerindeki olumsuz etkilerini araştırmaktır. Bu amaç doğrultusunda konuya ilişkin daha önce yapılmış olan çalışmalar ulusal ve uluslararası veri tabanları (Dergipark, TRIndex, ULAKBİM, ERIC ve Web of Science) kullanılarak incelenmiştir. Araştırmada doküman analizi yöntemi kullanılmış olup ulaşılan makalelerden güncel olanlar çalışmaya dahil edilmiştir. Yapılan alanyazın incelemesinin sonucunda elde edilen veriler özellikle evcil kedi ve köpeklerin yaban hayatında predatör konuma geçmesi nedeniyle bazı memeli, kuş, sürüngen ve amfibi türleri üzerinde büyük tehditler oluşturduğu şeklindedir. Ayrıca viral hastalıklar, bakteriyal hastalıklar ve melezleşme gibi yöntemlerle de kedi ve köpekler yaban hayatını ve biyoçeşitliliği tehdit etmektedir. Serbest dolaşan evcil kediler yaban hayatı biyologları tarafından en kötü 100 istilacı türden biri olarak bildirilmektedir. Öte yandan evcil köpeklerin ise 11 omurgalı türün neslinin tükenmesinde yüksek oranda etkili olduğu ve dünya çapında en az 188 tehdit altındaki tür için potansiyel risk olarak görüldüğü belirtilmektedir. Elde edilen bu sonuçlar yaban hayatının korunması, biyolojik çeşitliliğin korunması ve ekolojik dengenin sürdürülebilir bir hale

getirilmesi için evcil hayvanların serbest dolaşımdaki etkilerinin azaltılmasının büyük oranda etkili olacağını göstermektedir. Bu nedenle gerekli önlemlerin alınması için insanlar bilinçlendirilmeli ve konuya yönelik yapılan araştırmaların sayısı artırılmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Ekolojik denge, evcil hayvanlar, yaban hayatı, istilacı türler.

## ABSTRACT

The negative effects of human activities on wildlife and biodiversity are increasing daily. Unconscious consumption of resources, overhunting, domestication of animals, and their subsequent release into the wild due to lack of care pose serious threats to the persistence of wildlife and the preservation of biodiversity. Recently, the uncontrolled increase in the number of free-roaming domestic animals has become a critical issue for wildlife and biodiversity. This study aims to investigate the negative impacts of domestic animals on wildlife and biodiversity. For this purpose, previous studies related to the topic were reviewed using national and international databases (Dergipark, TRIndex, ULAKBIM, ERIC, and Web of Science). The research employed the document analysis method, and recent studies were included in the study. The literature review results show that domestic cats and dogs pose significant threats to certain mammal, bird, reptile, and amphibian species by becoming predators in wildlife. Additionally, cats and dogs threaten wildlife and biodiversity through viral diseases, bacterial infections, and hybridization. Free-roaming domestic cats are reported by wildlife biologists as one of the top 100 worst invasive species. Furthermore, domestic dogs have significantly contributed to the extinction of 11 vertebrate species and are considered a potential risk for at least 188 endangered species worldwide. These findings indicate that reducing the impacts of free-roaming domestic animals will be highly effective in conserving wildlife, protecting biodiversity, and maintaining ecological balance sustainably. Therefore, necessary measures should be taken to mitigate these impacts.

**Keywords:** Ecological balance, pets, wildlife, invasive species.

## 1. GİRİŞ

Dünya üzerinde bugüne kadar yaklaşık 2 milyon tür tanımlandığı rapor edilmiştir. Tanımlanan türlerin 16.928'i yok olmak üzere, tehlike altında ya da hassas türler arasında olduğu bildirilmektedir. Dünya Doğayı Koruma Birliği (IUCN) Kırmızı Liste'ye göre Türkiye'de,

küresel ölçekte tehlike altında olan 364 tür ve alttür bulunduğu belirtilmektedir. Bu veriler biyolojik çeşitliliğin ne derece tehdit altında olduğunu gösterir niteliktedir.

Yeryüzündeki biyolojik çeşitliliği en ciddi biçimde etkileyen beş insan faaliyetini

Amerikalı biyolog ve doğa bilimci Edward Wilson şöyle sıralamaktadır;

1) Habitat yıkımı
2) İstilacı türler
3) Kirlilik
4) İnsan nüfusu
5) Aşırı hasat

Wilson'un öne sürdüğü bu sıralama biyolojik çeşitliliğin yıkımını açıklar niteliktedir. İstilacı türler başlığı altında incelenmesi gereken önemli bir konu ise serbest dolaşan evcil hayvanlar ve onların yaban hayatı üzerine olan olumsuz etkileridir. Bu durumun yaban hayatı ve biyolojik çeşitlilik üzerine etkileri oldukça ciddi ve ağır sonuçlara sebep olmaktadır. Yıllardır birlikte yaşamaya alıştığımız ve evcilleşme süreçlerinde başrol oynadığımız kedi ve köpeklerin yani evcil hayvanların başı boş veya yeteri kadar kontrol altında tutulamadıklarında çevre ve özellikle de yaban hayatı üzerinde kurdukları baskı sonucu oluşan olumsuz etkiler küresel ölçekte kalıcı hasarlara sebep olmaktadır.

Yaban hayatında ve doğal süreçte yerleri bulunmayan ve besin zincirine dışarıdan müdahele ile dahil olmaya çalışan evcil hayvanlar doğal dengeyi bozma konusunda potansiyel bir tehdittir. Yaban hayvanları üzerindeki predatör olarak doğrudan etkileri yanı sıra pandemi düzeyindeki viral enfeksiyonlar gibi bulaşıcı hastalıkları taşımaları ile dolaylı yoldan etkileri bulunduğu da rapor edilmektedir. Kedi ve köpeklerin yeri ne sokaklar ne de yaban hayatı olmalıdır. Kedi ve köpekler ancak yeteri kadar kontrol edildiklerinde, dışarı ile bağları kontrollü şekilde sağlandığında ve yaban hayatı ile ilişkileri tamamen kesildiklerinde zararsız konuma geçebildikleri anlaşılmaktadır.

Global ölçekte yapılan araştırmalara göre her yıl milyonlarca kuş, memeli, amfibi ve böceklerin evcil hayvanların predatör etkisine maruz kaldığı bildirilmektedir. Özellikle evcil kediler çok yetenekli yırtıcılardır. ABD'de kedilere bağlı ölüm oranı 6,9 ile 20,7 milyar arasında memeli ve 1,4 ila 3,7 milyar kuş olarak tahmin edilmektedir. Köpeklerde ise durum kedilerden farksız değildir. Evcil köpekler global ölçekte 11 omurgalının neslinin tükenmesine katkıda bulunmuştur ve hala dünya çapında tehdit altındaki 188 tür için potansiyel bir tehdit konumunda bulunduğu rapor edilmektedir.

İstilacı türler, dünya çapında ciddi bir ekolojik tehdit olarak kabul edilir (Clavero ve Garcia-Berthou, 2005). Yabancı istilacı türlerin yayılması artık ekolojik ve ekonomik güvenliğe yönelik en büyük tehditlerden biri olarak kabul edilir çünkü yerli türlerle kaynak rekabeti ve avlanma yoluyla etkileşirler (Pithon ve Dytham, 1999; Butler, 2005; Shwartz vd., 2009). Ayrıca, istilacı türler sadece biyoçeşitlilik için bir tehdit oluşturmaz, aynı zamanda hastalıkları yayarak insan sağlığını da tehlikeye atabilirler (Strubbe ve Matthysen, 2007) ve birçok ülkede ciddi tarımsal zararlılar olarak kabul edilirler (Krishnaprasadan vd., 1988; Manchester ve Bullock, 2000). Bazı istilacı türler özellikle başarılı olur ve geniş bir yelpazede popülasyonlar oluşturmayı başarmaktadırlar (Shwartz vd., 2009). Bu nedenle, bu türlerin yeni ortamlarında uygun popülasyonlar oluşturmasını sağlayan mekanizmaları belirlemek, gelecekteki yönetim stratejileri için hayati öneme sahiptir. Bir türün tolere edebileceği iklim koşullarının aralığı, kendi kendine sürdürülebilir bir popülasyon oluşturup oluşturamayacağını belirlemede önemli olabilir (Shwartz vd., 2009). İstilacı türler, genellikle doğal yaşam alanlarına benzer iklimlere sahip bölgelere yayıldığında daha başarılı olabilirler (Shwartz vd., 2009).

Elimizde bulunan araştırma verilerimize dayanarak bu konu üzerindeki her yeni bilgi ve yeni çalışmaların önemi çok daha net anlaşılmaktadır. Bu konu üzerinde hazırlanacak olan her çalışma ekolojik denge, yaban hayvanlarının ekolojik nişleri, yaban hayvanlarının izole habitatları, fauna ve floralar, ekolojik sıcak noktaların korunması, sürdürülebilir bir ekosistem, doğal seleksiyon ve genetik varyasyonlar açısından büyük öneme sahiptir.

## 2. BULGULAR

### Kedi ve Köpeklerin Yaban Hayatı Üzerine Etkileri

Dünya genelinde artan evcil hayvan nüfusu ve artan nüfusla birlikte baskı altında kalan yaban hayatında önemli ekolojik tehditler oluşmaktadır. Evcil hayvanlar arasında yaban hayatını en çok baskılayan ve ekolojik zarar potansiyeli yüksek olan kedi ve köpeklerin Dünya genelinde kontrolsüz derecede nüfus artışları gözlenmektedir. Öyle ki günümüzde yapılan son araştırmalar dahilinde küresel ölçekte 600 milyon civarı evcil kedi nüfusu ve 700 milyon civarı evcil köpek nüfusu olduğu bildirilmiştir.

Nüfuslarındaki bu orantısız ve öngörülemez artışın en önemli sebebi insanlarla olan yakın ilişkilerdir. Yaban hayatında predatör etkiye sahip olan bu canlıların doğal rekabetçilerinden (kokarcalar, rakunlar, vaşaklar, gelincikler ve tilkiler vb.) üstün oldukları bazı durumlar bulunmaktadır. İnsanlarla olan yakın ilişkileri sebebiyle rekabet ettikleri diğer yaban hayvanlarından barınma, su ve avlanamasalar bile besine ulaşabilme üstünlükleri

bulunmaktadır. İnsanlar tarafından her daim bakımlarına destek olunması ve doğurganlık konusunda yüksek bir orana sahip olmaları ile birlikte nüfusları kontrolsüz ve bilinçsiz bir şekilde artış göstermektedir.

**Evcil Kedilerin Yaban Hayatı ve Biyoçeşitlilik Üzerine Etkileri**

Yetenekli birer yırtıcı olan kedilerin Dünya genelinde yapmış oldukları yıkımlar ekolojik araştırmalara konu olmaktadır. Yeni Zelanda'ya özgü ötücü kuş sınıfına ait dört türden biri olan Stephen Adası Çit Kuşu (*Xenicuslyalli*) popülasyonunun tamamı, adanın deniz feneri bekçisine ait serbest dolaşımdaki bir kedi tarafından yok edildiği bildirilmiştir. Sokak kedileri Yeni Zelanda açıklarında en az sekiz diğer kuş türünün neslinin tükenmesinde baş rol oynadığı da belirtilmiştir.

Avustralya'da keseli hayvan ve kuş faunasını tahrip eden 12 milyon civarı kedi bulunduğu rapor edimektedir. Avustralya'da evcil kedilerin her yıl 377 milyon kuşun ölümünden sorumlu olduğu tahmin edilmektedir.

Hint Okyanusu'nun subantarktik bölgesindeki Marion Adası'nda bulunan bir kedinin her yıl ikiyüzden fazla deniz kuşunu öldürdüğü ve toplamda yılda 600 bin kuşun öldüğü tahmin edildiği bildirilmektedir. Hint Okyanusu'nun güneyindeki Kergeuelen Adası'nda Pascal kedilerinin her yıl 1,2 milyon kuş ölümünden sorumlu olduğu tahmin edildiği rapor edilmektedir. Sokak kedileri yalnızca adalarda değil birçok ülke ve kıtalarda da yaygın bir tehdit konumundadır. Örneğin Kuzey Amerika kıtasında da yaygın olarak bulunmaktadır ve Stanford Üniversitesi'nin küçük kampüsünde çok sayıda omurgalı türün ölümünden sorumlu 2 bin yabani kedinin yaşadığı bildirilmektedir.

ABD'de kediler 100 milyona yaklaşan toplam nüfuslarıyla yaygın olan tüm yırtıcılardan daha fazla nüfusa sahiptirler. ABD'de kedilere bağlı ölüm oranı her yıl 6.9-20,7 milyar arasında memeli ve 1.4 ila 3.7 milyar kuş olarak tahmin edilmektedir. Predasyonun doğrudan etkisi yanında hastalık gibi dolaylı etkilerde bulunmaktadır ve bununla birlikte çoğu kuş olmak üzere 75 türün neslinin tükenmesiyle bağlantılı olduğu bildirilmektedir. Ayrıca kediler dünyanın en kötü 100 istilacı türü arasında listelenmektedir.

Çin Dünya'daki en büyük biyoçeşitliliğe sahip olan ülkelerden birisi olarak bildirilmektedir. Çin'de kedilerin yaban hayatı üzerindeki yıllık predasyonu üzerinde bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar doğrultusunda yıllık 1,61-4,95 milyar omurgasız, 1,61-3,58 milyar balık, 1,13-3,82 milyar amfibi, 1,48-4,31 milyar sürüngen, 2.69-5.52 milyar kuş ve 3.61-9,80 milyar memeli, kedilerin predatör baskısı altında öldürüldüğü bildirilmektedir.

Bahsettiğimiz ülkelerin yanı sıra Şili, İngiltere, Kanada ve Dünya'nın birçok bölgesinde yapılan çalışmalar kedilerin yaban hayatı üzerindeki yıkımını açıklar niteliktedir.

**Evcil Köpeklerin Yaban Hayatı ve Biyoçeşitlilik Üzerine Etkileri**

Evcil köpekler ve insanlar 15.000 yıldan fazla süredir yakın ilişki içerisinde bulunmaktadır. Bu doğrultuda evcil köpek nüfusu artan insan nüfusuyla doğru orantılı olarak artış gösterdiği bildirilmektedir. Dünya geneli nüfusları 700 milyonu aştığı tahmin edilen evcil köpekler 11 omurgalı türün neslinin tükenmesine katkıda bulunduğu ve Dünya çapında nesli tehdit altındaki 188 tür için potansiyel tehdit konumunda bulunduğu rapor edilmektedir. Dünya çapında 96 memeli (33 familya), 78 kuş (25 familya), 22 sürüngen (10 familya) ve 3 amfibi ( 3 familya ) türü köpekler tarafından tehdit altında oldukları bildirilmektedir. Bu süreçte köpeklerin yaban hayatını ve biyoçeşitliliği tehdit etmesinin birden çok yolu bulunmaktadır. Bu yollar %78,9 predasyon, %7 rahatsız ederek, %4,5 bulaşıcı hastalıklar, %1.5 rekabet ve %1 hibritleşme şeklinde olduğu rapor edilmektedir.

Arjantin 18 ekolojik bölgeye sahip ve büyük biyolojik çeşitlilik gösteren ülkelerden biri konumundadır. Köpek-Yaban hayatı çatışmasını ele alan bir çalışma sonucunda elde edilen veriler ortada büyük bir yıkım olduğunu göstermektedir.

Evde beslenen hayvanlardan kaynaklanan olumsuz etkiler, özellikle yaban hayatı koruması için özel sorunlar oluşturur (Hughes ve Macdonald 2013). Evcil köpekler (Canis familiaris), dünyanın en yaygın etoburlarından biridir (Butler ve diğ. 2013). Korunan alanları çevreleyen kentsel bölgelerin artışı ve bu artışın beraberinde oluşan baskılar sonucunda köpeklerin yaban hayatı ve biyoçeşitlilik üzerinde etkileri artmaktadır. Bu nedenle, köpeklerin yerli hayvanlarla etkileşimi, koruma statüsünde olan birçok nadir veya ekolojik olarak önemli tür için önemli nüfus azalmalarına yol açıyor olabilir (Lessa ve diğerleri 2016).

Vahşi köpeklerin yaban hayatı üzerinde en sık rapor edilen etkisi avlanmadır, bunu rahatsız etme izler (Doherty ve diğ. 2017). Vahşi köpekler geniş bir alana yayılabilir ve çeşitli habitatları geçme eğilimindedir (Kruuk ve Snell 1981, Silva-Rodriguez ve Sieving 2012). Bu nedenle, birçok türe tehdit oluştururlar (IUCN 2011). Eğer avlanma gerçekleşmezse bile, vahşi hayvanlar köpeklerden kaçınmak için daha fazla gözcülüğe zaman ayırmak zorunda kalabilirler ve beslenme için daha az zamanları kalabilir (Gingold ve diğ. 2009). Geyik gibi bazı türler, doğrudan avlanma olmamasına rağmen, köpeklerin bulunduğu alanlardan tamamen kaçınabilir (Eduardo ve diğ. 2012).

Korunan alanların, insan yerleşimlerine yakın olanlarının koruma rolü, rekreasyon ve tarımsal faaliyetlerin baskısı ve vahşi köpeklerin varlığıyla azalır (Zarco-González et al. 2018, Van der Weyde et al. 2018). Bu durum özellikle Türkiye gibi endüstrileşmekte olan ülkelerde insan nüfusunun ve kentsel gelişimin hızla arttığı yerlerde geçerlidir.

Köpekler üzerinde yapılan bazı araştırmalar şöyleydi (Silva-Rodríguez ve Sieving 2012, D'Amico vd. 2016), köpeklerin hem yalnız hem de küçük gruplar halinde avlanabileceğini öne sürdü. Lessa vd. (2016), vahşi köpeklerin küçük ve orta boy memeliler yerine geyik gibi büyük otoburları rahatsız etmeyi tercih ettiğini bildirdi. Bizim çalışmamızda da, köpek ve geyiklerin birlikte bulunma oranının, köpek ve Avrupa tavşanı birlikte bulunma oranından daha yüksek olduğu benzer bir durum gözlemlendi. Ayrıca, korunan alanlardaki yaban hayvanlarının mekansal davranışları, insan faaliyetleri ve bu faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde insan kaynaklı faktörlerden güçlü bir şekilde etkilenir (Knight ve Cole 1995). Dolayısıyla, yoğun insan faaliyetlerinin olduğu korunan alanlarda yaşayan yaban hayvanları, vahşi köpekler gibi öngörülemeyen yırtıcılarla karşılaştıklarında daha savunmasız olabilirler. Yaban hayvanlarının bilinen tehlikelerle başa çıkma mekanizmaları bulunurken, vahşi köpekler öngörülemezdir ve yaban hayatının köpeklerle başa çıkma stratejisi geliştirmesi özellikle diğer insan baskıları altındaki alanlarda zordur (Whittaker ve Knight 1998). Örneğin, tarımsal alanların yakınlığı ve ilişkili çitler, geyiklerin vahşi köpek tacizinden kaçma yeteneğini engeller. Yırtıcılık, avı yeme eylemi olarak tanımlandığından, köpekler genellikle gerçek yırtıcılar olarak kabul edilmez (Strauss 1991). Ancak, diğer hayvanları kovalama eğilimleri nedeniyle vahşi hayvanlara zarar verebilir ve hatta ölümlerine neden olabilirler (Gompper 2013). Aslında, geyiklerin, köpekler tarafından kovalanırken çitlere çarpma sonucu yaralandığı alanlarımızda görülmüştür. Ayrıca, diğer yakınlardaki yiyecek kaynakları sınırlı olduğunda, köpeğin zamanla gerçek bir yırtıcıya dönüşebileceği, dünya çapında görülen vahşi hayvanlarda görüldüğü gibi mümkündür.

Türkiye'de, Avrupa tavşanı birkaç üst düzey yırtıcının başlıca avıdır (Mengüllüoğlu ve Ambarlı 2019). Avrupa tavşanı ve karakal görülme sıklığı üzerinde köpek varlığının etkisini gözlemledik ve bu da vahşi köpeklerin karakulakların bu av kaynağı için rekabet ettiğini öne sürmektedir. Ayrıca, karakulakların ve vahşi köpeklerin bölgedeki geyiklerin genç bireyleri ve muhtemelen yaban domuzlarının avı olduğu düşünülmektedir (Duarte vd. 2016, Ünal vd. 2020). Dolayısıyla, vahşi köpeklerin ya doğrudan avlanma yoluyla ya da taciz yoluyla dolaylı olarak av popülasyonlarını azaltarak bölgedeki yabani yırtıcı türleri için önemli bir tehdit oluşturması muhtemeldir.

Açık alanlar, özellikle Akdeniz ikliminde yaban otlarının ve yabani otların bol olduğu ilkbahar döneminde, geyikler için tercih edilen habitatlardır (Apollonio vd. 1998). Çalışmamızda gözlemlediğimiz kadarıyla, geyikler tarım alanlarına yakın daha fazla bulunma eğilimindedir, bunun muhtemel nedeni, ormanlarda ışık miktarının azalması nedeniyle daha az bulunan otsu bitkilerin büyük oranda bulunmasıdır. Ne yazık ki, bu aynı zamanda geyiklerin köpeklerle ve insanlarla en çok karşılaşma olasılığının olduğu alanlardır. Geyikler, doğal yaşam alanlarında son derece tehlike altındaki bir türdür; bu nedenle, insan ve insan kaynaklı geyik çatışmalarını önlemek ve bu alandaki vahşi köpek varlığını azaltmak için önlemler alınması gerekmektedir.

Yabancı ve yerli kaynaklardan oluşan bu araştırmaların sonucu bizlere evcil köpeklerin yayıldıkları alanda istilacı olabileceklerini göstermektedir. Geniş adaptasyon yeteneği olan bu canlıların diğer canlılarla rekabet içinde olmasından dolayı da yerli türleri tehdit edeceği ve yaşam alanlarını kısıtlayacağını göstermektedir. Bu alanda yeteri kadar çalışma yapılmadığı, yapılacak çalışmalardan sonra hızlı ve net kararlar alınmadığı takdirde evcil köpeklerin bölge faunası üzerinde tehdit oluşturacağı bilinmektedir.

Ülkemizde bu alanda çalışmaların yetersiz olduğunu edinilen kaynaklardan tespit etmiş bulunmaktayız. Ülkemizde birçok bölgede kayda alınan evcil köpekler üzerinde gerekli çalışmaların yapılması ve önlemlerin alınması biyoçeşitlilik ve yaban hayatı adına önem arz etmektedir. Ülkemizin farklı bölgelerinde kayıt altına alınmış evcil köpeklerin yaban hayatı etkileşimlerine çalışmada yer verilmiştir.

## 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Konuya ilişkin daha önce yapılmış olan çalışmalar ulusal ve uluslararası veri tabanları (Dergipark, TRIndex, ULAKBİM, ERIC ve Web of Science) kullanılarak incelenmiştir. Araştırmada doküman analizi yöntemi kullanılmış olup ulaşılan makalelerden güncel olanlar çalışmaya dahil edilmiştir.

En güncel ve konu hakkında en uygun bilgileri içeren makaleler çalışmada kullanılmak üzere seçilmiştir. Ayrıca çeşitli çalışmalarda kullandığımız fotokapanlardan elde ettiğimiz görüntülerde bu çalışmada yer almaktadır.

## 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan araştırmaların net bir şekilde göstermiş olduğu sonuçlar doğrultusunda evcil hayvanların kontrolsüz ve serbest dolaşımları halinde özellikle yaban hayatına daha yakın olan bölgelerde yaban hayatı üzerinde baskılar oluşturmaktadır. Bu baskılar doğrultusunda büyük

yıkımlar ortaya çıkmaktadır. Evcil kedilerin kuşlar, amfibiler, sürüngenler ve kemirgenler vb. canlılar üzerinde predatör etkiye sahip olmaları ve ada ekosistemi gibi yalıtık ekosistemler üzerinde doğrudan türleri yok etmeye dayalı aksiyonlarda bulunmaları sebebiyle yaban hayatı ve biyoçeşitlilik açısından büyük bir sorun teşkil etmektedir. Evcil kedilerin doğal hayata uygun olmadığı ve bu sebeple doğal yaşamdaki canlıların evcil kediler karşısında neler yapacakları hakkında güdülere sahip olmadıklarından dolayı av konumuna çok çabuk düştükleri tespit edilmiştir. Evcil kedilerin yaban hayatı ve biyoçeşitlilik üzerindeki yıkımları ülkemizde de araştırma konusu olmalı ve bu alanda çalışmalar yürütülmelidir. Doğal hayatı baskısı altına almış evcil kediler üzerinde kesin sonuçlar verecek önlemler alınmalıdır. Bu önlemler arasında çip takma, ses çıkaran tasma kullanımı, parlak aksesuarlı tasma kullanımı, kısırlaştırma, barınaklarda toplama, evcil hayvan olarak satışların azaltılması vb. yöntemler kullanılmalıdır. Bu çalışmaların ve kullanılacak yöntemlerin yaban hayatı ve biyoçeşitlilik açısından ne kadar önemli olduğu ve evcil kedilerin doğal hayata ait olmayıp diğer yaban hayvanlarının popülasyonlarını baskıladığını yerel halklara ve hayvan sever topluluklara anlatılmalıdır. Yapılacak çalışmaların bilimsel temelde yürütüleceği ve sadece kedilerin yaşam hakkını korumanın diğer canlıların yaşam haklarına zarar vereceği bilinci ile halkın ve hayvan hakları kuruluşlarının destekleriyle çalışmalar yürütülmelidir.

Bakımları yürütülemeyen sokak köpeklerinin sokaklarda ve doğal ortamlarda serbest dolaşımda olmaları çevre ve yaban hayatı üzerinde büyük yıkımlar oluşturmaktadır. İnsanlarla yakın ilişkide oldukları şehirlerde saldırganlık, kuduz vakaları, diğer evcil hayvanlara saldırı gibi etkileri bulunmakla beraber yaban hayatı ve biyoçeşitlilik üzerinde predatör, viral, istilacı ve rahatsız edici etkileri bulunmaktadır. Bu sebeplerle yaban hayatında daha çok memeliler üzerinde baskılayıcı etkilerinin bulunması sebebiyle evcil köpeklerin yaban hayatı ile bağlantılarının kesilmesi ve sayılarının kontrollü şekilde azalma eğilimine götürülmesi gerekmektedir. Yapılan bunca araştırmanın yanında ülkemizde bu alanda çalışmaların artması ve gerekli önlemlerin alınması yaban hayatı ve biyoçeşitlilik açısından önem taşımaktadır. Ülkemiz yaban hayvanlarını sokak köpeklerine tercih etmememiz gerekmektedir. Bilimsel anlamda gerekli önlemlerin alınması ve hayvan haklarının tüm hayvanlar üzerinde eşit derecede uygulanması gerekmektedir.

Bu çalışmalar sonucunda temel olarak evcil hayvan ve yabani hayvan arasındaki fakların daha net anlaşılması gerekmektedir. Bununla birlikte evcil hayvanların yaban hayatına ve yaban

hayvanlarına ne gibi etkileri olduğu detaylı şekilde araştırılmalıdır. Evcil hayvanların doğal ortamlarda yaşama koşullarına uygun olmadığı ve bununla birlikte doğal ortamlarda yaşamaya adapte olanların çok çabuk istilacı konuma geçtikleri bilinmektedir. Tüm Dünya ve ülkemizde gerekli çalışmaların yapılması ve bu çalışmalar doğrultusunda halk bilgilendirildikten sonra gerekli bilimsel temelli önlemlerin alınması gerekmektedir. Yapılacak çalışmalar ve alınacak önlemler biyoçeşitlilik ve yaban hayatı açısından önem taşımaktadır.

## 5.KAYNAKLAR

Adamec, R. E. 1976. The interaction of hunger and preying in the domestic cat (Felis catus): An adaptive hierarchy? Behav. Biol. 18:263–272. doi:10.1016/S0091-6773(76)92166-0

Adams, W. L., and L. E. Dove. 1989. Wildlife reserves and corridors in the urban environment. National Institute for Urban Wildlife, Columbia, MD.

Aloysius, S.; Yong, D.; Lee, J.; Jain, A. Flying into extinction: Understanding the role of Singapore's international parrot trade in growing domestic demand. Bird Conserv. Internat. 2020, 30, 139–155. [CrossRef]

Ambrose, S.J., Bradshaw, S.D., 1988. Seasonal changes in standard metabolic rates in the white-browed scrubwren Sericornis frontalis (Acanthizidae) from arid, semi-arid and mesic environments. Journal of Comparative Physiology A 89, 79–83.

Baker, P. J., A. J. Bentley, R. J. Ansell, and S. Harris. 2005. Impact of predation by domestic cats Felis catus in an ur1ban area. Mammal Rev. 35:302–312. doi:10.1111/j.1365-2907.2005.00071.x

Baker, P. J., S. Molony, E. Stone, I. C. Cuthill, and S. Harris. 2008. Cats about town: Is predation by free-ranging pet cats (Felis catus) likely to affect urban bird populations? Ibis 150(Suppl. 1):86–99. doi:10.1111/j.1474-919X.2008.00836.x

Bateman, P. W., and P. A. Fleming. 2011. Frequency of tail loss reflects variation in predation levels, predator efficiency, and the behaviour of three populations of brown anoles. Biol. J. Linn. Soc. Lond. 103:648–656. doi:10.1111/j.1095- 8312.2011.01646.x

BirdLife International and Handbook of the Birds of the World. Bird Species Distribution Maps of the World. Version 2019.1. 2019. Available online: http://datazone.birdlife.org/species/requestdis (accessed on 1 May 2021).

Butler, C.J., 2005. Feral parrots in the Continental United States and United Kingdom: past, present, and future. Journal of Avian Medicine and Surgery 19, 142–149.

Calzada Preston, C.E.; Pruett-Jones, S.; Eberhard, J.R. Monk parakeets as a globally naturalized species. In Naturalized Parrots of the World: Distribution, Ecology, and Impacts of the World's Most Colorful Colonizers; Pruett-Jones, S., Ed.; Princeton University Press: Princeton, NJ, USA, 2021; pp. 173–192.

Cardador, L.; Abellán, P.; Anadón, J.D.; Carrete, M.; Tella, J.L. The world parrot trade. In Naturalized Parrots of the World: Distribution, Ecology, and Impacts of the World's Most Colorful Colonizers; Pruett-Jones, S., Ed.; Princeton University Press: Princeton, NJ, USA, 2021; pp. 13–21.

Clavero, M., Garcia-Berthou, E., 2005. Invasive species are a leading cause of animal extinctions. Trends in Ecology and Evolution 20, p. 110.

Crowley, S.L. Human dimensions of naturalized parrots. In Naturalized Parrots of the World: Distribution, Ecology, and Impacts of the World's Most Colorful Colonizers; Pruett-Jones, S., Ed.; Princeton University Press: Princeton, NJ, USA, 2021; pp. 41–53.

iNaturalist Alien Parrots Observatory. 2019. Available online: https://www.inaturalist.org/projects/alien-parrots-observatory? tab=species (accessed on 5 December 2019).

iNaturalist Alien Parrots Observatory. 2020. Available online: https://www.inaturalist.org/projects/alienparrots-observatory (accessed on 9 November 2020).

Krishnaprasadan, T.N., Kotak, V.C., Sharp, P.J., Schmedemann, R., Haase, E., 1988. Environmental and hormonal factors in seasonal breeding in free-living male Indian rose-ringed parakeets (Psittacula krameri). Hormones and Behavior 22, 488–496.

McKechnie, A.E., 2008. Phenotypic flexibility in basal metabolic rate and the changing view of avian physiological diversity: a review. Journal of Comparative Physiology B 178, 235–247.

Menchetti, M.; Mori, E. Worldwide impact of alien parrots (Aves Psittaciformes) on native biodiversity and environment: A review. Ethol. Ecol. Evol. 2014, 26, 172–194. [CrossRef]

Pithon, J.A., Dytham, C., 1999. Breeding performance of ring-necked parakeets Psittacula krameri in small introduced populations in southeast England. Bird Study 46, 342–347.

Postigo, J.L.; Shwartz, A.; Strubbe, D.; Muñoz, A.R. Unrelenting spread of the alien monk parakeet in Israel. Is it time to sound the alarm? Pest Manag. Sci. 2017, 73, 349–353. [CrossRef]

Postigo, J.L.; Strubbe, D.; Mori, E.; Ancillotto, L.; Carneiro, I.; Latsoudis, P.; Menchetti, M.; Pârâu, L.G.; Parrott, D.; Rein, L.; et al. Mediterranean versus Atlantic monk parakeets Myiopsitta monachus: Towards differentiated management at the European scale. Pest Manag. Sci. 2019, 75, 915–922. [CrossRef] [PubMed]

Shwartz, A., Strubbe, D., Butler, C.J., Matthysen, E., Kark, S., 2009. The effect of enemy-release and climate conditions on invasive birds: a regional test using the rose-ringed parakeet (Psittacula krameri) as a case study. Diversity and Distributions 15, 310–318.

Strubbe, D., Matthysen, E., 2007. Invasive ring-necked parakeets Psittacula krameri in Belgium: habitat selection and impact on native birds. Ecography 30, 578–588.

Wilson, A-L., Brown, M., Downs, C.T., 2011. Seasonal variation in metabolic rate of a medium-sized frugivore, the Knysna turaco (Tauraco corythaix). Journal of Thermal Biology 36, 167–172.

Wilson, G.R., Cooper, S.J., Gessaman, J.A., 2004. The effects of temperature and artificial rain on the metabolism of American kestrels (Falco sparverius). Comparative Biochemistry and Physiology A: Comparative Physiology 139, 389–394.

# INTEGRAL TYPE BANACH CONTRACTIONS ON BIPOLAR $p$ -METRIC SPACES

**Assoc. Prof. Dr. Nihal TAŞ**
Balıkesir University,
nihaltas@balikesir.edu.tr - 0000-0002-4535-4019

## ABSTRACT

Generalized metric spaces are considered a generalization of classical metric spaces. In a metric space, the distance between two points is defined by a specific metric function, while in generalized metric spaces, the distance function can have a more flexible and broader structure. These spaces are used to model more complex structures and often play an important role in the study of topological or geometric properties. In generalized metric spaces, the distance function can be expressed by different types of functions, such as norms or more abstract structures, which allows them to have a wider range of applications. For example, the concept of bipolar $p$ -metric can be given as an example of generalized metric spaces. On this space, some well-known fixed-point theorems have been studied in the literature. In this study, we define an integral type Banach contractive condition on the bipolar $p$ -metric space and, using this condition, we provide an integral type fixed-point result.
**Keywords :** Bipolar $p$ -metric space, integral type Banach contractive condition, fixed point.

## 1. INTRODUCTION

In the theory of fixed points, the contraction condition is a key element used to ensure the existence and uniqueness of a fixed point. This condition stipulates that the function in question must bring points closer together, meaning that there exists a constant $c$ with $0 \le c < 1$ such that for any two points $x$ and $y$, the distance between $f(x)$ and $f(y)$ is strictly smaller than $c$ times the distance between $x$ and $y$. This contraction property guarantees that the function will converge to a unique fixed point, regardless of the initial point chosen. Generalizations of this condition have been explored in various mathematical settings, such as allowing the contraction factor to depend on the points themselves or using different types of metrics. These extensions enable the application of fixed point theory in more complex or abstract spaces, expanding its utility in diverse fields like analysis, topology, and dynamical systems.

The study of generalizations of metric spaces focuses on extending the classical notion of a metric to more abstract settings, allowing for a broader range of applications. These generalizations often involve relaxing certain conditions of a metric, such as the triangle inequality or symmetry, to create more flexible structures like quasi-metrics, pseudo-metrics, or even extended spaces like uniform spaces. By doing so, mathematicians can explore spaces that may not strictly adhere to the traditional properties of metric spaces but still retain useful concepts of distance and convergence. Such generalizations play a crucial role in areas like

functional analysis, topology, and geometry, where they provide deeper insights into the behavior of various mathematical objects and systems.

By the above motivations, we define an integral type Banach contractive condition on the bipolar $p$ -metric space and, using this condition, we provide an integral type fixed-point result.

## 2. PRELIMINARIES

In this section, we recall some basic notions.

**Definition 2.1.** [1] Let $X$ be a nonempty set and $d_b : X \times X \to [0,\infty)$ be a mapping. If $d_b$ satisfies the following conditions:

(1) $d_b(x_1, x_2) = 0 \Leftrightarrow x_1 = x_2$,
(2) $d_b(x_1, x_2) = d_b(x_2, x_1)$ for all $x_1, x_2 \in X$ ,
(3) There exists a real number $s \geq 1$ such that $d_b(x_1, x_2) \leq s\left[d_b(x_1, x_3) + d_b(x_3, x_2)\right]$ for all $x_1, x_2 \in X$ ,

then $d_b$ is called a $b$ -metric on $X$ and $(X, d_b)$ is a $b$ -metric space.

**Definition 2.2.** [2] Let $(X, d_b)$ be a $b$ -metric space and $\{x_n\}$ be a sequence on $X$ . Then

(1) $\{x_n\}$ is called a convergent sequence in $(X, d_b)$, if for every $\varepsilon > 0$, $\exists n_0 \in \mathbb{N}$ such that

$$d_b(x_n, x) < \varepsilon,$$

for all $n > n_0$.

(2) $\{x_n\}$ is called a Cauchy sequence in $(X, d_b)$, if for every $\varepsilon > 0$, $\exists n_0 \in \mathbb{N}$ such that

$$d_b(x_n, x_{n+p}) < \varepsilon,$$

for all $n > n_0$ and $p > 0$.

(3) $(X, d_b)$ is called a complete $b$ -metric space if every Cauchy sequence in $X$ converges to some $x \in X$ .

**Definition 2.3.** [3] Assume that $F : (0,\infty) \to \mathbb{R}$ satisfies the following conditions:

(F1) $F$ is strictly increasing,

(F2) For every sequence $\{u_n\}_{n \in \mathbb{N}} \subset (0,\infty)$,

$$\lim_{n\to\infty} u_n = 0 \Leftrightarrow \lim_{n\to\infty} F\left(u_n\right) = -\infty,$$

(F3) There exist $s \in (0,1)$ such that

$$\lim_{t\to 0} t^s F\left(t\right) = 0.$$

$\digamma$ is the collection of all functions $F$.

**Definition 2.4.** [4] Let $X \neq \varnothing$. A mapping $d_p : X \times X \to [0,\infty)$ is called a $p$-metric if there exists a strictly increasing mapping $\Omega : [0,\infty) \to [0,\infty)$ with $\Omega^{-1}(t) \leq t \leq \Omega(t)$ for all $t \geq 0$ and $\Omega^{-1}(0) = 0 = \Omega(0)$ such that for all $x_1, x_2, x_3 \in X$ and the following conditions hold:

(1) $d_p\left(x_1, x_2\right) = 0 \Leftrightarrow x_1 = x_2$,
(2) $d_p\left(x_1, x_2\right) = d_p\left(x_2, x_1\right)$ for all $x_1, x_2 \in X$,
(3) $d_p\left(x_1, x_2\right) \leq \Omega\left(d_p\left(x_1, x_3\right) + d_p\left(x_3, x_2\right)\right)$.

Then $\left(X, d_p\right)$ is a $p$-metric space.

**Definition 2.5.** [5] Consider two nonempty sets $X$ and $Y$. A mapping $d_{bi} : X \times Y \to [0,\infty)$ is called a bipolar-metric on $(X,Y)$ if it satisfies the following conditions:

(1) $d_{bi}\left(x_1, x_2\right) = 0 \Leftrightarrow x_1 = x_2$,
(2) $d_{bi}\left(x_1, x_2\right) = d_{bi}\left(x_2, x_1\right)$ for all $x_1, x_2 \in X \cap Y$,
(3) $d_{bi}\left(x_1, x_3\right) \leq d_{bi}\left(x_1, x_2\right) + d_{bi}\left(x_4, x_2\right) + d_{bi}\left(x_4, x_3\right)$ for all $\left(x_1, x_2\right), \left(x_4, x_3\right) \in X \times Y$.

Then $\left(X, d_{bi}\right)$ is a bipolar-metric space.

**Definition 2.6.** [6] Assume that $\Omega$ is a strictly increasing continuous function. Let us consider the two nonempty sets of mappings:

$$\psi = \left\{\Omega : [0,\infty) \to [0,\infty) : \Omega^{-1}(t) \leq t \leq \Omega(t), \forall t \geq 0\right\}$$

and

$$\psi^* = \left\{\Omega \in \psi : \Omega^{-1}\left(t_1 + t_2\right) \leq \Omega^{-1}\left(t_1\right) + \Omega^{-1}\left(t_2\right), \forall t_1, t_2 \geq 0\right\}.$$

Let $X$ and $Y$ be two nonempty sets. A mapping $p : X \times Y \to [0,\infty)$ is called a bipolar $p$-metric on $(X,Y)$ if it satisfies the following conditions for a function $\Omega \in \psi$ :

(1) $p(x_1,x_2)=0 \Leftrightarrow x_1=x_2$,

(2) $p(x_1,x_2)=p(x_2,x_1)$ for all $(x_1,x_2)\in(X\cap Y)^2$,

(3) $p(x_1,x_3)\le\Omega\left[p(x_1,x_2)+p(x_4,x_2)+p(x_4,x_3)\right]$ for all $(x_1,x_2),(x_4,x_3)\in X\times Y$.

Then $(X,Y,p)$ is called a bipolar $p$-metric space.

**Remark 2.7.** [7] The definitions of sequence, Cauchy sequence, convergent sequence and completeness in a bipolar $p$-metric space are the same as in the case of a $b$-metric space.

**Definition 2.8.** [6] Let us consider two pairs of sets $(X_1,Y_1)$ and $(X_2,Y_2)$. The function $f:X_1\cup Y_1\to X_2\cup Y_2$ is called a covariant mapping if $f(X_1)\subset X_2$ and $f(Y_1)\subset Y_2$. It is denoted by

$$f:(X_1,Y_1)\xrightarrow[\to]{}(X_2,Y_2).$$

**Definition 2.9.** [6] Let us consider two pairs of sets $(X_1,Y_1)$ and $(X_2,Y_2)$. The function $f:X_1\cup Y_1\to X_2\cup Y_2$ is called a contravariant mapping if $f(X_1)\subset Y_2$ and $f(Y_1)\subset X_2$. It is denoted by

$$f:(X_1,Y_1)\square\quad(X_2,Y_2).$$

## 3. MAIN RESULTS

For every $\Omega\in\psi$, let us consider a subset of $(0,1)$ denoted as $\Delta_\Omega$ [6], which is given by

$$\Delta_\Omega=\left\{\lambda\in(0,1):\lim_{n\to\infty}\Omega^{(p+1)}\left(\sum_{i=n}^{n+p}\Omega^{-(n+p-i)}\left[\lambda^i\Theta\right]\right)=0 \text{ for any } p=1,2,\ldots \text{ and any fixed } \Theta>0\right\}.$$

Using the integral type technique introduced in [8], we get the following Banach type [9] fixed-point theorem:

**Theorem 3.1.** Let $(X,Y,p)$ be a complete bipolar $p$-metric space for some $\Omega\in\psi^*$ and a covariant mapping $f:(X,Y,p)\xrightarrow[\to]{}(X,Y,p)$ such that

$$\tau+F\left(\int_0^{p(fx_1,fx_2)}\varphi(t)dt\right)\le hF\left(\int_0^{p(x_1,x_2)}\varphi(t)dt\right)$$

holds for $(x_1,x_2)\in X\times Y$, $\tau>0$, $h\in\Delta_\Omega$ and for any $p(x_1,x_2)>0$, where $\varphi:[0,\infty)\to[0,\infty)$ is a Lebesgue-integrable mapping which is summable, that is, with finite integral on each compact subset of $[0,\infty)$, nonnegative and such that

$$\int_0^{\varepsilon} \varphi(t)dt > 0$$

for each $\varepsilon > 0$. Then the function $f : X \cup Y \to X \cup Y$ has a unique fixed point.

*Proof.* Let $(x_0, y_0) \in X \times Y$. Let us consider the sequence $\{x_n\} \subset X$ and $\{y_n\} \subset Y$ such that

$$x_n = fx_{n-1} = f^n x_0$$

and

$$y_n = fy_{n-1} = f^n y_0,$$

for all $n \in \mathbb{N}$. Then $(\{x_n\}, \{y_n\})$ is a bisequence on $(X, Y, p)$ and $x_n \neq y_n$. Using the hypothesis, we have

$$\tau + F\left(\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(t)dt\right) = \tau + F\left(\int_0^{p(fx_{n-1},fy_{n-1})} \varphi(t)dt\right) \leq hF\left(\int_0^{p(x_{n-1},y_{n-1})} \varphi(t)dt\right),$$

$$F\left(\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(t)dt\right) \leq hF\left(\int_0^{p(x_{n-1},y_{n-1})} \varphi(t)dt\right) - \tau \leq h^2 F\left(\int_0^{p(x_{n-2},y_{n-2})} \varphi(t)dt\right) - 2\tau$$

and so

$$F\left(\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(t)dt\right) \leq h^n F\left(\int_0^{p(x_0,y_0)} \varphi(t)dt\right) - n\tau.$$

Let us take the limit $n \to \infty$, we get

$$\lim_{n\to\infty} F\left(\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(t)dt\right) = -\infty$$

and by the property of $F$, we have

$$\lim_{n\to\infty} \int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(t)dt = 0.$$

Also, for all $n \in \square$ and some $t \in (0,1)$, we obtain

$$\lim_{n\to\infty}\left[\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(t)dt\right]^t F\left(\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(t)dt\right)=0$$

and

$$\left[\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(t)dt\right]^t F\left(\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(t)dt\right)-\left[\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(t)dt\right]^t F\left(\int_0^{p(x_0,y_0)} \varphi(t)dt\right)$$
$$\leq\left[\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(t)dt\right]^t\left(h^n F\left(\int_0^{p(x_0,y_0)} \varphi(t)dt\right)-n\tau\right)-\left[\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(t)dt\right]^t F\left(\int_0^{p(x_0,y_0)} \varphi(t)dt\right).$$
$$=-\left[\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(t)dt\right]^t n\tau\leq 0$$

Let us take the limit $n\to\infty$, we have

$$\lim_{n\to\infty} n\left[\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(t)dt\right]^t=0$$

and so there exists $n_1 \in \square$ such that

$$n\left[\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(t)dt\right]^t\leq 1,$$

for all $n\geq n_1$. Hence, we get

$$\int_0^{p(x_n,y_n)} \varphi(t)dt\leq\frac{1}{n^{1/t}},$$

for all $n\geq n_1$. Again, we obtain

$$F\left(\int_0^{p(x_n,x_{n+1})}\varphi(t)dt\right)=F\left(\int_0^{p(fx_{n-1},fx_n)}\varphi(t)dt\right)\le hF\left(\int_0^{p(x_{n-1},x_n)}\varphi(t)dt\right)-\tau$$
$$\vdots$$
$$\le h^nF\left(\int_0^{p(x_0,x_1)}\varphi(t)dt\right)-n\tau$$

and take the limit as $n\to\infty$, we have

$$\lim_{n\to\infty}F\left(\int_0^{p(x_n,x_{n+1})}\varphi(t)dt\right)=-\infty.$$

By the property of $F$, we get

$$\lim_{n\to\infty}\int_0^{p(x_n,x_{n+1})}\varphi(t)dt=0$$

and for all $n\in\square$, there exists $t\in(0,1)$ such that

$$\lim_{n\to\infty}\left[\int_0^{p(x_n,x_{n+1})}\varphi(t)dt\right]^tF\left(\int_0^{p(x_n,x_{n+1})}\varphi(t)dt\right)=0.$$

For all $n\in\square$, we obtain

$$\left[\int_0^{p(x_n,x_{n+1})}\varphi(t)dt\right]^tF\left(\int_0^{p(x_n,x_{n+1})}\varphi(t)dt\right)-\left[\int_0^{p(x_n,x_{n+1})}\varphi(t)dt\right]^tF\left(\int_0^{p(x_0,x_1)}\varphi(t)dt\right)$$
$$\le\left[\int_0^{p(x_n,x_{n+1})}\varphi(t)dt\right]^t\left(h^nF\left(\int_0^{p(x_0,x_1)}\varphi(t)dt\right)-n\tau\right)-\left[\int_0^{p(x_n,x_{n+1})}\varphi(t)dt\right]^tF\left(\int_0^{p(x_0,x_1)}\varphi(t)dt\right)$$
$$=-\left[\int_0^{p(x_n,x_{n+1})}\varphi(t)dt\right]^tn\tau\le 0$$

and taking the limit $n\to\infty$, we have

$$\lim_{n\to\infty}n\left[\int_0^{p(x_n,x_{n+1})}\varphi(t)dt\right]^t=0.$$

Therefore, there exists $n_2 \in$ □ such that

$$n\left[\int_0^{p(x_n,x_{n+1})} \varphi(t)dt\right]^t \le 1,$$

for all $n \ge n_2$, and so

$$\int_0^{p(x_n,x_{n+1})} \varphi(t)dt \le \frac{1}{n^{1/t}},$$

for all $n \ge n_2$. Let us take $n_0 = \max\{n_1, n_2\}$. For some $1 \le n < m$, we get

$$\int_0^{p(x_n,y_m)} \varphi(t)dt \le \int_0^{\Omega[p(x_n,y_n)+p(x_{n+1},y_n)+p(x_{n+1},y_m)]} \varphi(t)dt$$

$$\Rightarrow \Omega^{-1}\left(\int_0^{p(x_n,y_m)} \varphi(t)dt\right) \le \frac{1}{n^{1/t}} + \frac{1}{n^{1/t}} + \int_0^{p(x_{n+1},y_m)} \varphi(t)dt$$

$$\le \frac{1}{n^{1/t}} + \frac{1}{n^{1/t}} + \int_0^{\Omega[p(x_{n+1},y_{n+1})+p(x_{n+2},y_{n+1})+p(x_{n+2},y_m)]} \varphi(t)dt,$$

for all $n \ge n_0$, and

$$\Omega^{-2}\left(\int_0^{p(x_n,y_m)} \varphi(t)dt\right) \le \Omega^{-1}\left[\frac{1}{n^{1/t}} + \frac{1}{n^{1/t}}\right] + \frac{1}{(n+1)^{1/t}} + \frac{1}{(n+1)^{1/t}} + \int_0^{p(x_{n+2},y_m)} \varphi(t)dt.$$

By the similar way, we obtain

$$\Omega^{-(m-n+1)}\left(\int_0^{p(x_n,y_m)} \varphi(t)dt\right) \le \Omega^{-(m-n)}\left[\frac{1}{n^{1/t}} + \frac{1}{n^{1/t}}\right] + \Omega^{-(m-n)}\left[\frac{1}{(n+1)^{1/t}} + \frac{1}{(n+1)^{1/t}}\right]$$

$$+ \cdots + \Omega^{-1}\left[\frac{1}{(m-1)^{1/t}} + \frac{1}{(m-1)^{1/t}}\right] + \int_0^{p(x_{m+1},y_m)} \varphi(t)dt \quad ,$$

$$\le \sum_{i=n}^{m} \Omega^{-(m-i)}\left[\frac{1}{i^{1/t}} + \frac{1}{i^{1/t}}\right]$$

for all $n \ge n_0$, and so

$$\int_0^{p(x_n,y_m)} \varphi(t)dt \le \Omega^{(m-n+1)}\left(\sum_{i=n}^{m}\Omega^{-(m-i)}\left[\frac{1}{i^{1/t}}+\frac{1}{i^{1/t}}\right]\right). \tag{3.1}$$

Similarly, for any $1 \le m < n$, we get

$$\int_0^{p(x_n,y_m)} \varphi(t)dt \le \Omega^{(m-n+1)}\left(\sum_{i=m}^{n}\Omega^{-(n-i)}\left[\frac{1}{i^{1/t}}+\frac{1}{i^{1/t}}\right]\right). \tag{3.2}$$

Since $t \in (0,1)$, as $m,n \to \infty$ , the right hand sides of (3.1) and (3.2) toward 0. Therefore, $\{x_n, y_n\}$ is Cauchy. By the completeness, let the $\{x_n, y_n\}$ biconverges to some $z \in X \cap Y$. Then, we have $\{x_n\} \to z$ and $\{y_n\} \to z$, where $z \in X \cap Y$ and $\{fx_n\} = \{x_{n+1}\}$. Since $f$ is continuous, we get

$$fx_n \to fz,$$

therefore

$$fz = z,$$

that is, $z$ is a fixed point of $f$. Now, we show the uniqueness of $z$. On the contrary, $w$ is another fixed point of $f$. Then, we have

$$fw = w,$$

for some $w \in X \cap Y$. Using the hypothesis, we get

$$\tau \le F\left(\int_0^{p(fz,fw)} \varphi(t)dt\right) - F\left(\int_0^{p(z,w)} \varphi(t)dt\right) = 0,$$

a contradiction. Therefore, we obtain $z = w$, that is, $f$ has a unique fixed point in $(X, Y, p)$.
□

**Remark 3.2.** If $\varphi(t) = 1$, Then Theorem 3.1 and Theorem 1 given in [7] are coincidence. Consequently, Theorem 3.1 generalizes Theorem 1.

## KAYNAKÇA

**1.** Bakhtin, I. A. The contraction mapping principle in almost metric spaces. Funct. Anal. 1989, 30, 26-37.

**2.** George, R., Radenovic, S., Reshma, K. P. and Shukla, S. Rectangular b-metric space and contraction principles. J. Nonlinear Sci. Appl. 2015, 8, 1005-1013.

**3.** Wardowski, D. Fixed points of a new type of contractive mappings in complete metric spaces. Fixed Point Theory Appl. 2012, 2012, 94.

**4.** Parvaneh, V., Dinmohammadi, A. and Kadelburg, Z. Coincidence point results for weakly α-admissible pairs in extended b-metric spaces. J. Math. Anal. 2017, 8, 74-89.

**5.** Mutlu, A. and Gurdal, U. Bipolar metric spaces and some fixed point theorems. J. Nonlinear Sci. Appl. 2016, 9, 5362-5373.

**6.** Roy, K., Saha, M., George, R., Guran, L. and Mitrovic, Z. D. Some covariant and contravariant fixed point theorems over bipolar p-metric spaces and applications. Filomat 2022, 36, 1755-1767.

**7.** Konwar, N. and Debnath, P. Fixed-point results of F-contractions in bipolar p-metric spaces. Axioms 2024, 13, 773.

**8.** Branciari, A. A fixed point theorem for mappings satisfying a general contractive condition of integral type. International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences. 2002, 29 (9), 531-536.

**9.** Banach, S. Sur les op´erations dans les ensembles abstraits et leur application aux equations integrales, Fund. Math. 3 (1922) 133-181.

# SOME EXISTENCE FIXED-CIRCLE RESULTS WITH THE FUNCTION $\psi$

**Assoc. Prof. Dr. Nihal TAŞ**
Balıkesir University,
nihaltas@balikesir.edu.tr - 0000-0002-4535-4019

## ABSTRACT

Fixed-point theory has become a frequently studied topic in recent times. Fixed-point theory continues to be explored in various ways in the literature. One of these methods is the generalization of the used metric space. An example of this generalization is the concept of *S*-metric spaces. Another approach is to seek new solutions to the fixed-circle problem when the number of fixed points is more than one. Under these two approaches, in this study, we provide new fixed-circle theorems on *S*-metric spaces with the help of an auxiliary function $\psi$ .

**Keywords :** *S*-metric space, fixed-circle problem, fixed point, auxiliary function.

## 1. INTRODUCTION

The theory of fixed points, also known as the fixed point theory, refers to the concept in mathematics where a function maps an element to itself. In other words, a point $x$ is considered a fixed point of a function $T$ if $Tx = x$ . This concept is widely used in various fields such as topology, analysis, and dynamical systems. Fixed point theorems, like the Banach Fixed-Point Theorem [1] and Brouwer Fixed-Point Theorem [2], provide important results about the existence and uniqueness of fixed points under certain conditions, which are fundamental in both theoretical and applied mathematics.

The "fixed-circle problem", introduced by Özgür and Taş in metric spaces [3], explores the concept of finding a circle that remains invariant under a given transformation. In this context, a fixed circle refers to a geometric figure that is mapped onto itself by a specific function or operation within a metric space. The problem involves determining conditions under which such a fixed circle exists and understanding its properties. This problem is significant in the study of geometric transformations, particularly in the analysis of symmetry and invariance in metric spaces. It offers insights into the behavior of transformations and their effects on geometric objects, contributing to the broader field of metric geometry.

By the above motivation, in this study, we present some new fixed-circle results on S-metric spaces. The obtained results generalize some known fixed-circle theorems on metric spaces.

## 2. PRELIMINARIES

In this section, we recall some necessary concepts as follows:

**Definition 2.1.** [4] Let $X$ be a nonempty set and the mapping $S : X \times X \times X \to [0, \infty)$ satisfies the following conditions:

$(S_1)$ $S(x,y,z)=0 \Leftrightarrow x=y=z$ for all $x,y,z \in X$ ,

$(S_2)$ $S(x,y,z) \le S(x,x,t)+S(y,y,t)+S(z,z,t)$ for all $x,y,z,t \in X$ .

Then $S$ is called an S-metric and the pair $(X,S)$ is called an S-metric space.

**Lemma 2.2.** [4] Let $(X,S)$ be an S-metric space and $x,y \in X$ . Then we have

$$S(x,x,y)=S(y,y,x).$$

**Definition 2.3.** [5] Let $(X,d)$ be a metric space. Then the function $S_d : X \times X \times X \to [0,\infty)$ defined by

$$S_d(x,y,z)=d(x,z)+d(y,z),$$

for all $x,y,z \in X$ is an S-metric on $X$ . The S-metric $S_d$ is called the S-metric generated by $d$ .

**Definition 2.4.** [6] Let $(X,S)$ be an S-metric space. A circle $C^S_{x_0,r}$ is defined by

$$C^S_{x_0,r}=\{x \in X : S(x,x,x_0)=r\},$$

with the center $x_0$ and the radius $r$ .

**Definition 2.5.** [6] Let $(X,S)$ be an S-metric space, $C^S_{x_0,r}$ be a circle and $T : X \to X$ be a self-mapping. If $Tx=x$ for all $x \in C^S_{x_0,r}$ then the circle $C^S_{x_0,r}$ is called a fixed circle of $T$ .

**Definition 2.6.** [7] Let $(X,S)$ be an S-metric space. A disc $D^S_{x_0,r}$ is defined by

$$D^S_{x_0,r}=\{x \in X : S(x,x,x_0) \le r\},$$

with the center $x_0$ and the radius $r$ .

## 3. MAIN RESULTS

In this section, we present some new fixed-circle results. To do this, let us define the mapping $\psi : X \to [0,\infty)$ as

$$\psi(x)=S(x,x,x_0),$$

for all $x \in X$ , where the point $x_0$ is the center of the circle $C^S_{x_0,r}$ .

Let

$$\mathbb{N} = \{1, 2, 3, \ldots\}$$

be a set of natural numbers and

$$Fix(T) = \{x \in X : Tx = x\}$$

be a set of fixed points of a self-mapping $T : X \to X$ .

**Theorem 3.1.** Let $(X, S)$ be an S-metric space and $C^S_{x_0,r}$ be any circle on $X$ . If there exists a self-mapping $T : X \to X$ satisfying

$(i)$ $S(Tx, Tx, x) \leq [\psi(x)]^n - [\psi(Tx)]^n$,

$(ii)$ $S(Tx, Tx, x_0) \geq r$ ,

for each $x \in C^S_{x_0,r}$ and $n \in \mathbb{N}$ , then we have

$$C^S_{x_0,r} \subset Fix(T),$$

that is, $C^S_{x_0,r}$ is a fixed circle of $T$ on $(X, S)$.

*Proof.* Let $x \in C^S_{x_0,r}$ be any point. By $(i)$ and $(ii)$, we get

$$\begin{aligned} S(Tx, Tx, x) &\leq [\psi(x)]^n - [\psi(Tx)]^n \\ &= [S(x, x, x_0)]^n - [S(Tx, Tx, x_0)]^n \\ &= r^n - [S(Tx, Tx, x_0)]^n \leq r^n - r^n = 0 \end{aligned}$$

and so we get

$$S(Tx, Tx, x) = 0,$$

that is, $Tx = x$ . Consequently, we get

$$C^S_{x_0,r} \subset Fix(T),$$

that is, $C^S_{x_0,r}$ is a fixed circle of $T$ . □

**Theorem 3.2.** Let $(X, S)$ be an S-metric space and $C^S_{x_0,r}$ be any circle on $X$ . If there exists a self-mapping $T : X \to X$ satisfying

$(i)$ $S\left(Tx,Tx,x\right)\leq\left[\psi\left(x\right)\right]^{n}+\left[\psi\left(Tx\right)\right]^{n}-2r^{n}$,

$(ii)$ $S\left(Tx,Tx,x_{0}\right)\leq r$,

for each $x\in C_{x_{0},r}^{S}$ and $n\in\square$, then we have

$$C_{x_{0},r}^{S}\subset Fix\left(T\right),$$

that is, $C_{x_{0},r}^{S}$ is a fixed circle of $T$ on $\left(X,S\right)$.

*Proof*. Let $x\in C_{x_{0},r}^{S}$ be any point. By $(i)$ and $(ii)$, we get

$$\begin{aligned}S\left(Tx,Tx,x\right)&\leq\left[\psi\left(x\right)\right]^{n}+\left[\psi\left(Tx\right)\right]^{n}-2r^{n}\\&=\left[S\left(x,x,x_{0}\right)\right]^{n}+\left[S\left(Tx,Tx,x_{0}\right)\right]^{n}-2r^{n}\\&=r^{n}+\left[S\left(Tx,Tx,x_{0}\right)\right]^{n}-2r^{n}\leq r^{n}+r^{n}-2r^{n}=0\end{aligned}$$

and so we get

$$S\left(Tx,Tx,x\right)=0,$$

that is, $Tx=x$. Consequently, we get

$$C_{x_{0},r}^{S}\subset Fix\left(T\right),$$

that is, $C_{x_{0},r}^{S}$ is a fixed circle of $T$. □

**Theorem 3.3.** Let $\left(X,S\right)$ be an S-metric space and $C_{x_{0},r}^{S}$ be any circle on $X$. If there exists a self-mapping $T:X\to X$ satisfying

$(i)$ $S\left(Tx,Tx,x\right)\leq\left[\psi\left(x\right)\right]^{n}-\left[\psi\left(Tx\right)\right]^{n}$,

$(ii)$ $hS\left(Tx,Tx,x\right)+\left[S\left(Tx,Tx,x_{0}\right)\right]^{n}\geq r^{n}$,

for each $x\in C_{x_{0},r}^{S}$, $n\in\square$ and some $h\in\left[0,1\right)$, then we have

$$C_{x_{0},r}^{S}\subset Fix\left(T\right),$$

that is, $C_{x_{0},r}^{S}$ is a fixed circle of $T$ on $\left(X,S\right)$.

*Proof.* Let $x \in C_{x_0,r}^S$ be any point. By (*i*) and (*ii*), we get

$$\begin{aligned} S(Tx,Tx,x) &\le \left[\psi(x)\right]^n - \left[\psi(Tx)\right]^n \\ &= \left[S(x,x,x_0)\right]^n - \left[S(Tx,Tx,x_0)\right]^n \\ &= r^n - \left[S(Tx,Tx,x_0)\right]^n \\ &\le hS(Tx,Tx,x) + \left[S(Tx,Tx,x_0)\right]^n - \left[S(Tx,Tx,x_0)\right]^n \\ &= hS(Tx,Tx,x) \end{aligned}$$

and so, since $h \in [0,1)$, we get

$$S(Tx,Tx,x) = 0,$$

that is, $Tx = x$. Consequently, we get

$$C_{x_0,r}^S \subset Fix(T),$$

that is, $C_{x_0,r}^S$ is a fixed circle of $T$. □

**Theorem 3.4.** Let $(X,S)$ be an S-metric space and $C_{x_0,r}^S$ be any circle on $X$. If there exists a self-mapping $T: X \to X$ satisfying

(*i*) $S(Tx,Tx,x) \le \left[\dfrac{\psi(Tx)}{\psi(x)}\right]^n - 1,$

(*ii*) $S(Tx,Tx,x_0) \le r,$

for each $x \in C_{x_0,r}^S$ and $n \in \square$, then we have

$$C_{x_0,r}^S \subset Fix(T),$$

that is, $C_{x_0,r}^S$ is a fixed circle of $T$ on $(X,S)$.

*Proof.* Let $x \in C_{x_0,r}^S$ be any point. By (*i*) and (*ii*), we get

$$\begin{aligned} S(Tx,Tx,x) &\le \left[\frac{\psi(Tx)}{\psi(x)}\right]^n - 1 = \left[\frac{S(Tx,Tx,x_0)}{S(x,x,x_0)}\right]^n - 1 \\ &= \left[\frac{S(Tx,Tx,x_0)}{r}\right]^n - 1 \le 1 - 1 = 0 \end{aligned}$$

and so we get

$$S(Tx,Tx,x)=0,$$

that is, $Tx=x$. Consequently, we get

$$C_{x_0,r}^S \subset Fix(T),$$

that is, $C_{x_0,r}^S$ is a fixed circle of $T$. □

**Theorem 3.5.** Let $(X,S)$ be an S-metric space and $C_{x_0,r}^S$ be any circle on $X$. If there exists a self-mapping $T:X\to X$ satisfying

$(i)$ $S(Tx,Tx,x)\le\left[\psi(x)\right]^n\left[\psi(Tx)\right]^n-r^{2n}$,

$(ii)$ $S(Tx,Tx,x_0)\le r$,

for each $x\in C_{x_0,r}^S$ and $n\in\square$, then we have

$$C_{x_0,r}^S \subset Fix(T),$$

that is, $C_{x_0,r}^S$ is a fixed circle of $T$ on $(X,S)$.

*Proof*. Let $x\in C_{x_0,r}^S$ be any point. By $(i)$ and $(ii)$, we get

$$\begin{aligned}S(Tx,Tx,x)&\le\left[\psi(x)\right]^n\left[\psi(Tx)\right]^n-r^{2n}\\&=\left[S(x,x,x_0)\right]^n\left[S(Tx,Tx,x_0)\right]^n-r^{2n}\\&=r^n\left[S(Tx,Tx,x_0)\right]^n-r^{2n}\le r^{2n}-r^{2n}=0\end{aligned}$$

and so we get

$$S(Tx,Tx,x)=0,$$

that is, $Tx=x$. Consequently, we get

$$C_{x_0,r}^S \subset Fix(T),$$

that is, $C_{x_0,r}^S$ is a fixed circle of $T$. □

**Remark 3.6.** If the S-metric is generated by a metric $d$, then Theorem 3.1 (resp. Theorem 3.2, Theorem 3.3, Theorem 3.4 and Theorem 3.5) coincides with Theorem 2.1 (rep. Theorem 2.2, Theorem 2.3, Theorem 2.4 and Theorem 2.7) proved in [8].

**Example 3.7.** Let $(X,S)$ be any S-metric space and $D^S_{x_0,r}$ be any disc on $X$. Let us consider the self-mapping $T: X \to X$ defined as

$$Tx = \begin{cases} x & , \quad x \in D^S_{x_0,r} \\ x_0 & , \quad \text{otherwise} \end{cases},$$

for all $x \in X$. Then $T$ satisfies the conditions of Theorem 3.1 (resp. Theorem 3.2, Theorem 3.3, Theorem 3.4 and Theorem 3.5). Consequently, $T$ fixes the circle $C^S_{x_0,r}$.

## KAYNAKÇA

**1.** Banach, S. Sur les op´erations dans les ensembles abstraits et leur application aux equations integrales, Fundamenta Mathematicae, 3 (1922) 133-181.

**2.** Brouwer, L. E. J. Über die topologie der produktraume [on the topology of product spaces], Mathematische Annalen, 71 (1911), 91-115.

**3.** Özgür, N. Y. and Taş, N. Some fixed-circle theorems on metric spaces, Bulletin of the Malaysian Mathematical Sciences Society, 42 (2019) 1433-1449.

**4.** Sedghi, S., Shobe, N. and Aliouche, A. A generalization of fixed point theorems in S-metric spaces, Matematicki Vesnik, 64 (3) (2012) 258-266.

**5.** Özgür, N. Y. and Taş, N. Some new contractive mappings on S-metric spaces and their relationships with the mapping (S25), Mathematical Sciences, 11 (1) (2017) 7-16.

**6.** Özgür, N. Y and Taş, N. Fixed-circle problem on S-metric spaces with a geometric viewpoint, Facta Universitatis, Series: Mathematics and Informatics, 34 (2019) 459-472.

**7.** Mlaiki, N., Çelik, U., Taş, N., Özgür, N. Y. and Mukheimer, A. Wardowski type contractions and the fixed-circle problem on S-metric spaces, Journal of Mathematics, 9 (2018).

**8.** Karaağaç, K., Kızanlık, Ö. M. and Taş, N. New contributions to nonunique fixed-point results via power type contractions, Electronic Journal of Mathematical Analysis and Applications, 11 (1) (2023) 206-221.

# İMPULSİVE STURM-LİOUVİLLE PROBLEMİNİN ÜRETTİĞİ OPERATÖR-POLİNOM DEMETİ

**Prof. Dr. OKTAY SH. MUKHTAROV**
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, omukhtarov@yahoo.com- 0000-0001-7480-6857

**Doç. Dr. HAYATİ OLĞAR**
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, hayatiolgar@gmail.com- 0000-0003-4732-1605

## ÖZET

On sekizinci asrın ortalarından başlayarak fiziksel olguların, özellikle de hareketin matematiksel olarak analizi kalkülüs alanındaki gelişmeleri de beraberinde getirdi. Araştırılan fiziksel olaylar arasında termodinamik, manyetizma ve elektrik de vardı. Bu ve buna benzer olgularda oluşan problemlerin çözülmesi için diferansiyel denklemler alanı oluştu ve farklı çözüm yolları keşfedildi. Bu yüzden fizikte ve mühendislikte birçok konu adi ve kısmi diferansiyel denklemlerdeki çalışmalara paralel olarak gelişti. Adi ve kısmi diferansiyel denklemler, fiziksel, mekaniksel, finansal ve doğa bilimlerinin birçok dalında meydana gelen olayların modelleri olarak uzun süredir önemli bir rol oynamış olup halen bu denklemlerin; mühendislik, fizik, kimya vb. problemlerin modellenmesinde önemli bir yeri bulunmaktadır. Uygulamalı matematik ve doğa bilimlerinin birçok dalında meydana gelen olayların matematiksel hareket modelleri sıklıkla Laplace denklemi, Schrödinger denklemi, ısı ve dalga denklemi gibi kısmı türevli diferansiyel denklemler biçiminde ifade eilebilir. İyi bilinen ve bağımsız değişkenlere ayırma yöntemi olarak da adlandırılan Fourier yönteminin uygulanması sonucunda birçok problem adi diferansiyel denklemler için klasik Sturm-Liouville problemine dönüşmektedir. Sturm teorisinin klasik yöntemlerinin impulsive şartları içeren klasik olmayan problemlere de uygulanabilecek biçimde nasıl geliştirileceği açık değildir. Bu tür klasik olmayan problemler; kısmi diferansiyel denklemlerin bazı sınıflarının, özellikle de ısı ve kütle transfer problemlerinin çözümünde, kırınım problemlerinde, tele ilave yük yığınları yüklendiği durumda telin titreşimi problemlerinde ve çeşitli fiziksel transfer problemlerinde görülmektedir. Son zamanlarda fizikte ortaya çıkan birçok somut problemler impulsive şartlarını içeren Sturm-Lioville problemlerine ilginin artmasını sağlamıştır. Bu çalışmada; sınır şartlarının birinde özdeğer parametresi bulunduran ve impulsive şartları içeren yeni tipten bir Sturm-Lioville probleminin bazı temel spektral özellikleri (özdeğerler, özfonksiyonlar, kendine eşleniklik vs. gibi) incelendi. Araştırdığımız sınır-değer problemi üç ayrık aralıkta verilmiş olup uç noktalarındaki iki adet sınır şartından ve süreksizlik noktalarında verilen dört adet impulsive şartından oluşmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Sturm-Liouville problemi, sınır ve geçiş şartları, operatör demeti.

## 1. GİRİŞ

Bilindiği gibi

$$y''(x)+q(x)y(x)=\lambda y(x)\ ,\ x\in[a,b] \tag{1}$$

ikinci mertebeden adi lineer diferensiyel denkleminden ve kendine eşlenik olan

$$\alpha_1 y(a)+\alpha_2 y'(a)=0 \tag{2}$$

$$\beta_1 y(b)+\beta_2 y'(b)=0 \tag{3}$$

sınır şartlarından oluşan problem literatürde genel olarak Sturm-Liouville problemi olarak bilinmektedir. Klasik Sturm-Liouville problemi olarak da ifade edilen $(1)-(3)$ sınır-değer probleminde sınır şartları özdeğer parametresine bağlı değildir. Sınır şartlarında lineer olarak özdeğer parametresini içeren özdeğer problemleriyle ilgili oldukça kapsamlı bir literatür mevcuttur [4,7,8,10,13-16,21,22,24]. Walter [24] çalımasında denklemi ve sınır şartlarının her ikisinde özdeğer parametresi bulunan $(1)-(3)$ tipinde bir problemi incelemiş olup bu probleme özgü bir Hilbert uzayı kurmuş, daha sonra bu uzay üzerinde problemin operatör-teorik formülasyonunu vermiş, son olarak bu operatörün kendine eşlenik olduğunu kanıtlamıştır. Schneider [21] çalışmasında sınır şartlarının birinde özdeğer parametresi bulunan $(1)-(3)$ tipindeki problemin S-hermityan sınır değer problemlerinin teorisi çerçevesinde kabul edilebileceğini göstermiş olup aynı zamanda özfonksiyonlar sistemi üzerine açılımın mutlak ve düzgün yakınsaklığı ile ilgili koşullar vermiştir. Fulton [10] çalışmasında, Titchmarsh [22] kitabındaki regüler Sturm-Liouville problemleri için yer alan incelemelerin sınır şartlarının birinde özdeğer parametresi bulunan $(1)-(3)$ tipindeki sınır değer problemleri üzerine devam ettirilebileceğini göstermiştir. Ayrıca Fulton bu ve diğer çalışmalarında Fourier tipi şartlar altında noktasal yakınsaklık şartlarını içeren bir takım yakınsaklık teoremleri elde etmiş, özdeğer ve özfonksiyonlar için asimptotik formüller bulmuş ve aynı zamanda, problemin ele alınacağı aralığın sonsuz ve yarı sonsuz olması durumlarını da incelemiştir. Hinton [13] çalışmasında, Schneider [21] ve Fulton [10] tarafından yayımlanan makalelerdeki Hilbert uzayı metodunu kullanarak dikkate aldıkları fonksiyonların daha geniş bir sınıfı için düzgün yakınsaklık teorisini elde etmiştir. Ladyzhenskaia [15] çalışmasında bir Hilbert uzayında genelleştirilmiş çözümler kavramı yardımıyla, özdeğer probleminin bir operatör polinomal denkleme indirgenmesine olanak sağlamıştır. Belinsky ve Dauer [7] çalışmalarında, sınır şartlarında özdeğer parametresi lineer olarak bulunan regüler Sturm-Liouville probleminin özfonksiyonlarını incelemişlerdir. Ancak yukarıda bahsettiğimiz bütün çalışmalarda Sturm-Liouville problemleri, impulsive şartları içermeyen sınır değer problemleri için incelenmiştir. Süreksizlik noktasına sahip ve sınır şartlarında özdeğer parametresi bulunduran süreksiz katsayılı sınır-değer-impulsive problemleri üzerine son zamanlarda yapılan çalışmaların sayısı giderek artmaktadır [1-3,5,6,9,12,17-20,23,25 ]. Bu çalışmada;

$$-(pS')'(x)+q(x)S(x)=\lambda r(x)S(x),x\in[\gamma_1,\gamma_2)\cup(\gamma_2,\gamma_3)\cup(\gamma_3,\gamma_4]:=\square \tag{4}$$

Sturm-Liouville tipi diferansiyel denkleminden

$$\left(\frac{pS'}{S}\right)(\gamma_1)=\frac{\kappa_1}{\kappa_3+\lambda\kappa_2}\qquad,\qquad S'(\gamma_4)=0 \tag{5}$$

sınır şartlarından ve süreksizlik noktalarında ki

$$S(\gamma_2^+)-\ell_1 S(\gamma_2^-)=0 \quad , \qquad (pS')(\gamma_2^+)-\frac{1}{\ell_1}(pS')(\gamma_2^-)-S(\gamma_2^-)=0 \qquad (6)$$

$$S(\gamma_3^+)-\ell_2 S(\gamma_3^-)=0 \quad , \qquad (pS')(\gamma_3^+)-\frac{1}{\ell_2}(pS')(\gamma_3^-)-S(\gamma_3^-)=0 \qquad (7)$$

impulsive şartlarından oluşan impulsive Sturm-Liouville problemi incelenmiştir. Burada $\lambda$ kompleks spektral parametre; $q(x)$, $\square_1:=[\gamma_1,\gamma_2)$, $\square_2:=(\gamma_2,\gamma_3)$, $\square_3:=(\gamma_3,\gamma_4]$ aralıkları üzerinde reel-değerli ve sürekli fonksiyon ve ayrıca sonlu $q(\gamma_1^+), q(\gamma_2^-), q(\gamma_2^+), q(\gamma_3^-), q(\gamma_3^+), q(\gamma_4^-)$, limit değerleri mevcuttur; $\ell_i\ (i=1,2)$ sıfırdan farklı ve pozitif reel katsayılar ve $\rho=\kappa_1\kappa_2>0$ dır.

Sınır şartlarının birinde özdeğer parametresi bulunduran ve impulsive şartları içeren yeni tipten $(4)-(7)$ Sturm-Lioville probleminin bazı temel spektral özellikleri (özdeğerler, özfonksiyonlar, kendine eşleniklik vs. gibi) incelemek için ilk önce probleme özgü uzaylar ve gerekli olan eşitsizlikler ve kullanılacak notasyonları tanımlayalım.

$[\gamma_1,\gamma_2)\cup(\gamma_2,\gamma_3)\cup(\gamma_3,\gamma_4]$ aralığında karesi integrallenebilen kompleks değerli fonksiyonların uzayını $L_2(\gamma_1,\gamma_2)\oplus L_2(\gamma_2,\gamma_3)\oplus L_2(\gamma_3,\gamma_4):=\Re_0$ ile, $\Re_0$ uzayı üzerinde tanımlı iç çarpımı $\langle S,\mathrm{T}\rangle_{\Re_0}=\int_{\square_1} S(x)\overline{\mathrm{T}(x)}dx+\int_{\square_2} S(x)\overline{\mathrm{T}(x)}dx+\int_{\square_3} S(x)\overline{\mathrm{T}(x)}dx$ eşitliği ile ve bu iç çarpıma karşılık gelen normu $\|S\|_{\Re_0}=\sqrt{\langle S,S\rangle_{\Re_0}}$ eşitliği ile tanımlayalım.

**Teorem 1.** Üzerinde iç çarpım tanımlanan $\Re_0$ lineer uzayı bir Hilbert uzayıdır.

$\Re_0$ Hilbert uzayının elemanlarından oluşan ve $(6)-(7)$ impulsive şartlarını sağlayan lineer uzay $\Re_1$ ile gösterilirse, bu lineer uzay üzerinde tanımlı olan iç çarpımı

$$\langle S,\mathrm{T}\rangle_{\Re_1}=\int_{\square_1}\left[S'(x)\overline{\mathrm{T}'(x)}+S(x)\overline{\mathrm{T}(x)}\right]dx+\int_{\square_2}\left[S'(x)\overline{\mathrm{T}'(x)}+S(x)\overline{\mathrm{T}(x)}\right]dx$$
$$+\int_{\square_3}\left[S'(x)\overline{\mathrm{T}'(x)}+S(x)\overline{\mathrm{T}(x)}\right]dx$$

eşitliği ile ve bu iç çarpıma karşılık gelen normu ise $\|S\|_{\Re_1}^2=\langle S,S\rangle_{\Re_1}$ eşitliği ile tanımlayalım.

**Teorem 2.** $\Re_1$ iç çarpım uzayı bir Hilbert uzayıdır.

Aşağıda her yerde $q(x)$ fonksiyonunun $\inf\{q(x):x\in\square\}>0$ şartını sağladığını kabul edileceğiz. $q(x)$ fonksiyonunun üzerine koyduğumuz şartları dikkate alırsak $\sup\{q(x):x\in\square\}<\infty$ olacağı açıktır.

Şimdi $\Re_1$ Hilbert uzayında yeni bir iç çarpımı $\langle S,T\rangle_{\Re_1,q}=\langle S',T'\rangle_{\Re_0}+\langle S,qT\rangle_{\Re_0}$ eşitliği ile ve bu iç çarpıma karşılık gelen normu ise $\|S\|^2_{\Re_1,q}=\langle S,S\rangle_{\Re_1,q}$ şeklinde tanımlayalım.

**Lemma 3.** $\|S\|_{\Re_1}$ ve $\|S\|_{\Re_{1,q}}$ normları birbirine denktir.

**Not:** $\Re_1$ Hilbert uzayındaki fonksiyonların $[\gamma_1,\gamma_2)\cup(\gamma_2,\gamma_3)\cup(\gamma_3,\gamma_4]$ üzerinde sürekli olduğu, fakat bu fonksiyonların genelleştirilmişmiş türevlerinin sadece $\Re_0$ uzayının elemanları olduğu kabul edilir.

Aşağıda $(4)-(7)$ impulsive Sturm-Liouville problemini operatör-polinomal denkleme indirgeyebilmek için Sobolev uzayları ([11]) için iyi bilinen gömülme teoremlerinden yararlanmak kaydıyla elde edilen

$$\forall S\in\Re_1,\ |S(\gamma_i)|^2\le d_i\|S'\|^2_{\Re_0}+\frac{2}{d_i}\|S\|^2_{\Re_0}\ ve\ d_i>0,\ i=\overline{1-4}$$

eşitsizliklerinden ve ayrıca

$$\forall\varsigma\in\square\ ,\ |S(\varsigma)|\le C(\varsigma)\|S\|_{\Re_1}$$

eşitsizliğinden de yararlanacağız. Buradaki $C(\varsigma)$ sabiti, $S$ fonksiyonundan bağımsızdır ve sadece $\varsigma$ değişkenine bağımlıdır.

$(4)-(7)$ İSLP'ni operator-teorik yöntem kullanmak suretiyle operatör-polinom denklemine indirgeyebilmek için yeni bir Hilbert uzayı tanımlanacaktır.

**Tanım 4.** İki bileşenli ve $\Xi=\{U=(S(x),S_1):S(x)\in\Re_1,S_1\in\square\}$ biçiminde olan elemanların lineer uzayında, yani $\Re_1\oplus\square$ direkt toplamında $U=(S(x),S_1)$ ve $T=(T(x),T_1)$ elemanlarının iç çarpımı

$$\langle U,V\rangle_\Xi=\langle S(x),T(x)\rangle_{\Re_1}+S_1\overline{T_1}$$

eşitliği ile tanımlansın. $\Re_1\oplus\square:=\Xi$ iç çarpım uzayının bir Hilbert uzayı olduğu kolayca gösterilebilir. $\Xi$ uzayındaki iç çarpımın ürettiği norm ile $\Re_1$ uzayındaki iç çarpımın ürettiği norm birbirine denktir.

Çalışmanın geri kalan kısmında $\Xi$ ve $\Re_1$ Sobolev uzaylarından yararlanılacaktır.

## 2. $(4)-(7)$ İSLP' nin ZAYIF ÇÖZÜM KAVARAMI VE ESAS SONUÇLAR

Araştırılan problem için zayıf çözüm kavramını tanımlamak ve operatör denkleme indirgeyebilmek maksadıyla gerekli olan uzaylar, iç çarpımlar, normlar ve eşitsizlikler

verildikten sonra şimdi zayıf çözüm kavramının tanımı verilebilir. Bunun için keyfi $T(x)\in \Re_1$ fonksiyonunun eşleneği ile (4) diferensiyel denklemi çarpılır, $\square_i (i=1,2,3)$ aralıkları üzerinde integrali alınır, $(5)-(7)$ sınır ve impulsive şartları uygulanır ve gerekli düzenlemeler yapılırsa $(4)-(7)$ impulsive Sturm-Liouville problemi

$$\langle S,T\rangle_{\Re_1}+\ell_1 S(\gamma_2^-)\overline{T}(\gamma_2^-)+\ell_2 S(\gamma_3^-)\overline{T}(\gamma_3^-)+\frac{\omega}{\kappa_2}\overline{T}(\gamma_1)=\lambda\langle rS,T\rangle_{\Re_0}\ . \qquad (8)$$

integral denklemine indirgenir. Burada $\omega:=\kappa_2 S'(\gamma_1)$ gösteriminden yararlanılmıştır. $\omega$ gösterimini kullanmak suretiyle (5) nolu sınır şartlarının ilki üzerinde gerekli düzenlemeler yapılırsa

$$\frac{u(\alpha)}{\kappa_2}-\frac{\kappa_3}{\kappa_2}\frac{\omega}{\rho}=\lambda\frac{\omega}{\rho}. \qquad (9)$$

eşitliği elde edilir.

**Tanım 5.** $U=(S(x),S_1)\in\Xi$ fonksiyonu verilsin. Eğer $U$ çözüm fonksiyonu herhangi bir $T(x)\in\Re_1$ için $(8)-(9)$ denklemlerini sağlıyor ise; bu çözüm fonksiyonu $(4)-(7)$ İSLP'nin zayıf çözümü olarak adlandırılır.

$(8)-(9)$ denklem sistemine indirgenen $(4)-(7)$ İSLP'nin bir operatör-polinomal denklemine indirgenmesi aşağıdaki sonuca dayanmaktadır.

**Lemma 6.**

$$\hbar_1(S,T):=\ell_1 S(\gamma_2^-)\overline{T}(\gamma_2^-)+\ell_2 S(\gamma_3^-)\overline{T}(\gamma_3^-)\ , \qquad (10)$$

$$\hbar_2(S,T):=\langle rS,T\rangle_{\Re_0}\ , \qquad (11)$$

$$\hbar_3(\omega,T):=\frac{\omega}{\kappa_2}\overline{T}(\gamma_1) \qquad (12)$$

bilineer fonksiyonelleri için

$$\hbar_k(S,T)=\langle\Gamma_k S,T\rangle_{\Re_1},k=1,2$$

$$\hbar_3(\omega,T)=\langle\Gamma_3\omega,T\rangle_{\Re_1}\ ,\ k=3$$

eşitliklerini sağlayacak şekilde sınırlı lineer $\Gamma_1,\Gamma_2:\Re_1\to\Re_1$, $\Gamma_3:\square\to\Re_1$ operatörleri mevcuttur.

**Teorem 7.** $\Gamma_1,\Gamma_2:\Re_1\to\Re_1$, $\Gamma_3:\square\to\Re_1$ operatörleri kompakt, ayrıca $\Gamma_1,\Gamma_2$ operatörleri kendine eşlenik ve pozitif operatörlerdir.

**Teorem 8.** $(4)-(7)$ İSLP'nin zayıf özfonksiyonu $U=(S(x),S_1)\in\Xi$ verilsin. Bu takdirde $U$ zayıf özfonksiyonu, $\Xi$ Sobolev uzayında

$$L(\lambda)\Phi=0,\quad L(\lambda)=L_1-\lambda L_2,$$

$$L_1=\begin{pmatrix} I+\Gamma_1 & \Gamma_3 \\ \Gamma_3^* & -\frac{\kappa_3}{\kappa_2\rho}I\end{pmatrix},\quad L_2=\begin{pmatrix}\Gamma_2 & 0\\ 0 & \frac{1}{\rho}I\end{pmatrix} \qquad (13)$$

operatör-polinomal denklemini sağlar: Burada $I$ birim operatördür.

**Teorem 9.** $L_1$ ve $L_2$ operatörleri $\Xi$ Sobolev uzayında kendine eşlenik ve kompakt operatörlerdir.

**Sonuç 10.** $\forall \lambda \in \square$, $L(\lambda) = L_1 - \lambda L_2$ operatörü $\Xi$ Sobolev uzayında kendine eşlenik ve kompakt operatördür.

**Teorem 11.** $\lambda_0$ ın yeterince büyük pozitif değerleri için $L(-\lambda_0)$ operatör-polinomu $\Xi$ Sobolev uzayında pozitif tanımlıdır.

**Sonuç 12.** $L(-\lambda_0)$ operatör-polinomunun bütün özdeğerleri pozitiftir.

$\lambda_0$ ın yeterince büyük pozitif değerleri için $L(-\lambda_0)$ operatör-polinomu $\Xi$ Sobolev uzayında pozitif tanımlı, kompakt ve kendine eşlenik olduğundan $L(-\lambda_0)$ operatörünün $\sqrt{L(-\lambda_0)}$ olacak şekilde pozitif karekökü vardır. Dolayısıyla $\sqrt{L(-\lambda_0)}$ operatörü terslenebilirdir. İşte bu yüzden $\Xi$ Sobolev uzayında

$$\chi(\lambda_0) := \left(L(-\lambda_0)\right)^{-\frac{1}{2}} L_2 \left(L(-\lambda_0)\right)^{-\frac{1}{2}}$$

şeklinde tanımlı yeni bir $\chi(\lambda_0)$ operatörü göz önünde bulundurulacaktır.

**Teorem 13.** $\Xi$ Sobolev uzayında tanımlı $\chi(\lambda_0)$ operatörü pozitif, kendine eşlenik ve kompakt operatördür.

## 3. KAYNAKLAR

1. Akcay, O. (2021). Uniqueness Theorems for Inverse Problems of Discontinuous Sturm–Liouville Operator. Bull. Malays. Math. Sci. Soc., 44, 1927–1940.
2. Allahverdiev, B. P., Tuna, H. (2020). Eigenfunction expansion for singular Sturm–Liouville problems with transmission conditions. Electron. J. Differ. Equ. 3, 4286–4302.
3. Ao, J., Zhang, L. 2020. An inverse spectral problem of Sturm–Liouville problems with transmission conditions. Mediterr J Math., 17(5):1-24.
4. Atkinson, F. V. (1964). *Discrete and Continuous Boundary Problems*, Academic Press, New York.
5. Aydemir, K., Olğar, H., Mukhtarov, O. Sh., ve Muhtarov, F. (2018). Differential operator equations with interface conditions in modified direct sum spaces, Filomat 32:3, 921-931.
6. Bairamov, E., Aygar, Y. ve Oznur, G. B. (2019). Scattering properties of eigenparameter dependent impulsive Sturm–Liouville Equations. Bulletin of the Malaysian Mathematical Sciences Society, 4 2769-2781.
7. Belinskiy, B.P. ve Dauer, J.P. (1997). On a regular Sturm- Liouville problem on a finite interval with the eigenvalue parameter appearing linearly in the boundary conditions. Spectral theory and computational methods of Sturm-Liouville problem, Eds. D. Hinton and P. W. Schaefer, 1997.

8. Binding, P.A, Browne, P.J. ve Seddighi, K. (1993). Sturm-Liouville problems with eigenparameter dependent boundary conditions, Proc. Edinburgh Math. Soc., 37(2), 57-72.
9. Çavuşoğlu, S., Mukhtarov, O. and Olğar, H. (2021). Finite Difference Method for Approximate Solution of a Boundary Value Problem with Interior Singular Point. Konuralp Journal of Mathematics (KJM), vol. 9, no. 1, pp. 40-48.
10. Fulton, C. T. (1977). Two-point boundary value problems with eigenvalue parameter contained in the boundary conditions. Proc. R. Soc. Edinburgh, A77, 293-308.
11. Gohberg, I. C., Krein, M. G. (1969*). Introduction to The Theory of Linear Non-Selfadjoint Operators, Translation of Mathematical Monographs*, vol. 18, Amer. Math. Soc., Providence, Rhode Island.
12. Guliyev, Namig J. (2019). Schrödinger operators with distributional potentials and boundary conditions dependent on the eigenvalue parameter. J. Math. Phys. 60, no. 6, 063501, 23.
13. Hinton, D. B. (1979). An Expansion Theorem for an Eigenvalue Problem with Eigenvalue Parameter in the Boundary Conditions. Quart J. Math. Oxford (2), 33-42.
14. Keldys, M. V. (1951). On the Characteristic Values and Characteristic Functions of Certain Classes of Non-selfadjoint Equations", Dokl. Akad. Nauk. SSR (in Russian) 77, 11.
15. Ladyzhenskaia, O. A. (1985). *The Boundary Value Problems Of Mathematical Physics*, Springer-Verlag, New York.
16. Levitan, B. M. ve Sargsyan, I. S. (1988). *Sturm-Liouville and Dirac Operators. Mathematics and its Applications* (Soviet Series, translated from the Russian), [English transl. Kluwer Academic Publishers Group, Dodrecht, London, 1991].
17. Li, K., Wang, P. (2022). Properties for fourth order discontinuous differential operators with eigenparameter dependent boundary conditions, *AIMS Mathematics*, 7(6), 11487–11508.
18. Mukhtarov, O. Sh, Olğar, H. ve Aydemir, K. (2015). Resolvent Operator and Spectrum of New Type Boundary Value Problems. Filomat 29, 1671–1680.
19. Mukhtarov, O. Sh., Olğar, H., Muhtarov, F.S., Aydemir, K. (2022). The Weak Eigenfunctions of Boundary-Value Problem with Symmetric Discontinuities, Journal of Applied Analysis 28(2), 275-283.
20. Mukhtarov, O. Sh., Yücel, M., Aydemir, K. 2020. Treatment a new approximation method and its justification for Sturm–Liouville problems. Complexity 5, 2020.
21. Schneider, A. 1974. A Note on Eigenvalue Problems with Eigenvalue Parameter in the Boundary Conditions, Math. Z. 136, 163-167.
22. Titchmars, E. C. (1962). *Eigenfunctions Expansion Associated with Second Order Differential Equations I,* Second Edn. Oxford Univ. press, London.
23. Uğurlu, E., Bairamov, E. (2014). Spectral analysis of eigenparameter dependent boundary value transmission problems, Journal of Mathematical Analysis and Applications, 443(1), 482-494.

24. Walter, J. (1973). Regular Eigenvalue Problems with Eigenvalue Parameter in the Boundary Conditions. Math. Z., 133, 301-312.
25. Zhang, M. Z., Wang, Y. C. (2015). Dependence of eigenvalues of Sturm-Liouville problems with interface conditions, Appl. Math. Comput. 265, 31-39.

# DENKLEMİNDE SOYUT LİNEER OPERATÖR BULUNDURAN İMPULSİVE STURM-LİOUVİLLE PROBLEMİNİN ÖZDEĞERLERİ ÜZERİNE

**Prof. Dr. OKTAY SH. MUKHTAROV**
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, omukhtarov@yahoo.com- 0000-0001-7480-6857

**Doç. Dr. HAYATİ OLĞAR**
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, hayatiolgar@gmail.com- 0000-0003-4732-1605

**Prof. Dr. KADRİYE AYDEMİR**
Amasya Üniversitesi, kadriyeaydemr@gmail.com- 0000-0002-8378-3949

## ÖZET

Diferensiyel operatörlerin spektral analizi son yıllarda, özellikle kuantum mekaniğindeki gelişmelerle birlikte, daha bir önem kazanarak matematik,fizik ve mekaniğin çeşitli alanlarında geniş bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu sebeple, Sturm-Liouville, Klein-Gordon, Dirac ve Schrödinger diferensiyel denklemleri gibi bazı denklemlerin ürettiği diferensiyel operatörlerin spektral analizi günümüze kadar bir çok matematikçinin araştırma konusu olmuş ve olmaya da devam etmektedir. Bu çalışmada,

$$\ell(z) := -z''(s)+(Tz)(s)+q(s)\,z(s)=\lambda\, z(s)\ ,\ s\in[-1,0)\cup(0,1] \qquad (1)$$

diferansiyel-operatör denkleminden, $s=-1$ ve $s=1$ noktalarındaki

$$\ell_1(z) := \cos\alpha\, z(-1)+\sin\alpha\, z'(-1)=0 \qquad (2)$$

$$\ell_2(z) := \cos\beta\, z(1)+\sin\beta\, z'(1)=0 \qquad (3)$$

sınır şartlarından ve $s=0$ noktasında ki

$$\ell_3(z) := \cos\gamma\, z(-0)+\sin\gamma\, z(+0)-a_1\, z'(-0)=0 \qquad (4)$$

$$\ell_4(z) := c\cos\delta\, z(-0)+\sin\delta\, z(+0)-a_2\, z'(+0)=0 \qquad (5)$$

impulsive şartlarından oluşmakta olan impulsive Sturm-Liouville probleminin (İSLP'nin) bazı spektral özellikleri incelenmiştir. Burada; $T$ operatörü, $L_2(-1,0)\oplus L_2(0,1)$ Hilbert uzayında tanımlı ve genel olarak sınırsız soyut lineer operatör, $\alpha,\beta,\gamma,\delta\in[0,\pi)$ ve $a_1,\ a_2\ >\ 0$ dır. Ele alınan çalışmadaki İSLP'nin denkleminde soyut bir doğrusal operatör (genel olarak öz-eşlenik olmayan) mevcut ve bir iç tekil noktadaki tamamlayıcı impulsive koşulları içermesinden dolayı ele alınan problem saf diferansiyel problem değildir. İlk olarak, incelenen $(1)-(5)$ probleminin esas kısmına uygun olan Hilbert uzayı ve bu uzayda ele alınan problem ile aynı özdeğerlere sahip olan lineer operatör tanımlandı. $(1)-(5)$ impulsive Sturm-Liouville probleminin esas kısmının özdeğerleri, özdeğerlere karşılık gelen özfonksiyonları ve bu özdeğer ve özonksiyonların asimptotik davranışları incelendi. Bu tür problemlerin özdeğer ve özfonksiyonlarının asimptotik davranışları daha önce literatürde mevcut çalışmalarda araştırıldığını ve elde edilen sonuçların süreklilik durumunda bile (yani iletim koşulları

olmadan da) yeni olduğunu ifade etmemiz yerinde olur. Daha sonra ilgili homojen olmayan $(1)-(5)$ impulsive Sturm-Liouville probleminin izomorfluğu ispatlandı ve koersitiv eşitsizlik elde edildi. Ayrıca bu çalışmada kendi yöntemimizi önererek, ele alınan $(1)-(5)$ impulsive Sturm-Liouville problemin spektrumunun diskret olduğu gösterildi.

**Anahtar Kelimeler:** Sturm-Liouville problemi, sınır şartları, impulsive şartları, soyut lineer operatör, izomorfluk, koersitiv eşitsizliği.

## 1. GİRİŞ

Matematiksel fizik problemlerinde, örneğin; ısı ve madde iletimi ve uç noktalarında yoğunlaştırılmış kütle bulunduran ince telin titreşim problemleri vs. gibi problemlerin Fourier yöntemiyle incelenmesi durumunda, ayırma sabitinin özdeğer parametresi olarak davrandığı ilgili Sturm Liouville probleminin çözülmesi gerekli olmaktadır. Bu tür problemlerde sınır koşulu zamana göre türev içeriyorsa, Fourier yöntemi olarak da bilinen bağımsız değişkenlere ayırma yönteminin uygulanmasıyla denklemin yanı sıra sınır şartlarında da spektral parametre içeren sınır değer problemi ile karşılaşılmaktadır. Literatürde böyle spektral problemler klasik uzaylarda özdeğer-özfonksiyon problemi olarak yorumlandığı için, probleme uygun özel Hilbert uzayları kurularak incelemeler yapılmıştır [3,6,16,22,26,29]. Aynı yöntemle homojen olmayan materyallerdeki ısı transferi [4,14,17] veya sadece uç noktalarında değil bazı iç noktalarında da yoğunlaştırılmış kütle bulunduran ince telin titreşimi [25,27] problemlerinin incelenmesinde ortaya çıkan Sturm Liouville denklemi değişken katsayılı ve katsayıları sürekli olmayan bir denklem olup bu durumda ele alınan probleme arayüzler veya temas yüzeyleri üzerinden geçiş şartlarının eklenmesiyle araştırılan problemler, sınır şartlarının yanı sıra geçiş şartları da içeren Sturm-Liouville tipindeki problemlere dönüşmektedir. Benzer süreksiz sınır değer problemleri sicim teorisi [9], akışkanlar dinamiği [11], biyoloji [12], matematiksel finans [23] ve kuantum fiziğinde [24] de görülmektedir. Sadece ayrık bir spektruma sahip ve spektral parametreye polinomal olarak bağlı olan diferansiyel operatörlerle ilişkili spektral problemler [2,7,13] çalışmalarında ele alınmıştır. Bu çalışmalarda bu tür problemlerin spektrumu ve temel fonksiyonları incelenmiş ve temel fonksiyonların karşılık gelen Hilbert uzayında tam oldukları gösterilmiştir. Geçiş koşulları ile bağlantılı Sturm-Liouville problemleri son yıllarda yoğun bir biçimde incelenmekte olup bu alanda çok sayıda bilimsel çalışma, makale ve kitap yayımlanmıştır [1,5,8,10,18-21,30]. Bu ve benzeri çalışmalar, ister teorik açıdan isterse de fizik, kimya, mühendislik, biyoloji ve matematiksel finansın vs. gibi farklı somut dallarına uygulanabilirliği açısından çok önem arz etmektedir.

## 2. PROBLEME UYGUN İÇ ÇARPIMLARIN VE UZAYLARIN KURULMASI VE ESAS SONUÇLAR

Çalışmamızda ilk olarak

$$\ell_0(z) := -z''(s) + q(s)\,z(s) - \lambda\, z(s) = 0 \ , \ s \in [-1,0) \cup (0,1] \qquad (6)$$

diferansiyel-operatör denkleminden, $s=-1$ ve $s=1$ noktalarındaki $(2)-(3)$ sınır şartlarından ve $s=0$ noktasında ki $(4)-(5)$ impulsive şartlarından oluşan $(6),(2)-(5)$ sınır-değer geçiş problemini inceledik. Bunun için $(6),(2)-(5)$ problemine uygun özel bir Hilbert uzayı kurulacak ve bu uzayda araştırılan problem ile aynı özdeğerlere sahip olan bir lineer operatör inşa edilecektir.

Adi ve kısmi diferensiyel denklemler için sınır değer problemlerinin ürettiği diferensiyel operatörler genelde literatürden iyi bilinen $L_2(\square)$ ve $W_2^k(\square)$ Hilbert uzaylarında tanımlanıyor. Burada $\square$ ile $R^n-$ in bir alt bölgesi gösterilmiştir. $\square$ de tanımlı olan ve bu bölgede karesi Lebesgue anlamında inregrallanebilir olan kompleks değerli fonksiyonların oluşturduğu lineer uzayda tanımlı iç çarpımı ve karşılık gelen normu sırasıyla

$$\langle z,w\rangle_{L_2(\square)}=\int_{\square} z(s)\overline{w}(s)ds \ ve \ \|z\|_{L_2(\square)}=\sqrt{\langle z,z\rangle_{L_2(\square)}}$$

eşitlikleri ile tanımlayacağız. Bu iç-çarpım altında $L_2(\square)$ nın Hilbert uzayı olduğu bilinmektedir [15].

$W_2^2(\square)$ ile $\square$ bölgesinde Lebesgue anlamında ölçülebilir olan ve $z'(s),z''(s)$ genelleştirilmiş türevleri bulunan ve $\forall k=1,2$ için $z^{(k)}\in L_2(\square)$ olan fonksiyonlarından oluşan Sobolev uzayı gösterilecektir. $W_2^2(\square)$ uzayı üzerinde tanımlı iç-çarpımı ve karşılık gelen normu sırasıyla

$$\langle z,w\rangle_{W_2^2(\square)}=\sum_{k=0}^{2}\langle z^{(k)},w^{(k)}\rangle_{L_2(\square)}, \quad \|z\|_{W_2^2(\square)}=\left(\sum_{k=0}^{2}\|z^{(k)}\|_{L_2(\square)}^2\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (7)$$

eşitlikleri ile tanımlayacağız $\left(W_2^0(\square):=L_2(\square)\right)$. $\square_1=[-1,0),\square_2=(0,1],\square=\square_1\cup\square_2$ olmak üzere araştırılan problemin operatör-teorik incelemesi için $L_2(\square)$ ve $W_2^k(\square)$ uzaylarından ve yukarıdaki gösterimlerden yararlanarak $(6),(2)-(5)$ sınır-değer-geçiş problemine uygun olan $\oplus L_2(\square):=L_2(\square_1)\oplus L_2(\square_2), W_2^2(\square):=W_2^2(\square_1)\oplus W_2^2(\square_2)$ direkt toplam uzaylarını ele alacağız.

**Tanım 1.** [28] $X$ ve $Y$ Banach uzayları verilsin. $J:X\to Y$ operatörü bire-bir ve cebirsel işlemleri koruyor ise o halde $X$ Banach uzayı $Y$ Banach uzayına gömülmüştür denir. $J$ operatörüne ise gömülme operatörü denir. Dolayısıyla $J(X)$ ile $X$ aynı uzaylar kabul edilir ve $X\subset Y$ olarak gösterilir. $J:X\to Y$ gömülme operatörü sürekli ve kompakt ise $X\subset Y$ gömülmesi de sürekli ve kompakt olarak adlandırılır. Eğer $J(X)$ görüntü kümesi $Y$ Banach uzayında her yerde yoğun ise $X\subset Y$ gömülmesi de her yerde yoğundur denir.

**Tanım 2.** [28] $X,X_1,X_2$ Banach uzaylarının ve $X_1\subset X$ ve $X_2\subset X$ sürekli gömülmelerinin mevcut olduğunu kabul edelim. Bu durumda $\{X_1,X_2\}$ ikilisine interpolasyon çifti denir.

$X_1+X_2$ lineer uzayı

$$X_1+X_2=\{x:x\in X,x_1\in X_1 ve\, x_2\in X_2 \text{ var } dır\ öyleki\ x=x_1+x_2\}$$

ile tanımlayalım. $X_1+X_2$ lineer uzayının

$$\|x\|_{X_1+X_2}=\inf\left\{\|x_1\|_{X_1}+\|x_2\|_{X_2}:x_1\in X_1,x_2\in X_2,x=x_1+x_2\right\}$$

normuna göre Banach uzayıdır. $X_1 + X_2$ Banach uzayında $\forall t \in (0,\infty)$ için $K(t,x)$ ile göstereceğimiz fonksiyoneli

$$K(t,x) = \inf\left\{\|x_1\|_{X_1} + t\|x_2\|_{X_2} : x = x_1 + x_2\right\}$$

şeklinde tanımlayalım. Her $0<\theta<1$ ve $0<p<1$ sayıları ve $\{X_1, X_2\}$ interpolasyon çifti için $X_1 + X_2$ Banach uzayında $\|x\|_{(X_1,X_2)_{\theta,p}} = \left(\int_0^\infty t^{-(1+\theta p)} K^p(t,x)dt\right)^{\frac{1}{p}}$ normunu tanımlamak mümkündür. Bu normlu uzayı $(X_1, X_2)_{\theta,p}$ ile gösterelim. Bu uzaya $\{X_1, X_2\}$ interpolasyon çifti için $K-$yöntemle tanımlanmış interpolasyon uzayı denir [28, Teorem1.3.3] den dolayı $C_{\theta,p}$ pozitif sayısı vardır öyle ki

$$\forall x \in X_1 \cap X_2,\ \|x\|_{(X_1,X_2)_{\theta,p}} \le C_{\theta,p}\|x\|_{X_1}^{1-\theta}\|x\|_{X_2}^{\theta} \qquad (8)$$

eşitsizliği sağlanır. Bilinen Young eşitsizliğini son eşitsizliğin sağ tarafına uyguladığımızda, $\forall \varepsilon > 0$ için $C(\varepsilon) > 0$ sayısı mevcuttur öyle ki $\forall x \in X_1 \cap X_2$ için

$$\|x\|_{(X_1,X_2)_{\theta,p}} \le \varepsilon\|x\|_{X_1} + C(\varepsilon)\|x\|_{X_2} \qquad (9)$$

eşitsizliği sağlanır.

Aşağıda $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2$ de tanımlı ve $\Omega_1$ ve $\Omega_2$ de sırası ile $W_2^s(\Omega_1)$ ve $W_2^s(\Omega_2)$ uzaylarına ait olan fonksiyonların uzayını $W_2^s(\Omega_1) \oplus W_2^s(\Omega_2)$ ile göstereceğiz. Sobolev uzaylarının direkt toplamı olan $W_2^s(\Omega_1) \oplus W_2^s(\Omega_2)$ uzayındaki normu ise

$$\|z\|_{W_2^s} := \left(\|z\|^2_{W_2^s(\Omega_1)} + \|z\|^2_{W_2^s(\Omega_2)}\right)^{\frac{1}{2}}$$

eşitliği ile tanımlayacağız.

$\Gamma_0 : \oplus L_2(\Omega) \to \oplus L_2(\Omega)$ lineer operatörünü, tanım kümesi

$$\mathrm{dom}(\Gamma_0) := \left\{\begin{array}{l} z : z(s) \in W_2^2(\Omega),\ \ell_0 z \in \oplus L_2(\Omega),\ sonlu\ tek\ taraflı\ z(\pm 0), \\ z'(\pm 0)\ \lim itleri\ \mathrm{var}\ dır,\ \ell_1 z = \ell_2 z = \ell_3 z = \ell_4 z = 0 \end{array}\right\}$$

olmak üzere $\Gamma_0 z := z'' + q\,z$ kuralı ile tanımlayalım. Bu takdirde $(6),(2)-(5)$ sınır değer impulsive problemi $\Gamma_0 z = \lambda z$ operatör denklemi biçiminde yazılabilir.

Bundan sonra bu çalışmada $D(T) \supset D(\Gamma_0)$ olduğunu varsayacağız. $L_2(\Omega_1) \oplus L_2(\Omega_2)$ Hilbert uzayında tanım bölgesi

$$D(\Gamma) = D(\Gamma_0) \qquad (10)$$

ve

$$\Gamma z := z'' + q\,z + Tz \qquad (11)$$

kuralı ile verilen $\Gamma$ operatörünü tanımlayalım. Bu durumda $(1)-(5)$ sınır değer impulsive probleminin özdeğerleri ile $\Gamma$ operatörünün özdeğerleri aynı olacağından $\Gamma$ operatörünün özdeğerleri incelenecektir.

**Lemma 3.** $\Gamma_0 : \oplus L_2(\square) \to \oplus L_2(\square)$ lineer operatörü yoğun tanımlı bir operatördür. Yani $\Gamma_0$ lineer operatörünün tanım kümesi olan $\mathrm{dom}(\Gamma_0)$, $\oplus L_2(\square)$ Hilbert uzayının her yerde yoğun bir alt kümesidir.

**Teorem 4.** Eğer $a_1 \cos\delta = a_2 \sin\gamma$ ise, bu takdirde $\Gamma_0$ operatörü $\oplus L_2(\square)$ Hilbert uzayında simetrik lineer operatördür.

**Teorem 5.** Eğer $a_1 \cos\delta = a_2 \sin\gamma$ ise, bu takdirde $\Gamma_0$ lineer operatörü $\oplus L_2(\square)$ Hilbert uzayında kendine eşlenik operatördür.

$f, L_2(\square_1) \oplus L_2(\square_2)$ uzayının elemanı olan keyfi fonksiyon ve $f_i \in \square, i = \overline{1-4}$ için

$$\ell z - \lambda z(s) = f(s), \quad \ell_i z = f_i, \quad i = \overline{1-4} \tag{12}$$

homojen olmayan problemi dikkate alacağız.

**Teorem 6.** Eğer $a_1 \cos\delta = a_2 \sin\gamma$ ve $T$ operatörü $W_2^s(\square_1) \oplus W_2^s(\square_2)$ Hilbert uzayından $L_2(\square_1) \oplus L_2(\square_2)$ Hilbert uzayına kompakt dönüşüm ise, o halde $\forall \theta > 0$ için öyle $R_\theta > 0, C_\theta > 0$ sayıları mevcuttur öyle ki $\theta < \arg\lambda < 2\pi - \theta$ $ve$ $|\lambda| > R_\theta$ şartlarını sağlayan $\forall \lambda \in \square$ sayısı için $\xi(\lambda): z \to \left((\Gamma - \lambda I)z, \ell_1 z, \ell_2 z, \ell_3 z, \ell_4 z\right)$ operatörü $W_2^s(\square_1) \oplus W_2^s(\square_2)$ uzayı ile $L_2(\square_1) \oplus L_2(\square_2)$ uzayı arasında izomorfizmdir ve

$$|\lambda| \|z\|_{L_2} + |\lambda|^{\frac{1}{2}} \|z\|_{W_2^1} + \|z\|_{W_2^2} \le C(\theta) \left( \|f\|_{L_2} + |\lambda|^{\frac{1}{4}} \left( |f_1| + |f_2| + |f_3| + |f_4| \right) \right)$$

koersitiv eşitsizliği sağlanır.

**Sonuç 7.** $T: W_2^2(\square_1) \oplus W_2^2(\square_2) \to L_2(\square_1) \oplus L_2(\square_2)$ operatörü kompakt ise, o halde $\forall \theta > 0$ için öyle $R_\theta > 0$ sayıları mevcuttur öyle ki $\theta < \arg\lambda < 2\pi - \theta$ $ve$ $|\lambda| > R_\theta$ şartlarını sağlayan bütün $\lambda$ kompleks sayıları $\Gamma$ operatörünün regüler değeridir ve $R(\lambda, \Gamma): L_2(\square_1) \oplus L_2(\square_2) \to L_2(\square_1) \oplus L_2(\square_2)$ rezolvent operatörü için

$$\|R(\lambda, \Gamma)\|_{L_2} \le C(\theta) |\lambda|^{-1}$$

eşitsizliği sağlanır.

**Sonuç 8.** Teorem 6'nın şartları altında $R(\lambda, \Gamma)$ rezolvent operatörü $L_2(\square_1) \oplus L_2(\square_2)$ Hilbert uzayından $W_2^2(\square_1) \oplus W_2^2(\square_2)$ Hilbert uzayına sınırlıdır.

**Teorem 9.** Teorem 6'nın şartları sağlansın. Bu takdirde $\forall \theta > 0$ için $\theta < \arg\lambda < 2\pi - \theta$ ve $|\lambda| > R_\theta$ şartlarını sağlayan $\forall \lambda \in \square$ için $R(\lambda, \Gamma): L_2(\square_1) \oplus L_2(\square_2) \to L_2(\square_1) \oplus L_2(\square_2)$ rezolvent operatörü kompakttır.

**Sonuç 10.** (10) – (11) eşitlikleri ile tanımlı $\Gamma$ operatörü diskret spektrumludur.

## KAYNAKÇA

1. Akdoğan, Z., Demirci, M. ve Mukhtarov, O.Sh. (2007). Normalized eigenfunction of discontinuous Sturm-Liouville type problem with transmission conditions , Applied Mathematical Sciences, 1(52), 2573-2591.

2. Akhiezer, N.I. ve Glazman, I.M. (1981). *Theory of linear operators in Hilbert space: I and II*, Pitman, London and Scottish Academic Press, Edinburgh: 1981.
3. Atkinson,F.V. (1964). *Discrete and continuous boundary problems*. Academic press, New York London.
4. Belinskiy, B.P., Hiestand, J.W. ve Matthews, J.V. (2015). Piecewise uniform optimal design of a bar with an attached mass, Electronic Journal of Differential Equations, Vol. 2015, No. 206, pp. 1–17.
5. Binding, P.A, Browne, P.J. ve Seddighi, K. (1993). Sturm-Liouville problems with eigenparameter dependent boundary conditions, Proc. Edinburgh Math. Soc., 37(2), 57-72.
6. Fulton, C.T. (1977). Two-point boundary value problems with eigenvalue parameter contained in the boundary conditions, Proc. R. Soc. Edinburgh, A77, 293-308.
7. Gohberg, I.C.ve Krein, M.G. (1969*). Introduction to the theory of linear non-self-adjoint operator*, Transl. Math. Monographs, Vol. 18, Amer. Math. Soc., Providence, Rhode Island.
8. Guliyev, Namig J. (2019). Schrödinger operators with distributional potentials and boundary conditions dependent on the eigenvalue parameter. *J. Math. Phys.* 60, no. 6, 063501, 23.
9. Gwak, S., Kim, J., Rey, S.J. (2016). Massless and massive higher spins from anti-de Sitter space waveguide, Journal of High Energy Physics, volume 2016, Article number: 24.
10. Hıra, F. ve Altınışık, N. (2014). Expansion theorems for discontinuous Sturm-Liouville problems, J. Math. Comput. Sci., 4:2, 335-349.
11. Kaoullas, G. ve Georgiou, G.C. (2015). Start-up and cessation Newtonian Poiseuille and Couette flows with dynamic wall slip, Meccanica, 50:1747–1760.
12. Kawano, A. ve Morassi, A. (2019). Detecting a prey in a spider orb web, SIAM J. Appl. Math. 79, 2506–2529.
13. Keldys, M. V. (1951). On the eigenvalues and eigenfunctions of certain classes of non-self-adjoint equations. *Dokl Akad. Nauk SSSR (in Russian)* 77, 11-14; Russian Math. Survey, 1971, 26: 15-44.
14. Khmelnytskaya, K.V., Serroukh, I. (2013). The heat transfer problem for inhomogeneous material in photoacoustic applications and spectral parameter power series, Math. Meth. Appl. Sci., DOI: 10.1002/mma.2732.
15. Kreyszig, E. (1978). *Introductory Functional Analysis Whit Application*, New-York.
16. Levitan, B. M. ve Sargsyan, I. S. (1988). *Sturm-Liouville and Dirac Operators. Mathematics and its Applications* (Soviet Series, translated from the Russian), [English transl. Kluwer Academic Publishers Group, Dodrecht, London, 1991].
17. Likov, A. V. ve Mikhailov, Y. A. (1963). *The theory of heat and mass transfer (Russian),* Qosenerqoizdat
18. Mukhtarov, O. Sh., Yücel, M., Aydemir, K. (2020). Treatment a new approximation method and its justification for Sturm–Liouville problems. *Complexity* 5, 2020.

19. Mukhtarov O. Sh., Kadakal M., Muhtarov F. S. (2004). On discontinuous Sturm-Liouville problems with transmission conditions, *J. Math. Kyoto Univ*., 44, 779-798.
20. Mukhtarov, O. Sh, Olğar, H. ve Aydemir, K. (2015). Resolvent Operator and Spectrum of New Type Boundary Value Problems. Filomat 29, 1671–1680
21. Mukhtarov, O. Sh., Yakubov, S. (2002). Problems for differential equations with transmission conditions, Applicable Anal. 81, 1033–1064.
22. Naimark,M.A. (1968). *Linear dierential operators: II.* Ungar, New York (Translated from the second Russian edition).
23. Nie, Y. ve Linetsky, V. 2019. Sticky reflecting Ornstein-Uhlenbeck diffusions and the Vasicek interest rate model with the sticky zero lower bound. Stochastic Models, pages 1–19.
24. Parra Rodriguez, A., Rico, E., Solano, E. ve Egusguiza, I.L. 2018. Quantum Networks in Divergence-free Circuit QED, Quantum Sci. Technol. 3 (2018), no. 2, 024012, 46pp, arXiv:1711108817.
25. Tikhonov, A. N., Samarskii, A. A. (1963). *Equations Of Mathematical Physics*, Oxford and New York, Pergamon.
26. Titchmars, E. C. (1962). Eigenfunctions Expansion Associated with Second Order Differential Equations I, second edn. Oxford Univ. press, London.
27. Titeux, I., Yakubov, Y. (2003). *Application of Abstract Differential Equations to some Mechanical Problems*, Kluwer Academic Publishers, Boston, London.
28. Triebel, H. (1978). *Interpolation Theory, Function Spaces, Differential Operators*, North-Holland, Amsterdam.
29. Walter, J. (1973). Regular eigenvalue problems with eigenvalue parameter in the boundary conditions. Math. Z. 133**,** 301-312.
30. Zettl, A. (2005). *Sturm-Liouville Theory*. *Mathematical Surveys and Monographs*, Volume 121, American Mathematical Society, Providence

# İLETİM KOŞULLARINA SAHİP STURM-LİOUVİLLE TİPİNDEKİ YENİ BİR SINIR DEĞER PROBLEMİNİN BAZI SPEKTRAL ÖZELLİKLERİ

**Doç. Dr. HAYATİ OLĞAR**
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, hayatiolgar@gmail.com- 0000-0003-4732-1605

## ÖZET

Bilindiği gibi matematik fiziğin problemleri genelde kısmi diferansiyel denklemlerin bazı başlangıç ve sınır şartlarını sağlayan çözümlerinin bulunmasına indirgenmektedir. Böyle problemlerin incelenmesi için çok farklı yöntemler geliştirilmiştir. Matematiksel fizik problemlerinin incelenmesinde etkin bir şekilde uygulanan yöntemlerin bir kısmının, örneğin; Fourier yöntemi, genelleştirilmiş Fourier yöntemi, diferensiyel-operatör denklemlere indirgeme yöntemi, Contour integral yöntemi, vs. gibi yöntemlerin esaslandırılması için özdeğer parametresi içeren uygun adi diferensiyel denklemler için sınır-değer problemlerin spektral özelliklerinin incelenmesi gerekmektedir. Bu ise Sturm-Liouville (SL) teorisinin esas konusunu teşkil etmektedir. Genellikle matematiksel fizik problemlerinin dönüştürülebildiği SL problemleri (SLP'leri) ilk olarak 19. yüzyılın ortalarında İsveçli matematikçi J. Sturm (1803-1855) ve Fransız matematikçi J. Liouville (1809-1882) tarafından ısı ve madde iletimi problemleri araştırılırken ortaya çıkmış olup bu tipten problemler günümüzde yoğun bir şekilde incelenmektedir [8,11,16]. Son yıllarda gerek matematik fiziğin, özellikle de kuantum mekaniğinin ortaya koyduğu yeni somut problemlerin araştırılması ihtiyacı, gerekse de diferansiyel operatörler teorisinin iç talepleri gereği bu konuyla ilgili çok sayıda çalışma yapılmış, makale ve kitap yazılmış [2,9,10,12,15,17,18] olmasına rağmen SLP'leri hem diferansiyel denklemler teorisinin hem de uygulamalı matematiğin en önemli ve en güncel konusu olmaya devam etmektedir. Böyle yeni problemler klasik SLP'lerinin farklı yönlerde genelleştirilmesi ihtiyacını doğurmaktadır. Örneğin; farklı fiziksel özelliklere sahip olan maddeler arasındaki ısı ve madde iletimi problemleri sınır şartlarının veya çok noktalı şartların yanı sıra iletim şartları da içeren SLP'lerinin incelenmesini gerektirmektedir. Klasik SLP'lerinde özdeğer parametresi sadece diferansiyel denklemde bulunmaktadır. Ancak uç noktalarında yoğunlaştırılmış kütle bulunduran ince telin titreşim problemi, Fourier yönteminin uygulanması sonucunda hem denkleminde hem de sınır şartlarında özdeğer parametresi içeren SLP'ine dönüşmektedir [5,6,19,20]. Sadece uç noktalarında değil bazı iç noktalarında da yoğunlaştırılmış kütle bulunduran ince telin titreşimi probleminin incelenmesinde ise sınır şartlarının yanı sıra iletim şartları da içeren SL tipindeki problemler ortaya çıkmaktadır [1,3,4,7,13,14]. Bu yönde son yıllarda çok önemli çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır. Bu çalışmada; soyut lineer operatör bulunduran SL tipinde denklem, sınır şartları ve süreksizlik noktasında iletim şartlarının ürettiği sınır-değer-iletim problemi araştırılmıştır. Araştırılan problemin simetrikliği, özdeğerlerinin reelliği ve özfonksiyonlarının ortogonalliği için gerekli olan probleme özgü Hilbert uzayı kurulmuş, ele alınan diferansiyel denklemin bazı özel çözümleri tanımlanarak, başlangıçta denklemdeki soyut lineer operatör göz önünde bulundurulmadan özdeğer ve özfonksiyonlar incelenmiştir. Son olarak denkleminde farklı

özelliklere sahip soyut lineer operatör bulunduran sınır değer iletim probleminin bazı temel özellikleri elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sınır değer geçiş problemi, özdeğer, özfonksiyon, asimptotik formüller.

## 1. SINIR DEĞER İLETİM PROBLEMİNİN İFADESİ VE ESAS KISMIN OPERATÖR DENKLEME İNDİRGENMESİ

Bu çalışmada,

$$\Gamma X := -X''(t)+(ZX)(t)+q(t)\,X(t)=\mu\,X(t)\ ,\ t\in[-1,0)\cup(0,1] \tag{1}$$

diferansiyel-operatör denkleminden, $t=-1$ ve $t=1$ noktalarındaki

$$\Gamma_1 X := \frac{d\left(\ln\left(X(-1)\right)\right)}{dx}+\cot\alpha=0 \tag{2}$$

$$\Gamma_2 X := \frac{d\left(\ln\left(X(1)\right)\right)}{dx}+\cot\beta=0 \tag{3}$$

sınır şartlarından ve $t=0$ süreksizlik noktasında ki

$$\Gamma_3 X := \frac{d\left(\ln\left(X(-0)\right)\right)}{dx}-\frac{\left[\cos\gamma\,X(-0)+\sin\gamma\,X(+0)\right]}{k_1 X(-0)}=0 \tag{4}$$

$$\Gamma_4 X := \frac{d\left(\ln\left(X(+0)\right)\right)}{dx}-\frac{\left[c\cos\delta\,X(-0)+\sin\delta\,X(+0)\right]}{k_2 X(+0)}=0 \tag{5}$$

iletim şartlarından oluşan Sturm-Liouville tipindeki sınır değer iletim problemi incelenmiştir. Burada $Z$ operatörü, $L_2(-1,0)\oplus L_2(0,1)$ Hilbert uzayında tanımlı soyut lineer operatör, $\alpha,\beta,\gamma,\delta\in[0,\pi)$ ve $k_1,k_2>0$ dır. Bu çalışmada; soyut lineer operatör bulunduran SL tipinde denklem, sınır şartları ve süreksizlik noktasında iletim şartlarının ürettiği sınır-değer-iletim problemi araştırılmıştır. Araştırılan problemin simetrikliği, özdeğerlerinin reelliği ve özfonksiyonlarının ortogonalliği için gerekli olan probleme özgü Hilbert uzayı kurulmuş, ele alınan diferansiyel denklemin bazı özel çözümleri tanımlanarak, başlangıçta denklemdeki soyut lineer operatör göz önünde bulundurulmadan özdeğer ve özfonksiyonlar incelenmiştir. Son olarak denkleminde farklı özelliklere sahip soyut lineer operatör bulunduran sınır değer iletim probleminin bazı temel özellikleri elde edilmiştir.

$$\Gamma_0(X) := -X''(t)+q(t)\,X(t)-\mu\,X(t)=0\ ,\ t\in[-1,0)\cup(0,1] \tag{6}$$

denkleminden ve $(2)-(5)$ sınır ve iletim şartlarından oluşan $(6),(2)-(5)$ problemini dikkate alalım. $(6),(2)-(5)$ sınır değer iletim probleminin spektral analizi için; öncelikle, $L_2(-1,0)\oplus L_2(0,1)$ Hilbert uzayında araştırılacak probleme uygun yeni bir iç çarpım tanımlanacak ve bu uzayda $\Upsilon$ lineer operatörü öyle bir şekilde tanımlanacak ki, ele alınan $(6),(2)-(5)$ problemi özdeğer problemi olarak yorumlanabilsin. Bu çalışma boyunca $\cot\alpha\neq 0,\cot\beta\neq 0,\cos\delta>0$ ve $\sin\gamma>0$ olduğu varsayılacaktır. $(-1,0)\cup(0,1)$ de tanımlı ve

(-1,0) ve (0,1) de sırası ile $L_2(-1;0)$ ve $L_2(0;1)$ uzaylarına ait olan fonksiyonların uzayını $\Xi := L_2(-1;0) \oplus L_2(0;1)$ ile gösterelim. Lebesgue uzaylarının direkt toplamı olan $\Xi$ uzayında yeni bir iç çarpımı

$$\langle X, Y \rangle_{\Xi} = k_1 \cos\delta \int_{-1}^{0} X(t)\overline{Y(t)}\,dt + k_2 \sin\gamma \int_{0}^{1} X(t)\overline{Y(t)}\,dt \qquad (7)$$

eşitliği ile tanımlayalım. (6) iç çarpımının, $\langle X, Y \rangle_{L_2[a,b]} = \int_a^b X(t)\overline{Y(t)}\,dt$ standart iç çarpımına denk olduğu aşikardır. Bu yüzden $\left(\Xi, \langle .,. \rangle_{\Xi}\right)$ uzayı aynı zamanda bir Hilbert uzayıdır.

$\Xi$ Hilbert uzayında

$$\Upsilon X := -X'' + qX \qquad (8)$$

kuralı ile verilen

$$\Upsilon : \Xi \to \Xi \qquad (9)$$

lineer operatörü; tanım bölgesi $D(\Upsilon)$, $W_2^2(-1,0) \oplus W_2^2(0,1)$ uzayının elemanlarından oluşan ve aşağıdaki şartları sağlayan X(t) fonksiyonlardan oluşacak şekilde tanımlansın.

i. $X, X'$ fonksiyonlarının sonlu tek taraflı $X(\pm 0) = \lim_{t\to\pm 0} X(t), X'(\pm 0) = \lim_{t\to\pm 0} X'(t)$ limitleri mevcuttur,

ii. $\Gamma X \in \Xi, \Gamma_1 X = \Gamma_2 X = \Gamma_3 X = \Gamma_4 X = 0$.

Dolayısıyla, $(6),(2)-(5)$ sınır değer iletim problemi, $\Xi$ Hilbert uzayında

$$\Upsilon X = \mu X \ , \ X \in D(\Upsilon)$$

operatör denklemi biçiminde yazılabilir. Bu ise $\Upsilon$ lineer operatörünün özdeğerleri ve uygun özfonksiyonları ile $(6),(2)-(5)$ probleminin özdeğerleri ve uygun özfonksiyonlarının çakıştığını gösterir.

## 3. $(6),(2)-(5)$ PROBLEMİNİN BAZI SPEKTRAL ÖZELLİKLERİ

**Teorem 1.** Eğer $k_1 \cos\delta = k_2 \sin\gamma$ ise, $\Xi$ Hilbert uzayında $(8)-(9)$ eşitlikleri ve $(i., ii.)$ koşulları ile tanımlı $\Upsilon$ operatörü simetriktir.

**Sonuç 2.** $k_1 \cos\delta = k_2 \sin\gamma$ olsun. Bu takdirde $(6),(2)-(5)$ sınır değer iletim probleminin bütün özdeğerleri reeldir.

**Sonuç 3.** $(6),(2)-(5)$ sınır değer iletim probleminin farklı iki $\lambda_m$ ve $\lambda_n$ özdeğerine karşılık gelen özfonksiyonlar sırası ile $X_m$ ve $X_n$ olsun.Bu takdirde $X_m$ ve $X_n$ özfonksiyonları $\Xi$ Hilbert uzayında ortogonaldir. Yani;

$$k_1 \cos\delta \int_{-1}^{0} X_m(t)\overline{Y_n(t)}\,dt + k_2 \sin\gamma \int_{0}^{1} X_m(t)\overline{Y_n(t)}\,dt = 0 \qquad (10)$$

eşitliği sağlanır.

$R(\mu,\Upsilon):=(\mu I-\Upsilon)^{-1}$ rezolvent operatörünü elde etmek amacıyla $f\in\Xi$ *için*

$$(\mu I-\Upsilon)X=f \qquad (11)$$

operatör denklemi çözülecektir. (11) operatör denklemi,

$$X''(t)+(\mu-q(t))X(t)=f(t)\ ,\ t\in[-1,0)\cup(0,1] \qquad (12)$$

diferensiyel denklemi ile $(2)-(5)$ sınır ve iletim şartlarından oluşan homojen olmayan $(12),(2)-(5)$ problemine denktir.

$U(t,\mu)$ ve $V(t,\mu)$, (6) denkleminin $(-1,0)$ ve $(0,1)$ aralıklarının her birinde lineer bağımsız çözümleri olsun. Bu çözümlerin $(-1,0)$ ve $(0,1)$ aralıklarındaki wronskiyenlerini sırası ile $w_1(\mu)$ ve $w_2(\mu)$ ile gösterelim.

**Teorem 4.** Öyle $c\neq 0$ var ki $\forall\mu$ için $w_1(\mu)=c\,w_2(\mu)$ eşitliği sağlanır.

$w(\mu)=w_1(\mu)=c\,w_2(\mu)$ ile gösterelim.

**Teorem 5.** Herhangi bir $\mu$ kompleks sayısı için $w(\mu)\neq 0$ olsun. Bu takdirde homojen olmayan $(12),(2)-(5)$ sınır değer iletim probleminin

$$X(t,\mu)=k_1\cos\delta\left\langle G(t,.;\mu),\overline{f(.)}\right\rangle_{L_2(-1,0)}+k_2\sin\gamma\left\langle G(t,.;\mu),\overline{f(.)}\right\rangle_{L_2(0,1)}$$

ile verilen bir tek $X=X(t,\mu)$ çözümü mevcuttur. Burada $G(t,z;\mu)$ fonksiyonu

$$G(t,z;\mu)=\begin{cases}\dfrac{V(z,\mu)U(t,\mu)}{w(\mu)} & ,\quad -1\le z\le t\le 1,\ t,z\neq 0\ için\\[2ex] \dfrac{U(z,\mu)V(t,\mu)}{w(\mu)} & ,\quad -1\le t\le z\le 1,\ t,z\neq 0\ için\end{cases}$$

eşitliği ile verilen Green fonksiyonudur.

**Teorem 6.** $\Xi$ Hilbert uzayında $(8)-(9)$ eşitlikleri eşitlikleri ve $(i.,ii.)$ koşulları ile tanımlı $\Upsilon$ operatörünün bütün özdeğerleri basittir.

**Teorem 7.** $(6),(2)-(5)$ sınır değer iletim probleminin özdeğerleri, $w(\mu)$ sınır fonksiyonunun sıfır yerlerinden ibarettir.

## 4. (1)−(5) PROBLEMİNİN ÖZDEĞERLERİNİN ASİMPTOTİK DAVRANIŞI

Çalışmanın bu kesiminden itibaren $D(Z)\supset D(\Upsilon)$ olduğu varsayılacaktır. $\Xi$ Hilbert uzayında tanım bölgesi

$$D(\Psi)=D(\Upsilon) \qquad (13)$$

ve

$$\Psi X:=X''+qX+ZX \qquad (14)$$

kuralı ile verilen $\Psi$ operatörünü tanımlayalım.Böylece $(1)-(5)$ sınır değer iletim problemi (14) ile verilen operatör denklemine indirgenmiş olur. Bu ise $(1)-(5)$ sınır değer iletim probleminin özdeğerleri ile $\Psi$ operatörünün özdeğerlerinin çakışık olduğunu gösterir. $(1)-(5)$ probleminin özdeğerlerinin asmptotik formüllerini elde etmek için $\Psi$ operatörünün özdeğerlerinin asimptotik formüllerine bakmak yeterli olacaktır. Ama bunun için öncelikle gerekli bazı tanımların verilmesi gerekmektedir.

**Tanım 8. [9]** Eğer $D(B)\supset D(A)$ ise ve öyle $b>0$ sayısı varsa ki herhangi $p\in[0,1]$ için

$$\|Bu\|\le b\|Au\|^{p}\|u\|^{1-p},\ u\in D(A)$$

eşitsizliği sağlansın, o halde $B$ operatörü $A$ operatörüne $p-$ tabidir denir. $p=1$ olduğunda $B,A-$ ya tabidir denir.

**Teorem 9. [9]** Eğer $S$ kendine eşlenik operatör ve bu operatörün spektrumu diskret ise, o halde $0\le p<1$ olduğunda $S$ operatörüne $p-$ tabi olan her $B$ operatörü için $S+B$ operatörünün spektrumu da diskrettir.

**Tanım 10. [9]** Eğer $A:H\to H$ lineer operatörünün hiç olmazsa bir tane $\lambda$ regular değeri mevcutsa ve $D(B)\supset D(A)$ olacak şekilde $B:H\to H$ lineer operatörü için $BR(\lambda,A)$ operatörü kompakt ise o halde $B$ operatörüne $A$ operatörüne göre kompakt operatör denir.

**Teorem 11. [9]** Eğer $S$ diskret spektrumlu kendine eşlenik operatör ise o halde $S$ ye göre kompakt olan her lineer $B$ operatörü için $S+B$ toplam operatörü de diskret spektrumludur.

**Teorem 12. [12]** $S$ kendine eşlenik diskret spektrumlu lineer operatör ve $S$ ye göre kompakt olan $B$ lineer operatörü olsun.Eğer $S$ operatörünün sonsuz sayıda pozitif özdeğeri mevcut ise ve $\lim\limits_{\substack{r\to\infty\\ \varepsilon\to 0}}\dfrac{N_{+}(r(1+\varepsilon),S)}{N_{+}(r,S)}=1$ ise o halde $0<\alpha<\dfrac{\pi}{2}$ olacak şekilde her $\alpha$ sayısı için $\lim\limits_{r\to\infty}\dfrac{N_{+}(r,\alpha,S+B)}{N_{+}(r,S)}=1$ dir.

**Teorem 13.** $k_1\cos\delta=k_2\sin\gamma$ ve $Z$ diferansiyel operatörü $W_2^2(-1,0)\oplus W_2^2(0,1)$ Hilbert uzayından $L_2(-1,0)\oplus L_2(0,1)$ Hilbert uzayına sınırlı olsun. Bu takdirde $(1)-(5)$ sınır değer iletim probleminin $|\lambda_1|\le|\lambda_2|\le|\lambda_3|\le\ldots$ olacak şekilde sıralanmış $\{\lambda_n\}_{n=1}^{\infty}$ özdeğerleri için

$$\lambda_n=\frac{-\pi^2n^2}{4}+O(n)$$

asimptotik formülü geçerlidir.

**Teorem 14.** $k_1\cos\delta=k_2\sin\gamma$ ve $Z$ diferansiyel operatörü $W_2^2(-1,0)\oplus W_2^2(0,1)$ Hilbert uzayından $L_2(-1,0)\oplus L_2(0,1)$ Hilbert uzayına kompakt operatör olsun. Bu takdirde $(1)-(5)$ sınır değer iletim probleminin $|\lambda_1|\le|\lambda_2|\le|\lambda_3|\le\ldots$ olacak şekilde sıralanmış $\{\lambda_n\}_{n=1}^{\infty}$ özdeğerleri için

$$\lambda_n=\frac{-\pi^2n^2}{4}+o(n)$$

asimptotik formülü geçerlidir.

## KAYNAKÇA

31. Allahverdiev, B.P., Tuna, H. (2020). Eigenfunction expansion for singular Sturm–Liouville problems with transmission conditions. *Electron. J. Differ. Equ.* 3, 4286–4302.
32. Atkinson, F.V. (1964). *Discrete and continuous boundary problems*. Academic press, New York London.

33. Aydemir, K., Mukhtarov O. Sh. (2017). Class of Sturm-Liouville problems with eigenparameter dependent transmission conditions. *Numer. Funct. Anal. 3nd Optim.* 38(10), 1260–1275.
34. Bairamov, E., Aygar, Y. ve Oznur, G. B. (2019). Scattering properties of eigenparameter dependent impulsive Sturm–Liouville Equations. *Bulletin of the Malaysian Mathematical Sciences Society*, 4 2769-2781.
35. Binding, P.A, Browne, P.J. ve Seddighi, K. (1993). Sturm-Liouville problems with eigenparameter dependent boundary conditions, Proc. Edinburgh Math. Soc., 37(2), 57-72.
36. Belinskiy, B.P. ve Dauer, J.P. (1997). On a regular Sturm- Liouville problem on a finite interval with the eigenvalue parameter appearing linearly in the boundary conditions. Spectral theory and computational methods of Sturm-Liouville problem, Eds. D. Hinton and P. W. Schaefer, 1997.
37. Faydaoglu, S., Guseinov, G. Sh. (2010). An expansion result for a Sturm-Liouville eigenvalue problem with impulse. *Turkish Journal of Mathematics*, 34 (3), 355-366.
38. Fulton, C.T. (1977). Two-point boundary value problems with eigenvalue parameter contained in the boundary conditions, Proc. R. Soc. Edinburgh, A77, 293-308.
39. Gohberg, I.C.ve Krein, M.G. (1969*). Introduction to the theory of linear non-self-adjoint operator*, Transl. Math. Monographs, Vol. 18, Amer. Math. Soc., Providence, Rhode Island.
40. Levitan, B. M. ve Sargsyan, I. S. (1988). *Sturm-Liouville and Dirac Operators. Mathematics and its Applications* (Soviet Series, translated from the Russian), [English transl. Kluwer Academic Publishers Group, Dodrecht, London, 1991].
41. Likov, A. V. ve Mikhailov, Y. A. (1963). *The theory of heat and mass transfer (Russian),* Qosenerqoizdat.
42. Mukhtarov, O. Sh, Aydemir, K. Yakubov, S.Y. (2022). Asymptotics of the eigenvalues and Abel basis property of the root functions of new type Sturm-Liouville problems, Advances in Theoretical and Mathematical Physics, 26(10), 3463-3485.
43. Mukhtarov, O. Sh, Olğar, H. ve Aydemir, K. (2015). Resolvent Operator and Spectrum of New Type Boundary Value Problems. Filomat 29, 1671–1680
44. Mukhtarov, O. Sh., Yakubov, S. (2002). Problems for differential equations with transmission conditions, Applicable Anal. 81, 1033–1064.
45. Naimark,M.A. (1968). *Linear dierential operators: II.* Ungar, New York (Translated from the second Russian edition).
46. Tikhonov, A. N., Samarskii, A. A. (1963). *Equations Of Mathematical Physics*, Oxford and New York, Pergamon.
47. Titeux, I., Yakubov, Y. (2003). *Application of Abstract Differential Equations to some Mechanical Problems*, Kluwer Academic Publishers, Boston, London.
48. Triebel, H. (1978). *Interpolation Theory, Function Spaces, Differential Operators*, North-Holland, Amsterdam.
49. Walter, J. (1973). Regular eigenvalue problems with eigenvalue parameter in the boundary conditions. Math. Z. 133**,** 301-312.

50. Zettl, A. (2005). *Sturm-Liouville Theory. Mathematical Surveys and Monographs*, Volume 121, American Mathematical Society, Providence.

# EVEN CODES AND GRAY IMAGES ON $\mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2$ WHEN $a^2 = 1$ AND $a^2 = a$

**MSc. Nilsu KANDEMİR**

Trakya University, Institute of Natural and Applied Sciences,

nilsukandemir99@gmail.com, ORCID: 0009-0006-1234-4187

**Asist. Prof. Dr. Mustafa ÖZKAN**

Trakya University, Department of Mathematics and Science Education,

mustafaozkan@trakya.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7398-8564

## Abstract

In the set $\mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2$, rings are defined with addition and multiplication operations under the conditions $a^2 = 1$ and $a^2 = a$. In these two rings with four elements and binary variables, generator types are presented with the lexicographic ordering relation rule. Types are determined for the codes obtained with these generators. They are classified by giving the definition of binary codes. The existence of binary codes is shown. An isometry transformation is defined from the module covering binary codes. This isometry transformation is called Gray transformation. It is investigated whether the Gray transformation of all these binary codes and the Gray transformation of special codes are binary codes. A diagram is established between them.

**Keywords:** Even Codes, Codes Over Rings, Gray Map.

# $a^2 = 1$ VE $a^2 = a$ DURUMUNDA $\mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2$ ÜZERİNDE ÇİFT KODLAR VE GRAY GÖRÜNTÜLERİ

**Yük. Lis. Öğr. Nilsu KANDEMİR**

Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

nilsukandemir99@gmail.com, ORCID :0009-0006-1234-4187

**Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖZKAN**

Trakya Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü,

mustafaozkan@trakya.edu.tr, ORCID :0000-0001-7398-8564

**Özet**

$\mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2$ kümesinde, $a^2 = 1$ ve $a^2 = a$ koşulları altında toplama ve çarpma işlemleriyle halkalar tanımlanmıştır. Bu dört elemanlı çift değişkenli iki halka içerisinde lexicographic sıralama bağıntısı kuralı ile üreteç tipleri sunulmuştur. Bu üreteçler ile elde edilen kodlar için tipler belirlenmiştir. Bunlarda çift kod tanımı verilerek sınıflandırılmıştır. Çift kodların varlığı gösterilmiştir. Çift kodları kapsayan modülden bir izometri dönüşümü tanımlanmıştır. Bu izometri dönüşümü Gray dönüşüm olarak adlandırılır. Tüm bu çift kodların Gray dönüşümü ile özel kodların Gray dönüşümü altındaki odların çift kod olup olmadığı araştırılmıştır. Aralarında bir diyagram kurulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Çift Kodlar, Halkalar Üzerindeki kodlar, Gray Dönüşümü.

## 1. ÖN BİLGİLER

Lineer kodlar, kodlama teorisinde hata düzeltme ve veri iletiminde kullanılan bir kod türüdür. Bu kodlar iletiyi hatalara karşı daha dayanıklı hale getirir. Bu çalışmada lineer kodlar ile ilgili tanımlar verilmiş ve yazılan tüm kod tipleri lineer kod olduğu belirlenmiştir.

**Tanım:** $V(n,q) = \mathbb{F}_q{}^n$ vektör uzayı , $n$ uzunluğunda ve $q$ eleman sayısı olan sonlu bir cisimde tanımlansın ve $V(n,q)$'nun alt vektör uzayı lineer kod olsun. $k, C$ kodunun büyüklüğü ise $C$ kodu bir $[n,k]-$kod olur. Eğer $d, C$ kodunun minimum uzaklığı ise bu kod bir $[n,k,d]-$koddur.

**Örnek:** $C = \{000, 100, 110, 010, 011, 001, 101, 111\}$ kümesi $\mathbb{F}_2{}^3$ cisminin bir alt uzayı olduğundan $\mathbb{F}_2$ üzerinde 3 uzunluğunda bir lineer koddur.

**Tanım:** $C$ kodunun üreteç matrisi, $[n,k]$ parametrelerine sahip bir lineer kod olan satırları $C$ kodunun baz vektörlerinden meydana gelen $kxn$ boyutundaki $G$ matrisidir. Eğer $G, C$ kodunun üreteç matrisi ise bu durumda $C$'ye ait kod sözcükleri, $G$ matrisindeki satırlarının lineer toplamlarından oluşur. O halde, $C = \{xG | x \in V(k,q)\}$ biçiminde ifade edilir. Elementer satır işlemleri uygulandığında, satırların lineer birleşimlerinden meydana gelen vektör uzayı aynı kalır.

**Teorem:** Üreteç matrisi G olan $I_k$ , $k \times k$ mertebeli birim matris ve A, $k \times (n-k)$ mertebeli bir matris ise $(I_k|A)$ biçiminde ifade edilir. Bu şekli $G$'nin standart formudur.

## 2. R HALKASINDA ÇİFT KODLAR

R halkası tanıtılmıştır. Lee ağırlık fonksiyonu ve Gray dönüşüm verilmiştir. Matris formunu oluşturma metodu anlatıldı ve çift ile tek kodların tipi belirlenmiştir.

$\mathbb{F}_2[a]/\langle a^2 - k\rangle$ halkasında $k = 1$ olması durumunda $a^2 = 1$ durumu için $R$ halkası üzerinde çalışılmıştır. $\mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2$ halkasının belirtilen toplama ve çarpma işlemleri ile bir halka yapısı oluşturulduğu ifade edilmiştir.

$k = 1$ iken $a^2 = 1$'dir. Yani;

$$\mathbb{F}_2[a]/\langle a^2 - k\rangle = \mathbb{F}_2[a]/\langle a^2 - 1\rangle = \{a_0 + a_1 a + \langle a^2 - 1\rangle | a_0, a_1 \in \mathbb{F}_2\}$$

Şeklinde bulunur.

$\mathbb{F}_2[a]/\langle a^2 - 1\rangle$ halkanın elemanları $\{0, 1, a, 1+a\}$ kümesi oluşurur. Bu küme $\mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2 = \{0, 1, a, 1+a\}$ halkasına izomorftur. $\mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2$ halkası $+$ ve $\cdot$ işlemleri altında bir halka oluşturur.

**Tanım:** $R = \mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2$ halkası üzerinde;

$\forall r \in R$ için $w_{L_R}(x) = \begin{cases} 0\ , & x = 0 \\ 1\ , & x = 1, a \\ 2\ , & x = 1 + a \end{cases}$

Şeklinde belirtilen fonksiyona $R$ halkası üzerinde Lee ağırlık fonksiyonudur.

**Tanım:** $a^2 = 1$ durumunda $R = \mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2$ olmak üzere;

$\Phi_1 : R^n \to {\mathbb{F}_2}^{2n}$

$$(r_1, r_2, \dots, r_n) \to \Phi_1(r_1, r_2, \dots, r_n) = \Phi_1(a_1 + ab_1, a_2 + ab_2, \dots, , a_n + ab_n) \\ = (a_1, a_2, \dots, a_n, b_1, b_2, \dots, b_n)$$

olarak verilir. Burada $1 \le i \le n$ ve $a_i, b_i \in \mathbb{F}_2$ için $r_i = a_i + ab_i \in R$'dir. Bu tanıma göre $R$ halkası üzerinde bir Gray dönüşümdür.

**Tanım:** $a^2 = 1$ durumunda $R = \mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2$ halkasında;

$\alpha_1, \alpha_2 \in Z_+ \cup \{0\}$ için ilk satır elemanları $\{1\}$ kümesinden, diğer satır elemanları

$\alpha_2 = 0$ durumunda $\{0,1, a, 1 + a\}$ kümesinden, $\alpha_1 = 0$ iken $\{0,1 + a\}$ kümesinden seçilen ve sütun elemanları lexicographically sıralama yöntemi ile sıralanmıştır. Bu işlemler sonucunda satır sayısı $\alpha_1 + \alpha_2 + 1$ olan özel bir ${N_R}^{\alpha_1, \alpha_2}$ matrisi oluşturulur. Bu matris halkanın özel yapısını yansıtan $R$ üreteç matrisi denir.

**Tanım:** $a^2 = 1$ durumunda $R = \mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2$ halkasında; $\forall \alpha_1, \alpha_2 \ge 0$ tamsayıları için ${C_R}^{\alpha_1, \alpha_2} = \{(c_1, c_2).{N_R}^{\alpha_1, \alpha_2} \mid c_1 \in R^{\alpha_1 + 1}, c_2 \in {\mathbb{F}_2}^{\alpha_2}\}$ şeklinde tanımlanan koda ${N_R}^{\alpha_1, \alpha_2}$ üreteç matrisi ile elde edilmiş ve uzunluğu $n = 2^{2\alpha_1 + \alpha_2}$ olan $(n, 4n, n)$ parametreli koddur. **Teorem:** $\Phi_1$, $R^n$ üzerinde Gray dönüşümü olsun. ${C_R}^{\alpha_1, \alpha_2}$, ${N_R}^{\alpha_1, \alpha_2}$ üreteç matrisli yazılan kod olmak üzere $\Phi_1({C_R}^{\alpha_1, \alpha_2})$ kodu, $\mathbb{F}_2$ üzerinde $(2n, 4n, n)$ parametreli bir kodudur.

**Tanım:** $\alpha_1, \alpha_2 \ge 0$ ve $n = 2^{2\alpha_1 + \alpha_2}$ olmak üzere ${C_R}^{\alpha_1, \alpha_2} \subseteq R^n$ bir kod olsun.

$R$ halkası üzerinde,

$$even({C_R}^{\alpha_1, \alpha_2}) = \left\{(c_0, c_2, \dots, c_{n-2}) \in R^{\frac{n}{2}} \mid (c_0, c_1, \dots, c_{n-1}) \in {C_R}^{\alpha_1, \alpha_2}\right\}$$

Biçimindeki koda ${C_R}^{\alpha_1, \alpha_2}$ nin çift kodudur.

**Önerme:** ${C_R}^{\alpha_1, \alpha_2} \subseteq R^n$ bir kod olsun. $\Phi$, $R^n$ üzerinde Gray dönüşümü olsun. Bu durumda $even\left(\Phi({C_R}^{\alpha_1, \alpha_2})\right) = \Phi\left(even({C_R}^{\alpha_1, \alpha_2})\right)$ sağlanır.

Bu önerme tek kodlar için de sağlanır.

**Örnek:** ${}_1{C_R}^{0,1}$ kodu ${C_R}^{0,2}$ koduna eşittir ve kod aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$${C_R}^{0,2} = \left\{\begin{matrix} 0000, 01 + a01 + a, 001 + a1 + a, 01 + a1 + a0, 1aa1, \\ 11aa, 1a1a, 1111, aaaa, a1a1, aa11, a11a, 1 + a001 + a, \\ 1 + a1 + a00, 1 + a01 + a0, 1 + a1 + a1 + a1 + a \end{matrix}\right\} \subseteq R^4$$

$(4,16,4)$ parametreli koddur. Bu kodun çift kodu;

$even(C_R{}^{0,2}) = \{00,01+a,1a,11,aa,a1,1+a0,1+a1+a\}$ olur ve $(2,8,2)$ parametreli koddur. Bu kodun Gray görüntüsü,

$\Phi\left(even(C_R{}^{0,2})\right) = \{0000,0101,1001,1100,0011,0110,1010,1111\}$ olarak bulunur ve $(4,8,2)$ parametreli koddur.

Bu kodun tek kodu $odd(C_R{}^{0,2}) = \{00,1+a1+a,01+a,1+a0,1a,a1,aa,11\}$ olur ve $(2,8,2)$ parametreli koddur. Bu kodun Gray görüntüsü,

$\Phi\left(odd(C_R{}^{0,2})\right) = \{0000,1111,0110,0101,1001,1100,0011,1010\}$ olarak bulunur ve $(4,8,2)$ parametreli koddur.

$C_R{}^{0,2}$ kodu için çift kod ve tek kod eşittir.

Ayrıca $C_R{}^{0,2}$ kodunun Gray görüntüsü,

$$\Phi(C_R{}^{0,2}) = \begin{Bmatrix} 00000000,01010101,00110011,01100110, \\ 10010110,11000011,10100101,11110000, \\ 00001111,01011010,00111100,01101001, \\ 10011001,11001100,10101010,11111111 \end{Bmatrix} \subseteq \mathbb{F}_2{}^8$$

$(8,16,4)$ parametreli koddur.

Bu kodun çift kodu,

$even\left(\Phi(C_R{}^{0,2})\right) = \{0000,0101,0011,0110,1111,1010,1100,1001\}$ olur ve $(4,8,2)$ parametreli koddur.

O halde; $even\left(\Phi(C_R{}^{0,2})\right) = \Phi\left(even(C_R{}^{0,2})\right)$ eşitliği elde edilir.

## 3. S HALKASINDA ÇİFT KODLAR

S halkası tanıtılmıştır. Lee ağırlık fonksiyonu ve Gray dönüşüm verilmiştir. Matris formunu oluşturma metodu anlatıldı ve çift ile tek kodların tipi belirlenmiştir.

$k = a$ olması durumunda $\mathbb{F}_2[a]/\langle a^2 - k\rangle$ halkasında, $a^2 = a$ durumu için $\mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2$ halkasında çalışılmıştır. Ayrıca bu halka üzerinde çift kodların tanımlarına ve örneklerine yer verilmiştir.

$k = a$ iken $a^2 = a$'dir. Yani;

$$\mathbb{F}_2[a]/\langle a^2 - k\rangle = \mathbb{F}_2[a]/\langle a^2 - a\rangle$$

$= \{a_0 + a_1 a + \langle a^2 - a\rangle | a_0, a_1 \in \mathbb{F}_2\}$ olur.

**Tanım:** $S = \mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2$ halkası üzerinde;

Her $x \in S$ için $w_{L_S}(x) = \begin{cases} 0\ , & x = 0 \\ 1\ , & x = a, 1+a \\ 2\ , & x = 1 \end{cases}$

Şeklinde tanımlanan fonksiyon $S$ üzerinde Lee ağırlık fonksiyonudur.

**Tanım:** $a^2 = a$ durumunda $S = \mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2$ olmak üzere;

$\Phi_2 : S^n \to {\mathbb{F}_2}^{2n}$

$$(s_1, s_2, \dots, s_n) \to \Phi_2(s_1, s_2, \dots, s_n) = \Phi_2(c_1 + ad_1, c_2 + ad_2, \dots, , c_n + ad_n)$$
$$= (c_1, c_2, \dots, c_n, c_1 + d_1, c_2 + d_2, \dots, c_n + d_n)$$

Burada $1 \le i \le n$ ve $c_i, d_i \in \mathbb{F}_2$ için $s_i = c_i + ad_i \in S$ dir. Biçiminde tanımlanan $S$ halkası üzerinde Gray dönüşümü denir.

**Tanım:** $a^2 = a$ durumunda $S = \mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2$ halkasında;

$\alpha_1, \alpha_2 \in Z_+ \cup \{0\}$ için ilk satır elemanları $\{1\}$ kümesinden, diğer satır elemanları

$\alpha_2 = 0$ durumunda $\{0,1, a, 1+a\}$ kümesinden ve $\alpha_1 = 0$ olduğunda $\{0,1\}$ kümesinden seçilen ve sütunları da lexicographically sıralama yöntemi ile sıralanmıştır. Bu işlemler sonucunda satır sayısı $\alpha_1 + \alpha_2 + 1$ olan özel bir ${N_S}^{\alpha_1, \alpha_2}$ matrisi oluşturulmuştur. Bu matrise $S$ üreteç matrisi denir.

**Tanım:** $a^2 = a$ durumunda $S = \mathbb{F}_2 + a\mathbb{F}_2$ halkasında;

$\forall\, \alpha_1, \alpha_2 \ge 0$ tamsayıları için ${C_S}^{\alpha_1, \alpha_2} = \{(c_1, c_2).{N_S}^{\alpha_1, \alpha_2} |\ c_1 \in {S}^{\alpha_1 + 1}, c_2 \in {\mathbb{F}_2}^{\alpha_2}\}$ şeklinde elde edilen koda ${N_S}^{\alpha_1, \alpha_2}$ üreteç matrisi ile üretilmiş ve uzunluğu $n = 2^{2\alpha_1 + \alpha_2}$ olan $(n, 4n, n)$ parametreli koddur.

**Tanım:** $\alpha_1, \alpha_2 \ge 0$ ve $n = 2^{2\alpha_1 + \alpha_2}$ olmak üzere ${C_S}^{\alpha_1, \alpha_2} \subseteq S^n$ bir kod olsun.

$S$ halkası üzerinde,

$$even({C_S}^{\alpha_1, \alpha_2}) = \left\{(c_0, c_2, \dots, c_{n-2}) \in S^{\frac{n}{2}} | (c_0, c_1, \dots, c_{n-1}) \in {C_S}^{\alpha_1, \alpha_2}\right\}$$

şeklinde tanımlanan koda ${C_S}^{\alpha_1, \alpha_2}$ nin çift kodu denir. Çift kodların tanımları $F_2$ cisminde benzer biçimde verilir.

**Önerme:** ${C_S}^{\alpha_1, \alpha_2} \subseteq S^n$ bir kod olsun. $\Phi$, $R^n$ üzerinde Gray dönüşümü olsun. Bu durumda $even\left(\Phi({C_S}^{\alpha_1, \alpha_2})\right) = \Phi\left(even({C_S}^{\alpha_1, \alpha_2})\right)$ sağlanır.

Bu önerme tek kodlar için de sağlanır.

**Örnek:** ${C_S}^{0,2}$ kodunu belirlemek için ${N_S}^{0,2}$ üreteç matrisini yazalım.

${N_S}^{0,2} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$'dir. ${C_S}^{0,2} = \left\{(c_1, c_2).{N_S}^{0,2} |\ c_1 \in R,\ c_2 \in {\mathbb{F}_2}^2\right\}$ şeklindedir.

Buradan,

$$C_S{}^{0,2} = \begin{Bmatrix} 0000,0101,0011,0110,1111,1010, \\ 1100,1001,aaaa,a1+aa1+a,aa1+a1+a, \\ a1+a1+aa,1+a1+a1+a1+a, \\ 1+aa1+aa,1+a1+aaa,1+aaa1+a \end{Bmatrix} \subseteq S^4 \text{ olur.}$$

Bu kod için $d_L\left(C_S{}^{0,2}\right) = 4$ ve $\left|C_S{}^{0,2}\right| = 16$'dır. Yani $C_S{}^{0,2}$ kodu bir $(4,16,4)$ –koddur.

Buradan $C_S{}^{0,2}$ kodunun Gray görüntüsü,

$$\Phi_2\left(C_S{}^{0,2}\right) = \begin{Bmatrix} 00000000,01010101,00110011,01100110, \\ 00001111,01011010,00111100,01101001, \\ 11111111,10101010,11001100,10011001, \\ 11110000,10100101,11000011,10010110 \end{Bmatrix} \subseteq \mathbb{F}_2{}^8$$

Kodu olur. $\Phi_2\left(C_S{}^{0,2}\right)$ kodu $(8,16,4)$ parametreli bir koddur.

## KAYNAKÇA

Gao, Y. & Lai, C., *Cyclic codes of odd length over* $Z_4\ [u]/<\ u^k\ >$. Cryptography and Communications, *9*, 599–624, 2017.

Gao, J. & Fu, F. W., *Linear codes and* $(1+uv)$*-constacyclic codes over* $R\ [v]/(v^2+v)$. IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, *98*(4), 1044–1048, 2015.

Kandemir, N. & Özkan, M., Dört elemanlı halkada tek kodlar ve çift kodlar. 3rd International Conference on Scientific and Academic Researches (ICSAR), 1(3), 601–605, 2023.

Krotov, D. S., Z4-linear Hadamard and extended perfect codes. Electronic Notes in Discrete Mathematics, 6, 107–112, 2001.

Krotov, D. S., Z4-linear perfect codes. Diskretnyi Analiz i Issledovanie Operatsii, 7(4), 78–90, 2000.

Kshevetskiy, A. & Gabidulin, E., The new construction of rank codes. In Proceedings International Symposium on Information Theory 2005. ISIT 2005 (pp. 2105–2108), 2005.

Ling, S. & Xing, C., *Coding theory: a first course.* Cambridge University Press, 2004.

MacWilliams, F. J., The theory of error-correcting codes. Elsevier Science Publishers BV google schola, 2, 39-47, 1977.

Özkan, M. & Öke, F., A relation between Hadamard codes and some special codes over $F_2 + uF_2$. App. Mathematics and Inf. Sci, 10(2), 701-704, 2016.

Pless, V., *Introduction to the theory of error-correcting codes*. John Wiley & Sons, 2011.

Roman, S., *Coding and information theory*. New York: Springer Verlag, 1992.

Vermani, L. R., *Elements of algebraic coding theory*. Routledge, 2022.

Zhu, S., Wang, Y. & Shi, M. Some results on cyclic codes over $F_2 + vF_2$. IEEE Transactions on Information Theory, 56(4), 1680–1684, 2010.

# DETERMINATION OF $(32, 64, 16)$ –PARAMETER CODE ON RING $\mathbb{Z}_2 + v\mathbb{Z}_2 + v^2\mathbb{Z}_2$

**Asist. Prof. Dr. Mustafa ÖZKAN**

Trakya University, Department of Mathematics and Science Education,

mustafaozkan@trakya.edu.tr, ORCID :0000-0001-7398-8564

**MSc. Nilsu KANDEMİR**

Trakya University, Institute of Natural and Applied Sciences,

nilsukandemir99@gmail.com, ORCID :0009-0006-1234-4187

## Abstract

In coding theory, local rings whose ideals are arranged in a chain form are called finite chain rings. Here, an eight-element finite chain ring structure with coefficients of variable $v$ in the $\mathbb{Z}_2$ field is presented. Writing the parameters of the codes is an optimization problem. It is desired that the length of the code is small and the number of elements is large. In order to transmit faster and encrypt a lot of messages. In addition to these parameters, we also want the minimum weights of the codes to be a large integer. In this optimization, the best code is the perfect code. In this study, a code example with a good parameter of length 32, 64 elements, and a minimum distance of 16 is presented. The elements of the written code are formed from $(\mathbb{Z}_2 + v\mathbb{Z}_2 + v^2\mathbb{Z}_2)^8$. However, this code is 8 long and this code is transferred to a binary field with a transformation. This code obtained is a code with $(32,64,16)$ –parameters.

**Keywords:** Parameters of Codes, Finite Chain Ring, Perfect Code.

# $\mathbb{Z}_2 + v\mathbb{Z}_2 + v^2\mathbb{Z}_2$ HALKASI ÜZERİNDE $(32, 64, 16)$ –PARAMETRELİ KODUN BELİRLENMESİ

**Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖZKAN**

Trakya Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü,

mustafaozkan@trakya.edu.tr, ORCID :0000-0001-7398-8564

**Yük. Lis. Öğr. Nilsu KANDEMİR**

Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

nilsukandemir99@gmail.com, ORCID :0009-0006-1234-4187

## Özet

Kodlama teorisinde idealleri bir zincir biçiminde sıralanan yerel halkalar sonlu zincir halkaları olarak adlandırılırlar. Burada $v$ değişkenli katsayıları $\mathbb{Z}_2$ cisminde olan sekiz elemanlı bir sonlu zincir halkası yapısı sunulmuştur. Kodların parametrelerinin yazılması bir optimizasyon problemidir. Kodun uzunluğunun az, eleman sayısının çok olması istenir. Daha hızlı iletilmesi ve çok fazla mesajı şifreleyebilmesi için. Bu parametrelere ek olarak kodların minimum ağırlıklarının da büyük bir tamsayı olmasını isteriz. Bu optimizasyonda en iyi kod mükemmel koddur. Bu çalışmada $32$ uzunluğunda, $64$ elemanlı, minimum uzaklığı $16$ olan iyi bir parametreye sahip bir kod örneği sunulmuştur. Yazılan kodun elemanları $(\mathbb{Z}_2 + v\mathbb{Z}_2 + v^2\mathbb{Z}_2)^8$ den oluşturulmuştur. Ancak bu kod 8 uzunluğunda olup bu kod bir dönüşümle binary bir cisme taşınmıştır. Elde edilen bu kod $(32,64,16)$ –parametreye sahip bir koddur.

**Anahtar Kelimeler:** Kodların Parametreleri, Sonlu Zincir Halkası, Mükemmel Kod.

## 1. HALKA YAPISI

Bu kısımda önce Galois cismi tanımlanıştır. Sekiz elemanlı $\mathbb{Z}_2 + v\mathbb{Z}_2 + v^2\mathbb{Z}_2$ halkanın toplama ve çarpma işlemleriyle bir halka yapısı oluşturduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, sekiz elemanlı bu halkanın tüm idealleri tespit edilerek bunlar aralarındaki ilişkiler belirtilmiştir.

$p$ bir asal sayı ve $t \in \boldsymbol{Z}_+$ olmak üzere $q = p^t$ biçiminde yazılsın. Eğer $f, \boldsymbol{Z}_p[x]$ de $t.$ dereceden asal bir polinom ise $\mathbb{Z}_q \cong {\boldsymbol{Z}_p[x]}/{\langle f \rangle}$ formunda ifade edilen ve $q$ elemanlı $\mathbb{Z}_q$ cismine bir Galois cismi denir. $t = 1$ olduğunda $\mathbb{Z}_q \cong \boldsymbol{Z}_p$ olur. Galois cismi $G\mathbb{Z}(q)$ ya da $\mathbb{Z}_q$ şeklinde gösterilir.

${\mathbb{Z}_2[v]}/{\langle f \rangle} = \{a_0 + v.a_1 + v^2.a_2 + \langle v^3 \rangle | \, a_i \in \mathbb{Z}_2, i = 0,1,2\}$ halkası $v^3 = 0$ olması durumunda $\mathbb{Z}_2 + v\mathbb{Z}_2 + v^2\mathbb{Z}_2 = \{0,1, v, v^2, 1+v, 1+v^2, v+v^2, 1+v+v^2\}$ kümesi $+$ ve $\cdot$ işlemleri altında bir halka oluşturur.

$\mathbb{Z}_2 + v\mathbb{Z}_2 + v^2\mathbb{Z}_2$ halkasının idealleri
$\langle 0 \rangle = \{0\}, \langle v^2 \rangle = \{0, v^2\}, \langle v \rangle = \langle v + v^2 \rangle = \{0, v, v^2, v + v^2\}, \langle 1 \rangle = \langle 1 + v \rangle = \langle 1 + v^2 \rangle = \langle 1 + v + v^2 \rangle = \mathbb{Z}_2 + v\mathbb{Z}_2 + v^2\mathbb{Z}_2$
şeklinde belirlenmiştir ve bu idealler arasında
$\langle 0 \rangle \subset \langle v^2 \rangle \subset \langle v \rangle = \langle v + v^2 \rangle \subset \langle 1 \rangle = \langle 1 + v \rangle = \langle 1 + v^2 \rangle = \langle 1 + v + v^2 \rangle = \mathbb{Z}_2 + v\mathbb{Z}_2 + v^2\mathbb{Z}_2$
bağıntısı geçerlidir.

**Tanım:** $R_2 = \mathbb{Z}_2 + v\mathbb{Z}_2 + v^2\mathbb{Z}_2$ halkası üzerinde;

$$\forall\, r \in R_2 \text{ için } w_L(r) = \begin{cases} 0\,, & r = 0 \\ 4\,, & r = v^2 \\ 2\,, & otherwise \end{cases}$$

Şeklinde belirtilen fonksiyona $R_2$ halkası üzerinde Lee ağırlık fonksiyonudur.

## 2. KODLARIN OLUŞUMU

$R_2 = \mathbb{Z}_2 + v\mathbb{Z}_2 + v^2\mathbb{Z}_2$ halkasında özel matris oluşumu tanımlanmıştır ve bu halka üzerinde özel oluşum kod tanımı yapılmıştır. Ayrıca bu kodların Gray görüntüsü ve Gray görüntüsünün parametreleri belirlenmiştir

**Tanım:** $\mathbb{Z}_2 + v\mathbb{Z}_2 + v^2\mathbb{Z}_2$ halkasında; $\alpha_1, \alpha_2 \in \boldsymbol{Z}_+ \cup \{0\}$ için ilk satır elemanları $\{1\}$ kümesinden, diğer satır elemanları ise $\alpha_2 = 0$ durumunda $\{0,1, v, v^2, 1+v, 1+v^2, v+v^2, 1+v+v^2\}$ kümesinden, $\alpha_1 = 0$ olduğunda $\{0, v^2\}$ kümesinden seçilen ve sütun elemanları lexicographically sıralama yöntemi ile sıralanmıştır. Bu işlemler sonucunda satır sayısı $\alpha_1 + \alpha_2 + 1$ olan özel bir $M^{\alpha_1,\alpha_2}$ matrisi oluşturulur. Bu matris halkanın özel yapısını yansıtan bir üreteç matris görevi görür.

**Tanım:** $R_2 = \mathbb{Z}_2 + v\mathbb{Z}_2 + v^2\mathbb{Z}_2$ halkasında;

$\forall\, \alpha_1, \alpha_2 \geq 0$ tamsayıları için $C^{\alpha_1,\alpha_2} = \{(c_1, c_2).M^{\alpha_1,\alpha_2} | c_1 \in {R_2}^{\alpha_1+1}, c_2 \in {\mathbb{Z}_2}^{\alpha_2}\}$ şeklinde yazılan koda $M^{\alpha_1,\alpha_2}$ üreteç matrisi ile elde edilmiş, $n = 2^{3\alpha_1+\alpha_2}$ uzunluğuna sahip $(n, 8n, 2n)$ parametreli koddur.

**Tanım:** $S' = \{00 \dots 0, v^2v^2 \dots v^2\}$ $R_2$ halkasında bir $(n, 2, 4n)$ –kod olsun.

$S'$, $C^{\alpha_1,\alpha_2}$ kodları kullanılarak $R_2$ halkasında belirlenen ${}_1C^{\alpha_1,\alpha_2} = \{(a, a+b) |\, a \in C^{\alpha_1,\alpha_2},\ b \in S'\}$ koduna $(2n, 16n, 4n)$ parametreli özel oluşum kodudur.

$R_2 = \mathbb{Z}_2 + v\mathbb{Z}_2 + v^2\mathbb{Z}_2$ halkasında $M^{\alpha_1,\alpha_2}$ üreteç matris ile elde edilen $C^{\alpha_1,\alpha_2}$ ve ${}_1C^{\alpha_1,\alpha_2}$ kodlarının Gray görüntüsünün parametreleri belirlenmiştir.

**Teorem:** $\phi$, ${R_2}^n$ üzerinde bir Gray dönüşümü ise $C^{\alpha_1,\alpha_2}, M^{\alpha_1,\alpha_2}$ üreteç matris ile elde edilen $\phi(C^{\alpha_1,\alpha_2})$ kodu, $\mathbb{Z}_2$ üzerinde $(4n, 8n, 2n)$ parametreli bir kod olur.

**Tanım:** $R_2$ halkasında,

$\phi: {R_2}^n \longrightarrow {\mathbb{Z}_2}^{4n}$

$$(r_1, r_2, \dots, r_n) \to \Phi(r_1, r_2, \dots, r_n) = \Phi(z_1, z_2, \dots, z_n, x_1+z_1, x_2+z_2, \dots, x_n+z_n, y_1+z_1, y_2+z_2, \dots, y_n+z_n, x_1+y_1+z_1, x_2+y_2+z_2, \dots, x_n+y_n+z_n)$$

olur. Burada $1 \leq i \leq n$ ve $x_i, y_i, z_i \in \mathbb{Z}_2$ için $r_i = x_i + y_iv + z_iv^2 \in R_2$ dir. Bu tanıma $R_2$ halkasında Gray dönüşümüdür.

**Teorem:** $\phi$, ${R_2}^n$ üzerinde bir Gray dönüşümü olsun. ${}_1C^{\alpha_1,\alpha_2}, M^{\alpha_1,\alpha_2}$ üreteç matris ile üretilen kod olmak üzere $\phi({}_1C^{\alpha_1,\alpha_2})$ kodu, $\mathbb{Z}_2$ üzerinde $(8n, 16n, 4n)$ parametreli bir kod olur.

Gray görüntüsü,

$$\phi({}_1C^{\alpha_1,\alpha_2})$$

$\phi: {R_2}^n \longrightarrow {\mathbb{Z}_2}^{4n}$

$$(r_1, r_2, \dots, r_n) \to \Phi(r_1, r_2, \dots, r_n) = \Phi(z_1, z_2, \dots, z_n, x_1+z_1, x_2+z_2, \dots, x_n+z_n, y_1+z_1, y_2+z_2, \dots, y_n+z_n, x_1+y_1+z_1, x_2+y_2+z_2, \dots, x_n+y_n+z_n)$$

Burada $1 \leq i \leq n$ ve $x_i, y_i, z_i \in \mathbb{Z}_2$ için $r_i = x_i + y_iv + z_iv^2 \in R_2$ dir. Bu tanıma $R_2$ halkasında ${}_1C^{\alpha_1,\alpha_2}$ kodunun Gray dönüşümüdür.

## 3. UYGULAMA

$C^{0,2} = \{(c_1, c_2, c_3).M^{0,2} |\, c_1 \in R_2, c_2, c_3 \in F_2\}$

$$C^{0,2} = \left\{(c_1, c_2, c_3).M^{0,2} = (c_1, c_2, c_3).\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & v^2 & v^2 \\ 0 & v^2 & 0 & v^2 \end{bmatrix} |\, c_1 \in R_2, c_2, c_3 \in F_2\right\}$$

$$C^{0,2}$$
$$= \left\{ \begin{array}{c} 0000,00v^2v^2,0v^20v^2,0v^2v^20,1111,111+v^21+v^2,11+v^211+v^2,11+v^21+v^21, \\ vvvv,vvv+v^2v+v^2,vv+v^2vv+v^2,vv+v^2v+v^2v,v^2v^2v^2v^2,v^2v^200,v^20v^20,v^200v^2 \\ 1+v1+v1+v1+v,1+v1+v1+v+v^21+v+v^2,1+v1+v+v^21+v1+v+v^2, \\ 1+v1+v+v^21+v+v^21+v,1+v^21+v^21+v^21+v^2,1+v^21+v^211,1+v^211+v^21, \\ 1+v^2111+v^2,v+v^2v+v^2v+v^2v+v^2,v+v^2v+v^2vv,v+v^2vv+v^2v,v+v^2vvv+v^2, \\ 1+v+v^21+v+v^21+v+v^21+v+v^2,1+v+v^21+v+v^21+v1+v, \\ 1+v+v^21+v1+v1+v+v^2,1+v+v^21+v1+v1+v+v^2 \end{array} \right\}$$
$$\subseteq {R_2}^4$$

Kodun parametreleri $(n, 8n, 2n) = (4,32,8)$'dir.

Gray görüntüsü,

$$\phi: {R_2}^n \longrightarrow {F_2}^{4n}$$

$$(r_1, r_2, \dots, r_n) \to \Phi(r_1, r_2, \dots, r_n) = \Phi(z_1, z_2, \dots, z_{16}, x_1+z_1, x_2+z_2, \dots, x_{16}+z_{16}, y_1+z_1, y_2 + z_2, \dots, y_{16}+z_{16}, x_1+y_1+z_1, x_2+y_2+z_2, \dots, x_{16}+y_{16}+z_{16})$$

Burada $1 \le i \le n$ ve $x_i, y_i, z_i \in \mathbb{Z}_2$ için $r_i = x_i + y_i v + z_i v^2 \in R_2$ dir. Bu tanıma $R_2$ halkasında Gray dönüşümüdür.

$$\phi(C^{0,2}) = (z_1, z_2, z_3, z_4, x_1+z_1, x_2+z_2, x_3+z_3, x_4+z_4, y_1+z_1, y_2 + z_2, y_3+z_3, y_4+z_4, x_1+y_1+z_1, x_2+y_2+z_2, x_3+y_3+z_3, x_4+y_4+z_4)$$

$$\phi(C^{0,2}) = \left( \begin{array}{c} 0000000000000000,0011001100110011, \\ 0101010101010101,0110011001100110, \\ 0000111100001111,0011110000111100, \\ 0101101001011010,0110100101101001, \\ 0000000011111111,0011001111001100, \\ 0101010110101010,0110011010011001, \\ 1111111111111111,1100110011001100, \\ 1010101010101010,1001100110011001, \\ 0000111111110000,0011110011000011, \\ 0101101010100101,0110100110010110, \\ 1111000011110000,1100001111000011, \\ 1010010110100101,1001011010010110, \\ 1111111100000000,1100110000110011, \\ 1010101001010101,1001100101100110, \\ 1111000000001111,1100001100111100, \\ 1010010101011010,1001011001101001 \end{array} \right)$$

Kodun parametreleri $\phi(C^{0,2}) = (4n, 8n, 2n) = (16,32,8)$'dir.

$${}_1C^{0,2} = \{(a, a+b) | a \in C^{0,2}, b \in S' = \{0000, v^2v^2v^2v^2\}\}$$

${}_1C^{0,2}$ Kodunun parametreleri $(2n, 16n, 4n) = (8,64,16)$'dır. Gray dönüşümü altında kodun parametresi $(8n, 16n, 4n) = (32,64,16)$ olur.

**KAYNAKÇA**

Blake, I. F., Codes over certain rings. Information and Control, 20(4), 396–404, 1972.

Bossert, M., *Channel coding*. Wiley, 1999.

Hungerford, T.W., *Algebra*. New York: Springer Verlag, 1974.

Kandemir, N. & Özkan, M., Repetitive occurrence codes in eight element ring. International Congress on Natural Sciences and Applied Mathematics, İstanbul, Türkiye, 2024.

Krotov, D. S., Z4-linear perfect codes. Diskretnyi Analiz i Issledovanie Operatsii, 7(4), 78–90, 2000.

Kshevetskiy, A. & Gabidulin, E., The new construction of rank codes. In Proceedings International Symposium on Information Theory 2005. ISIT 2005 (pp. 2105–2108), 2005.

Lin, S. & Costello, D. J., *Error control coding* (2nd ed.). Prentice Hall, 0-13-017973-6,2004.

MacWilliams, F. J., The theory of error-correcting codes. Elsevier Science Publishers BV google schola, 2, 39-47, 1977.

Özkan, M. & Kandemir, N. Applications on gray images of special generator codes on $F_2 + vF_2$ in the case $v^2 = v$. Internatıonal Congress on Natural Scıences And Applied Mathematics, İstanbul, Türkiye, 2024.

Özkan, M. & Öke, F., Repeat codes, even codes, odd codes and their equivalence. General Letters in Mathematics, 2(1), 110–118, 2017.

Özkan, M. & Öke, F., A relation between Hadamard codes and some special codes over $F_2 + uF_2$. App. Mathematics and Inf. Sci, 10(2), 701-704, 2016.

Pless, V., *Introduction to the theory of error-correcting codes*. John Wiley & Sons, 2011.

Richardson, T. & Urbanke, R., *Modern coding theory*. Cambridge University Press, 2008.

Roman, S., *Coding and information theory*. New York: Springer Verlag, 1992.

Vermani, L. R., *Elements of algebraic coding theory*. Routledge, 2022.

Wolfmann, J., *Negacyclic and cyclic codes over* $Z_4$. IEEE Transactions on Information Theory, 45, 2527–2532,1999.

# ORGANİK HİNDİSTAN CEVİZİ YAĞI UYGULANMIŞ MALTA ERİĞİ, GÜRGEN, ADİ KIZILAĞAÇ, MAUN VE DUT ODUNLARINDA RENK PARAMETRELERİNİN ARAŞTIRILMASI

**Doç. Dr. Göksel ULAY[1], Doç. Dr. Ümit AYATA[2]**

[1]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojisi Bölümü, Mobilya Dekorasyon Programı, Van, Türkiye,
g.ulay@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4080-8816,
[2*]Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye,
Sorumlu yazar: umitayata@yandex.com ORCID ID: 0000-0002-6787-7822

## Özet

Bu çalışmada, Malta eriği (*Eriobotrya japonica* L.), adi kızılağaç (*Alnus glutinosa* L. Gaertn.), dut (*Morus alba*), maun (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) ve gürgen (*Carpinus betulus* L.) ahşap türlerine uygulanmış organik Hindistan cevizi yağı ile meydana gelen renk [ışıklılık ($L^*$), kırmızı ($a^*$) renk tonu, sarı ($b^*$) renk tonu, kroma ($C^*$), ton ($h^o$) açısı] özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır. Sonuçlara göre, bütün renk parametreleri üzerinde varyans analizleri anlamlı elde edilmiştir. Uygulama sonrasında bütün ağaç türlerinde $\Delta L^*$ değerleri negatif olarak bulunmuştur. $\Delta E^*$ değerleri yağ uygulaması ile gürgen için 8.08, maun için 11.46, adi kızılağaç için 12.63, Malta eriği için 13.90 ve dut için 17.35 olarak tespit edilmiştir. $\Delta a^*$, $\Delta b^*$ ve $\Delta C^*$ değerleri maun odununda negatif olarak tespit edilirken, diğer odun türlerinde pozitif olarak belirlenmiştir. Yağ uygulaması ile bütün ağaç türlerinde $L^*$ ve $h^o$ değerlerinde azalışlar bulunmuştur. $a^*$, $C^*$ ve $b^*$ değerlerinde ise maun odununda azasılar elde edilirken, diğer odun tüllerinde artışlar belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler**: Malta eriği, dut, maun, adi kızılağaç, gürgen, renk, Hindistan ceviz yağı

# Exploring Color Parameters in Loquat, Hornbeam, European Alder, Mahogany, and Mulberry Woods Treated with Organic Coconut Oil

## Abstract

In this study, the color properties [lightness ($L^*$), redness ($a^*$), yellowness ($b^*$), chroma ($C^*$), and hue angle ($h^o$)] of wood species, including loquat (*Eriobotrya japonica* L.), black alder (*Alnus glutinosa* L. Gaertn.), mulberry (*Morus alba*), mahogany (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.), and hornbeam (*Carpinus betulus* L.), treated with organic coconut oil, were investigated. According to the results, variance analyses revealed significant differences in all color parameters. After treatment, $\Delta L^*$ values were negative for all wood species. $\Delta E^*$ values were found to be 8.08 for hornbeam, 11.46 for mahogany, 12.63 for black alder, 13.90 for loquat, and 17.35 for mulberry. The $\Delta a^*$, $\Delta b^*$, and $\Delta C^*$ values were negative in mahogany wood, while positive in the other wood species. After the oil application, a decrease was observed in $L^*$ and $h^o$ values for all wood species. In contrast, increases were found in $a^*$, $C^*$, and $b^*$ values, with decreases specifically noted in mahogany wood.

**Keywords**: Loquat, mulberry, mahogany, black alder, hornbeam, color, coconut oil

## 1. Giriş

Ahşabın kimyasal işlemlerle korunması (örneğin, bakır bileşikleri ile) hem belirgin toksisiteye sahip olması hem de çevreye zararlı etkilerinden dolayı giderek daha fazla uygulamadan kısıtlanmaktadır. Ahşap kaplamalar alanı, yüksek performanslı malzemeler üretme gerekliliğiyle ve rekabetçi zorluklara yanıt verme ihtiyacıyla çok aktif bir araştırma ve geliştirme alanını temsil etmektedir (Teacă ve ark., 2019).
Mobilyanın uzun vadeli değeri büyük ölçüde yüzey özelliklerine bağlıdır. İşlenmemiş veya kaplanmamış yüzeyler çok hızlı bir şekilde görünümünü kaybeder ve kullanım koşulları altında kötüleşir. Mobilyada farklı ahşap türleri kullanılır (örneğin, masif ahşap, kaplama, kontrplak, parçalı tahta ve yonga levha). Masif ahşap ve kaplama, reçineler ve uçucu yağlar içeriklerinden dolayı özellikler açısından geniş bir yelpazeye sahip farklı türlerde ağaçlardan elde edilebilir (Freitag ve Stoye, 2008).
Bir kaplama, alt tabakasından kısmen de olsa ayrılırsa, artık amacını yerine getirmez. Kaplamanın, nem, ışık, tuzlar ve gazların etkisi altında, yani uygulamada karşılaşılan etkiler altında da bozulmadan kalan alt tabakaya sağlam bir şekilde bağlanması, uzun süreli koruma için gerekli bir gerekliliktir (Goldschmidt ve Streitberger, 2007).
Ahşap, normalde çevreye zararsız olan biyo bazlı bir malzemedir. Bununla birlikte, iç mekânlarda kullanılan ahşap ürünler, genellikle uzun süreli kullanımlarını sağlayabilecek çeşitli dekoratif malzemeler veya koruyucu kaplamalar ile kaplanır. Birçoğu insan sağlığı üzerinde potansiyel etkisi olan uçucu organik bileşikler yaymaktadır (Que ve ark., 2013).
Ahşabın rengi türler arasında büyük farklılıklar gösterir. Ahşap için kullanım bulmada renk önemli bir faktördür ve ahşabın kalitesi bazen rengine göre değerlendirilir. Ahşabın görünümünü fiziksel değerler kullanarak tarif etmek zordur. Çünkü ahşap yüzey hiçbir zaman basit bir renkle ifade edilmez ve damar dâhil çeşitli şekiller gösterir. Ayrıca, tek bir odun numunesinin öz odun kısmında bile renk, yerden yere farklılık gösterebilir (Nishino ve ark., 1998).
Hindistan cevizi yağı, Hindistan cevizi hurmasından hasat edilen olgun Hindistan cevizinin çekirdeğinden elde edilen ana yemeklik bir yağdır. Hindistan cevizi yağının iki ana türü olan Hindistan cevizi yağı ve işlenmemiş Hindistan cevizi yağı benzer yağ asidi profillerine sahiptir. Ancak ikincisi daha yüksek miktarlarda bazı besin maddeleri ve diyetle ilgili biyoaktif bileşikler içerir. İki yağın ekstraksiyon süreçleri farklılık gösterir. Hindistan cevizi yağı, yağın çıkarılması için kurutulmuş Hindistan cevizi çekirdeklerinin ezilmesiyle üretilmektedir. Bu daha sonra tipik olarak rafine edilir, ağartılır ve kokusu giderilir. Rafine edilmiş, ağartılmış ve kokusu giderilmiş Hindistan cevizi yağı yaygın olarak katı yağda ve kızartma uygulamalarında kullanılır. Hindistan cevizi yağı, daha sonra çeşitli tekniklerle ayrılan bir emülsiyon oluşturan yağı ve Hindistan cevizi sütünü sıkmak için kıyılmış ıslak hindistancevizi çekirdeğinin preslenmesiyle yapılmaktadır (Wallace, 2019).
Sızma Hindistan cevizi yağı, insan sağlığı, besin destekleri ve fonksiyonel gıda olarak çokça talep edilen en yeni ve yüksek değerli hindistancevizi ürünüdür. Dünya genelinde Sızma Hindistan cevizi yağına olan talep hızla artmaktadır. Şu anda çoğunlukla evlerde, mikro veya köy ölçeğinde üretilen Sızma Hindistan cevizi yağının üretimi hızla artmakta ve taze Hindistan cevizi satışına kıyasla Hindistan cevizi çiftliklerinin gelirini 5 ila 8 kat artırma potansiyeline sahiptir (Divina ve Keith, 2006).
Hindistan cevizi yağı, yüksek doymuşluk derecesi ve iyi stabilitesi nedeniyle dünyada en çok aranan yağlardan biri haline gelmiştir. Hindistan cevizinin farklı kısımlarından elde edilen

çeşitli Hindistan cevizi yağı türleri vardır. Kopra yağı, kurutulmuş çekirdekten mekanik öğütme ile çıkarılırken, sızma Hindistan cevizi yağı taze çekirdekten yüksek ısı veya kimyasal işlem olmadan elde edilir. Hindistan cevizi kabuğundan izopropil alkol ile çıkarılan yağ ise Hindistan cevizi kabuk yağı olarak bilinir (Deen ve ark., 2021).
Bu araştırmada, organik Hindistan cevizi yağı uygulanmış malta eriği, gürgen, adi kızılağaç, maun ve dut odunlarında renk parametreleri belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Malta eriği (*Eriobotrya japonica* L.), adi kızılağaç (*Alnus glutinosa* L. Gaertn.), dut (*Morus alba*), maun (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) ve gürgen (*Carpinus betulus* L.) ağaç türlerine ait olan odunları 100 mm x 100 mm x 15 mm boyutlarında hazırlanmıştır. İklimlendirme uygulamaları yapılmıştır (ISO 554, 1976). Çalışmada, organik Hindistan cevizi yağı (100 ml için: yağ 100 g, doymuş yağ 89 g) kullanılmıştır.
Çalışmada organik Hindistan cevizi yağı ahşap malzeme yüzeylerine tek kat olarak bir fırça yardımı ile uygulanmıştır.
Renk değişimleri, CS-10 (CHN Spec, Çin) cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 1) (ASTM D 2244-3, 2007).

Çizelge 1. Renk cihazına ait bazı önemli bilgiler

| | |
|---|---|
| Aydınlatma sistemi | 8/d (8°/dağınık aydınlatma) Speküler bileşen dâhil |
| Ekran modları | Kolorimetrik değerler: *L* a* b*, *L* C* h*, Δ*E** ab, XYZ, göreceli RGB değerleri; Renk farkı değerleri: Δ(*L* a* b*), Δ(*L* C* h*); |
| Kalibre ölçme | Yaklaşık 8 mm |
| Ölçüm koşulları | CIE 10° standart gözlemci; CIE D65 ışık kaynağı |
| Ölçüm aralığı | *L**: 1-100 |



Şekil 1. Renk ölçüm cihazı

Aşağıdaki formüller ile toplam renk farklılıkları belirlenmiştir.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$
$$h^o = \arctan (b^*/a^*) \quad (2)$$
$$\Delta C^* = (C^*_{\text{yağ işlemi görmüş deney örneği}} - C^*_{\text{referans}}) \quad (3)$$
$$\Delta a^* = (a^*_{\text{yağ işlemi görmüş deney örneği}} - a^*_{\text{referans}}) \quad (4)$$
$$\Delta L^* = (L^*_{\text{yağ işlemi görmüş deney örneği}} - L^*_{\text{referans}}) \quad (5)$$
$$\Delta b^* = (b^*_{\text{yağ işlemi görmüş deney örneği}} - b^*_{\text{referans}}) \quad (6)$$
$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$
$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

$\Delta C^*$: kroma kısmı veya doygunluk farkı ve $\Delta H^*$: ton bölümü veya gölge farkı olarak tanımlanmıştır (Lange, 1999). $\Delta L^*$, $\Delta a^*$, $\Delta b^*$ ve $\Delta C^*$ değerlerine ait tanımlamalar (Lange, 1999) Çizelge 1'de verilmiştir. $\Delta E^*$ için kriterler (DIN 5033, 1979) Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. $\Delta L^*$, $\Delta a^*$, $\Delta b^*$ ve $\Delta C^*$ değerleri için önemli bilgiler (Lange, 1999)

| Parametre | Pozitif durum için | Negatif durum için |
|---|---|---|
| $\Delta L^*$ | Referansa göre daha açık | Referansa göre daha koyu |
| $\Delta a^*$ | Referansa göre daha kırmızı | Referansa göre daha yeşil |
| $\Delta b^*$ | Referansa göre daha sarı | Referansa göre daha mavi |
| $\Delta C^*$ | Referansa göre daha net, daha parlak | Mat, referansa göre daha bulanık |

Çizelge 2. $\Delta E^*$ için kriterler (DIN 5033, 1979)

| $\Delta E^*$ | Görsel fark | $\Delta E^*$ | Görsel fark |
|---|---|---|---|
| <0.20 | Algılanamaz | 3.00 ila 6.00 | Çok belirgin |
| 0.20 ila 0.50 | Çok zayıf | 6.00 ila 12.00 | Güçlü |
| 0.50 ila 1.50 | Zayıf | > 12.00 | Çok güçlü |
| 1.50 ila 3.00 | Belirgin | | |

Bir istatistik programı ile varyans analizleri, standart sapmaları, maksimum ve minimum değerleri, ortalamaları, % değişim oranları ve homojenlik grupları hesaplanmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Yağ uygulanmış ve uygulanmamış deney örnekleri üzerinde belirlenmiş olan renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Yağ uygulamaları ile bütün parametreler üzerinde değişimler tespit edilmiştir (Çizelge 3).

$b^*$ değerlerinde yağ uygulaması ile farklı durumlar görülmüştür. Bu testte maun odununda %49.72 oranında azalış belirlenirken, Malta eriği için %1.73, dut için %9.76, gürgen %49.72 ve adi kızılağaç için %25.64 oranlarında azalışlar elde edilmiştir (Çizelge 3).

$L^*$ değerlerinde bütün ağaç türlerinde uygulanan yağ ile azalışlar görülmüştür. $L^*$ değerlerinde en yüksek sonuçlar kontrol deney örneklerinde bulunurken, en düşük sonuçlar ise yağ uygulanmış örnekler üzerinde elde edilmiştir. $L^*$ parametresinde azalış değerleri büyükten küçüğe doğru şu şekilde tespit edilmiştir: dut (%24.50) > maun (%23.49) > Malta eriği (%21.85) > adi kızılağaç (%14.47) > gürgen (%7.80) (Çizelge 3).

$C^*$ değerlerinde yapılan yağ uygulaması tarafından farklı sonuçlar elde edilmiştir. $C^*$ değerinde maun odununda %37.55 oranında azalış görülürken, Malta eriği için %10.55, dut için %19.06, adi kızılağaç için %30.40 ve gürgen %32.06 oranlarında azalışlar tespit edilmiştir (Çizelge 3).

$h^o$ parametresinde bütün ağaç türlerinde uygulanan yağ ile azalışlar elde edilmiştir. $h^o$ parametresinde ise azalış değerleri büyükten küçüğe doğru şu şekilde belirlenmiştir: maun (%23.46) > dut (%15.45) > Malta eriği (%12.24) > adi kızılağaç (%7.13) > gürgen (%6.39). $h^o$ değerlerinde en yüksek sonuçlar kontrol deney örneklerinde görülürken, en düşük sonuçlar ise yağ uygulanmış örneklerde belirlenmiştir (Çizelge 3).

Yağ uygulaması ile $a^*$ değerlerinde farklı durumlar elde edilmiştir. Bu parametrede maun odununda %24.07 oranında azalış bulunurken, dut için %96.06, Malta eriği için %36.26, gürgen %62.76 ve adi kızılağaç için %59.33 oranlarında azalışlar bulunmuştur (Çizelge 3).

Varyans analizi sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün renk parametreleri üzerinde ağaç türü (A), uygulama (B) ve etkileşim (AB) anlamlı olarak elde edilmiştir (Çizelge 4).

Toplam renk farklılıkları için sonuçlar Çizelge 5'de gösterilmiştir. Renk değiştirme kriteri (DIN 5033, 1979) ile elde edilen sonuçlar kıyaslandığında, gürgen ve maun odunlarının "Güçlü (6.00

ila 12.00)" kriterini, adi kızılağaç, Malta eriği ve dut odunlarının ise "çok güçlü (> 12.0)" kriterini verdiği şeklinde bulunmuştur (Çizelge 5).

Çizelge 3. Renk parametrelerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları

| Test | Ağaç Türü | Yağ Uygulaması | Ortalama | Değişim Oranı (%) | Homojenlik Grubu | Minimum | Maksimum | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *L** | Dut | Yok | 62.32 | ↓24.50 | D | 61.58 | 63.21 | 0.49 | 0.79 |
| | | Var | 47.05 | | H | 46.70 | 47.34 | 0.19 | 0.41 |
| | Malta Eriği | Yok | 61.79 | ↓21.85 | E | 61.20 | 62.80 | 0.55 | 0.90 |
| | | Var | 48.29 | | G | 47.97 | 48.62 | 0.19 | 0.40 |
| | Gürgen | Yok | 68.99 | ↓7.80 | B | 68.68 | 69.39 | 0.22 | 0.32 |
| | | Var | 63.61 | | C | 63.24 | 64.12 | 0.33 | 0.51 |
| | Maun | Yok | 36.52 | ↓23.49 | I | 35.60 | 37.51 | 0.58 | 1.60 |
| | | Var | 27.94 | | J** | 27.45 | 28.44 | 0.31 | 1.12 |
| | Adi Kızılağaç | Yok | 69.92 | ↓14.47 | A* | 69.47 | 70.32 | 0.26 | 0.38 |
| | | Var | 59.80 | | F | 58.53 | 60.91 | 0.81 | 1.35 |
| *a** | Dut | Yok | 8.12 | ↑96.06 | F | 7.85 | 8.55 | 0.23 | 2.87 |
| | | Var | 15.92 | | A* | 15.66 | 16.12 | 0.16 | 1.03 |
| | Malta Eriği | Yok | 9.10 | ↑36.26 | E | 8.51 | 9.61 | 0.35 | 3.84 |
| | | Var | 12.40 | | C | 12.10 | 12.53 | 0.13 | 1.08 |
| | Gürgen | Yok | 5.88 | ↑62.76 | G** | 5.73 | 6.06 | 0.11 | 1.87 |
| | | Var | 9.57 | | D | 8.86 | 9.93 | 0.37 | 3.87 |
| | Maun | Yok | 12.09 | ↓24.07 | C | 11.73 | 12.55 | 0.33 | 2.76 |
| | | Var | 9.18 | | E | 7.92 | 10.16 | 0.89 | 9.74 |
| | Adi Kızılağaç | Yok | 8.41 | ↑59.33 | F | 8.09 | 8.66 | 0.15 | 1.75 |
| | | Var | 13.40 | | B | 12.81 | 13.66 | 0.26 | 1.91 |
| *b** | Dut | Yok | 27.47 | ↑9.76 | B | 26.52 | 28.09 | 0.47 | 1.73 |
| | | Var | 30.15 | | A* | 29.83 | 30.43 | 0.19 | 0.65 |
| | Malta Eriği | Yok | 16.73 | ↑1.73 | E | 15.81 | 17.38 | 0.49 | 2.92 |
| | | Var | 17.02 | | DE | 16.83 | 17.47 | 0.20 | 1.17 |
| | Gürgen | Yok | 17.11 | ↑27.88 | D | 16.72 | 17.57 | 0.22 | 1.30 |
| | | Var | 21.88 | | C | 21.61 | 22.14 | 0.18 | 0.84 |
| | Maun | Yok | 14.12 | ↓49.72 | F | 13.15 | 14.89 | 0.48 | 3.38 |
| | | Var | 7.10 | | G** | 6.71 | 7.94 | 0.45 | 6.36 |
| | Adi Kızılağaç | Yok | 22.11 | ↑25.64 | C | 21.79 | 22.43 | 0.19 | 0.86 |
| | | Var | 27.78 | | B | 26.74 | 28.36 | 0.50 | 1.78 |
| *C** | Dut | Yok | 28.65 | ↑19.06 | C | 27.82 | 29.16 | 0.41 | 1.42 |
| | | Var | 34.11 | | A* | 33.77 | 34.39 | 0.20 | 0.57 |
| | Malta Eriği | Yok | 19.05 | ↑10.55 | F | 18.30 | 19.86 | 0.50 | 2.60 |
| | | Var | 21.06 | | E | 20.73 | 21.50 | 0.21 | 1.00 |
| | Gürgen | Yok | 18.09 | ↑32.06 | H | 17.76 | 18.53 | 0.20 | 1.11 |
| | | Var | 23.89 | | D | 23.55 | 24.19 | 0.21 | 0.88 |
| | Maun | Yok | 18.59 | ↓37.55 | G | 17.63 | 19.15 | 0.45 | 2.43 |
| | | Var | 11.61 | | I** | 10.40 | 12.66 | 0.94 | 8.12 |
| | Adi Kızılağaç | Yok | 23.65 | ↑30.40 | D | 23.25 | 23.97 | 0.21 | 0.88 |
| | | Var | 30.84 | | B | 29.65 | 31.46 | 0.51 | 1.67 |
| *h*° | Dut | Yok | 73.52 | ↓15.45 | A* | 72.43 | 74.38 | 0.67 | 0.91 |
| | | Var | 62.16 | | F | 61.61 | 62.56 | 0.27 | 0.44 |
| | Malta Eriği | Yok | 61.43 | ↓12.24 | G | 59.73 | 63.17 | 1.03 | 1.67 |
| | | Var | 53.91 | | H | 53.45 | 54.37 | 0.32 | 0.59 |
| | Gürgen | Yok | 71.01 | ↓6.39 | B | 70.32 | 71.50 | 0.46 | 0.65 |
| | | Var | 66.47 | | D | 65.43 | 67.90 | 0.84 | 1.26 |
| | Maun | Yok | 49.41 | ↓23.46 | I | 48.02 | 51.06 | 1.12 | 2.26 |
| | | Var | 37.82 | | J** | 35.26 | 40.38 | 1.63 | 4.32 |
| | Adi Kızılağaç | Yok | 69.17 | ↓7.13 | C | 68.72 | 69.61 | 0.28 | 0.40 |
| | | Var | 64.24 | | E | 63.55 | 64.78 | 0.38 | 0.58 |
| ***: En yüksek değer ve **: En düşük değer** | | | | | | | | | |

Uygulama sonrasında bütün ağaç türlerinde Δ*L** değerleri negatif (referansa göre daha koyu) olarak tespit edilmiştir. Δ*E** değerleri yağ uygulaması ile gürgen için 8.08, maun için 11.46, adi kızılağaç için 12.63, Malta eriği için 13.90 ve dut için 17.35 olarak Δ*H** değerleri ise yağ uygulamasıyla maun için 3.00, adi kızılağaç için 2.34, gürgen için 1.68, Malta eriği için 2.63 ve dut için 6.18 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5).
Δ*a**, Δ*b** ve Δ*C** değerleri maun odununda negatif (sırası ile referansa göre daha yeşil referansa göre daha mavi, mat, referansa göre daha bulanık) olarak tespit edilirken, diğer odun türlerinde pozitif (sırası ile referansa göre daha kırmızı, referansa göre daha sarı, referansa göre daha net, daha parlak) olarak bulunmuştur (Çizelge 5).

Çizelge 4. Varyans analizi sonuçları

| Varyans | Test | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Ortalama Kare | F Değeri | α≤0.05 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ağaç Türü (A) | *L** | 14853.091 | 4 | 3713.273 | 19109.433 | 0.000* |
| | *a** | 203.925 | 4 | 50.981 | 372.731 | 0.000* |
| | *b** | 4001.688 | 4 | 1000.422 | 7476.542 | 0.000* |
| | *C** | 3265.376 | 4 | 816.344 | 4119.167 | 0.000* |
| | *h*º | 9049.963 | 4 | 2262.491 | 3364.061 | 0.000* |
| Uygulama (AB) | *L** | 2792.488 | 1 | 2792.488 | 14370.845 | 0.000* |
| | *a** | 284.799 | 1 | 284.799 | 2082.205 | 0.000* |
| | *b** | 40.896 | 1 | 40.896 | 305.632 | 0.000* |
| | *C** | 181.495 | 1 | 181.495 | 915.800 | 0.000* |
| | *h*º | 1595.603 | 1 | 1595.603 | 2372.477 | 0.000* |
| Etkileşim (AB) | *L** | 308.653 | 4 | 77.163 | 397.102 | 0.000* |
| | *a** | 309.168 | 4 | 77.292 | 565.091 | 0.000* |
| | *b** | 516.488 | 4 | 129.122 | 964.979 | 0.000* |
| | *C** | 657.555 | 4 | 164.389 | 829.484 | 0.000* |
| | *h*º | 228.867 | 4 | 57.217 | 85.075 | 0.000* |
| Hata | *L** | 17.488 | 90 | 0.194 | | |
| | *a** | 12.310 | 90 | 0.137 | | |
| | *b** | 12.043 | 90 | 0.134 | | |
| | *C** | 17.836 | 90 | 0.198 | | |
| | *h*º | 60.529 | 90 | 0.673 | | |
| Toplam | *L** | 316332.380 | 100 | | | |
| | *a** | 11644.098 | 100 | | | |
| | *b** | 45156.843 | 100 | | | |
| | *C** | 56809.037 | 100 | | | |
| | *h*º | 381985.284 | 100 | | | |
| Düzeltilmiş Toplam | *L** | 17971.722 | 99 | | | |
| | *a** | 810.202 | 99 | | | |
| | *b** | 4571.114 | 99 | | | |
| | *C** | 4122.261 | 99 | | | |
| | *h*º | 10934.962 | 99 | | | |
| *: Anlamlı | | | | | | |

Çizelge 5. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar

| Ağaç Türü | Δ*L** | Δ*a** | Δ*b** | Δ*C** | Δ*H** | Δ*E** | Renk değiştirme kriteri (DIN 5033, 1979) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gürgen | -5.38 | 3.69 | 4.77 | 5.79 | 1.68 | 8.08 | Güçlü (6.00 ila 12.00) |
| Maun | -8.58 | -2.91 | -7.02 | -6.98 | 3.00 | 11.46 | |
| Adi kızılağaç | -10.12 | 5.00 | 5.67 | 7.19 | 2.34 | 12.63 | Çok güçlü (> 12.00) |
| Malta eriği | -13.50 | 3.30 | 0.29 | 2.01 | 2.63 | 13.90 | |
| Dut | -15.27 | 7.80 | 2.68 | 5.46 | 6.18 | 17.35 | |

## 4. Sonuçlar ve Öneriler

Uygulanan yağ ile ahşap malzemelere ait renk parametrelerini değiştiği sonucuna ulaşılmıştır. Yağla kaplanmış ve kaplanmamış malzemeler üzerinde ıslanabilirlik, ışık karşısındaki renk değişimleri, sıcak su buharına karşı direnci, gibi testlerin yapılması önerilmektedir.

## Kaynaklar

ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.

Deen, A., Visvanathan, R., Wickramarachchi, D., Marikkar, N., Nammi, S., Jayawardana, B. C., and Liyanage, R., (2021). Chemical composition and health benefits of coconut oil: an overview. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101(6): 2182-2193. DOI: 10.1002/jsfa.10870.

DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.

Divina, D.B., and Keith, R.C., (2006). Virgin Coconut oil production manual for micro-and village-scale processing. FAO Regional Office for Asia and Pacific.

Freitag, W., and Stoye, D., (2008). Paints, coatings and solvents. John Wiley & Sons.

Goldschmidt, A., and Streitberger, H.-J., (2007). Basics of Coating Technology, (second edition), Vincentz, Hannover.

ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.

Lange, D.R., (1999). Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.

Nishino, Y., Janin, G., Chanson, B., Detienne, P., Gril, J., and Thibaut, B., (1998). Colorimetry of wood specimens from French Guiana, Journal of Wood Science, 44: 3-8. DOI: 10.1007/BF00521867.

Que, Z.L., Wang, F.B., Li, J.Z., and Furuno, T., (2013). Assessment on emission of volatile organic compounds and formaldehyde from building materials, Composites Part B: Engineering, 49: 36-42. DOI: 10.1016/j.compositesb.2013.01.008.

Teacă, C. A., Roşu, D., Mustaţă, F., Rusu, T., Roşu, L., Roşca, I., and Varganici, C.D., (2019). Natural bio-based products for wood coating and protection against degradation: a review. BioResources, 14(2): 4873-4901. DOI: 10.15376/biores.14.2.Teaca.

Wallace, T.C., (2019). Health effects of coconut oil - A narrative review of current evidence. Journal of the american college of nutrition, 38(2): 97-107. DOI: 10.1080/07315724.2018.1497562.

# KARBONAT VE SİRKE KARIŞIMI İLE HAZIRLANAN ÇÖZELTİLERİN AMERİKAN DİŞBUDAK (*FRAXİNUS AMERİCANA* L.) ODUNU YÜZEYLERİNDE MEYDANA GETİRDİKLERİ DEĞİŞİKLİKLERİN İNCELENMESİ

**Doç. Dr. Göksel ULAY[1], Doç. Dr. Ümit AYATA[2]**

[1]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojisi Bölümü, Mobilya Dekorasyon Programı, Van, Türkiye,
g.ulay@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4080-8816
[2*]Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye,
Sorumlu yazar: umitayata@yandex.com ORCID ID: 0000-0002-6787-7822

## Özet

Bu araştırmada, karbonat ve sirke karışımı ile hazırlanan çözeltilerin Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana* L.) odunu yüzeylerinde meydana getirdikleri değişiklikler [beyazlık indeksi (*WI**), renk parametreleri (ton açısı: $h^o$, kırmızı renk: $a^*$, ışıklılık: $L^*$, sarı renk: $b^*$ ve kroma: $C^*$) ve parlaklık değerleri] incelenmiştir. Sonuçlara göre bütün testler üzerinde çözelti türü anlamlı bulunmuştur. $\Delta E^*$ değerleri üzüm sirkesi + karbonat için 9.22 ve beyaz sirke + karbonat için 7.90 olarak belirlenmiştir. Hazırlanmış olan bütün çözeltiler ile $\Delta a^*$ ve $\Delta L^*$ değerleri negatif olarak bulunurken, $\Delta C^*$ ve $\Delta b^*$ değerleri ise pozitif olarak elde edilmiştir. Her iki çözelti ile bütün parlaklık değerlerinde, bütün *WI** değerlerinde $L^*$ ve $a^*$ parametrelerinde azalışalar elde edilmiştir. $C^*$, $b^*$ ve $h^o$ değerlerinde ise artışlar görülmüştür.

**Anahtar kelimeler**: Amerikan dişbudak, renk, sirke, parlaklık, karbonat, beyazlık indeksi

## The investigation of the changes induced on the surfaces of American ash (*Fraxinus americana* L.) wood by solutions prepared with carbonate and vinegar

## Abstract

This study investigates the changes induced by solutions prepared with a mixture of baking soda and vinegar on the surface of American ash (*Fraxinus americana* L.) wood, including [whiteness index (*WI**), colour parameters (hue angle: $h^o$, redness: $a^*$, lightness: $L^*$, yellowness: $b^*$, and chroma: $C^*$), and brightness values]. According to the results, the type of solution was found to be significant for all tests. The $\Delta E^*$ values were determined to be 9.22 for grape vinegar + baking soda and 7.90 for white vinegar + baking soda. For all the prepared solutions, $\Delta a^*$ and $\Delta L^*$ values were negative, while $\Delta C^*$ and $\Delta b^*$ values were positive. With both solutions, decreases were observed in all brightness values, all *WI** values, and in $L^*$ and $a^*$ parameters. In contrast, increases were seen in $C^*$, $b^*$, and $h^o$ values.

**Keywords**: American ash, colour, vinegar, brightness, baking soda, whiteness index

## 1. Giriş

Amerikan dişbudak, *Fraxinus americana* L. (familya *Oleaceae*), Kuzey Amerika'nın en bol ve en faydalı yerli dişbudak türlerinden biridir. Hem ekolojik hem de ekonomik faydalar sağlamaktadır. Kuzey Amerika'ya özgü olan bu tür, Nova Scotia'dan Teksas'a kadar olan doğudaki birçok ekosistem için temel bir bileşendir ve 26 orman örtü türünde bileşen bir tür olarak tanınmıştır. Bu sert ağaç, sıklıkla terk edilmiş tarlaları kolonize eden ilk ağaçlardan biri olduğu için, yayılımı boyunca orman yenilenmesi için önemlidir (Schlesinger, 1990).
Ağaç atmosfer kirliliğine dayanıklıdır. Bu cinsin çoğu üyesi besin maddelerini hızlı tüketir ve zengin bir toprağa ihtiyaç duyar. Açık pozisyonlarda başarılı olur (Huxley, 1992).
Genç bitkiler orman gölgesini tolere etmektedir. Kuzey Amerika'da en değerli sert ağaçlardan biridir (Lauriault, 1989).
Ağacın zorlu toprak verimliliği ve toprak nem gereksinimleri vardır. Bu gereksinimler, birçok ana materyalden türetilen topraklar tarafından sağlanabilir - kalker, bazalt, alüvyon ve ince buzul tortusu. Beyaz kül ağacını destekleyebilecek birçok toprak türü vardır (Anonim, 1975).
Nemli bölgelerde doğal olarak yetişmesine rağmen sıcağa dayanıklıdır. Ağaç gençken hızla büyür ve neredeyse piramidal bir şekle sahiptir. Ancak zamanla yavaşlar ve daha yayılan yuvarlak veya oval bir şekil geliştirir. Ağaç, güneşli bir ortamı tercih eder ve burada gösterişli bir sarı sonbahar renk tonu geliştirir. Sonbahar renk tonu, ağaç ve çevresel koşullara bağlı olarak çarpıcı veya cansız olabilir. Ağaç, yerli, yaprak döken ve uzun ömürlü bir ağaçtır (Vines, 1960).
Açıkta yetişen ağaçlar genellikle 9 ila 12 metre boyundayken tek gövdeli ve ince dallı kalır, ancak eski örnekler karaağaçlar kadar geniş taç sahibi olabilir. Hafif bir kalabalıklaşma bile, tek gövdeli özelliğin dönem boyunca kolayca korunmasını sağlar. Gölge altında ölen dallar hızla düşer. Küçük olanlar bir veya iki yıl içinde ve daha büyük olanlar dört veya beş yıl içinde düşmektedir (Wright, 1965).
Ağacının odunu genellikle taze kesildiğinde pembe bir tonla birlikte kremsi beyaz renkte görünür, ancak bazı kütüklerin içinde değerini azaltabilecek kahverengi veya siyah bir kalp bulunabilir (Kerr, 1998). Bu ağacın odunu dayanıklılığı için değerlidir ve mobilya ve beyzbol sopaları gibi amaçlar için kullanılmaktadır (Nesom, 2000).
Siyah öz genellikle 60-70 yaşındaki eski gövdelerde meydana gelir. Ancak bazen 40 yaşında bile görülebilir. Bununla birlikte, ağaçlar yaklaşık 2 m yüksekliğinde olduğu genç dişbudak çalılıklarında da gözlemlenmiştir (Bosshard, 1955).
Ahşabında ısı iletkenlik değeri 0.116 W/m.K olarak (Şahin ve ark., 2017) bulunmuştur.
Bu çalışmada, karbonat ve sirke karışımları ile hazırlanan çözeltilerin Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana* L.) odunu yüzeylerinde meydana getirdikleri değişiklikler incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Amerikan dişbudak (*Fraxinus americana* L.) odunu 100 m x 100 mm x 15 mm boyutlarında hazırlanmıştır. İklimlendirme uygulamaları yapılmıştır (ISO 554, 1976).
Karbonat ve farklı 2 tür sirke [A: üzüm (sodyum metabisülfit katkılı) ve B: alıç (doymuş şeker %0.17, karbonhidrat %1.00, yağ %0.05, tuz %0.07, doymuş yağ %0.02 ve protein %0.30)] kimyasalları bu çalışmada kullanılmıştır.
2 farklı türde hazırlanan çözeltiler [50 mlt sirke (A) + 5 gr karbonat ve 50 mlt sirke (B) + 5 gr karbonat] bir fırça yardımıyla ahşap malzeme yüzeylerine tek kat olarak uygulanmıştır.
Whiteness Meter BDY-1 cihazı ile beyazlık indeksi (*WI**) değerleri (ASTM E313-15e1, 2015) ve parlaklık testleri ETB-0833 model gloss meter cihazı ile (ISO 2813, 1994) ölçülmüştür. Renk

değişimleri, CS-10 (CHN Spec, Çin) cihazı ile ölçülmüştür (ASTM D 2244-3, 2007). Aşağıdaki formüller ile toplam renk farklılıkları belirlenmiştir.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$
$$h^o = \arctan(b/a^*) \quad (2)$$
$$\Delta C^* = (C^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}}) - (C^*_{\text{referans}}) \quad (3)$$
$$\Delta a^* = (a^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}}) - (a^*_{\text{referans}}) \quad (4)$$
$$\Delta L^* = (L^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}}) - (L^*_{\text{referans}}) \quad (5)$$
$$\Delta b^* = (b^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}}) - (b^*_{\text{referans}}) \quad (6)$$
$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$
$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

$\Delta E^*$ için kriterler (DIN 5033, 1979) Çizelge 1'de sunulmuştur. Buna ek olarak, $\Delta C^*$: kroma kısmı veya doygunluk farkı ve $\Delta H^*$: ton bölümü veya gölge farkı olarak tanımlanmış olunup, diğer parametreler için tanımlamalar Çizelge 2'de verilmiştir (Lange, 1999).

Çizelge 1. $\Delta E^*$ için kriterler (DIN 5033, 1979)

| **$\Delta E^*$ değeri** | **Görsel fark sonucu** | **$\Delta E^*$ değeri** | **Görsel fark sonucu** |
|---|---|---|---|
| < 0.20 | Algılanamaz | 3.00 ila 6.00 | Çok belirgin |
| 0.20 ila 0.50 | Çok zayıf | 6.00 ila 12.00 | Güçlü |
| 0.50 ila 1.50 | Zayıf | > 12.00 | Çok güçlü |
| 1.50 ila 3.00 | Belirgin | | |

Çizelge 2. $\Delta a^*$, $\Delta L^*$, $\Delta b^*$ ve $\Delta C^*$ değerleri için tanımlamalar (Lange, 1999)

| **Negatif durum için** | **Parametre** | **Pozitif durum için** |
|---|---|---|
| Referansa göre daha mavi | **$\Delta b^*$** | Referansa göre daha sarı |
| Referansa göre daha yeşil | **$\Delta a^*$** | Referansa göre daha kırmızı |
| Referansa göre daha koyu | **$\Delta L^*$** | Referansa göre daha açık |
| Mat, referansa göre daha bulanık | **$\Delta C^*$** | Referansa göre daha net, daha parlak |

Bir istatistik programı ile standart sapmaları, maksimum ve minimum değerleri, ortalama değerleri, homojenlik grupları, varyans analizleri ve yüzde (%) değişim oranları hesaplanmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Varyans analizi sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Bütün testler için çözelti türü anlamlı bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Varyans analizi sonuçları

| **Test** | **Kareler Toplamı** | **Serbestlik Derecesi** | **Ortalama Kare** | **F Değeri** | **$\alpha \leq 0.05$** |
|---|---|---|---|---|---|
| ***L**** | 91.786 | 2 | 45.893 | 390.476 | 0.000* |
| ***a**** | 3.286 | 2 | 1.643 | 130.702 | 0.000* |
| ***b**** | 402.821 | 2 | 201.410 | 3101.769 | 0.000* |
| ***C**** | 379.310 | 2 | 189.655 | 2882.329 | 0.000* |
| ***h*°** | 216.379 | 2 | 108.189 | 1359.833 | 0.000* |
| **⊥20° parlaklık** | 0.216 | 2 | 0.108 | 52.071 | 0.000* |
| **⊥60° parlaklık** | 14.803 | 2 | 7.401 | 120.674 | 0.000* |
| **⊥85° parlaklık** | 195.571 | 2 | 97.785 | 1564.102 | 0.000* |
| **∥20° parlaklık** | 1.184 | 2 | 0.592 | 153.692 | 0.000* |
| **∥60° parlaklık** | 26.408 | 2 | 13.204 | 166.282 | 0.000* |
| **∥85° parlaklık** | 337.848 | 2 | 168.924 | 6334.650 | 0.000* |
| ***WI** (⊥)* | 704.403 | 2 | 352.201 | 814.722 | 0.000* |
| ***WI** (∥)* | 1573.208 | 2 | 786.604 | 4004.206 | 0.000* |
| ***: Anlamlı** | | | | | |

Toplam renk farklılıkları için sonuçlar Çizelge 4'de gösterilmektedir. Hazırlanmış olan bütün çözeltiler ile Δ*a** (referansa göre daha yeşil) değerleri ve Δ*L** (referansa göre daha koyu) değerleri negatif olarak bulunmuştur. Δ*E** değerleri üzüm sirkesi + karbonat için 9.22 ve beyaz sirke + karbonat için 7.90 olarak elde edilmiştir. Δ*C** (referansa göre daha net, daha parlak) değerleri ve Δ*b** (referansa göre daha sarı) değerleri ise pozitif olarak tespit edilmiştir. Renk değiştirme kriteri (DIN 5033, 1979) ile kıyaslandığında üzüm sirkesi + karbonat ile alıç sirkesi + karbonat çözeltilerinin "güçlü (6.00 ila 12.00)" kriterine denk gelen sonucu verdiği görülmüştür (Çizelge 4).

Çizelge 4. Toplam renk farklılıkları için sonuçlar [sirke (A): üzüm, sirke (B): alıç]

| Çözelti Türü | Δ*L** | Δ*a** | Δ*b** | Δ*C** | Δ*H** | Δ*E** | Renk kriteri (DIN 5033, 1979) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sirke (A) + karbonat** | -3.77 | -0.80 | 8.37 | 8.13 | 2.17 | 9.22 | Güçlü (6.00 ila 12.00) |
| **Sirke (B) + karbonat** | -3.65 | -0.53 | 6.99 | 6.78 | 1.77 | 7.90 | |

Renk parametreleri için ölçüm sonuçlar Çizelge 5'de sunulmuştur.

Çizelge 5. Renk parametreleri için ölçüm sonuçlar

| Test | Çözelti Türü | Ortalama | Değişim (%) | Homojenlik Grubu | Minimum | Maksimum | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***h*°** | **Kontrol** | 77.03 | - | C** | 76.63 | 77.46 | 0.26 | 0.34 |
| | **Sirke (A) + karbonat** | 83.18 | ↑7.98 | A* | 82.68 | 83.49 | 0.26 | 0.31 |
| | **Sirke (B) + karbonat** | 82.12 | ↑6.61 | B | 81.68 | 82.56 | 0.32 | 0.39 |
| ***b**** | **Kontrol** | 16.23 | - | C** | 15.79 | 16.77 | 0.34 | 2.11 |
| | **Sirke (A) + karbonat** | 24.60 | ↑51.57 | A* | 24.50 | 24.88 | 0.12 | 0.49 |
| | **Sirke (B) + karbonat** | 23.22 | ↑43.07 | B | 22.66 | 23.47 | 0.25 | 1.08 |
| ***a**** | **Kontrol** | 3.74 | - | A* | 3.58 | 3.89 | 0.10 | 2.80 |
| | **Sirke (A) + karbonat** | 2.94 | ↓21.39 | C** | 2.80 | 3.15 | 0.11 | 3.65 |
| | **Sirke (B) + karbonat** | 3.21 | ↓14.17 | B | 3.03 | 3.38 | 0.12 | 3.86 |
| ***C**** | **Kontrol** | 16.66 | - | C** | 16.21 | 17.22 | 0.35 | 2.11 |
| | **Sirke (A) + karbonat** | 24.78 | ↑48.74 | A* | 24.68 | 25.05 | 0.12 | 0.48 |
| | **Sirke (B) + karbonat** | 23.44 | ↑40.70 | B | 22.89 | 23.71 | 0.24 | 1.04 |
| ***L**** | **Kontrol** | 80.66 | - | A* | 79.98 | 81.35 | 0.47 | 0.58 |
| | **Sirke (A) + karbonat** | 76.89 | ↓4.67 | B** | 76.59 | 77.16 | 0.20 | 0.25 |
| | **Sirke (B) + karbonat** | 77.02 | ↓4.51 | B | 76.55 | 77.46 | 0.31 | 0.40 |
| **Sirke (A): Üzüm, Sirke (B): Alıç, *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç, Ölçüm Sayısı: 10** | | | | | | | | |

*L** değerinde en yüksek sonuçlar kontrol örneğinde (80.66) bulunmuştur. *L** parametresinde her iki çözelti uygulaması ile azalışlar (üzüm sirke + karbonat çözeltisinde %4.67 ve alıç sirke + karbonat çözeltisinde %4.51) bulunmuştur. Bu parametrede en düşük sonuç ise üzüm sirke + karbonat karışımına ait çözelti ile 76.89 olarak belirlenmiştir (Çizelge 5).

*a** değerlerinde her iki çözelti uygulaması tarafından azalışlar (üzüm sirke + karbonat çözeltisinde %21.39 ve alıç sirke + karbonat çözeltisinde %14.17) belirlenmiştir. *a** değerinde en yüksek sonuçlar kontrol örneğinde (80.66) elde edilmiştir. Bu parametrede en düşük sonuç ise üzüm sirke + karbonat karışımına ait çözelti ile 2.94 olarak bulunmuştur (Çizelge 5).

*b** değerinde en düşük sonuçlar kontrol örneğinde (16.23) görülmüştür. *b** parametresinde her iki çözelti uygulaması ile artışlar (üzüm sirke + karbonat çözeltisinde %51.57 ve alıç sirke + karbonat çözeltisinde %43.07) tespit edilmiştir. Bu parametrede en yüksek sonuç ise üzüm sirke + karbonat karışımına ait çözelti ile 24.60 olarak bulunmuştur (Çizelge 5).

*C** değerlerinde her iki çözelti uygulaması tarafından artışlar (üzüm sirke + karbonat çözeltisinde %48.74 ve alıç sirke + karbonat çözeltisinde %40.70) görülmüştür. *C** değerinde en düşük sonuçlar kontrol örneğinde (16.66) görülmüştür. Bu parametrede en yüksek sonuç ise üzüm sirke + karbonat karışımına ait çözelti (24.78) ile belirlenmiştir (Çizelge 5).

$h^o$ parametresinde en düşük sonuçlar kontrol örneğinde (77.03) belirlenmiştir. $h^o$ parametresinde her iki çözelti uygulaması tarafından artışlar (üzüm sirke + karbonat çözeltisinde %7.98 ve alıç sirke + karbonat çözeltisinde %6.61) elde edilmiştir. En yüksek sonuç bu parametrede üzüm sirke + karbonat karışımına ait çözeltinin ahşaba uygulanması ile (83.18) tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Parlaklık değerlerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Bütün yönlerde ve derecelerdeki parlaklık testlerinde azalışlar elde edilmiştir. En yüksek sonuçlar kontrol deney örneklerinde ($\perp 20^o$ için 0.88, $\perp 60^o$ için 3.70, $\perp 85^o$ için 5.70, $\parallel 20^o$ için 1.20, $\parallel 60^o$ için 5.14, $\parallel 85^o$ için 8.98) tespit edilmiştir. En yüksek azalış oranları 85 derecede her iki yöndeki parlaklık ölçümlerinde bulunmuştur (Çizelge 6).

Çizelge 6. Parlaklık değerleri için sonuçlar

| Test | Çözelti Türü | Ortalama | Değişim (%) | Homojenlik Grubu | Minimum | Maksimum | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\perp 20^o$ | Kontrol | 0.88 | - | A* | 0.80 | 1.00 | 0.08 | 8.96 |
| | Sirke (A) + karbonat | 0.70 | ↓20.45 | B** | 0.70 | 0.70 | 0.00 | 0.00 |
| | Sirke (B) + karbonat | 0.70 | ↓20.45 | B** | 0.70 | 0.70 | 0.00 | 0.00 |
| $\parallel 20^o$ | Kontrol | 1.20 | - | A* | 1.20 | 1.20 | 0.00 | 0.00 |
| | Sirke (A) + karbonat | 0.80 | ↓33.33 | B | 0.70 | 0.90 | 0.09 | 11.79 |
| | Sirke (B) + karbonat | 0.76 | ↓36.67 | B** | 0.70 | 0.80 | 0.05 | 6.79 |
| $\perp 60^o$ | Kontrol | 3.70 | - | A* | 3.10 | 4.20 | 0.42 | 11.25 |
| | Sirke (A) + karbonat | 2.20 | ↓40.54 | B** | 2.20 | 2.20 | 0.00 | 0.00 |
| | Sirke (B) + karbonat | 2.22 | ↓40.00 | B | 2.10 | 2.40 | 0.10 | 4.65 |
| $\parallel 60^o$ | Kontrol | 5.14 | - | A* | 4.60 | 5.70 | 0.47 | 9.23 |
| | Sirke (A) + karbonat | 3.42 | ↓33.46 | B | 3.30 | 3.50 | 0.08 | 2.31 |
| | Sirke (B) + karbonat | 2.96 | ↓42.41 | C** | 2.90 | 3.10 | 0.08 | 2.85 |
| $\perp 85^o$ | Kontrol | 5.70 | - | A* | 5.20 | 6.20 | 0.41 | 7.21 |
| | Sirke (A) + karbonat | 0.44 | ↓92.28 | B | 0.30 | 0.60 | 0.11 | 24.43 |
| | Sirke (B) + karbonat | 0.14 | ↓97.54 | C** | 0.10 | 0.30 | 0.08 | 60.23 |
| $\parallel 85^o$ | Kontrol | 8.98 | - | A* | 8.70 | 9.30 | 0.24 | 2.72 |
| | Sirke (A) + karbonat | 2.50 | ↓72.16 | B | 2.50 | 2.50 | 0.00 | 0.00 |
| | Sirke (B) + karbonat | 1.36 | ↓84.86 | C** | 1.10 | 1.50 | 0.14 | 10.51 |
| Sirke (A): Üzüm, Sirke (B): Alıç, *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç, Ölçüm Sayısı: 10 | | | | | | | | |

Beyazlık indeksi (*WI**) değerleri için sonuçlar Çizelge 7'de gösterilmiştir. Her iki yöndeki *WI** değerlerinde çözeltiler ile azalışlar (*WI** $\perp$ için üzüm sirke + karbonat çözeltisinde %22.47 ve alıç sirke + karbonat çözeltisinde %23.59 ile *WI** $\parallel$ için üzüm sirke + karbonat çözeltisinde %42.09 ve alıç sirke + karbonat çözeltisinde %25.27) elde edilmiştir. En yüksek sonuçlar kontrol örneklerinde (*WI** $\perp$ için 44.60 ve *WI** $\parallel$ için %41.86) bulunmuştur (Çizelge 7).

Çizelge 7. Beyazlık indeksi (*WI**) değerleri için sonuçlar

| Test | Çözelti Türü | Ortalama | Değişim (%) | Homojenlik Grubu | Minimum | Maksimum | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *WI** $\parallel$ | Kontrol | 41.86 | - | A* | 41.00 | 42.70 | 0.63 | 1.50 |
| | Sirke (A) + karbonat | 24.24 | ↓42.09 | C** | 24.10 | 24.40 | 0.13 | 0.52 |
| | Sirke (B) + karbonat | 31.28 | ↓25.27 | B | 30.80 | 31.90 | 0.42 | 1.35 |
| *WI** $\perp$ | Kontrol | 44.60 | - | A* | 43.20 | 45.90 | 1.00 | 2.24 |
| | Sirke (A) + karbonat | 34.58 | ↓22.47 | B | 34.20 | 35.10 | 0.37 | 1.08 |
| | Sirke (B) + karbonat | 34.08 | ↓23.59 | B** | 33.50 | 34.50 | 0.40 | 1.18 |
| Sirke (A): Üzüm, Sirke (B): Alıç, *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç, Ölçüm Sayısı: 10 | | | | | | | | |

## 4. Sonuçlar ve Öneriler

Çalışmada kullanılan ahşaba ait optik özelliklerinin renk değiştirme amaçlı kullanılan çözeltiler ile değiştiği tespit edilmiştir. Çözeltilerin uygulandığı ve uygulanmadığı deney örnekleri

üzerinde yaşlandırma testlerinin yapılması ve farklı vernik türlerinin uygulanması önerilmektedir.

## Kaynaklar

Anonim, (1975). U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Soil Survey staff, coord. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 436. Washington, DC. 754 p.

ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.

ASTM E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.

Bosshard, H.H., (1953). Brown heart of ash: microscopic examination of wood that has been transformed into heartwood, Holz Roh- u. Werkstoff, 11(9): 349-353.

DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.

Huxley, A., (1992). The New RHS Dictionary of Gardening. MacMillan Press. ISBN: 0-333-47494-5.

ISO 2813, (1994). Paints and varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.

Kerr, G., (1998). A review of black heart of ash (*Fraxinus excelsior* L.). Forestry: An International Journal of Forest Research, 71(1): 49-56.

Lange, D.R., (1999). Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.

Lauriault, J., (1989). Identification Guide to the Trees of Canada Fitzhenry and Whiteside, Ontario. ISBN: 0889025649.

Nesom, G., (2000). White ash: *Fraxinus americana* L. In: Plants Database. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.

Şahin, S., Unsal, O., Guler, C., Gurleyen, T., Gurleyen, L., and Ayata, U., (2017). Effects of heat treatment (ThermoWood) on the thermal conductivity properties of white poplar, American ash and white willow types, 13th International IUFRO Wood Drying, September 13-15, Istanbul, Turkey, 183-187.

Schlesinger, R.C., (1990). *Fraxinus americana* L. White ash. In: Burns, R. M., Honkala, B.H., (Tech Coords), Silvics of North America, Vol. 2, Hardwoods, USDA Forest Service, Agric Handbook 654, Washington, DC; pp 333-338.

Vines, J.A., (1960). Trees, shrubs, and woody vines of the Southwest. Austin, TX: University of Texas Press. 1104 p.

Wright, J.W., (1965). White ash (*Fraxinus americana* L.), revised. In Silvics of forest trees of the United States. p. 191-196. H. A. Fowells, comp. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 271. Washington, DC.

# PEDESTRIAN AND NAMED STREETS IN THE URBAN LANDSCAPE

**Esra İSMAİLİ[1], Feran AŞUR[2]**

[1]Van Yüzüncü Yıl University, Institute of Science and Technology, Department of Landscape Architecture, ORCID ID: 0009-0000-6915-9579, ismailiesra7@gmail.com
[2] Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Architecture and Design, Department of Landscape Architecture, ORCID ID: 0000-0001-9480-5536, feranekasur@gmail.com

## ABSTRACT

Avenues, streets, sidewalks, parks, sports facilities, shopping malls and squares are among the types of public spaces. Public spaces are important landscape pieces that are accessible to all city dwellers and pave the way for the formation of a common social life. In addition, under intense urbanization, these areas provide psychological relief by providing people with fresh air and the opportunity to interact with the natural environment. Streets, which are public spaces, are places where people interact and communicate, meet their daily needs and participate in activities. By arranging the street and avenue names in the city in a way that informs the public, gives the city its identity and creates social memory, it helps to ensure intergenerational communication and understanding, preserve the city's memory and emphasize all the characteristics of the city with rich identity components. This paper focuses on the importance of public space and quality criteria, the concept of street, pedestrianization and its contributions to the city, social memory and place names.

**Keywords:** pedestrianization, public space, urban landscape.

## INTRODUCTION

In different cities, people use squares, streets and avenues as living spaces for various purposes. Spatial quality is directly related to the extent to which the different needs of individuals living in the city are met, what the space is suitable for and how it directs the behavior of users in this sense (Demir Kahraman, 2014). People define the places they like as “safe, attractive, fun or friendly”. Such adjectives define intangible/non-physical qualitative aspects and such qualities are measured numerically in various ways using statistics or by conducting research. The measurable physical characteristics of a space or place and the characteristics perceived by users who experience the space are a complex whole (Gülersoy et al., 2005).

Public spaces are spaces that are organized for the benefit of society, that include common living spaces and important landscapes that everyone can access. These areas play an important role in ensuring the structural balance of the city and regulating the interaction between people and the city. These planned or naturally formed spaces constitute an important landscape of the general structure of the city. For example, sidewalks, streets, avenues, parks, sports facilities, shopping malls and squares are among the types of public spaces (karayilmazlar et al., 2018).

## Public Space

Public space concepts, which have roots dating back to Ancient Greece, have changed according to the historical and technical conditions of each period and have taken shape in a wide range from agoras to halls, from coffeehouses to church congregations (Odabaş, 2018). Public spaces, in their simplest definition, are the most important urban spaces that are accessible to all city dwellers, pave the way for the formation of a common social life and create a city. The social, economic, cultural and spatial diversity of a city is directly related to the diversity of its public spaces (Çelik, 2016). The most basic function of public spaces is to allow people who come together between buildings to communicate and socialize with each other. This process creates a social structure that creates a common identity. This structure includes elements where children play, celebrations are held, conversations are held, collective events are organized and passive interactions are experienced (Gülen, 2006; cited in Karayılmazlar et al., 2018). Public spaces, which constitute important parts of the urban landscape in terms of functionality and aesthetics, are important spaces used for some social activities or for recreation, and serve as a buffer between different parts of the city. Especially in places where dense urbanization is experienced, these areas are landscapes that offer people the opportunity to benefit from daylight, clean air and the psychological comfort provided by the natural environment. In addition, they are of great importance for the ecosystem of the city by creating wind corridors and spaces necessary to provide air flow (Kandemir, 2010; cited in karayılmazlar et al., 2018).

## Quality Criteria in Public Spaces

The quality of public spaces indicates the identity of the city, the level of life in the city and the spatial quality of the city. At this point, the success and quality of public spaces enable people to socialize, improve their physical and mental health and increase their quality of life (Yiğit, 2024). Many studies have been conducted by researchers on the criteria affecting the quality of public spaces and various criteria have been determined to measure spatial quality. These are: Accessibility, Connectedness, Mobility, Comfort, Rest, Convenience, Diversity, Identity, Integrity and Meaning, Protection, Comfort and Pleasure, Security, Functional Quality, Aesthetic Quality, Economic Quality, Technical Quality, Meeting the Need, Sociability, Comfort and Loyalty to Local Identity (Carr et al., 1992, Kevin Lynch, 1960, Hillier and Hanson, 1984, Gehl, 2013, Uzgören and Erdönmez 2016).

These criteria are the features determined to increase user satisfaction and improve functionality of public spaces. When the determined criteria are examined, the common point of all of them is that public spaces can meet the needs of users in order to be of high quality and successful. First of all, they should be safe, comfortable, where people can move easily, where there are various activities, where there is a social interaction and communication environment, where people from all walks of life benefit, and accessible. In this direction, it is necessary to design the landscape, equipment elements, buildings and urban spaces as a whole in accordance with the human scale and needs, in accordance with the historical identity and climatic conditions.

In this way, the level of satisfaction of users will increase and public spaces will become more attractive and healthy places (Yiğit, 2024).

**The Concept of Street as Public Space**

Jane Jacobs (1961) stated the importance of streets in the city with the words "When you think of a city, what comes to mind? Its streets. If the streets of a city look interesting, that city looks interesting and attractive; if they look ordinary and boring, that city is boring." When the historical development of civilizations is examined, it is understood that the most important scenes of public life are streets and squares. In ancient times, these areas functioned as dynamic gathering centers where people came together and various social, cultural and commercial activities were held (Aru, 1965; Zabun, 2019). Streets and avenues in cities form important landscapes that bring individuals together and encourage their interactions. These areas allow people to have common experiences (both positive and negative) and exhibit constantly repeated behaviors. At the same time, these spaces produce memories and meanings (Çakı, 2017).

Streets and avenues, which are also important in terms of landscape value, are areas where culture and social memory are maintained. The most obvious examples of this are the names of figures such as national heroes, important artists, scientists, politicians or notable events being commemorated in these ways. In addition, streets and avenues are important spaces where social reactions, demands and wills are expressed (Çakı, 2017). According to Rudofsky (1969), streets are defined as linear spaces used for physical communication, accommodating all kinds of traffic, and limited by any built or unbuilt form and building facades (Patel and Shastri, 2013). Lynch (1960), on the other hand, based on image and perception, looked at the physical dimension of the street and saw streets as the orbit on which people move and argued that people observe the city and establish the part-whole relationship by perceiving the environment through these paths (Özbaba, 2019). Whyte (1988) defined streets as a river where people come together and urban life flows (Whyte, 1988). Appleyard (1981) defined streets as green, attractive, peaceful, a place where close relationships are established, a place for play and learning, a community, a historical and livable healthy environment (Appleyard, 1981).

The functional and spatial importance of the street is great due to the features it contains. It plays an important role in the social, cultural and democratic life of the city (Döllük, 2005). Streets are urban traces on which people move by vehicle or on foot and are the most important basic element of the urban texture. They provide mobility to the city and its citizens between the urban blocks and serve as a connector between various functional areas (Aydemir et al., 2004).

Gehl stated that the activities taking place on the streets determine the functions of the street and mentions three different activities (Gehl, 2011):

- Mandatory activities (going to work or school, shopping, waiting, etc.)

- Preferred activities (walking, sitting, resting, sunbathing, etc.)

- Social activities (social activities, greeting, playing, etc.)

Streets traditionally have 3 different functions in urban space. These are; being a circulation route, being a public space, and being the interface of the built environment (Marshall, 2005). Streets are multifunctional public spaces that provide containment and activity opportunities. Their main functions are:

- Circulation for vehicles and pedestrians

- Access to buildings and provision of light and ventilation for buildings

- Infrastructure space for public services (such as electricity, water, natural gas)

- Parking area; especially for vehicles

- Spaces that provide human interaction and socialization, including everything from parades to chance encounters (CABE, 2002).

Streets are dynamic spaces that adapt over time to support environmental sustainability, public health, economic activities, and socio-cultural values (Global Designing Cities Initiative, NACTO, 2016). Streets directly affect urban health and quality of life from an ecological perspective. Using non-motorized vehicles such as walking and cycling makes significant contributions to environmental health and combating climate change through reduced carbon emissions. Using non-motorized vehicles contributes to making streets more lively and active. Streets that prioritize pedestrians and bicycle-based travel modes will help improve air quality. In addition, streets have various benefits that protect environmental health, such as drainage systems, flood control, and efficient wastewater recycling (Alkılınç, 2022).

**Pedestrian**

A pedestrian is a person who walks from one place to another (demir, 2008). A person who walks or runs to reach their destination without using any vehicle is defined as a "person who travels by walking" or "a person who travels by both running and walking" (Zabun, 2019). The Netherlands and Germany pioneered the arrangements of pedestrian zones. The first pedestrian zone was built in Essen, West Germany, in 1962 (Rubenstein, 1992).

Studies on the subject in Turkey began with student applications at the Department of Urbanism, Faculty of Architecture, Istanbul Technical University. In 1963-1964, the separation of the traffic lane and its immediate surroundings between Galatasaray and Taksim in the Beyoğlu district of Istanbul for pedestrian transportation was considered and planned within the framework of student applications (Aru, 1965). Physical and social quality in pedestrian zones are interrelated. This feature and quality contribute to the increase in the standard of living of the public and ensure dialogue between people. Pedestrian areas, which provide benefits such as enriching the urban landscape, directing transportation, reducing traffic, preserving historical values, and reducing air pollution, are becoming a necessity for urban people who are squeezed into concrete jungles day by day (Kırzıoğlu and Şişman, 2002).

**Pedestrianization**

The growth of cities, increased access to city centers, and the development of transportation methods have led to the emergence of various environmental problems. In order to solve these problems, local governments have turned to various practices. For example, reducing parking usage times, allocating some roads only to public transportation vehicles, and creating pedestrian paths are some of these practices. The common goal of all these measures is to reduce the use of private cars in the city center (Kılınçaslan et al., 1991; Çalışkan, 2011).

Walking, which provides transition from one point to another in urban areas, is an extremely important public activity for city residents. Ensuring that vehicles and pedestrians move in a way that does not hinder each other is necessary to preserve the liveliness of cities and ensure that transportation occurs smoothly (Travis, 1967; Pehlivan, 2024).

The concept of pedestrianization should not be perceived as areas that are only pedestrian-centered and where vehicles are prohibited. It also includes the design of a transportation system where vehicles circulate in a controlled manner, pedestrian density, movements and activities are carefully observed and human elements are highlighted (Demir, 2008). Today, pedestrianization is considered an urban design and planning process that makes the city more livable. This process aims to create urban open spaces that are isolated from vehicle traffic in areas used intensively by city residents and include various functions that enable pedestrian movements to occur more peacefully and safely (Döllük, 2005).

The reasons for pedestrianization vary depending on the physical and sociological characteristics of each nation and city. However, the general reasons for pedestrianization efforts are as follows:

• Preservation of historical structures and urban fabric,

• Increasing retail sales,

• Renovation of residential areas,

• Beautification of the environment,

• Revitalization of social life (Moudon, 1991; Pehlivan, 2024).

Pedestrianization is a comprehensive process that not only creates pedestrian-oriented areas, but also includes the design of a transportation system where vehicles move in a controlled manner and pedestrian density and activities are observed. Walking in urban areas is an important public activity for city dwellers, and the movement of vehicles in harmony with pedestrians is critical to ensuring the liveliness of cities and the efficiency of transportation. In order to solve the environmental problems that arise with the growth of cities, local governments take various measures such as reducing parking times and creating public transportation routes. While these measures aim to reduce the use of private vehicles, creating

well-planned pedestrian paths and pedestrian zones equipped with modern urban furniture is necessary to increase environmental quality. As a result, pedestrianization is considered as an urban design and planning process that contributes to making cities more livable.

**Contributions of pedestrian zones to the city**

Pedestrian zones are areas designed to reduce the chaos of motor vehicle and pedestrian traffic in cities. These areas are closed to vehicle traffic at certain hours in shopping malls and commercial points, while vehicle traffic is slowed down and directed in residential areas. These urban open spaces, which offer a safe and comfortable movement area for individuals of different age groups, are equipped with many functions. Since they contain more than one pedestrian path, these areas should also be considered as a pedestrian path network (Bayraktar et al., 1987; Karahan et al. 2019).

When planning pedestrian zones, information should be collected and analyzed about the physical, functional, social, environmental and economic factors affecting the development of these areas. One of the most important principles to be considered in planning is that it is directly related to the city's traffic planning and structural arrangements; therefore, urban transportation and structural integrity should be ensured, appropriate location selection and continuity of functionality of the area should be taken into account. In addition, pedestrian areas should be defined with clear boundaries, gain a unique identity and be equipped with public transportation facilities, easy access and sufficient parking areas (Birişçi et al., 2002; Karahan et al. 2019). Pedestrian areas are areas within the city that are partially or completely cleared of motor vehicle traffic and allocated only for pedestrian use. These spaces allow pedestrians to move comfortably and safely, away from the negative effects of vehicle density (Kalafat et al. 2021).

In cities that are becoming increasingly concreted, green areas are gradually being destroyed by people. These green areas, which have been noticeably lacking over time, offer a breathing space for both the city and the people, especially when re-planned and implemented in pedestrian areas in city centers. City centers, which gain value in terms of landscape with the addition of green areas, become centers of attraction for people (Zabun, 2019).

Removing motor vehicles from the area ensures that the air in the environment is cleaned by eliminating the exhaust gases released by the vehicles, thus creating a higher quality appearance; air pollution also decreases. In addition, the noise pollution caused by the vehicles is also eliminated. Thanks to the plant materials added to the area, oxygen release increases, which improves the quality of breathing (Zabun, 2019).

Pedestrian areas allow individuals of all ages, genders, social classes and physical characteristics to come together, communicate, and exchange information and culture. This situation makes significant contributions to the development of society and social relations (Kuntay, 2008; Zabun, 2019).

Pedestrian zones increase pedestrian access in urban areas, restrict the passage of private vehicles and encourage the prioritization of public transportation. Providing public transportation to city centers and facilitating pedestrian access in these areas saves on transportation costs. Equipping all city roads with infrastructure suitable for motor vehicles is quite expensive. Since the construction and maintenance costs of pedestrian paths are lower than highways, the creation of pedestrian zones contributes to the reduction of overall costs. In addition, road widening and demolition-construction costs are also reduced thanks to pedestrianization (Kuntay, 2008; Zabun, 2019). Buildings and urban elements stand out clearly in pedestrianized areas. The ability of pedestrians to walk safely maintains the dynamism of these areas. The reduction of vehicle traffic and crowds allows pedestrians to move more comfortably and to better understand the environment. Over time, pedestrianized areas develop a unique character and become more perceptible to people. These areas, which are constantly visited, become important landscapes that represent the visible face of the city (Zabun, 2019).

**Naming**

Naming is an action with a deep-rooted history. Society names various objects in its environment in its own language and associates them with geographical space. This process allows places or objects to gain an identity (Aliağaoğlu and Uzun, 2011; Aytaç, 2016).

Naming, as a cultural phenomenon, is a linguistic action that expresses the world of the individual and society. In this context, place names are accepted and adopted to the extent that they reflect the worldview, experiences and beliefs of the society (Arslan et al., 2020).

Since the emergence of the first settlements, cities, squares and streets have been named as a reflection of the cultural and social lives of societies. The acceleration of urbanization with the industrial revolution led to the naming of not only the names of squares and streets in cities, but also the names of buildings. The historical experiences and cultural elements of societies have always kept social consciousness alive in the naming processes and prevented the past from being forgotten. In this process, the influence of governments has gradually increased as well as the lifestyles of societies. Every naming has always played an important role, as it not only creates the identity of the city but also shapes the social memory (Korkmaz, 2023).

Naming is an action carried out throughout history to give identity to objects and people. Naming streets and avenues plays an important role in shaping the identity of the city and social memory. Place names also emerge as a reflection of struggles over political and social identity; this situation can be evaluated as a reaction against the existing order or an effort to reproduce it. In other words, place names are tools used to strengthen the identity of a place (Anonymous, 2015).

Place names are names formed by natural, cultural and socio-cultural influences and they arouse interest in people. A name is a word used to define an object; naming is giving a name to a place or thing. Plato emphasized the importance of toponymy by saying, "An object that loses its name also loses its essence." Place names help us make sense of our surroundings and enable us to integrate with the place we live in. Therefore, it is necessary to approach place names as valuable sources of information (Yavuz et al., 2013).

One of the most effective ways to understand a city is to examine its naming. These namings allow us to discover the city's past important turning points, current policies, events that have a place in its memory, and elements that contribute to its identity (Ayataç and Turhan, 2018). In pre-modern cities, place names appear as descriptive elements that indicate direction or quality and define the ethnicity, religion, or commercial activities of users. From the late 18th century onwards, in addition to numerical and alphabetic naming, a naming system was developed in urban areas to commemorate and respect these events by using elements such as historical events, important people, and concepts (David, 2013; arslan et al. 2020).

Naming is a meaningful process that reflects the history, culture, and values of a society. People give identity to places and objects in their environment by naming them, and thus establish a strong bond with places. Place names are not only geographical signs, but also cultural elements that carry the social memories, experiences, and belief systems of societies. In this process, historical events, social identities and political tendencies of the period also play a role. Naming allows individuals to make sense of the environment they live in, while at the same time creating a connection with the past and creating a legacy to be passed on to the future. Therefore, naming represents not only the physical existence of places but also a tool that shapes social memory.

**Naming/ Social Memory and Place Names**

In the urbanization process, street names, like other symbols, carry a symbolic meaning. Street names are the visible meaning of urban space. Reading the formation and change of the city is done through the names of the streets as well as the physical texture of the city.

Street names are not universal, they are a cultural component that differentiates a city (Ferguson, 1988). Indeed, they do not only define the identity of the place and the address of the location, but also reveal the social and cultural identity of the place. Street names provide a simultaneous and diachronic reading as a functional, historical, cultural and structural sign.

Sokak isimlerinin mevcut durumu ve değişimiyle ilgili olan literatür genellikle kolektif bellek ve toplumsal algı ile etkileşimine odaklanmaktadır. İlişkili olarak geçmiş ile günümüz arasındaki adreslendirmenin değişim ve dönüşümünü sorgulamaktadır.
Oysa sokak adlandırmalarının mekânın morfolojik örüntüsü ile ilişkisini değerlendiren çalışmalar azınlıktadır. Nora'nın vurguladığı gibi, giderek daha fazla araştırmacı, arşivleme ve unutma korkusu nedeniyle belgeleri toplayarak "bellek depolama" yaratmaktan sorumludur. Diğer yandan Panerai kentsel doku analizini kent içinde var olan bütünlerin kimliklendirilerek, bütünler arasındaki ilişki ve mantığın araştırılması olarak tanımlar. (Ayataç ve Turhan, 2018)
Kentsel dokunun ise var olma nedeni dokuyu oluşturan ada / yol sistemidir. Bu bağlantılar dinamiktir ve kolektif belleğin oluşumu ve değişiminde etkilidir. Sokaklar, yapı adaları, parseller, binalar kentsel morfoloji çalışmalarında belirleyici mekânsal elemanlar olarak değerlendirilmektedir (Marshall, 2005; Ayataç ve Turhan, 2018)
Yer isimleri, tarihsel olarak önemli olanı ya da kamusal olarak hatırlanmaya uygun olanı tanımlayan bir toplumsal hafıza politikası olarak kullanılmaktadır. Hem tarihsel referanslar hem

de mekânsal yönlendirmeler olarak kentsel toponimlerin kapasiteleri kültür, tarih, siyasi gündem ve mekânın bütünleşmesini sağlamaktadır (Azaryahu, 1996).

There is a need to discuss the process of place names used in the legitimization of the power of the dominant ideology and government in urban space (Azaryahu, 1996; Alderman, 2003; 2015), the construction of national identities by being included in a common national narrative and official history writing (Azaryahu, 1996; Yeoh, 1996, Light and Young, 2014), and the construction of social reality and perception (Azaryahu, 1996), and their transformation into an ideological tool that manipulates social memory by affecting the choices between remembering and forgetting. Toponymy studies have mostly focused on the names of streets and avenues. However, in twenty-first century cities with changing subjects, studies that evaluate the names of iconic places such as plazas or residences together with street names, and that aim to interpret the relationship between social memory and place names from a broader perspective are insufficient, especially in the Turkish literature. The named place is included in the language, culture and therefore memory of the society with its defined meaning and is transferred to future generations through its name. For this reason, the names that carry the meaning in the place, namely toponyms, are considered as the memory of the place. Place names are the memory of the relationships that the society establishes in the place and with the place; subjective and social experiences, acquisitions or associations. In addition to being included in the city as a symbolic spatial orientation, they affect the choices between remembering and forgetting, thus legitimizing a certain past image and naturally ensuring its inclusion in the city (Azaryahu, 1996). According to Auge (1997), there are some places that can only exist if there are words that remind and image them. Chain establishments such as Hilton or Starbucks are designed to give a sense of familiarity, but since the meaning relationship that evokes familiarity is independent of the place and society, they are non-places even though they contain the sense of belonging of the modern world. The places added to cities in the twenty-first century; It has been created with the idea that users and social structure will be temporary by establishing limited connections with its environment, locality of the society and history or by completely ignoring the past. In this context, constructions and destructions that require each other no longer accept the existing as a reference and do not even worry about shaping the spaces to which it is added with its own meaning and identity; because it never guarantees its permanence. The relationship of depicting meaning through names is reversed; place names that take references not from the geography, local culture and history but from a completely different location in the world are added to the urban text, and the meaning is established with texts presented to the individual and society. Thus, while names are added to the urban space with their own images and meanings, they also cause the manipulation of social memory. In short, place names give meaning to the space with the references they receive from official history, local culture or the geography they are located in, and they encode social memory into the space (Türkoğlu et al., 2018).

## CONCLUSION

Streets, which are public spaces, have been the center of public life, mobility and sharing throughout history. Streets have been shaped according to the lifestyles of societies from ancient

times to the present and have undergone a major change with the industrial revolution. Streets, which are pedestrian-first, have been forced to share with urbanization and increasing vehicle traffic. With the developing technology and increasing urbanization in the last century, cities have been experiencing unearned income and developing in an uncontrolled manner. Therefore, the public space feature of streets is ignored.

Organizing the street and avenue names in the city in a way that will inform the public, give the city an identity and create social memory helps to ensure communication and understanding between generations, preserve the city's memory and emphasize all the characteristics of the city with rich identity components. Place names have become one of the basic tools of urban design as spatial codes of collective and individual experiences of the common past, social memory that takes reference from official history and local culture. In this context, restructuring the streets and making them pedestrian-oriented will contribute to the development of cities both aesthetically and functionally. Increasing pedestrian areas will strengthen social interaction, allowing people to come together and strengthen social ties. In addition, this process will contribute to environmental sustainability, improving air quality and making cities more livable. As a result, protecting and developing public spaces is critical to strengthening urban identity. Correctly determining place names and arranging these names in a way that reflects social memory offers a great opportunity for future generations to make sense of these areas. It should not be forgotten that urban spaces are not only physical entities, but also carriers of social memory and identity. Therefore, the design and management of public spaces should be carried out by taking all these elements into consideration.

## REFERENCES

Alderman, D. (2015). Naming streets, doing justce? Politcs of remembering, forgetng, and fnding surrogates for African American slavery heritage. S.Choo (Ed.), Geographical Names as Cultural Heritage, 193-228.

Alkılınç, R. (2022). Kahramanmaraş Kenti Örneğinde Çocuk Dostu Sokak Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* Kahramanmaraş.

Anonim (2015) https://polen.itu.edu.tr/items/ba09264e-ad1d-48ad-a827-3c7f023cf60d

Appleyard, D. (1981). Livable Streets, *San Francisco: University of California Press.*

Arslan S. & Uludağ Z. (2020). Dilde mekânı (yeniden) kurgulamak: yer isimleri, kolektif bellek ve ideoloji. *İdeal Kent Kent Araştırmaları Dergisi 31/11*

Aru, Kemal A. (1965). "Yayalar ve Taşıtlar, Şehir Dokusundaki Yeni Ulaştırma Düzenleri" Ġ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Yayını, İstanbul.

Auge, M. (1997). Yok-Yer (T. Ilgaz, Çev.). İstanbul: Kesit Yayıncılık.

Ayataç, H., & Turhan, T. Z. (2018). Sokak İsimlerinin Kent Morfolojisindeki Değişimle İlgisi; İstanbul Kıyı Meydanları İçin Bir Karşılaştırma.". *Türkiye Kentsel Morfoloji Ağı II. Kentsel Morfoloji Sempozyumu Bildiri Kitabı*, 987-1003.

Aydemir, Ş., Erkonak Aydemir, S., Beyazlı, D., Ökten, N., Öksüz, A.M., Sancar, C., & Aydın Türk, Y. (2004). *Kentsel Alanların Planlanması ve Tasarımı*. Trabzon: Akademi Kitabevi.

Azaryahu, M. (1996). The power of commemorative street names. *Environment and planning D: Society and Space*, *14*(3), 311-330.

Bayraktar, A., Aslanboğa, İ., Özkan, B., Güney, A., Türkyılmaz, B. (1987). İzmir kenti içinde halkın açık alan gereksinimini karşılamak amacı ile bazı yol ve meydanların taşıt trafiğinden arındırılması olanakları üzerinde araştırmalar. Ege Üniversitesi Araştırma Fonu Proje, (063).

Birişçi Yıldırım, T., Özel, A. E., & Oktay, P. (2002). Yaya Bölgeleri Planlama Ve Tasarımı: Çanakkale Çarşı Caddesi Yaya Yolu Örneğinde. *Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi'nde Sunulan Bildiri, Gazi Üniversitesi, Ankara*.

Brambilla, R. ve Longo, G. (1977). For Pedestrians Only: Planning, Design, and Management of Traffic-Free Zones. Watson-Guptill.

CABE (2002). Paving the Way-How to Achieve Clean, Safe and Attractive Streets, Thomas Telford Ltd for the Office of Deputy Prime Minister.

Carr, S., Francis, M., Rivlin, L.G., & Stone, A.S. (1992). Public space. *New York: Cambridge University Press,* USA, 400pp.

Çakı, F. (2017). Aidiyet ve Mekân Olarak Sokaklar: Balıkesir Örnek Olayı Çerçevesinde Bir Tipoloji Önerisi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *5*(10-11), 25-54.

Çalışkan, M. (2011). Kamu yararı bağlamında kamusal mekanlarda bir yayalaştırma örneği: Eminönü tarihi yarımada (Hobyar mahallesi ve çevresi) yayalaştırma projesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.

Çelik F. (2016). Kentsel mekanda kamusal alan ilişkileri. *TÜBA-KED 14*

Demir, Ü. (2008). Peyzaj Tasarımında Yaya Bölgeleri Antakya Hürriyet Caddesi Yayalaştırma Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Hatay.

Döllük, G. (2005). Yayalaştırılmış Sokakların Kent Peyzajına Katkısı: 58. Bulvar ve İstiklal Caddesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.

Gehl, J. (2011). Life Between Buildings: Using Public Space, *Copenhagen: The Danish Architectural Press.*

Gehl, J., Svarre, B. (2013). How to Study Public Life, *Copenhagen: Island Pres*.

Gülen, M. (2006). Stratejik planlama yaklaşımı çerçevesinde kentsel projeler-kamusal alan ilişkisi: Büyükdere aksı- Levent plazalar alanı örneği, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gülersoy, N.Z., Özsoy, A., Tezer, A., Genli Yiğiter, R., & Günay, Z. (2005). Mevcut Kentsel Dokuda Çevresel Kalitenin İyileştirilmesi, Stratejik Kalite Planlaması Modeli, *İTÜ, Mimarlık Fakültesi.* İstanbul.

Hillier, B., & Aydınözü, J. (1984). The Social Logic of Space, Coğrafya Dergisi.

Jacobs, J. (1961). The Death and Life of Great American Cities, New York, USA: Random House.

Kalafat E. & Yeşil P. (2021). Giresun kenti yaya bölgelerinin kullanıcı Tercihleri doğrultusunda incelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 25/3*

Karahan F. & Canatan E. (2019). Kış kentleri için yaya bölgesi planlama yaklaşımları ve Erzurum kent ölçeğinde fırsatlar. *Ata Planlama ve Tasarım Dergisi 3/2*

Karayılmazlar A.S (2018). Kentlerde kamusal alanların tasarımı ve önemi. *Bartın Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi 9/17.*

Kılınçaslan, T., Kılınçaslan İ. **(**1991). Raylı Taşıt Sistemleri ve İstanbul Ulaşımında Gelişmeler, İstanbul 2. Kent İçi Ulaşım Kongresi, s.38-48, İTÜ, İstanbul.

Kırzıoğlu, I., ve Şişman, E.E. (2002). Erzurum Kent Merkezinde Yaya Bölgesi Olabilecek Kent Mekan Birimlerinin Tespit Edilmesi Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniversitesi Araştırma Fonu, Proje No:98/77, Erzurum.

Light, D., & Young, C. (2014). Habit, memory, and the persistence of socialist-era street names in postsocialist Bucharest, Romania. *Annals of the Association of American Geographers*, *104*(3), 668-685.

Lynch, K. (1960). The Image Of The City. A.B.D.: The Mıt Pres.

Marshall, S. (2005). Streets and Patterns, *Spoon Press.*

Moudon, A. V. (1991). Finding Buildings to Fit Main Street [Housing on Toronto's Main Streets]. *Places*, *7*(2).

NACTO, GDCI. (2016) National Association of City Transportation Officials, & Global Designing Cities Initiative. ‘‘Global Street Design Guide’’. Island Press, ISBN: 978-1-61091-494-9 Erişim Adresi: https://globaldesigningcities.org/publication/global-street-design-guide/

Odabaş U.K. (2018). Tarihsel Süreçte Kamusal Alanın Yapısal Dönüşümü ve Habermas. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergis*i *22/ 2051-2066*

Özbaba, G. (2017). Kamusal Mekân Olarak Sokağın Kullanımının Geliştirilmesinde Mekânsal Kalite Kriterlerinin Önemi: Beşiktaş Ihlamurdere Caddesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* İstanbul.

Patel, T., & Shastri, P. (2013). Street and human activity. *International Journal of Engineering Research & Technology*. 2(3). 695-704.

Pehlivan, G. (2024). Kentsel alanların yayalaştırılması için kriterlerin geliştirilmesi: Sakarya garı ve demiryolu örneği, Doktora Tezi, Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. Düzce.

Rubenstein, H.M. (1992). Pedestrian Malls, Streetscape and Urban Spaces. U.S.A.

Rudofsky, B. (1969). Streets for people: A primer for Americans. *(No Title)*.

Travis, A. S. (1967). Spreiregen, Paul D., “Urban Design”: The Architecture of Towns and Cities (Book Review). Town Planning Review, 38(3), 344-348.

Türkoğlu, S., & Günay, Z. (2018). Toplumsal hafızanın mekansal kodları: Bomonti’de yer isimleri. *Türkiye Kentsel Morfoloji Ağı*, 827-835.

Uzgören, G., & Erdönmez, M.E. (2017). Kamusal açık alanlarda mekân kalitesi ve kentsel mekân aktiviteleri ilişkisi üzerine karşılaştırmalı bir inceleme. Megaron, 12(1):41-56.

Whyte, W. H. (1988). *Central cities' value for business.* https://doi.org/10.1002/ncr.4100770105

Yeoh, S. A. B. (1996). Contesting space: Power relations and the urban built environment in colonial Singapore.

Yiğit, S. (2024). Sağlıklı Kentler Bağlamında Sağlıklı Sokak Kavramının İrdelenmesi: Kastamonu Belediye Caddesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.

Zabun, A.S. (2019). Yaya bölgelerinin kent peyzajına olan katkılarının görsel ve işlevsel bakımdan incelenmesi: Trabzon bulvarı örneği, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş.

# YAPAY ZEKA DESTEKLİ ERGONOMİK OTURMA BİRİMİ TASARIMI, PROTOTİPLEME VE UYGULAMA

# AI-ASSISTED ERGONOMIC SEATING UNIT DESIGN, PROTOTYPING, AND IMPLEMENTATION

**Doç. Dr. Elif SAĞLIK**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,

elifsaglik@comu.edu.tr - 0000-0002-5230-3869

**YL. Öğr. Aslıhan UYGUN**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,

imasliuygun@gmail.com - 0009-0002-0193-4481

## ÖZET

Bu çalışma, yapay zeka destekli tasarım süreçlerini kullanarak ergonomik oturma birimlerinin geliştirilmesini ve bu yaklaşımın üniversite kampüslerinde uygulanabilirliğini araştırmaktadır. Ergonomi, bireylerin fiziksel, zihinsel ve sosyal ihtiyaçlarına uygun ürün ve ortamlar tasarlamayı hedefleyen bir disiplindir. Çalışmanın temel hedefi, yapay zeka teknolojilerinin tasarım süreçlerine entegrasyonu yoluyla ergonomik, maliyet etkin ve sürdürülebilir oturma birimlerinin geliştirilmesini sağlamaktır. Bu bağlamda, kullanıcı gereksinimlerini analiz eden yapay zeka, ergonomik, estetik ve işlevsel tasarım önerileri sunarak malzeme seçimi, bakım kolaylığı ve dayanıklılık gibi detaylarda kapsamlı çözümler geliştirmiştir. Tasarım sürecinde düşük maliyetli ve taşınabilir bir yöntem olarak karton prototipleme tercih edilmiş, bu süreç tasarımların gerçek boyutlarda test edilmesine olanak tanımıştır. Prototiplerin kesim ve montaj aşamaları sonrasında ergonomik testler gerçekleştirilmiş; oturma yüzeyinin konforu, sırt desteği ve dayanıklılık gibi unsurlar detaylı şekilde analiz edilmiştir. Çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi kampüsü özelinde yürütülmüş olup, kampüsün açık ve kapalı alanlarında kullanılabilecek ergonomik ve taşınabilir oturma birimlerinin geliştirilmesine odaklanmıştır. Elde edilen sonuçlar, yapay zeka destekli tasarım süreçlerinin kullanıcı dostu, işlevsel ve yenilikçi oturma çözümleri sunmak için etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Bu yaklaşımın, diğer kampüsler ve kentsel alanlarda da uygulanabilir bir model oluşturabileceği öngörülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kampüs Tasarımı, Karton Prototipleme, Oturma Birimi, Ergonomi, Yapay Zeka Destekli Tasarım

## ABSTRACT

This study investigates the development of ergonomic seating units using artificial intelligence (AI)-assisted design processes and examines the applicability of this approach in university campuses. Ergonomics is a discipline aimed at designing products and environments that cater to the physical, mental, and social needs of individuals. The primary objective of the study is to integrate AI technologies into the design process to develop ergonomic, cost-effective, and sustainable seating units. In this context, AI analyzes user requirements and provides comprehensive solutions in areas such as ergonomic, aesthetic, and functional design, as well as material selection, ease of maintenance, and durability. A cost-effective and portable method, cardboard prototyping, was employed in the design process, enabling the evaluation of designs at full scale. Following the cutting and assembly stages of the prototypes, ergonomic tests were conducted, and key aspects such as seating comfort, back support, and durability were thoroughly analyzed. The study was conducted at the Çanakkale Onsekiz Mart University campus, focusing on the development of ergonomic and portable seating units for use in both indoor and outdoor campus spaces. The findings indicate that AI-assisted design processes provide an effective approach to delivering user-friendly, functional, and innovative seating solutions. This approach is also projected to serve as a scalable model for application in other campuses and urban spaces.

**Keywords:** Campus Design, Cardboard Prototyping, Seating Unit, Ergonomics, AI-Assisted Design

## 1. GİRİŞ

Ergonomi, insanların fiziksel, zihinsel ve sosyal ihtiyaçlarına uygun ortamlar ve ürünler tasarlamayı amaçlayan bir bilim dalıdır. Bu disiplin, özellikle çalışma alanlarının verimliliği, güvenliği ve kullanıcı sağlığı üzerindeki etkilerini optimize etmeye odaklanır (Valdivia de la Fuente vd., 2024). Kampüs tasarımında, ergonomik oturma birimlerinin kullanıcı sağlığını ve konforunu iyileştirme potansiyeli büyük bir öneme sahiptir. Uzun süreli oturma, özellikle masa başı çalışanlar arasında kas-iskelet sistemi bozukluklarına yol açabilmektedir. Bu nedenle doğru tasarlanmış bir oturma birimi, kullanıcıların rahatlığı ve sağlığı açısından kritik rol oynamaktadır (Musa, 2024).

Bu çalışmanın amacı, yapay zeka kullanılarak tasarlanan bir oturma biriminin ergonomik uygunluğunu değerlendirmektir. Yapay zekaya girilen veriler doğrultusunda, karton mukavvalar birleştirilerek oluşturulan bir oturma birimi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu kampüsünde yerleştirilmiş ve ergonomik açıdan analiz edilmiştir. Oturma biriminin ergonomik değerlendirilmesi, kullanıcıların doğru postürü koruyarak rahat bir şekilde oturmasını sağlamayı hedefleyen ergonomik ilkeler çerçevesinde yapılmıştır. Bu süreçte, oturma biriminin tasarımı, kullanıcının vücut yapısına uyum sağlamalı ve kas-iskelet sistemi üzerindeki yükü azaltmalıdır (Smith vd., 2024)

Yapay zeka, tasarım sürecinde kullanıcının gereksinimlerini analiz ederek, optimal ergonomik koşulları sağlayacak ürünler önerme kapasitesine sahiptir. Bu çalışmada, yapay zekanın

yardımıyla elde edilen oturma biriminin ergonomik tasarımının ne derece verimli ve kullanıcı dostu olduğu sorgulanmıştır. Bu bağlamda, oturma biriminin görsel tasarımının ve yapısal özelliklerinin, ergonomik standartlarla ne kadar uyumlu olduğu değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma, yapay zekanın tasarım sürecindeki rolünü ve ergonomik analizlerdeki etkinliğini vurgulamayı amaçlamaktadır.

## 2. ERGONOMİ VE OTURMA BİRİMİ TASARIMI

Ergonomik tasarımlar, kullanıcıların fiziksel ihtiyaçlarına uygunluğu sağlayarak iskelet ve kas sistemlerini destekler. Yanlış tasarlanmış oturma birimleri, kullanıcıların omurga ve kas sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Özellikle uzun süreli oturmalarda konfor sağlayacak tasarımların geliştirilmesi, kullanıcı memnuniyeti açısından kritik öneme sahiptir (Çalış vd., 2021).

Oturma birimleri, ergonomi ve antropometriye uygun olarak tasarlandığında, kullanıcıların fiziksel ve psikolojik rahatlığını sağlayan bir deneyim sunar. Kamusal alanlarda kullanılan oturma birimlerinin farklı kullanıcı gruplarını kapsayacak şekilde tasarlanması, sosyal etkileşim, estetik ve işlevselliği bir arada bulundurmaktadır. Ergonomik tasarımlar, şehir mobilyalarının bir parçası olarak modern yaşamın konfor standartlarını arttırır.

Oturma birimleri, insanların günlük yaşamlarında konforlu bir oturma deneyimi sağlamak amacıyla tasarlanmalıdır. Bu tasarım süreci, kullanıcıların fiziksel ve psikolojik ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde ergonomi ve antropometriye dayanmalıdır. Özellikle kamusal alanlarda kullanılan oturma birimlerinin, kullanıcıların farklı yaş, cinsiyet ve fiziksel özelliklerine uygun olarak düzenlenmesi gerekmektedir.

***Oturma Yüksekliği ve Derinliği***

Oturma yüksekliği, kullanıcıların ayaklarının yere tam temas etmesine olanak tanımalıdır. Bu, kan dolaşımını düzenler ve uzun süreli oturmalarda oluşabilecek rahatsızlıkları önler. Oturma yüksekliği için ideal ölçü, genellikle 40-48 cm arasında değişmektedir (Felek, Kutsal Göllü, & Giresun Erdoğan, 2022). Derinlik ise kullanıcının oturma pozisyonunu destekleyici bir yüzey sağlar ve bu ölçü genellikle 40-45 cm arasında olmalıdır.

***Sırtlık Desteği***

Sırtlık, kullanıcıların omurgasını desteklemeli ve ergonomik açıdan doğru bir eğime sahip olmalıdır. Önerilen sırtlık eğimi 5-15 derece arasında değişmektedir. Bu özellik, uzun süreli oturmalarda sırt ağrısını önler ve kullanıcının konforunu arttırmaktadır (Prvanov, 2017).

***Kolçak Yüksekliği***

Kolçaklar, özellikle yaşlı kullanıcılar için oturup kalkmayı kolaylaştırır. Kolçak yüksekliği, oturma yüzeyinden yaklaşık 26-30 cm yukarıda olmalıdır. Bu özellik, kullanıcıların kollarını rahatça dinlendirebilmelerini sağlar ve oturma birimine ek bir stabilite kazandırır (Kahraman Karakuş, 2016).

***Malzeme Seçimi***

Malzeme seçiminde dayanıklılık, bakım kolaylığı ve çevre koşullarına uygunluk göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, ahşap banklarda metal bağlantı elemanlarının galvanizli olması veya fiberglas ve PVC gibi hava koşullarına dayanıklı malzemelerin kullanımı önerilmektedir (Kaymaz, 2016).

***Tasarım ve Yerleşim Düzeni***

Oturma birimlerinin yerleşim düzeni hem bireysel kullanım hem de sosyal etkileşimi destekleyecek şekilde olmalıdır. Örneğin, dairesel düzenler sosyal grupların bir araya gelmesini kolaylaştırırken, lineer düzenler bireysel oturma için uygundur (Prvanov, 2017). Ayrıca, tasarımın vandalizme dayanıklı olması ve uzun süre kullanılabilirliği desteklemesi önemlidir.

## 3. YAPAY ZEKA DESTEKLİ OTURMA BİRİMİNİN TASARIM SÜRECİ

Yapay zekâ (YZ), tasarım süreçlerinde hem yaratıcı hem de analitik işlevler üstlenerek tasarım kalitesini ve verimliliğini önemli ölçüde artırmaktadır. Bu çalışma kapsamında, YZ'nin tasarım sürecine katkıları bir üniversite kampüsü için sade, basit, fonksiyonel ve bakımı kolay bir oturma birimi tasarımı üzerinden incelenmiştir.

Girdi olarak sunulan "Üniversite kampüsünde kullanılacak, sade, basit, fonksiyonel ve bakımı kolay bir oturma birimi tasarımı" talebi, YZ tarafından analiz edilmiş ve bu doğrultuda çeşitli öneriler sunulmuştur. YZ, tasarım çözümlerini geliştirirken malzeme seçiminden fonksiyonel detaylara kadar geniş bir kapsamda önerilerde bulunmuştur.

Malzeme kullanımına ilişkin olarak metal, ahşap, beton ve plastik gibi alternatiflerin avantaj ve dezavantajları ayrıntılı bir biçimde değerlendirilmiştir. Tasarımın fonksiyonel özellikleri arasında modüler yapı, sırt ve kol desteği, güneşten koruma için tente sistemi ve su drenaj mekanizmaları gibi unsurlara yer verilmiştir. Bunların yanı sıra, oturma biriminin yenilikçi ve kullanış kolaylığı sağlayan özelliklerle zenginleştirilmesi amacıyla şarj üniteleri, entegre aydınlatma sistemleri ve bitkisel elemanların tasarıma dahil edilmesi önerilmiştir.

YZ tarafından sunulan bu öneriler, YZ'nin sunduğu görselleştirme aracı kullanılarak kavramsal bir tasarım görseliyle desteklenmiştir (Görsel 1). Oluşturulan görsel, oturma biriminin ergonomik açıdan değerlendirilmesini kolaylaştırmakta ve tasarım sürecini daha somut hale getirmektedir.



**Görsel 1. Yapay Zeka'nın Oluşturduğu Oturma Biriminin Görseli**

## 4. KARTON PROTOTİPLEME

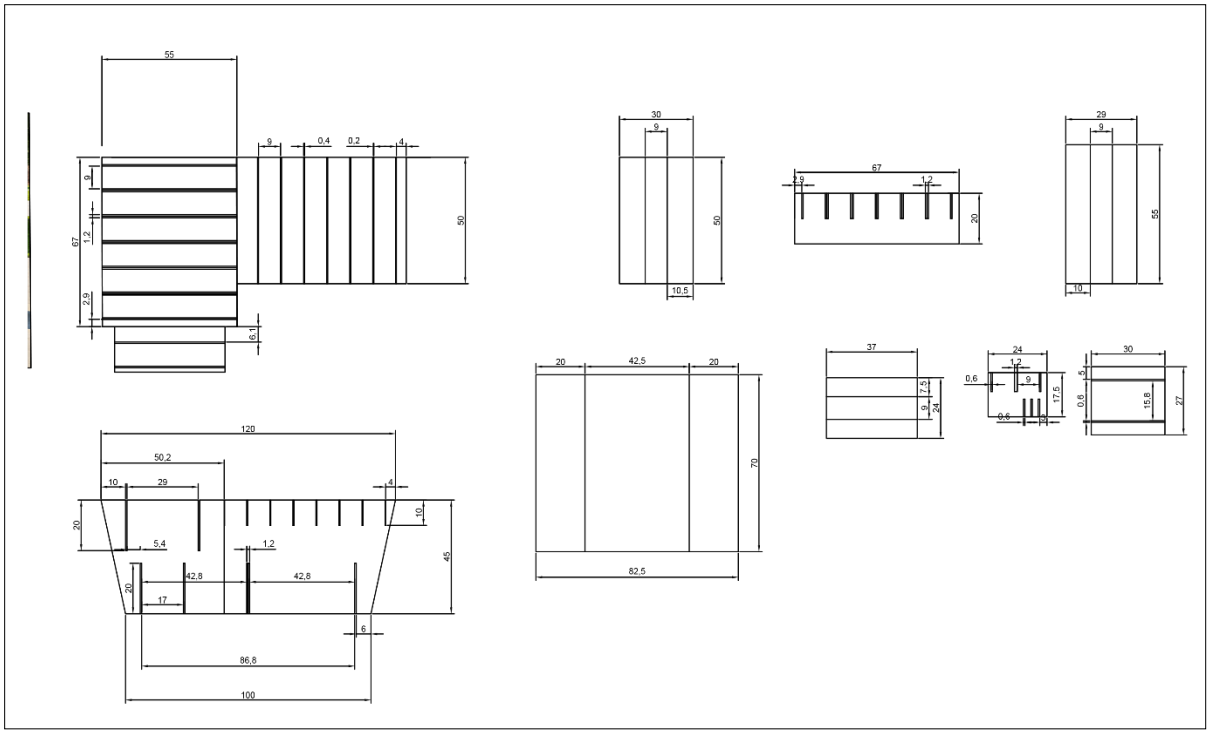
Karton, düşük maliyetli, hafif ve kolay şekillendirilebilir bir malzeme olarak prototipleme sürecinde önemli avantajlar sunmaktadır. Üniversite kampüsü için tasarlanan tek veya çift kişilik oturma biriminin görsel tasarımına dayanarak karton malzeme kullanımı, tasarımın gerçek boyutlarda test edilmesini kolaylaştırmıştır.

Karton, ahşap, metal veya beton gibi nihai malzemelere kıyasla çok daha ekonomik bir seçenek sunarak maliyet verimliliği sağlar. Bu durum, tasarımın erken aşamalarında ortaya çıkabilecek hataların düşük bir bütçe ile düzeltilmesine olanak tanır. Ayrıca, kartonun hafif ve taşınabilir bir malzeme olması, prototipin kolayca farklı alanlara taşınmasını ve bu alanlarda test edilmesini mümkün kılar. Bunun yanı sıra, kartonun kesilmesi ve birleştirilmesi kolay olduğu için, karmaşık tasarımlar dahi hızlı ve pratik bir şekilde prototiplenebilmektedir. Karton prototipler, tasarımın gerçek boyutlu bir simülasyonunu sunarak insan oturma deneyimini tam anlamıyla yansıtır ve ergonomik analizlerin yanı sıra kullanıcı testlerinin yapılmasını kolaylaştırır. Bu özellikler, kartonu prototipleme sürecinde ideal bir malzeme haline getirmektedir.

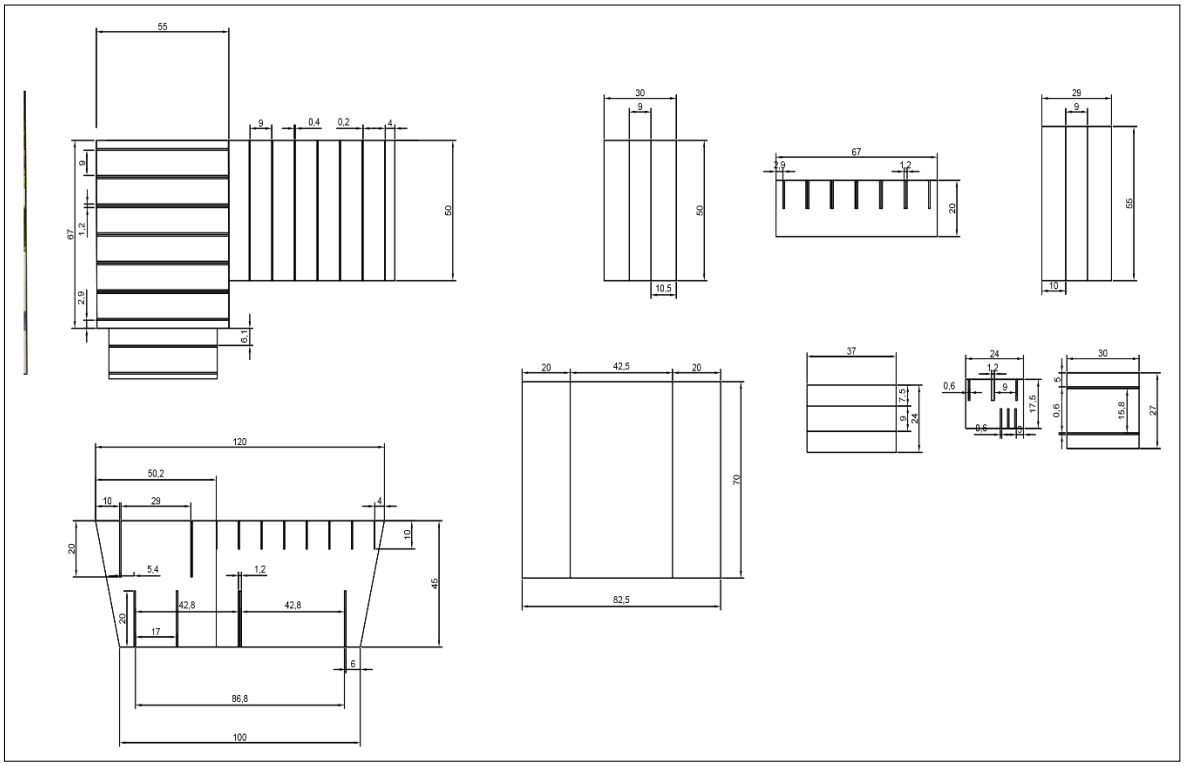
### 4.1. Prototip Üretim Aşamaları

Karton kullanılarak hazırlanan prototip süreci, dikkatli planlama ve uygulama aşamalarından oluşmaktadır. Yapay zekanın sunduğu görsel tasarım referans alınarak, oturma birimi prototipi 1:1 ölçekte üretilmiştir.

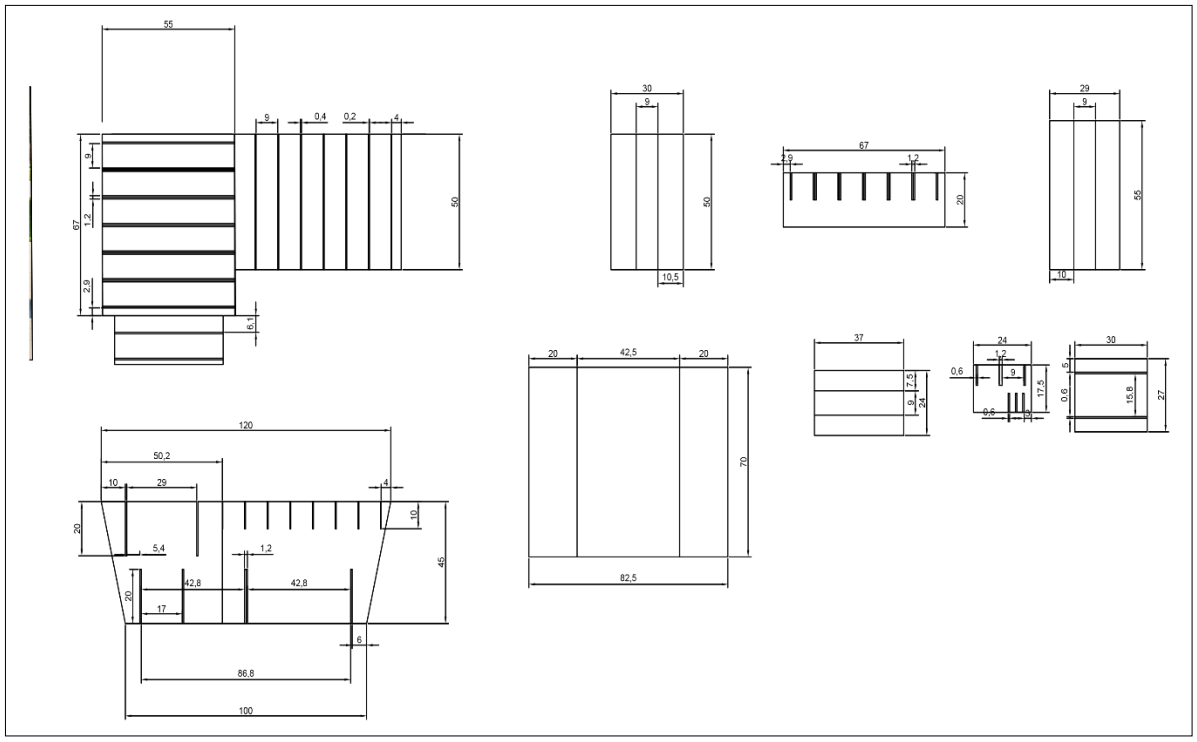
***Ölçülendirme ve Kesim Planı Hazırlama:*** Yapay zeka tarafından sağlanan oturma birimi görselleri ve ölçüleri incelenmiş, birim parçaların boyutları belirlenmiştir (Görsel 2,3,4). Bu ölçüler, karton levhalar üzerine aktarılmış ve kesim planları hazırlanmıştır.




**Görsel 2. Oturma Birimi Üstten Görünüşün Teknik Detayları**




**Görsel 3. Oturma Birimi Yandan Görünüşün Teknik Detayları**




**Görsel 4. Oturma Biriminin Parçalarının Teknik Detayları**

***Parçaların Kesimi:*** Belirlenen plan doğrultusunda, karton levhalar kesilmiştir. Bu kesim işlemi sırasında, parçaların birbiriyle doğru bir şekilde uyum sağlayabilmesi için hassas ölçümler yapılmıştır. Kesim için maket bıçağı ve kesim matı gibi basit araçlar kullanılmıştır.

***Birleştirme ve Montaj:*** Kesilen karton parçalar, birbiri içine geçirilecek şekilde tasarlanmış ve montaj işlemi gerçekleştirilmiştir (Görsel 5). Parçaların birleştirilmesi sırasında, yapı stabilitesini artırmak için bazı bölümlerde yapıştırıcı destek kullanılmıştır.

***Test Edilebilir Hale Getirme:*** Birleştirilen prototip, bir insanın ağırlığını taşıyabilecek dayanıklılığa sahip olacak şekilde yapılandırılmıştır (Görsel 5).



**Görsel 5. Yapay Zekanın Oluşturduğu Oturma Biriminin Prototipi ve Kampüse Yerleşmiş Oturma Birimi**

## 5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Yapay zekânın yönlendirmesiyle oluşturulan bu tasarım, ergonomik bir oturma birimi sağlamış olmakla birlikte, kampüs ortamı için belirli avantajlar ve eksiklikler içermektedir. Öncelikle, tasarımın sade, ekonomik ve kolay uygulanabilir olması, üniversite kampüsü gibi sosyal alanlarda kullanım için uygun bir temel sunduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, yapay zekânın sunduğu tasarım çözümü, kampüs kullanıcılarının ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik önemli bir adım olarak değerlendirilebilir. Karton malzeme kullanılarak oluşturulan prototip, ekonomik ve çevre dostu bir yaklaşımı temsil ederken, kullanıcı testleri ve iyileştirme süreci için kolaylık sağlamaktadır.

Tasarımın oturma yüzeyi, ergonomik ölçülere büyük ölçüde uyum sağlamaktadır ve bu, kullanıcıların rahat bir şekilde oturmasını mümkün kılmaktadır. Kampüs gibi sosyal

etkileşimlerin yoğun olduğu bir ortamda, bu tasarımın sade ve işlevsel yapısı, öğrenci ve çalışanların dinlenme alanı olarak kullanımı açısından olumlu bir başlangıç sunmaktadır. Yapay zekâ, kullanıcı ihtiyaçlarını analiz ederek temel bir oturma birimi tasarımı ortaya koymuş ve bu tasarımda maliyet, taşınabilirlik ve kolay üretim gibi kriterleri dikkate almıştır.

Ancak, tasarımda sırt desteğinin olmaması, uzun süreli oturumlarda kullanıcı konforunu kısıtlamaktadır. Kampüs ortamında oturma birimlerinin, ders aralarında veya dinlenme esnasında kullanıcıların rahat bir oturma deneyimi yaşamasını sağlaması beklenmektedir. Bu bağlamda, sırt desteği eklenmesi, yapay zekâ tarafından oluşturulan tasarımın ergonomik değerini daha da artıracaktır. Ayrıca, kolçakların eksik olması, özellikle yaşlı veya fiziksel engelli bireyler için tasarımın erişilebilirliğini sınırlandırmaktadır. Kolçaklar, oturma ve kalkma süreçlerini kolaylaştırarak kampüsteki farklı kullanıcı gruplarına hitap eden bir çözüm sunabilir.

Malzeme açısından, karton, prototipleme süreci için uygun bir seçim olmasına rağmen, kampüs gibi açık alanlarda uzun vadeli kullanıma uygun değildir. Yapay zekâ tarafından önerilen bu tasarımın, dayanıklı ve çevre koşullarına uygun malzemelerle yeniden yapılandırılması gereklidir. Ahşap, metal veya geri dönüştürülebilir PVC gibi dayanıklı malzemeler, tasarımın hem estetik hem de fonksiyonel ömrünü artırabilir. Ayrıca, kampüs ortamı için tasarlanan oturma birimlerinin vandalizme dayanıklı olması da önemlidir; bu nedenle nihai tasarımda bu kriterlerin göz önüne alınması gerekir.

Sonuç olarak, yapay zekâ, kampüs için ergonomik bir oturma birimi sağlamış ve bu tasarım, kullanıcıların temel ihtiyaçlarını karşılayacak bir başlangıç sunmuştur. Bununla birlikte, sırt desteği, kolçaklar, malzeme dayanıklılığı ve sosyal kullanımı destekleyen modüler yapı gibi eksikliklerin giderilmesi, bu tasarımın daha kullanıcı dostu hale gelmesini sağlayacaktır. Bu çalışma, yapay zekânın kampüs gibi sosyal alanlarda kullanılacak ürünlerin tasarımında ne kadar etkili bir araç olabileceğini ve doğru yönlendirmelerle optimal çözümler sunabileceğini göstermektedir.

## KAYNAKÇA

Çalış, S., Çalış, Ç., Koçali, K., & Büyükakıncı, B. Y. (2021). 18-65 Yaş arası kişilerin antropometrik verilerinin belirlenmesi üzerine bir alan araştırması. Ergonomi, 4(3), 147-161.

Felek, S. Ö., Kutsal Göllü, S., & Giresun Erdoğan, B. (2022). Kent mobilyalarında ergonomik ve antropometrik ölçütlere dayalı parametrik tasarım. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi (UMAGD), 14(3), 109-119.

Kahraman Karakuş, M. (2016). Engellilere yönelik kent mobilyaları üzerine inceleme. Yüksek Lisans Tezi.Haliç Üniversitesi, İstanbul.

Kaymaz, I. (2016). Oturma Elemanları ve Kentsel Mobilyalarda Malzeme Kullanımı. Ankara Üniversitesi Peyzaj Konstrüksiyonu Ders Notları.

Musa, A. I. (2024). Statistical approach to understanding standing posture and its links to elbow height seated, eye level seated, and human sitting posture for ergonomic design.

ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, Tome XXII (Fascicule 1, February). Olabisi Onabanjo University, Ago Iwoye, Nigeria.

Prvanov, S. (2017). Geometry, ergonomic, and CNC production of furniture for public spaces. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/316632017

Smith, J., Doe, A., & Brown, R. (2024). Ergonomic evaluation of sitting postures in school chairs of school-age children with special needs. Journal of Ergonomics, 12(1), 45-57. https://doi.org/10.1016/j.jergon.2024.01.003

Valdivia de la Fuente, M., Palacios Castañeda, D. J., & Martínez Sanz, N. (2024). The human factor and ergonomics in patient safety. Medicina Intensiva. https://doi.org/10.1016/j.medine.2024.03.014

Yu, R., Ma, Y., Liu, K., & Liu, X. (2024). Study on the design of single-seat control valve with stable flow regulation and its fluid flow characteristics and thermal stress. Flow Measurement and Instrumentation, 95, 102486. https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2023.102486

# YAPAY ZEKA DESTEKLİ ERGONOMİK OTURMA BİRİMİ TASARIMI, PROTOTİPLEME VE UYGULAMA

# AI-ASSISTED ERGONOMIC SEATING UNIT DESIGN, PROTOTYPING, AND IMPLEMENTATION

**Doç. Dr. Elif SAĞLIK**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,

elifsaglik@comu.edu.tr - 0000-0002-5230-3869

**YL. Öğr. Aslıhan UYGUN**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,

imasliuygun@gmail.com - 0009-0002-0193-4481

## ÖZET

Bu çalışma, yapay zeka destekli tasarım süreçlerini kullanarak ergonomik oturma birimlerinin geliştirilmesini ve bu yaklaşımın üniversite kampüslerinde uygulanabilirliğini araştırmaktadır. Ergonomi, bireylerin fiziksel, zihinsel ve sosyal ihtiyaçlarına uygun ürün ve ortamlar tasarlamayı hedefleyen bir disiplindir. Çalışmanın temel hedefi, yapay zeka teknolojilerinin tasarım süreçlerine entegrasyonu yoluyla ergonomik, maliyet etkin ve sürdürülebilir oturma birimlerinin geliştirilmesini sağlamaktır. Bu bağlamda, kullanıcı gereksinimlerini analiz eden yapay zeka, ergonomik, estetik ve işlevsel tasarım önerileri sunarak malzeme seçimi, bakım kolaylığı ve dayanıklılık gibi detaylarda kapsamlı çözümler geliştirmiştir. Tasarım sürecinde düşük maliyetli ve taşınabilir bir yöntem olarak karton prototipleme tercih edilmiş, bu süreç tasarımların gerçek boyutlarda test edilmesine olanak tanımıştır. Prototiplerin kesim ve montaj aşamaları sonrasında ergonomik testler gerçekleştirilmiş; oturma yüzeyinin konforu, sırt desteği ve dayanıklılık gibi unsurlar detaylı şekilde analiz edilmiştir. Çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi kampüsü özelinde yürütülmüş olup, kampüsün açık ve kapalı alanlarında kullanılabilecek ergonomik ve taşınabilir oturma birimlerinin geliştirilmesine odaklanmıştır. Elde edilen sonuçlar, yapay zeka destekli tasarım süreçlerinin kullanıcı dostu, işlevsel ve yenilikçi oturma çözümleri sunmak için etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Bu yaklaşımın, diğer kampüsler ve kentsel alanlarda da uygulanabilir bir model oluşturabileceği öngörülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kampüs Tasarımı, Karton Prototipleme, Oturma Birimi, Ergonomi, Yapay Zeka Destekli Tasarım

## ABSTRACT

This study investigates the development of ergonomic seating units using artificial intelligence (AI)-assisted design processes and examines the applicability of this approach in university campuses. Ergonomics is a discipline aimed at designing products and environments that cater to the physical, mental, and social needs of individuals. The primary objective of the study is to integrate AI technologies into the design process to develop ergonomic, cost-effective, and sustainable seating units. In this context, AI analyzes user requirements and provides comprehensive solutions in areas such as ergonomic, aesthetic, and functional design, as well as material selection, ease of maintenance, and durability. A cost-effective and portable method, cardboard prototyping, was employed in the design process, enabling the evaluation of designs at full scale. Following the cutting and assembly stages of the prototypes, ergonomic tests were conducted, and key aspects such as seating comfort, back support, and durability were thoroughly analyzed. The study was conducted at the Çanakkale Onsekiz Mart University campus, focusing on the development of ergonomic and portable seating units for use in both indoor and outdoor campus spaces. The findings indicate that AI-assisted design processes provide an effective approach to delivering user-friendly, functional, and innovative seating solutions. This approach is also projected to serve as a scalable model for application in other campuses and urban spaces.

**Keywords:** Campus Design, Cardboard Prototyping, Seating Unit, Ergonomics, AI-Assisted Design

## 1. GİRİŞ

Ergonomi, insanların fiziksel, zihinsel ve sosyal ihtiyaçlarına uygun ortamlar ve ürünler tasarlamayı amaçlayan bir bilim dalıdır. Bu disiplin, özellikle çalışma alanlarının verimliliği, güvenliği ve kullanıcı sağlığı üzerindeki etkilerini optimize etmeye odaklanır (Valdivia de la Fuente vd., 2024). Kampüs tasarımında, ergonomik oturma birimlerinin kullanıcı sağlığını ve konforunu iyileştirme potansiyeli büyük bir öneme sahiptir. Uzun süreli oturma, özellikle masa başı çalışanlar arasında kas-iskelet sistemi bozukluklarına yol açabilmektedir. Bu nedenle doğru tasarlanmış bir oturma birimi, kullanıcıların rahatlığı ve sağlığı açısından kritik rol oynamaktadır (Musa, 2024).

Bu çalışmanın amacı, yapay zeka kullanılarak tasarlanan bir oturma biriminin ergonomik uygunluğunu değerlendirmektir. Yapay zekaya girilen veriler doğrultusunda, karton mukavvalar birleştirilerek oluşturulan bir oturma birimi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu kampüsünde yerleştirilmiş ve ergonomik açıdan analiz edilmiştir. Oturma biriminin ergonomik değerlendirilmesi, kullanıcıların doğru postürü koruyarak rahat bir şekilde oturmasını sağlamayı hedefleyen ergonomik ilkeler çerçevesinde yapılmıştır. Bu süreçte, oturma biriminin tasarımı, kullanıcının vücut yapısına uyum sağlamalı ve kas-iskelet sistemi üzerindeki yükü azaltmalıdır (Smith vd., 2024)

Yapay zeka, tasarım sürecinde kullanıcının gereksinimlerini analiz ederek, optimal ergonomik koşulları sağlayacak ürünler önerme kapasitesine sahiptir. Bu çalışmada, yapay zekanın

yardımıyla elde edilen oturma biriminin ergonomik tasarımının ne derece verimli ve kullanıcı dostu olduğu sorgulanmıştır. Bu bağlamda, oturma biriminin görsel tasarımının ve yapısal özelliklerinin, ergonomik standartlarla ne kadar uyumlu olduğu değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma, yapay zekanın tasarım sürecindeki rolünü ve ergonomik analizlerdeki etkinliğini vurgulamayı amaçlamaktadır.

## 2. ERGONOMİ VE OTURMA BİRİMİ TASARIMI

Ergonomik tasarımlar, kullanıcıların fiziksel ihtiyaçlarına uygunluğu sağlayarak iskelet ve kas sistemlerini destekler. Yanlış tasarlanmış oturma birimleri, kullanıcıların omurga ve kas sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Özellikle uzun süreli oturmalarda konfor sağlayacak tasarımların geliştirilmesi, kullanıcı memnuniyeti açısından kritik öneme sahiptir (Çalış vd., 2021).

Oturma birimleri, ergonomi ve antropometriye uygun olarak tasarlandığında, kullanıcıların fiziksel ve psikolojik rahatlığını sağlayan bir deneyim sunar. Kamusal alanlarda kullanılan oturma birimlerinin farklı kullanıcı gruplarını kapsayacak şekilde tasarlanması, sosyal etkileşim, estetik ve işlevselliği bir arada bulundurmaktadır. Ergonomik tasarımlar, şehir mobilyalarının bir parçası olarak modern yaşamın konfor standartlarını arttırır.

Oturma birimleri, insanların günlük yaşamlarında konforlu bir oturma deneyimi sağlamak amacıyla tasarlanmalıdır. Bu tasarım süreci, kullanıcıların fiziksel ve psikolojik ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde ergonomi ve antropometriye dayanmalıdır. Özellikle kamusal alanlarda kullanılan oturma birimlerinin, kullanıcıların farklı yaş, cinsiyet ve fiziksel özelliklerine uygun olarak düzenlenmesi gerekmektedir.

***Oturma Yüksekliği ve Derinliği***

Oturma yüksekliği, kullanıcıların ayaklarının yere tam temas etmesine olanak tanımalıdır. Bu, kan dolaşımını düzenler ve uzun süreli oturmalarda oluşabilecek rahatsızlıkları önler. Oturma yüksekliği için ideal ölçü, genellikle 40-48 cm arasında değişmektedir (Felek, Kutsal Göllü, & Giresun Erdoğan, 2022). Derinlik ise kullanıcının oturma pozisyonunu destekleyici bir yüzey sağlar ve bu ölçü genellikle 40-45 cm arasında olmalıdır.

***Sırtlık Desteği***

Sırtlık, kullanıcıların omurgasını desteklemeli ve ergonomik açıdan doğru bir eğime sahip olmalıdır. Önerilen sırtlık eğimi 5-15 derece arasında değişmektedir. Bu özellik, uzun süreli oturmalarda sırt ağrısını önler ve kullanıcının konforunu arttırmaktadır (Prvanov, 2017).

***Kolçak Yüksekliği***

Kolçaklar, özellikle yaşlı kullanıcılar için oturup kalkmayı kolaylaştırır. Kolçak yüksekliği, oturma yüzeyinden yaklaşık 26-30 cm yukarıda olmalıdır. Bu özellik, kullanıcıların kollarını rahatça dinlendirebilmelerini sağlar ve oturma birimine ek bir stabilite kazandırır (Kahraman Karakuş, 2016).

***Malzeme Seçimi***

Malzeme seçiminde dayanıklılık, bakım kolaylığı ve çevre koşullarına uygunluk göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, ahşap banklarda metal bağlantı elemanlarının galvanizli olması veya fiberglas ve PVC gibi hava koşullarına dayanıklı malzemelerin kullanımı önerilmektedir (Kaymaz, 2016).

***Tasarım ve Yerleşim Düzeni***

Oturma birimlerinin yerleşim düzeni hem bireysel kullanım hem de sosyal etkileşimi destekleyecek şekilde olmalıdır. Örneğin, dairesel düzenler sosyal grupların bir araya gelmesini kolaylaştırırken, lineer düzenler bireysel oturma için uygundur (Prvanov, 2017). Ayrıca, tasarımın vandalizme dayanıklı olması ve uzun süre kullanılabilirliği desteklemesi önemlidir.

## 3. YAPAY ZEKA DESTEKLİ OTURMA BİRİMİNİN TASARIM SÜRECİ

Yapay zekâ (YZ), tasarım süreçlerinde hem yaratıcı hem de analitik işlevler üstlenerek tasarım kalitesini ve verimliliğini önemli ölçüde artırmaktadır. Bu çalışma kapsamında, YZ'nin tasarım sürecine katkıları bir üniversite kampüsü için sade, basit, fonksiyonel ve bakımı kolay bir oturma birimi tasarımı üzerinden incelenmiştir.

Girdi olarak sunulan "Üniversite kampüsünde kullanılacak, sade, basit, fonksiyonel ve bakımı kolay bir oturma birimi tasarımı" talebi, YZ tarafından analiz edilmiş ve bu doğrultuda çeşitli öneriler sunulmuştur. YZ, tasarım çözümlerini geliştirirken malzeme seçiminden fonksiyonel detaylara kadar geniş bir kapsamda önerilerde bulunmuştur.

Malzeme kullanımına ilişkin olarak metal, ahşap, beton ve plastik gibi alternatiflerin avantaj ve dezavantajları ayrıntılı bir biçimde değerlendirilmiştir. Tasarımın fonksiyonel özellikleri arasında modüler yapı, sırt ve kol desteği, güneşten koruma için tente sistemi ve su drenaj mekanizmaları gibi unsurlara yer verilmiştir. Bunların yanı sıra, oturma biriminin yenilikçi ve kullanış kolaylığı sağlayan özelliklerle zenginleştirilmesi amacıyla şarj üniteleri, entegre aydınlatma sistemleri ve bitkisel elemanların tasarıma dahil edilmesi önerilmiştir.

YZ tarafından sunulan bu öneriler, YZ'nin sunduğu görselleştirme aracı kullanılarak kavramsal bir tasarım görseliyle desteklenmiştir (Görsel 1). Oluşturulan görsel, oturma biriminin ergonomik açıdan değerlendirilmesini kolaylaştırmakta ve tasarım sürecini daha somut hale getirmektedir.



**Görsel 1. Yapay Zeka'nın Oluşturduğu Oturma Biriminin Görseli**

## 4. KARTON PROTOTİPLEME

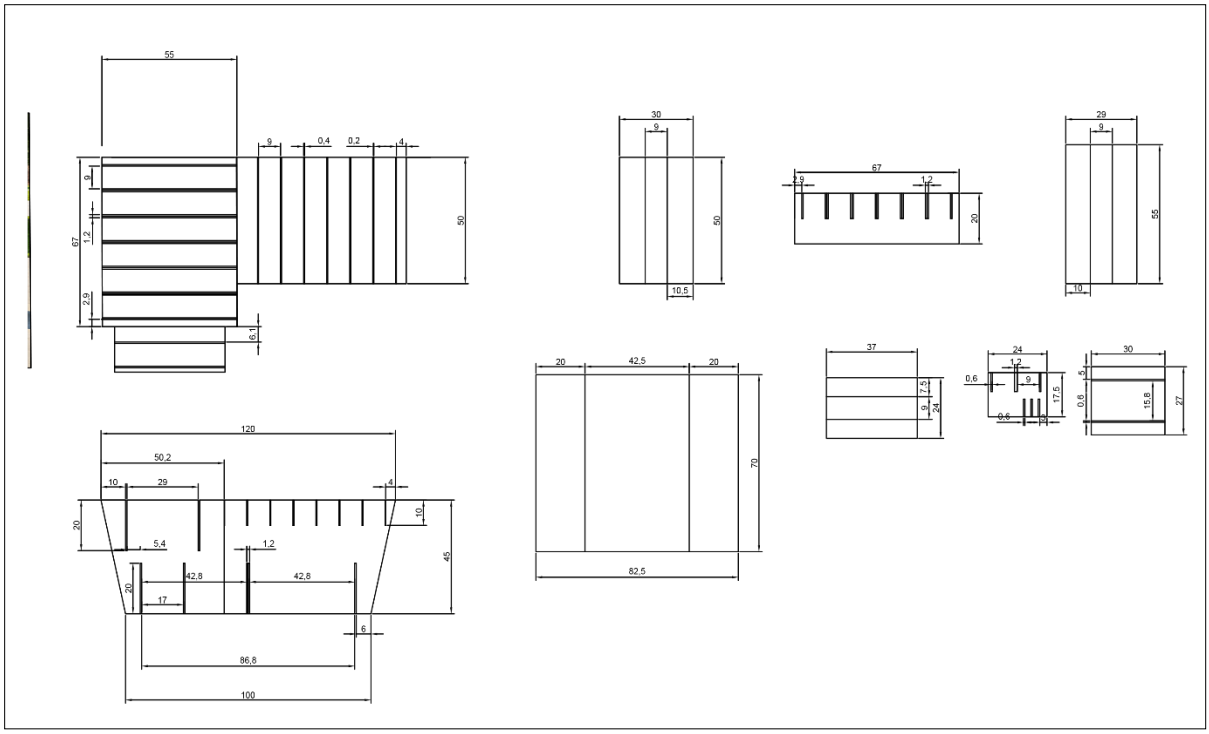
Karton, düşük maliyetli, hafif ve kolay şekillendirilebilir bir malzeme olarak prototipleme sürecinde önemli avantajlar sunmaktadır. Üniversite kampüsü için tasarlanan tek veya çift kişilik oturma biriminin görsel tasarımına dayanarak karton malzeme kullanımı, tasarımın gerçek boyutlarda test edilmesini kolaylaştırmıştır.

Karton, ahşap, metal veya beton gibi nihai malzemelere kıyasla çok daha ekonomik bir seçenek sunarak maliyet verimliliği sağlar. Bu durum, tasarımın erken aşamalarında ortaya çıkabilecek hataların düşük bir bütçe ile düzeltilmesine olanak tanır. Ayrıca, kartonun hafif ve taşınabilir bir malzeme olması, prototipin kolayca farklı alanlara taşınmasını ve bu alanlarda test edilmesini mümkün kılar. Bunun yanı sıra, kartonun kesilmesi ve birleştirilmesi kolay olduğu için, karmaşık tasarımlar dahi hızlı ve pratik bir şekilde prototiplenebilmektedir. Karton prototipler, tasarımın gerçek boyutlu bir simülasyonunu sunarak insan oturma deneyimini tam anlamıyla yansıtır ve ergonomik analizlerin yanı sıra kullanıcı testlerinin yapılmasını kolaylaştırır. Bu özellikler, kartonu prototipleme sürecinde ideal bir malzeme haline getirmektedir.

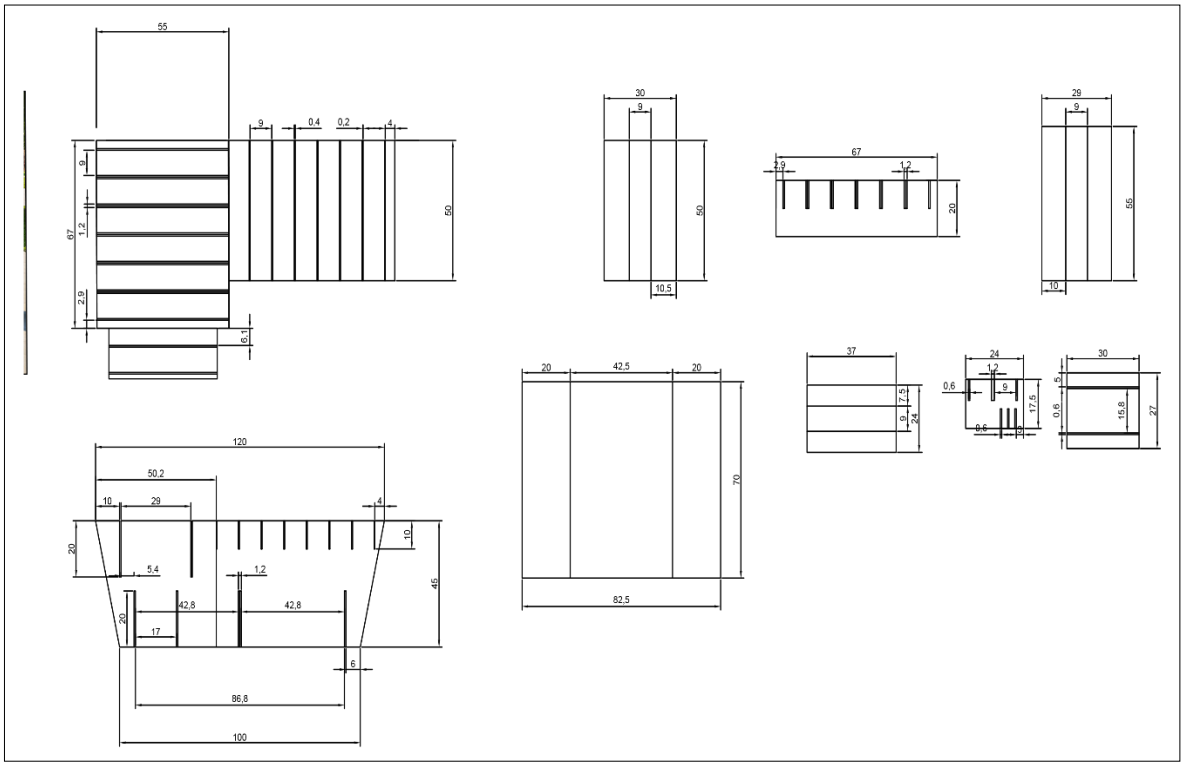
### 4.1. Prototip Üretim Aşamaları

Karton kullanılarak hazırlanan prototip süreci, dikkatli planlama ve uygulama aşamalarından oluşmaktadır. Yapay zekanın sunduğu görsel tasarım referans alınarak, oturma birimi prototipi 1:1 ölçekte üretilmiştir.

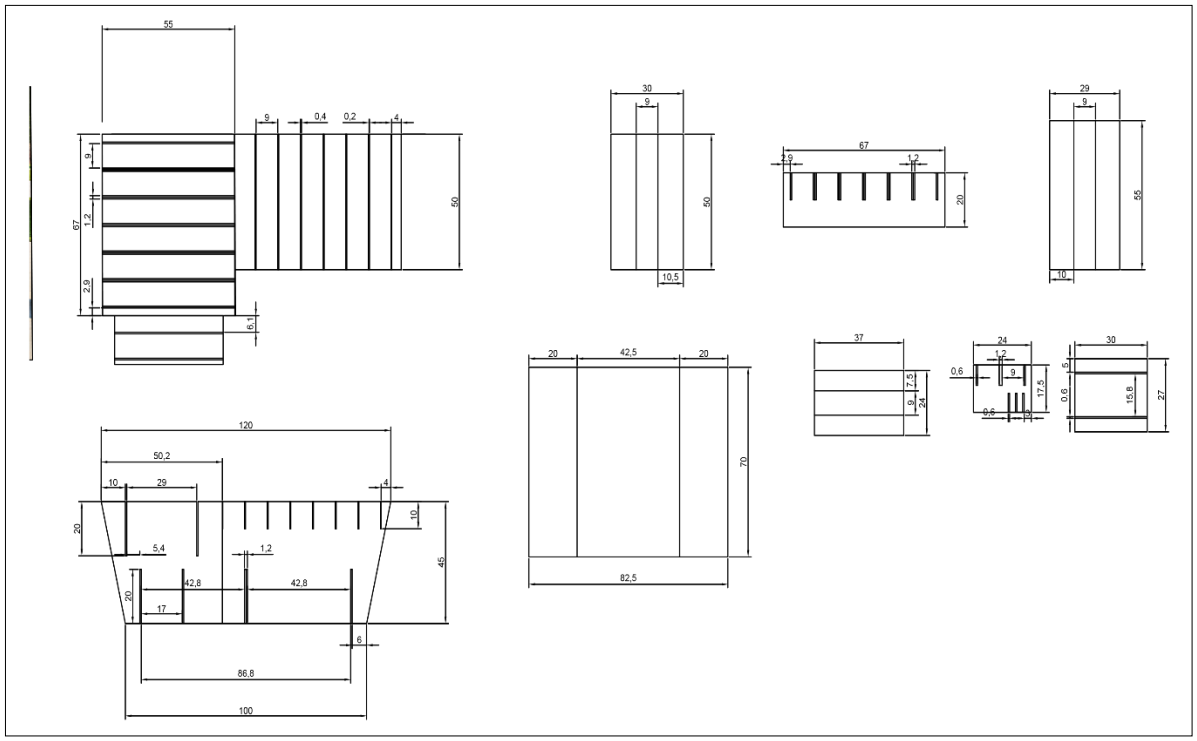
***Ölçülendirme ve Kesim Planı Hazırlama:*** Yapay zeka tarafından sağlanan oturma birimi görselleri ve ölçüleri incelenmiş, birim parçaların boyutları belirlenmiştir (Görsel 2,3,4). Bu ölçüler, karton levhalar üzerine aktarılmış ve kesim planları hazırlanmıştır.




**Görsel 2. Oturma Birimi Üstten Görünüşün Teknik Detayları**




**Görsel 3. Oturma Birimi Yandan Görünüşün Teknik Detayları**




**Görsel 4. Oturma Biriminin Parçalarının Teknik Detayları**

***Parçaların Kesimi:*** Belirlenen plan doğrultusunda, karton levhalar kesilmiştir. Bu kesim işlemi sırasında, parçaların birbiriyle doğru bir şekilde uyum sağlayabilmesi için hassas ölçümler yapılmıştır. Kesim için maket bıçağı ve kesim matı gibi basit araçlar kullanılmıştır.

***Birleştirme ve Montaj:*** Kesilen karton parçalar, birbiri içine geçirilecek şekilde tasarlanmış ve montaj işlemi gerçekleştirilmiştir (Görsel 5). Parçaların birleştirilmesi sırasında, yapı stabilitesini artırmak için bazı bölümlerde yapıştırıcı destek kullanılmıştır.

***Test Edilebilir Hale Getirme:*** Birleştirilen prototip, bir insanın ağırlığını taşıyabilecek dayanıklılığa sahip olacak şekilde yapılandırılmıştır (Görsel 5).



**Görsel 5. Yapay Zekanın Oluşturduğu Oturma Biriminin Prototipi ve Kampüse Yerleşmiş Oturma Birimi**

## 5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Yapay zekânın yönlendirmesiyle oluşturulan bu tasarım, ergonomik bir oturma birimi sağlamış olmakla birlikte, kampüs ortamı için belirli avantajlar ve eksiklikler içermektedir. Öncelikle, tasarımın sade, ekonomik ve kolay uygulanabilir olması, üniversite kampüsü gibi sosyal alanlarda kullanım için uygun bir temel sunduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, yapay zekânın sunduğu tasarım çözümü, kampüs kullanıcılarının ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik önemli bir adım olarak değerlendirilebilir. Karton malzeme kullanılarak oluşturulan prototip, ekonomik ve çevre dostu bir yaklaşımı temsil ederken, kullanıcı testleri ve iyileştirme süreci için kolaylık sağlamaktadır.

Tasarımın oturma yüzeyi, ergonomik ölçülere büyük ölçüde uyum sağlamaktadır ve bu, kullanıcıların rahat bir şekilde oturmasını mümkün kılmaktadır. Kampüs gibi sosyal

etkileşimlerin yoğun olduğu bir ortamda, bu tasarımın sade ve işlevsel yapısı, öğrenci ve çalışanların dinlenme alanı olarak kullanımı açısından olumlu bir başlangıç sunmaktadır. Yapay zekâ, kullanıcı ihtiyaçlarını analiz ederek temel bir oturma birimi tasarımı ortaya koymuş ve bu tasarımda maliyet, taşınabilirlik ve kolay üretim gibi kriterleri dikkate almıştır.

Ancak, tasarımda sırt desteğinin olmaması, uzun süreli oturumlarda kullanıcı konforunu kısıtlamaktadır. Kampüs ortamında oturma birimlerinin, ders aralarında veya dinlenme esnasında kullanıcıların rahat bir oturma deneyimi yaşamasını sağlaması beklenmektedir. Bu bağlamda, sırt desteği eklenmesi, yapay zekâ tarafından oluşturulan tasarımın ergonomik değerini daha da artıracaktır. Ayrıca, kolçakların eksik olması, özellikle yaşlı veya fiziksel engelli bireyler için tasarımın erişilebilirliğini sınırlandırmaktadır. Kolçaklar, oturma ve kalkma süreçlerini kolaylaştırarak kampüsteki farklı kullanıcı gruplarına hitap eden bir çözüm sunabilir.

Malzeme açısından, karton, prototipleme süreci için uygun bir seçim olmasına rağmen, kampüs gibi açık alanlarda uzun vadeli kullanıma uygun değildir. Yapay zekâ tarafından önerilen bu tasarımın, dayanıklı ve çevre koşullarına uygun malzemelerle yeniden yapılandırılması gereklidir. Ahşap, metal veya geri dönüştürülebilir PVC gibi dayanıklı malzemeler, tasarımın hem estetik hem de fonksiyonel ömrünü artırabilir. Ayrıca, kampüs ortamı için tasarlanan oturma birimlerinin vandalizme dayanıklı olması da önemlidir; bu nedenle nihai tasarımda bu kriterlerin göz önüne alınması gerekir.

Sonuç olarak, yapay zekâ, kampüs için ergonomik bir oturma birimi sağlamış ve bu tasarım, kullanıcıların temel ihtiyaçlarını karşılayacak bir başlangıç sunmuştur. Bununla birlikte, sırt desteği, kolçaklar, malzeme dayanıklılığı ve sosyal kullanımı destekleyen modüler yapı gibi eksikliklerin giderilmesi, bu tasarımın daha kullanıcı dostu hale gelmesini sağlayacaktır. Bu çalışma, yapay zekânın kampüs gibi sosyal alanlarda kullanılacak ürünlerin tasarımında ne kadar etkili bir araç olabileceğini ve doğru yönlendirmelerle optimal çözümler sunabileceğini göstermektedir.

## KAYNAKÇA

Çalış, S., Çalış, Ç., Koçali, K., & Büyükakıncı, B. Y. (2021). 18-65 Yaş arası kişilerin antropometrik verilerinin belirlenmesi üzerine bir alan araştırması. Ergonomi, 4(3), 147-161.

Felek, S. Ö., Kutsal Göllü, S., & Giresun Erdoğan, B. (2022). Kent mobilyalarında ergonomik ve antropometrik ölçütlere dayalı parametrik tasarım. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi (UMAGD), 14(3), 109-119.

Kahraman Karakuş, M. (2016). Engellilere yönelik kent mobilyaları üzerine inceleme. Yüksek Lisans Tezi.Haliç Üniversitesi, İstanbul.

Kaymaz, I. (2016). Oturma Elemanları ve Kentsel Mobilyalarda Malzeme Kullanımı. Ankara Üniversitesi Peyzaj Konstrüksiyonu Ders Notları.

Musa, A. I. (2024). Statistical approach to understanding standing posture and its links to elbow height seated, eye level seated, and human sitting posture for ergonomic design.

ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, Tome XXII (Fascicule 1, February). Olabisi Onabanjo University, Ago Iwoye, Nigeria.

Prvanov, S. (2017). Geometry, ergonomic, and CNC production of furniture for public spaces. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/316632017

Smith, J., Doe, A., & Brown, R. (2024). Ergonomic evaluation of sitting postures in school chairs of school-age children with special needs. Journal of Ergonomics, 12(1), 45-57. https://doi.org/10.1016/j.jergon.2024.01.003

Valdivia de la Fuente, M., Palacios Castañeda, D. J., & Martínez Sanz, N. (2024). The human factor and ergonomics in patient safety. Medicina Intensiva. https://doi.org/10.1016/j.medine.2024.03.014

Yu, R., Ma, Y., Liu, K., & Liu, X. (2024). Study on the design of single-seat control valve with stable flow regulation and its fluid flow characteristics and thermal stress. Flow Measurement and Instrumentation, 95, 102486. https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2023.102486

# DİODE APPLİCATİONS OF AU DOPED POLY(P-PHENYLENE SULFİDE) (PPS) POLYMER MATERİAL

**Assoc. Prof. Dr. Ali Rıza DENİZ**
Hakkari University
alirizadeniz@hakkari.edu.tr – ORCID ID/0000-0003-3019-0522

## ABSTRACT

Organic polymers have been used in various semiconductor applications for years. In particular, the electrical conductivity of these polymers is increased with additives. In this study, an organic polymer, Poly(p-phenylene sulfide) (PPS), was doped with Au. SEM and TEM images were analyzed to examine the morphological properties of the Au-PPS/p-Si film produced with Au-PPS material. Ni/Au-PPS/p-Si/Al diode and Ni/p-Si/Al reference diode were produced by using Au-PPS material as interface material. Current-voltage (I-V) measurements of these diodes were performed at room temperature. From these measurements, ideality factor (n) and barrier height ($\Phi_b$) values were calculated using the thermionic emission method. In addition, series resistance ($R_s$) values were calculated using Cheung functions. When these values were examined, it was determined that the target diode had lower n and $R_s$ values than the reference diode, while the $\Phi_b$ value was higher. The electrical properties of the diode are improved by using Au-doped PPS material.

**Key Words**: Poly(p-phenylene sulfide) (PPS), Schottky Diode, Thermionic Emission, Current-Voltage, Cheung Function

## 1. INTRODUCTION

There are various studies in the literature on Schottky Barrier Diodes (SBD) with or without an interfacial layer (Metal-Insulator-Semiconductor (MIS)/Metal-Polymer-Semiconductor (MPS)) coated between Metal-Semiconductor **[1-2]**.

Since SBDs have a wide range of applications in electrical/electronic circuit technologies, understanding their current-conduction mechanisms is of great importance. In understanding their current-conduction mechanisms, low forward voltage and high switching speeds are important parameters, and these advantages are ideal for output devices to be preferred in high-frequency applications and switching power supplies. The current-voltage characteristics of MS, MPS and MSS structures are affected by various parameters such as manufacturing methods, type of interface material, formation of the interface layer, device temperature and applied bias voltage. In this context, the electronic and charge transport properties of traditional MS structures are changed in a controlled manner by creating an organic interface layer on the MS interface. It is understood from recent studies that the use of an organic/polymeric interface layer instead of an inorganic interface contributes to the rectification behavior of the diode **[3]**.

Polymers are the most preferred interface materials due to their easy processability. Among these polymers, PPS polymer is a highly preferred material as an interface polymer due to its water solubility, low toxicological effects, weak conductivity (or strong insulation), good crystallinity, good dielectric constant, good charge storage properties, smooth and homogeneous film formation and other physical properties. When elements such as Au, Zn, Co, Ni, Cu and Fe are added to a polymer in various amounts and forms, it can be expected to increase conductivity. The diffusion of the additive into the polymer plays an important role in the conduction process. The performance of MPS structures depends on many parameters such as film homogeneity, interface density, series resistance, production method, frequency and additive concentration. In addition, the doping process affects the chemical structure, crystallinity and electrical conductivity of the polymers. Therefore, the properties of the substance to be added to the polymer are very important **[4]**.

## 2. MATERAILS AND METHODS

In this study, Au doped Poly(p-phenylene sulfide) (Au-PPS) polymer material was used as the interface material. This material was purchased from Sigma-Aldrich. SEM and TEM images were analyzed to examine the morphological properties of the Au-PPS material. The SEM image of the Au-PPS material is given in **Fig 1**. Analysis of the SEM images shows that the micro-structure of composite materials is nearly homogeneous, no defects, and porosity was observed. Also **Fig. 2** shows the TEM image of Au-PPS polymer material. In Fig 2, the domain size has been reduced to submicron size of approximately 0.1 mm. This significant reduction in domain size is due to an emulsification effect caused by the copolymers forming in situ between the component polymers at the interface during melt mixing. It is thought that the newly formed copolymers reduce the interfacial tension and suppress the coalescence between the domains.

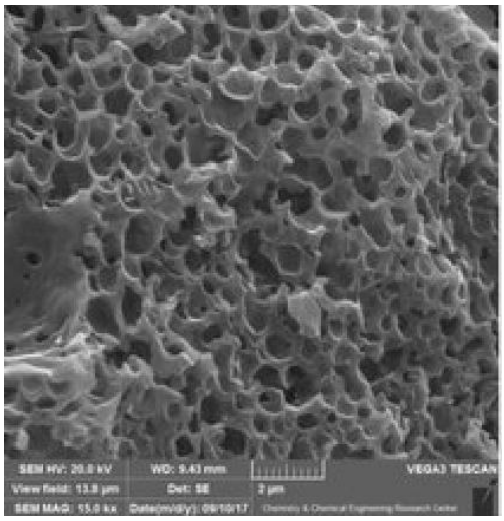



**Fig. 1** The SEM image of Au-PPS polymer

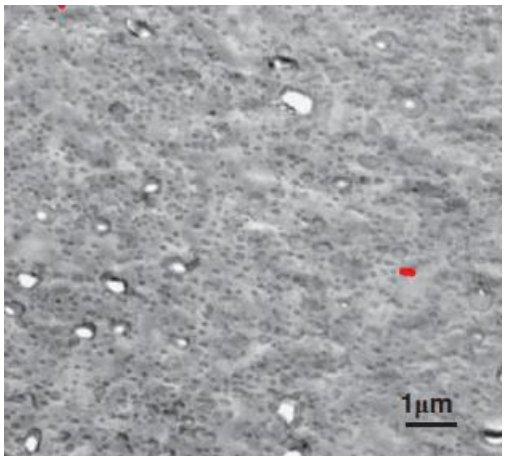



**Fig. 1** The TEM image of Au-PPS polymer

For this study, p-Si substrate with (100) orientation, 200 micrometer thickness and $4.3x10^{15}$ $cm^{-3}$ carrier density was used as semiconductor in the production of Ni/p-Si/Al and Ni/Au-PPS/p-Si/Al diodes. In order to prevent contamination on the semiconductor surface, p-Si substrate was first cleaned with an ultrasonic vibrator in acetone and methyl alcohol for 5 minutes. After each technical solvent cleaning process, p-Si substrate was washed by shaking in deionized water. After this stage, ultra-high purity Al metal was evaporated on the matte surface of p-Si substrate using a thermal evaporation system at a pressure of approximately $10^{-6}$ Torr. In order to create better contact, p-Si substrate was placed in the furnace and annealed at 580 °C in a pure nitrogen environment for 5 minutes. Ni metal was evaporated on the bright surface of one of the p-Si substrates on which ohmic contact was created by using a mask with 1 mm diameter holes at a pressure of $10^{-6}$ Torr with the thermal evaporation system and rectifier contacts with a thickness of 1200 Å were obtained for Ni/p-Si/Al. In order to create the interface layer, Au-doped PPS material was coated on the bright surface of p-Si by spin coating method (1000 rpm, 5 min). Ni metal was evaporated on the created interface layers by using a mask with 1 mm diameter holes at a pressure of $10^{-6}$ Torr with the thermal evaporation system and rectifier contacts with a thickness of 1200 Å were obtained. Thus, the production process of Ni/p-Si/Al and Ni/Au-PPS/p-Si/Al diodes was completed. The block diagram of these diodes is shown in **Fig 3.**

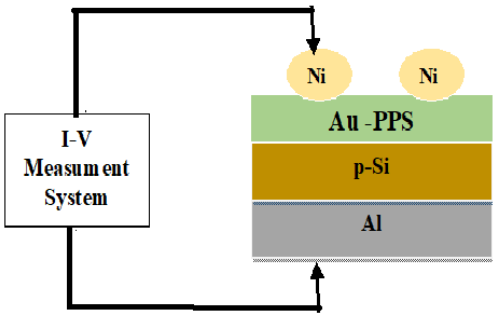



**Fig. 3** The blog diagram of Ni/Au-PPS/p-Si/Al diode

## 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

The I-V measurements of Ni/p-Si/Al and Ni/Au-PPS/p-Si/Al diodes were performed at room temperature. The comparative I-V graphs of the diodes are given in **Fig 4**. As seen from the I-V characteristic of the sample, there is a potential barrier at the interface and it exhibits rectifier properties. The rectification ratio ($R_R=I_F/I_R$) is determined as 305.78 between the reverse and forward bias currents at the value where the reverse bias current reaches saturation for Ni/p-Si/Al. The rectification ratio was calculated as 703.43 for the Ni/Au-PPS/p-Si/Al diode. The rectification ratio of the target diode increased due to the effect of the Au-PPS interface material. A bend occurred in the graph due to the series resistance of the diode towards the high values of the applied voltage. This situation limited the diode current.

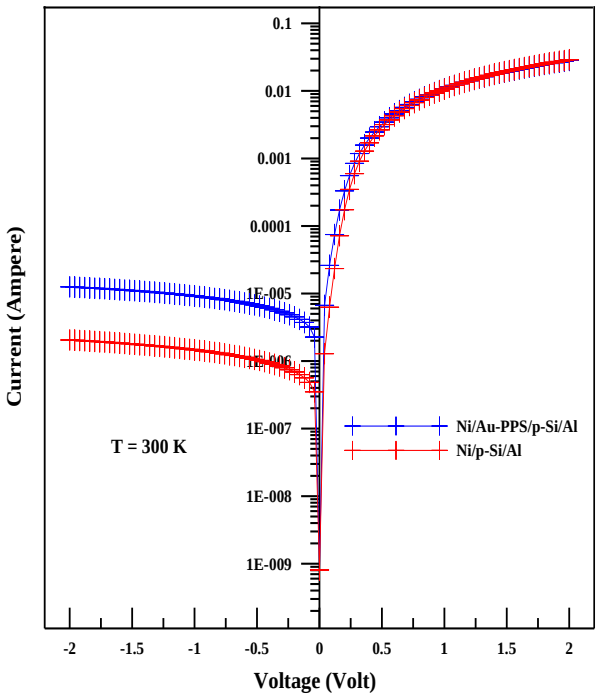



**Fig.4** The I-V plots of Ni/p-Si/Al and Ni/Au-PPS/p-Si/Al diodes

According to thermionic emission theory, the relationship between the current flowing through a Schottky barrier and the voltage applied to the contact is given by Eq. 1, taking into account the effect of series resistance ($R_s$) **[5]**.

$$I = I_0 \left[exp\left(q(V - IRs)/nkT - 1\right)\right] \quad (1)$$

Here n is the ideality factor and its value is 1 in an ideal diode. For V>3kT/q, the value 1 in the parentheses in the equation can be neglected. In the expression, k is the Boltzmann constant, T is the ambient temperature in Kelvin and $I_0$ is the extrapolated saturation current value. Here $I_0$ is given as in Eq 2.

$$I_0 = AA^* T^2 exp\left(-q\Phi_b / kT\right) \quad (2)$$

The q is the electron charge (=$1.6\times10^{-19}$ C), V is the applied voltage, A is the diode area ($7.85\times10^{-3}$ $cm^2$), $\Phi_{b0}$ is the zero-bias barrier height and $A^*$ is the effective Richarson constant. For p-Si, $A^*$=32 A $cm^{-2}$ $K^{-2}$ **[6]**. To calculate the ideality factors of the diodes, the following expression can be obtained using Eq. 1. Also, the barrier height value is given by Eq 4.

$$n = (q/kT)\ dV/d(lnI) \tag{3}$$

$$q\Phi_b = kTln\ (\ AA^*T^2\ /I_0\ ) \tag{4}$$

The n and $\Phi_b$ values of the diodes were calculated using Eq. 3 and Eq. 4. The n value was calculated as 1.83 for the Ni/p-Si/Al diode, while it was calculated as 1.34 for the Ni/Au-PPS/p-Si/Al diode. In addition, the $\Phi_b$ value was calculated as 0.61 eV for the Ni/p-Si/Al diode, while it was calculated as 0.74 eV for the Ni/Au-PPS/p-Si/Al diode. These values improve the diode parameters of the Au-PPS material.

The series resistance effect is one of the important parameters that determine the I-V characteristics of diodes. For this reason, the calculation of $R_s$ values is very important. Rs values for diodes were calculated using Cheung functions **[7]**. The dV/d(lnI) - I graph of the diodes is given in **Fig 5**. From the slope of this graph, the $R_s$ value was calculated as 3054 Ω for the Ni/p-Si/Al diode, while it was calculated as 1154 Ω for the Ni/Au-PPS/p-Si/Al diode.

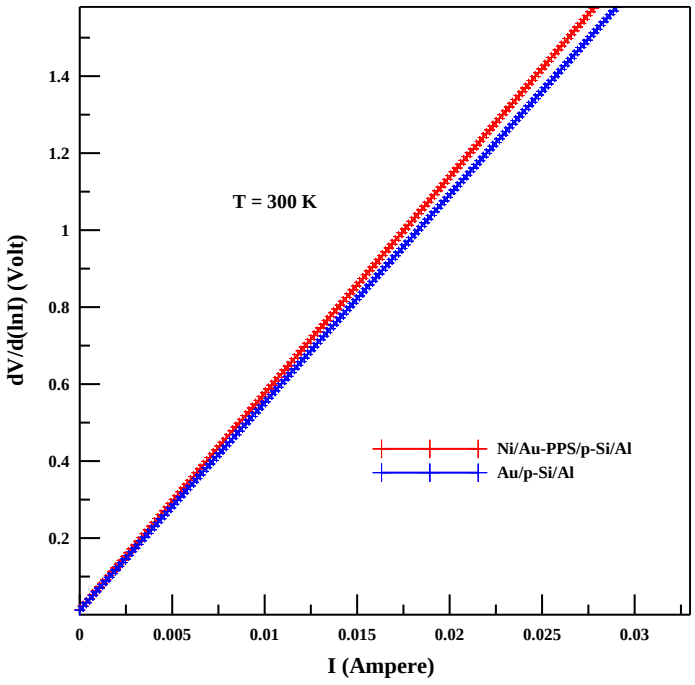



**Fig. 5** The dV/d(lnI) – I plots of diodes

## 4. CONCLUSIONS

Ni/Au-PPS/p-Si/Al diode was produced by using Au doped PSS material as interface material. Au-PPS thin film was analyzed morphologically by SEM and TEM imaging techniques. Rectification ratios of diodes were calculated from room temperature I-V graphs. Rectification ratio of Au-PPS interfaced diode was calculated as higher. In addition, n and $\Phi_b$ values were calculated from I-V characteristics of diodes using thermionic emission method. $R_s$ values of diodes were calculated using Cheung functions. These diode parameters were determined to improve diode parameters of Au-PSS polymer material.

**Acknowledgments**

This study was financed from Hakkari University Scientific Research Projects budget numbered ‘‘**FM24BAP2**’’.

## REFERENCES

**[1]** Dutta, B., Samanta, A., Layek, A., Halder, S., Construction of Schottky barrier diode with a novel one-dimensional Cu(II)-based coordination polymer. Journal of Solid State Chemistry, 341, 125096, 2025.

**[2]** Biryan, F., Çelik, H., Çalışkan, E., Koran, K., Molecular design of ferrocene-based novel polymer using click chemistry via chemoselective polymerization and investigation of electrical properties as organic Schottky diode. European Polymer Journal, 197, 112321, 2023.

**[3]** Jana, S., Kumari, N., Pandey, S. S., Prakash, R., Improving vertical charge transport in organic Schottky diodes via interface engineering of large-area conducting polymer thin films fabricated on hydrophilic liquid surface of tunable surface energy. Applied Surface Science, 616, 156377, 2023.

**[4]** Lim, L. W., Aziz, F., Muhammad, F. F., Supangat, A., Sulaiman, K., Electrical properties of Al/PTB7-Th/n-Si metal-polymer-semiconductor Schottky barrier diode. Synthetic Metals, 221, 169-175, 2016.

**[5]** Aldırmaz, E., Güler, M., Güler, E., Experimental production and investigations of a new Cu–Al–Fe Schottky diode, Optical Materials, 158, 116498, 2025.

**[6]** Erdoğan, M., Deniz, A.R., Çaldıran, Z., A novel thiophene-based D-π-A type organic material: Synthesis, characterization and Schottky diode applications. Journal of Photochemistry & Photobiology, A: Chemistry, 443, 114877, 2023.

**[7]** Deniz, A.R., Analysis of temperature dependent current-voltage and frequency dependent capacitance-voltage characteristics of Au/CoO/p-Si/Al MIS diode. Microelectronics Reliability, 147, 115114, 2023.

# CHANGE İN ELECTRİCAL PROPERTİES OF Nİ/AU-POLY(P-PHENYLENE SULFİDE) (PPS)/P-Sİ/AL DİODE WİTH TEMPERATURE

**Assoc. Prof. Dr. Ali Rıza DENİZ**
Hakkari University
alirizadeniz@hakkari.edu.tr – ORCID ID/0000-0003-3019-0522

## ABSTRACT

Ni/Au-PPS/p-Si/Al diode was produced by using Au doped Poly(p-phenylene sulfide) (PPS) material as interface material. One of the most important parameters affecting the electrical parameters of diodes is temperature change. For this reason, current-voltage (I-V) measurements were performed between 120 K and 300 K temperature values of the diode in 20 K steps. Using these measurements, ideality factor (n) and barrier height ($\Phi_b$) values were calculated for each temperature value by the thermionic emission method (TE). In addition, series resistance ($R_s$) values were calculated for each temperature value using Norde functions. When these values were examined, it was determined that n and $R_s$ values decreased as the temperature increased and the $\Phi_b$ value decreased with the increase in temperature. This change in the n and $\Phi_b$ values of the diode with temperature is attributed to the inhomogeneous structure of the diode interface. In addition, the decrease in the Rs value with temperature is attributed to the increase in the number of ionized electrons with increasing temperature.

**Key Words**: Poly(p-phenylene sulfide) (PPS), Temperature, Thermionic Emission, Norde Function

## 1. INTRODUCTION

The use of semiconductor-based devices as circuit elements is one of the most important commercial applications in the electronics and optoelectronics industry. Schottky barrier diodes (SBDs) are basically formed by the close contact of a metal and a semiconductor with the least possible resistance in a high temperature, low pressure environment. Metal-semiconductor (MS) and metal-insulator-semiconductor (MIS) type Schottky barrier diodes form the basis of many electronic devices such as solar cells (SCs), photodetectors, fast switching applications, varactors (capacitors whose capacitance varies with the applied voltage), field effect transistors and microwave circuit elements. Considering the rapid developments in semiconductor electronics, MS contacts, which are also the subject of this study, are of great interest as an integrated circuit element **[1]**.

Since most of the problems that may arise in the stability and reliability of all semiconductor devices are related to surface conditions, understanding the surface physics with the help of MS contacts is of great importance in device applications. Although there are different studies in the literature on MS and MIS structures, there are still unknown and improved features related to possible current-conduction mechanisms, capacitor properties, the shape, structure and

electrical characterization of the barrier formed at the M/S interface. For this reason, it is important to examine the current-conduction mechanisms of Schottky barrier diodes, especially in wide temperature and voltage ranges **[2]**.

The most commonly used semiconductor material in electronic devices today is Silicon. Silicon is also known as silicon and is widely used in the production of electronic chips. It stands out as an easy to supply, low cost semiconductor material. Phenylene sulfide, poly(p-phenylene sulphide) is a polymer consisting of an aromatic circuit bonded to sulfide. Synthetic and textile fibers produced from this polymer are known for their resistance to chemical and thermal effects. Such compounds may have metallic conductivity or may be semiconductors. The greatest advantage of conductive polymers is that they can be processed primarily by dispersion. Conductive polymers are generally not thermoplastics, i.e., they are not thermoformable. However, like insulating polymers, they are organic materials. They may offer high electrical conductivity, but they do not exhibit mechanical properties similar to other commercially available polymers. Electrical properties can be fine-tuned by organic synthesis methods and advanced dispersion techniques **[3]**.

While there are many studies in the literature on Si semiconductor based MS sources, it has been observed that the studies on PPS/Si MS Schottky contacts are limited. In this study, the I-V characteristics of Ni/PPS/p-Si/Al diode were analyzed for different temperature values.

## 2. MATERIALS AND METHODS

The Schottky barrier can be created by depositing a thin layer of metal onto the semiconductor substrate. A contact of the correct standard is created by depositing a thin film of the appropriate metal, without an interface layer, and without the metal atoms diffusing into the semiconductor. In practice, environmental conditions during the fabrication process, chemical cleaning processes, and unwanted impurities during production affect the quality of the contact **[4]**.

Au-PPS/p-Si Schottky diode is manufactured using p-type Si semiconductor material having (100) orientation and $5^{-10}$ Ω cm resistivity. Before manufacturing the diode, in order to clean the organic and inorganic impurities on the surface of the semiconductor material; boiling in $NH_4$+ $H_2O_2$+ $6H_2O$ solution for 10 minutes and then boiling in HCl+ $H_2O_2$+ $6H_2O$ solution for 10 minutes were performed. In order to eliminate the oxide layer formed on the surface, it was immersed in HF: $H_2O$ (1:10) solution and finally in deionized water for 30 seconds **[5]**. Then, drying process was carried out with nitrogen gas. Al metal was evaporated to create ohmic contact on the surface of p-Si semiconductor. The ohmic contact thickness formed on the semiconductor is approximately 1200 Å. After the evaporation process, annealing was applied at 580 °C for 3 minutes in $N_2$ gas environment. Au doped PPS material was coated on the bright surface of p-Si by spin coating method (1000 rpm, 5 min). Ni metal was evaporated on the Au-PPS layer to create Schottky contact and the formed diodes were 1.0 mm in diameter and approximately 1200 Å thick. All evaporation processes were carried out in vacuum coating unit under approximately $10^{-6}$ Torr pressure.

## 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

The I-V measurements were performed at 50 K steps between the temperature values of 100 K and 300 K for the Ni/Au-PPS/p-Si/Al diode, the fabrication process of which was completed. The temperature-dependent I-V graph of the Ni/Au-PPS/p-Si/Al diode is given in **Fig 1**.

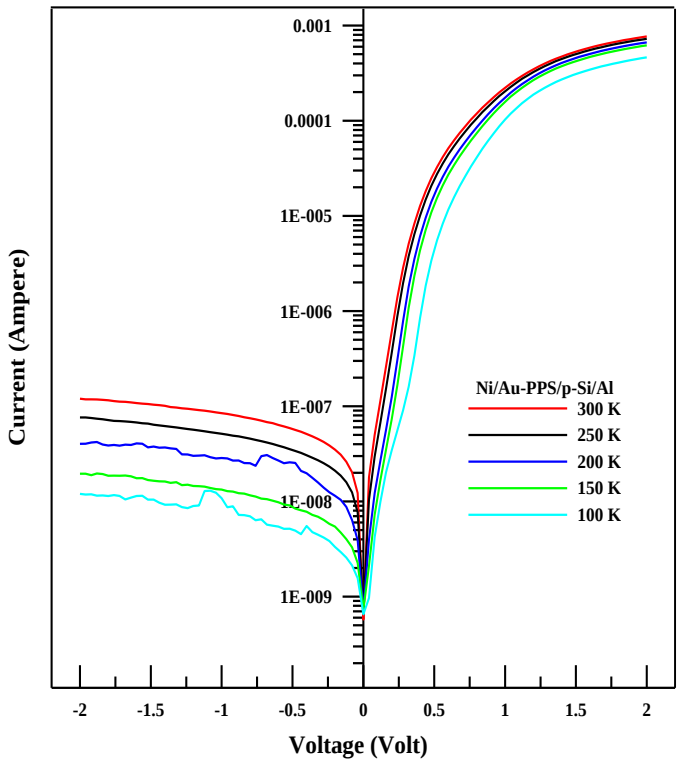



**Fig.1** The I-V-T plots of Ni/Au-PPS/p-Si/Al diode

In Schottky contacts, current conduction is due to majority carriers and can be described by thermionic emission on the interface barrier. In forward bias, thermionic emission current and saturation current expressions can be written as Eq 1 and Eq 2 **[6]**.

$$I = I_0 \left[ exp\ (q(V - IRs)/nkT - 1) \right] \quad (1)$$

$$I_0 = AA^* T^2 exp\ (-q\Phi_b / kT) \quad (2)$$

Here; q is the charge of the electron, k is the Boltzmann constant, T is the absolute temperature in Kelvin, A is the diode area, $A^*$ is the Richardson constant and 32 $A/cm^2K^2$ for p-Si, $\Phi_{b0}$ is the barrier height, n is the ideality factor. The $I_0$ value is used to determine the barrier height of the Schottky diode and the $I_0$ value is determined from the point where the ln I-V graph intersects the axis at V= 0 in the direct bias section. If Eq 2 is rewritten, Eq 3 is obtained for the barrier height expression.

$$q\Phi_b = kTln\ (\ AA^*T^2\ /I_0\ ) \quad (3)$$

The ideality factor (n) is found from the slope of the linear part of the ln I-V graph in the direct feed region and is given by the expression Eq. 4.

$$n = (q/kT)\ dV/d(lnI) \quad (4)$$

The n and $\Phi_b$ values of diode calculated using Eq 3 and Eq 4. The changes in the n and $\Phi_b$ values of the Ni/Au-PPS/p-Si/Al diode with temperature are given in **Fig 2**. When Fig 2 is examined, it is seen that the n value decreases and the $\Phi_b$ value increases with increasing temperature. This situation is attributed to the inhomogeneous structure of the diode interface **[7]**. The inhomogeneous structure of the potential barrier at the diode interface causes electrons to pass through high-level barriers at high temperatures. Thus, the $\Phi_b$ value becomes high at high temperatures **[8]**.

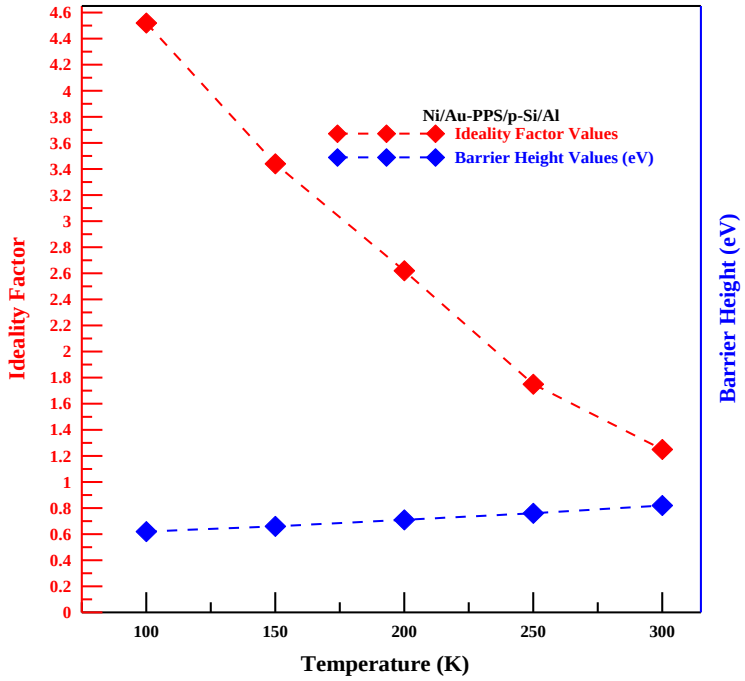



**Fig. 2** The n-T and $\Phi_b$ – T plots of Ni/Au-PPS/p-Si/Al diode

Another method used to calculate diode parameters in the literature and the most common one is the Cheung method. Cheung functions can be explained as follows **[9]**.

$$dV/d(lnI) = nkT/q + IR_s \quad (5)$$

$$H(I) = IRs + n\Phi_b \quad (6)$$

Eq (5) gives a straight line for the data of the nonlinear part of the semi-logarithmic direct feed I-V characteristic. Therefore, the ideality factor (n) is found from the point where the y-axis

intersects and the series resistance ($R_s$) is found from the slope of the graph. The dV/d(lnI) – I plots of diode given in **Fig 3**.

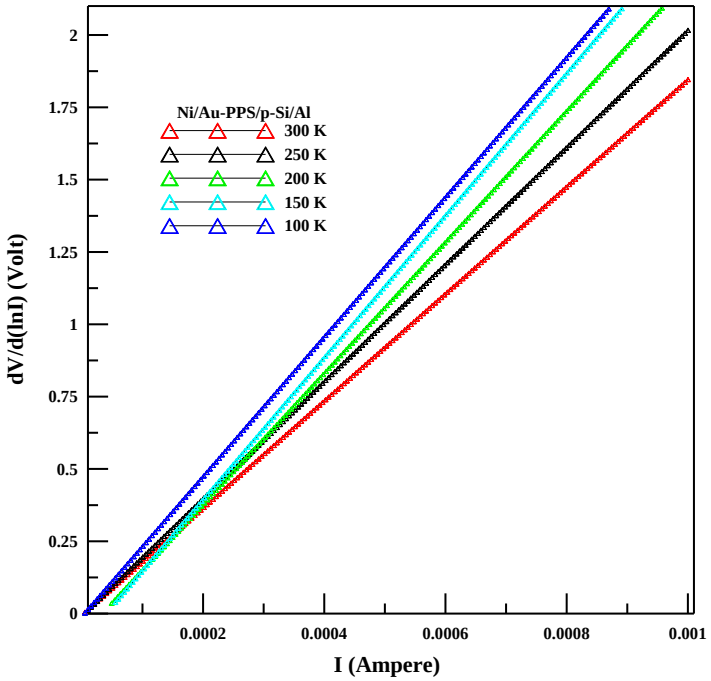



**Fig. 3** The dV/d(lnI) – I plots of Ni/Au-PPS/p-Si/Al diode

Using the slope of this graph, the $R_s$ value was calculated for each temperature value. The change of $R_s$ values with temperature is given in **Fig 4**. This graph shows us that as the temperature value increases, the $R_s$ value decreases. The increase in the number of electrons that are ionized as a result of thermal excitation with increasing temperature causes the $R_s$ value to decrease **[10]**.

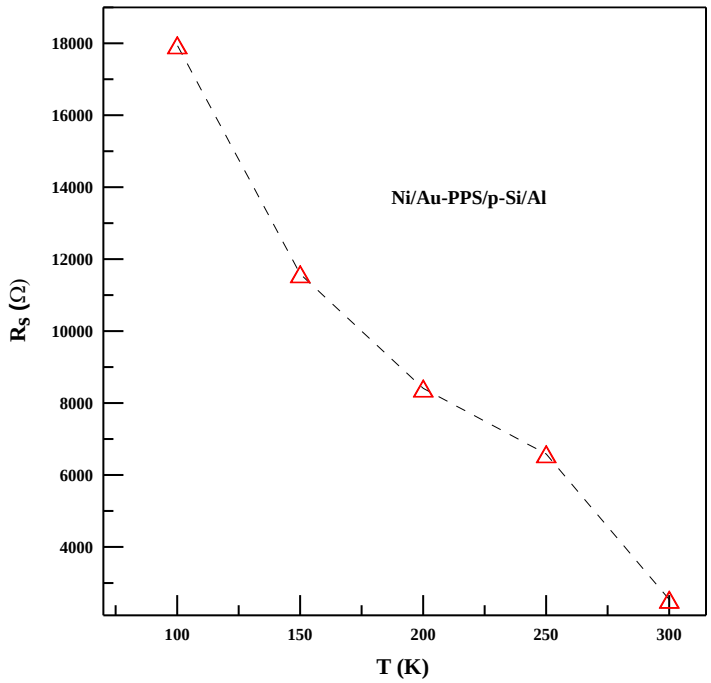


**Fig. 4** The $R_s$ – T graph of Ni/Au-PPS/p-Si/Al diode

## 4. CONCLUSIONS

In order to investigate the changes in basic diode parameters with temperature, I-V measurements of Ni/Au-PPS/p-Si/Al diode were analyzed for different temperature values. It was determined that while n and $R_s$ values of the diode decreased with increasing temperature, $\Phi_b$ value increased. The change in $\Phi_b$ value of the diode with temperature is attributed to the inhomogeneous structure of the diode interface, while the change in $R_s$ value with temperature is attributed to the increase in the number of electrons ionized as a result of thermal excitation.

**Acknowledgments**
This study was financed from Hakkari University Scientific Research Projects budget numbered ‘‘**FM24BAP2**’’.

## REFERENCES

**[1]** Mamor, M., Bouziane, K., Chakir, H., Ruterana, P., On the temperature dependence of the current conduction mode in non-homogeneous Pt/n-GaN Schottky barrier diode. Physica B: Condensed Matter, 684, 415965, 2024.
**[2]** Kazmi, S. M. T., Zahoor, Z.,Yusra, N. T., Bhatti, M. H., Afsar, M. F., Sher, F., Haroon-ur Rashid, Rafiq, M. A., Diode paremeters extraction and study of space charge limited current in (Ag, Au)/$CoS_2$ Schottky diodes. Physica B: Condensed Matter, 670, 415400, 2023.
**[3]** Efeoğlu, H., Türüt, A., Gül, M., An experimental study: Dependence of Schottky diode parameters on Schottky contact area size. Optical Materials, 142, 114038, 2023.
**[4]** Oeba, D. A., Bodunrin, J. O., Moloi, S. J., The electrical characteristics and conduction mechanisms of Zn doped silicon-based Schottky barrier diode. Heliyon, 9, e22793, 2023.
**[5]** Deniz, A. R., Çaldıran, Z., Biber, M., İncekara, Ü., Aydoğan, Ş., Investigation of electrical properties of Ni/Crystal Violet ($C_{25}H_{30}ClN_3$)/n-Si/Al diode as a function of temperature. Journal of Alloys and Compounds, 763, 622-628.
**[6]** Karabulut, A., Türüt, A., Karataş, Ş., The electrical and dielectric properties of the Au/Ti/$HfO_2$/n-GaAs structures. Journal of Molecular Structure, 1157, 513-518, 2018.
**[7]** Bakkaloğlu, Ö. F., Temperature dependence of electrical parameters of the Cu/n-Si metal semiconductor Schottky structures. Journal of Molecular Structure, 1224, 129057, 2021.
**[8]** Çaldıran, Z., Taşyürek, L. B., The role of molybdenum trioxide in the change of electrical properties of Cr/$MoO_3$/n-Si heterojunction and electrical characterization of this device depending on temperature. Sensors and Actuators A: Physical, 328, 112765, 2021.
**[9]** Işık, E., Taşyürek, L, B., Işık, I., Kılınç, N., Synthesis and analysis of $TiO_2$ nanotubes by electrochemical anodization and machine learning method for hydrogen sensors. Microelectronic Engineering, 262, 11834, 2022.

**[10]** Yiğit, E., Sevgili, Ö., Bayındır, S., Akman, F., Orak, İ., Dayan, O., The synthesis and photoelectrical performances of perylenediimide-based devices as an interface layer in metal-organic-semiconductors. Materials Science & Engineering B, 286, 116036, 2022.

# POLYDIMETHYLSILOXANE (PDMS)-BASED MICROFLUIDIC SYSTEMS IN BIOMEDICAL APPLICATIONS: PROPERTIES, CURRENT APPLICATIONS AND FABRICATION TECHNOLOGIES

**Didem ÇOŞKUN**
Karabuk University/Department of Biomedical Engineering,
Graduate Education Institute,
didemcoskun78@gmail.com – 0009-0009-5532-1825

**Asst. Prof. Dr. Nursel KARAOĞLAN***
Karabuk University/ Department of Electrical and Energy,
TOBB Vocational School of Technical Sciences,
nceran@karabuk.edu.tr- 0000-0002-1641-9258

## ABSTRACT

Polydimethylsiloxane (PDMS) belongs to the silicone elastomer group and is widely used in biomedical applications due to its superior physicochemical properties and biocompatibility. This study investigates the use of PDMS-based microfluidic systems in biomedical applications, the properties of the material, and its manufacturing technologies. The properties of PDMS, such as high inertness, resistance to biodegradation, chemical stability, gas permeability, and optical transparency, make it an ideal material for microfluidic systems and Lab-On-A-Chip applications. In the study, current biomedical applications such as optical sensing systems, point-of-care diagnostic platforms, cell and tissue engineering applications, molecular diagnostic systems, and organ-on-chip technologies are discussed in detail. In addition, the manufacturing technologies of PDMS-based microfluidic systems, such as photolithography, soft lithography, laser ablation, and 3D printing, are comprehensively reviewed.

**Keywords:** Polydimethylsiloxane (PDMS), Biomedical Engineering, PDMS Properties, Microfluidics, Biomedical Applications.

## 1. INTRODUCTION

Microfluidic devices, or in other words, Lab-On-A-Chip systems, have emerged as an essential development in various scientific and engineering applications since their emergence in the 1990s [1]. These systems, which process liquids at micro and picoliter levels, have gained rapid development and widespread use thanks to their miniaturization, integration capabilities, and portability advantages [1] [2]. The advantages microfluidic systems offer, such as short reaction times, rapid detection, low cost, and less human intervention, are among the main reasons these systems are preferred in the biomedical field [1].

Among the materials used in microfluidic applications, Polydimethylsiloxane (PDMS), a member of the silicone elastomer family, attracts attention due to its versatile properties [3] [4]. PDMS is a suitable material for biomedical applications because of its high inertness in physiological environments, resistance to biodegradation, biocompatibility, non-toxicity, and stability in its chemical structure [5]. Its superior properties, especially optical transparency, mechanical elasticity, and excellent gas permeability, have made PDMS a preferred material in various high-tech applications, from drug delivery systems to implants, catheter tubes, and wound dressing applications. In addition to these properties, PDMS's low production cost and easy processability provide significant advantages in developing microfluidic systems [5]. Microfluidic systems have become a topic of interest in medicine, biotechnology, and chemistry [1]. The application areas of these systems include optical applications [6], drug delivery and analysis systems [7], cancer studies [8], organ-on-a-chip applications [9], nucleic acid analyses, cell analyses, proteomic analyses, and point-of-care applications [10]. Integrating PDMS-based microfluidic systems with biomedical applications offers innovative solutions for diagnosis, monitoring, and treatment in healthcare. Due to the advantageous properties of PDMS, it has also gained an important place in microelectromechanical systems (MEMS), where electronic and mechanical technologies are used to solve biomedical problems encountered in micro dimensions [5].

This study examines the physical and chemical properties of PDMS-based microfluidic systems in biomedical applications, their current application areas, and production technologies. In this context, the role of PDMS in biomedical microfluidic systems, current applications, and various fabrication technologies used in producing these systems will be discussed in detail. The study aims to reveal the future potential of PDMS-based microfluidic systems by analyzing their current status in the biomedical field.

## 2. CHARACTERISTICS AND PROPERTIES OF PDMS

PDMS has many applications in machinery, construction, electronic engineering, and biomedical fields [4]. Its inertness in physiological environments, resistance to biodegradation, biocompatibility, non-toxicity, chemical stability, low production cost, and easy processability make it preferred in many biomedical applications, from drug delivery systems to implants, catheters, and drainage tubes to wound dressings [4].

The prominent properties of PDMS include gas permeability, optical transparency, mechanical elasticity, good dielectric properties, and thermal stability [4]. The elastic modulus of 1-3 MPa [11] makes PDMS a hyperelastic material that can withstand high deformation before rupture. This mechanical property draws attention to its similarity to biological tissues [3]. The ability to control the degree of cross-linking of PDMS allows its mechanical properties to be tailored for the purpose. In this way, both rigid and soft substrates required for cell interactions can be produced in chip production [12]. In addition, PDMS, which can provide light transmittance close to 90% in the wavelength range of 390-780 nm, allows the integration of optical sensing systems in microsystems. Its thermal and electrical insulation protects components from external factors in a wide temperature range (-50°C to 200°C) [5]. PDMS stands out with its high gas permeability compared to other elastomers. The polymer's gas solubility and diffusion properties provide advantages in artificial skin production and industrial applications requiring gas separation [3]. Fast and economical production methods such as soft lithography and replica molding enable the creation of high-resolution structures at the nanometer level [5]. These ease of production and integration with other materials have made PDMS a preferred material in microfluidic systems [13]. It is widely used in microfluidic applications, especially medicine, biotechnology, and chemistry [1]. PDMS [5], which has an essential place in microelectromechanical systems (MEMS), is used in various microfluidic applications by combining it with different materials such as gold nanoparticles [14]. These combinations allow the development of more effective systems by combining the properties of PDMS with the advantages of other materials.

## 3. APPLICATIONS OF PDMS IN MICROFLUIDIC SYSTEMS

PDMS-based microfluidic systems offer significant advantages in various application areas due to their superior physical and chemical properties. These systems are used in multiple applications, especially in the biomedical field, from diagnostic and therapeutic applications to wearable technologies. The use of PDMS in various applications, such as optical sensing systems, point-of-care diagnostic platforms, cell and tissue engineering applications, molecular diagnostic systems, drug delivery systems, and organ-on-chip technologies, is becoming increasingly widespread. In addition, with the development of wearable technologies in recent years, PDMS-based microfluidic systems also play an important role in real-time physiological monitoring and integrated biosensor applications. In this section, the main application areas of PDMS-based microfluidic systems and current developments in these areas are examined in detail.

### 3.1. Biomedical Applications

*Optical Detection and Analysis Systems*

Optical microfluidic chip designs offer the advantages of fast response and high sensitivity in applications such as cell separation, single-cell analysis, and biochemical molecular detection. Thanks to the integration of optical sensing and microfluidic chips, microfluidic analytical systems supported by different sensing techniques such as absorbance, fluorescence, infrared,

surface plasmon resonance (SPR), and chemiluminescence have been developed [6]. In a study, a portable PDMS-based fluorescent microfluidic detection device was created using the molding method, and it was shown that this system gave successful results in DNA hybridization detection [15]. In addition, a gold nanoparticle-doped PDMS microfluidic chip design based on the digital loop-mediated isothermal amplification (digital LAMP) method, combined near-infrared and fluorescent detection systems, was also realized [14].

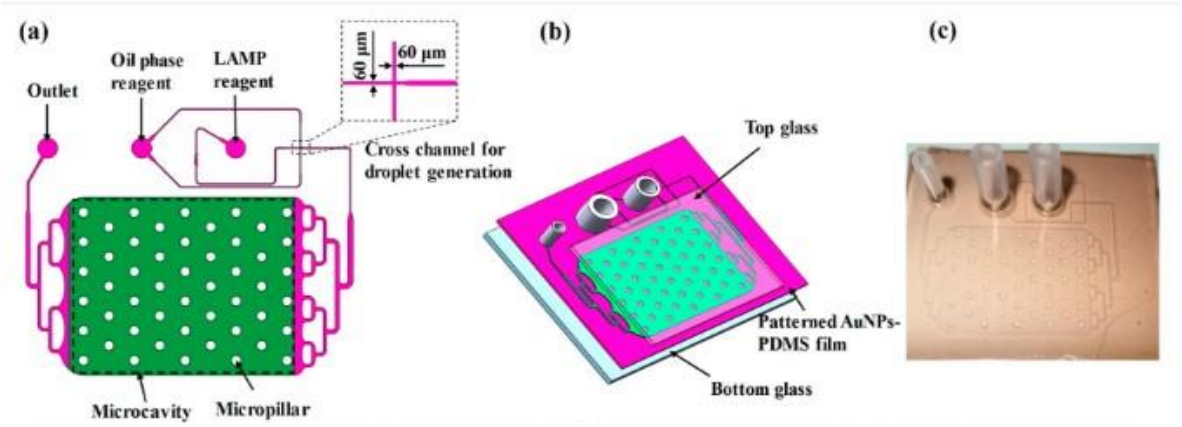



**Figure 1. PDMS microfluidic chip with gold nanoparticles: (a) Top view, (b) Component layers, (c) Digital LAMP configuration [14].**

*Point-of-Care Diagnostic Platforms*

Point-of-care analysis systems must be fast, accurate, reproducible, and easily interpretable by non-experts. Polymer and paper-based microfluidic systems offer advantages such as rapid response, low cost, and minimal reagent and sample requirements for point-of-care applications. Pregnancy tests, infectious disease diagnoses such as influenza and HIV, and blood glucose biosensors are the most widely used commercial point-of-care analysis applications [10]. A PDMS-on-glass microfluidic chip platform, which holds potential for point-of-care applications, could rapidly measure plasma protein from small amounts of whole blood [16].

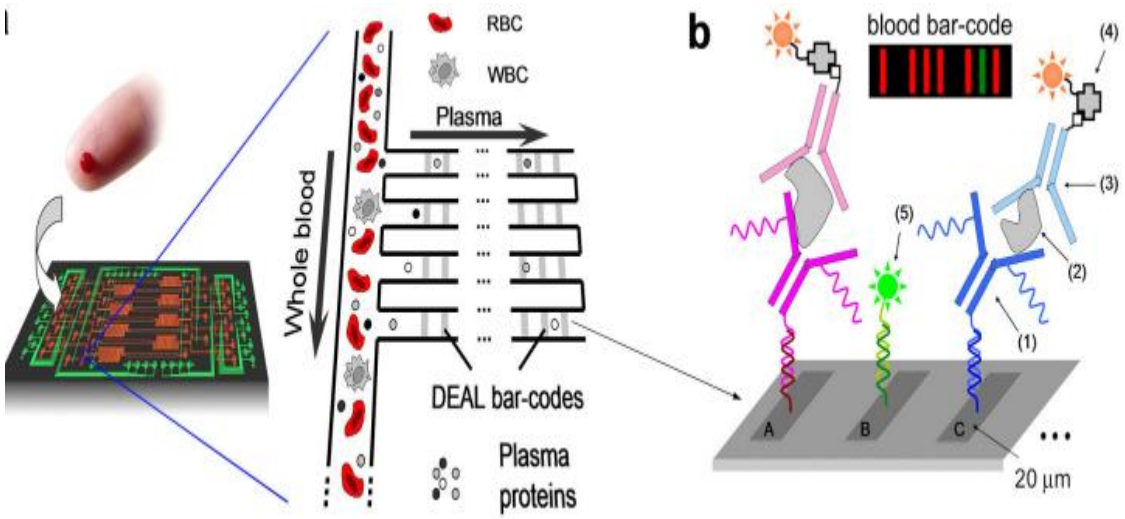



**Figure 2. (a) Integrated chip design showing DNA-encoded antibody arrays in plasma scanning channels. (b) Barcode array components: DNA-antibody conjugate, protein detection system, and fluorescent probes [16].**

*Cell and Tissue Engineering Applications*

The interest in microfluidic technologies in cell analysis has led to significant advances in integrating classical processes such as cell culture, sorting, lysis, and content separation into microdevices [10]. In measuring biological molecules and examining heterogeneous cells, chemical analysis of single cells was performed with a PDMS microfluidic device that allows intracellular component analysis [17]. It has been stated that integrated piezoelectric actuators can support high-speed and precision single-cell manipulation, and it has been suggested that a PDMS chip structure with an optofluidic waveguide can be used in biological sample sorting [18]. In addition, a microfluidic system designed with superparamagnetic beads in PDMS channels, which requires approximately 10 times less cell usage than cytometry methods, has successfully separated B-cell hematological malignant tumors [19].

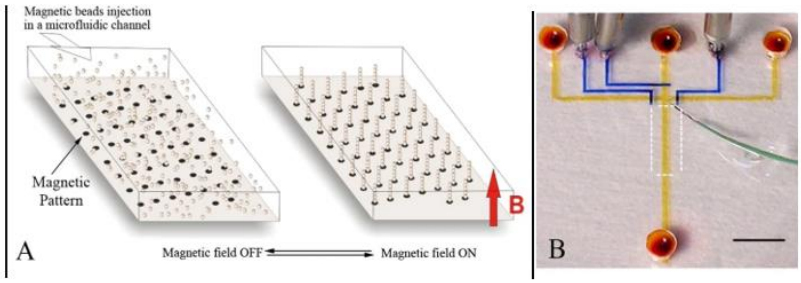



**Figure 3. (a) Magnetic bead injection and self-assembly in microchannels. (b) Integrated PDMS microchip with channels for cell separation (yellow), inlet ports (orange), and flow control (blue). [19].**

*Molecular Diagnostic Systems*

**A. Nucleic Acid Analysis:** Rapid genetic tests are typically performed using biomolecular methods such as DNA hybridization or PCR [10]. A wearable PDMS-based recombinase polymerase amplification (RPA) microchip platform, operating at body

temperature, has been successfully developed to amplify two target genes for the detection of E. coli O157:H7 from gDNA and SARS-CoV-2 from plasmid DNA [20].

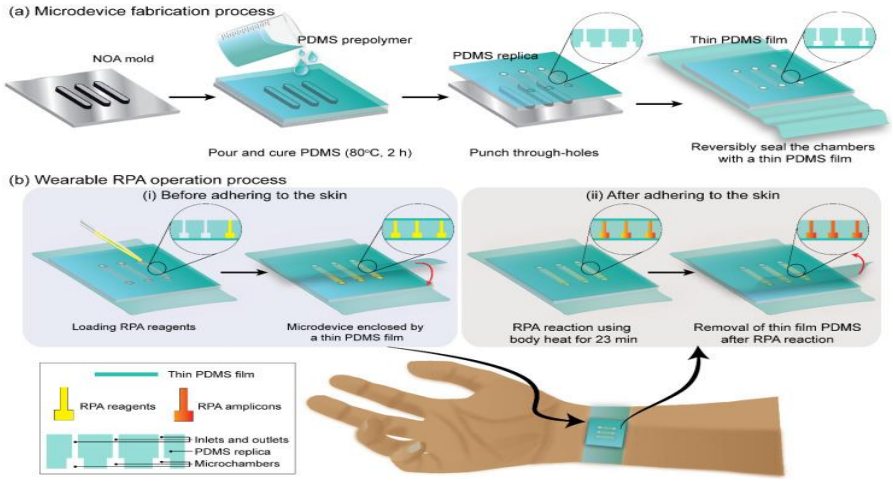



**Figure 4. (a) Fabrication steps of wearable PDMS device. (b) Device operation: (i) RPA agent loading and (ii) thermal activation on body [20].**

**B. Proteomic and Metabolomic Studies:** Proteomic analyses are critical for understanding cell functions and diagnosing diseases. However, a significant challenge in these analyses is the analysis of small samples containing many proteins with varying densities [10]. PDMS-based microfluidic systems offer practical and innovative solutions to overcome this challenge. For example, a PDMS-glass-based microfluidic system using optical detection to detect the transcript level of proteins released from a single cell achieved a relative sensitivity of 88% [21].

*Drug Delivery Systems*

Drug delivery systems aim to increase drug bioavailability, improve specificity, reduce cytotoxicity, and make the treatment process for patients more comfortable. Microfluidic systems provide significant convenience in the production of drug carriers, as they offer advantages such as a homogeneous reaction environment, high surface volume, and precise and accurate control of fluids [7].

*Organ-on-Chip Technology*

Organ-on-chip applications can be realized by designing different organ models such as brain-on-chip, heart-on-chip, and lung-on-chip. In one study, a PDMS-based microfluidic blood-brain barrier in vitro model was developed, and the passage of blood vessels through the luminal region in 3D environments was investigated. This study offers potential applications in human central nervous system drug research [22].

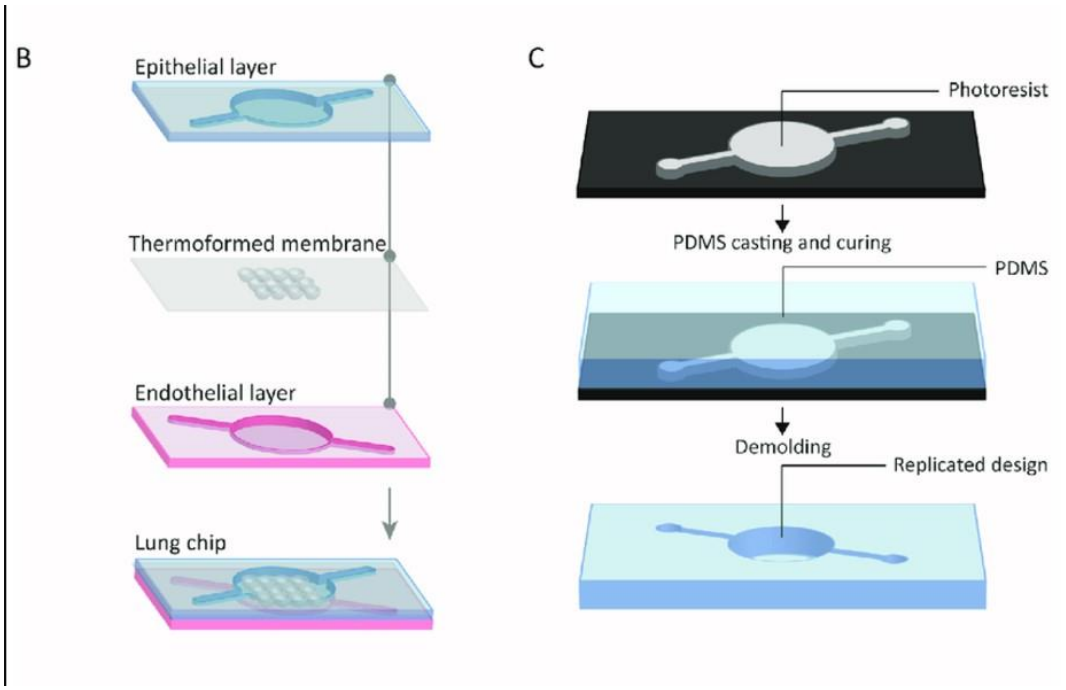



**Figure 5. (b) 3D lung-on-chip fabrication: PDMS layers with microfluidic channels and integrated biomimetic membrane. (c) PDMS molding process: casting, curing, and layer separation using SU-8 silicon mold [23].**

### 3.2. Wearable Microfluidic Devices

*Real-time Physiological Monitoring*

With the recent development of technology, wearable devices that provide instant analysis of biological fluids such as sweat, tears, saliva, and urine have gained importance. These devices offer promising potential in non-invasive diagnostics integrated with microfluidic channels, artificial intelligence, and machine learning applications [24].

Integrated Biosensor Applications

The literature shows that PDMS-based wearable microfluidic systems have been developed with different sensing mechanisms. One of these systems is a PDMS-based wearable microfluidic device that can measure sweat loss, pH, lactate, chloride, and glucose concentration using wireless data transmission and colorimetric sensing [25]. As an alternative to colorimetric sensing systems, a microfluidic device based on the electrochemical sensing principle that provides measurement of glucose, lactate, and sweat has also been developed. This device can transmit wireless data to mobile devices by being integrated with a miniature electronic card [26].

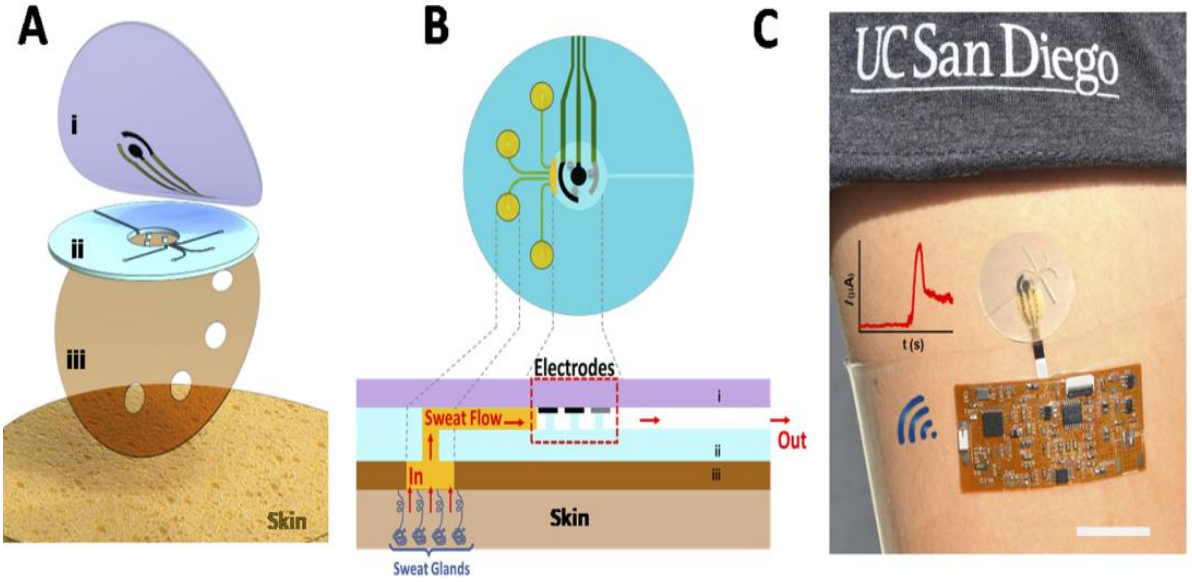



**Figure 6. Wearable microfluidic device: (a) Device layers - PDMS with sensor electrodes, microfluidic channels, and skin adhesive. (b) Sweat collection mechanism. (c) Skin-mounted device [26].**

## 4. FABRICATION METHODS AND TECHNOLOGIES

Various fabrication technologies produce microfluidic devices, each offering different advantages. These fabrication methods are selected according to the design requirements of the microfluidic systems, their intended use, and manufacturing costs. Today's main fabrication techniques include photolithography, soft lithography, laser ablation, and three-dimensional printing [27]. These techniques allow the creation of precise structures at the micrometer scale and the customization of PDMS-based microfluidic systems for different applications.

### 4.1. Photolithography

Photolithography is one of the basic techniques used in producing microfluidic systems. This production technique, which is widely used primarily in semiconductor materials, is based on transferring the determined patterns onto the photosensitive substrate using a light source. This technique allows the control of microchannel dimensions with high efficiency and precision and provides reproducible results [27].

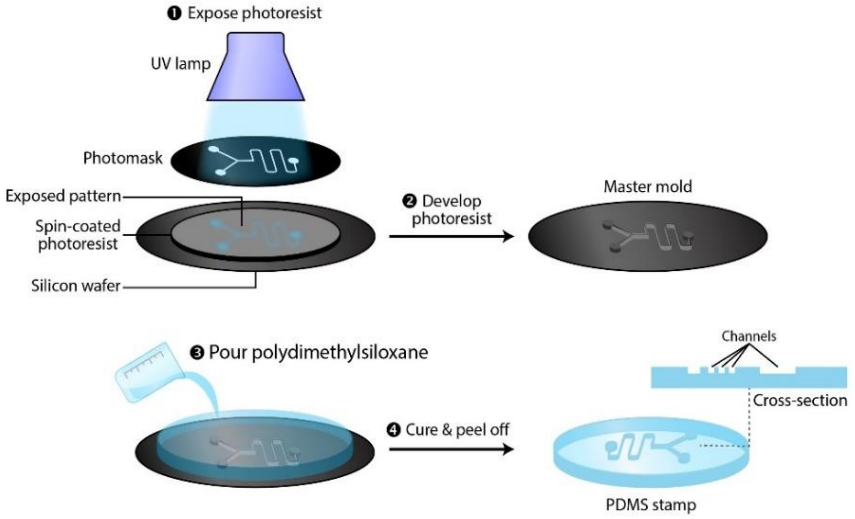



**Figure 7. Illustration of microfluidic fabrication using photolithography technique [28].**

## 4.2. Soft Lithography

Soft lithography is an effective technique widely used in producing microfluidic devices. In this method, the elastomer material poured onto a mold prepared by photolithography is removed after the curing process and bonded to glass or other polymer surfaces, thus creating microchannel structures [27]. This technique, which works on the principle of copy molding, is preferred especially for the rapid and economical production of complex channel geometries. Soft lithography offers superior advantages in producing microfluidic devices with multilayer structures and integrated valves [27].

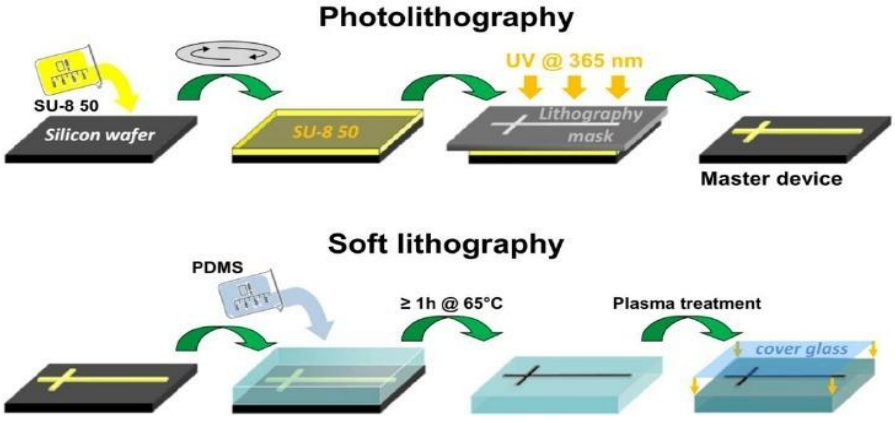



**Figure 8. Soft lithography method [29].**

## 4.3. Laser Ablation

Laser ablation is an advanced manufacturing technique for creating microchannel structures in glass and polymeric materials. This method removes material from the material's surface in a controlled manner using laser energy and creates microchannel structures. Although the technique allows precise control of channel dimensions, it may require additional surface modifications after the process [27]. CO2 lasers are generally used in laser ablation systems. In these systems, channel geometries defined in computer-aided design (CAD) files can be directly

created by automatically moving the laser beam on the PDMS plate (Figure 9) [30]. Scanning electron microscope (SEM) analyses performed for the structural characterization of the produced microchannels allow detailed visualization of the channels from both the top perspective and cross-section (Figure 10) [30].




**Figure 9. Illustration of microchannel fabrication method. CO2 laser automatically advances on PDMS sheet according to computer-aided design (CAD) file [30].**

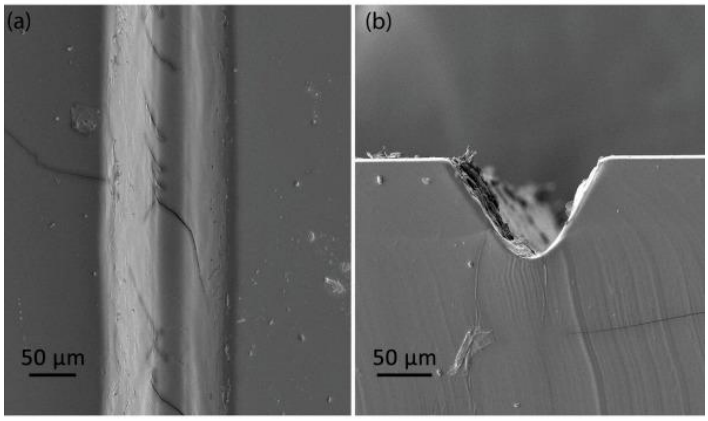



**Figure 10. SEM image of laser-machined PDMS microchannel from a) top perspective, b) cross-section [30].**

### 4.4. 3D Printing

Three-dimensional printing technology is an innovative approach that has come to the fore in recent years in producing microfluidic systems. This technique includes different printing methods, such as stereolithography and fusion deposition modeling [27]. This technology, especially preferred in rapid prototyping of structures with complex geometries, offers significant advantages over traditional production methods. The most crucial feature of three-dimensional printing technology is that many components in microfluidic systems can be integrated and customized in a single production step [27]. This feature both speeds up the production process and provides design flexibility.

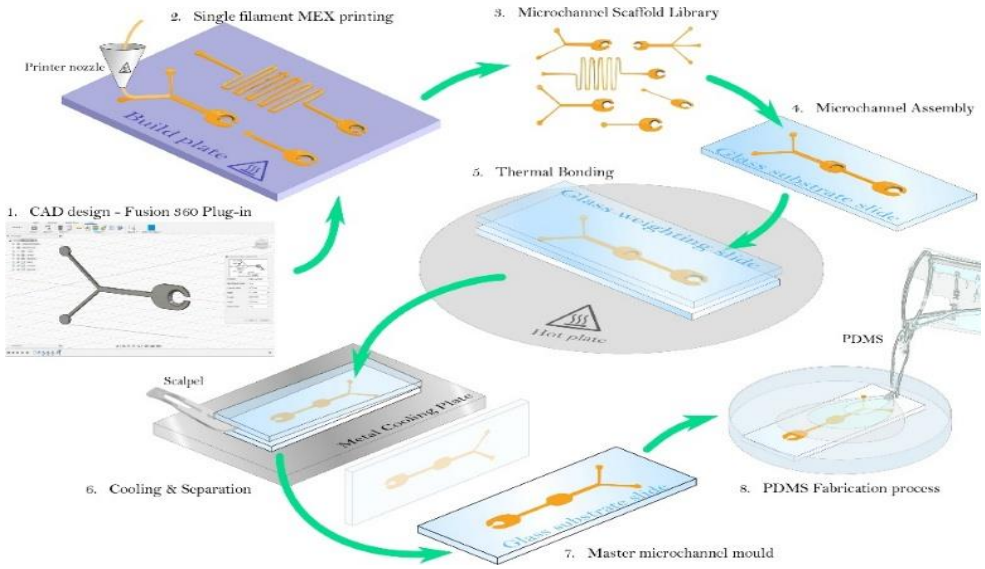



**Figure 11. Microchannel production using 3D printing method [31].**

## 5. CONCLUSION AND FUTURE WORK

This study examined the use of PDMS-based microfluidic systems in biomedical applications, material properties, and production technologies. It was observed that the properties of PDMS, such as biocompatibility, optical transparency, and mechanical flexibility, make this material an essential option for microfluidic systems. It was observed that PDMS-based systems were used effectively, especially in optical sensing systems, point-of-care diagnostic platforms, and organ-on-chip applications. The studies examined determined that PDMS-based microfluidic systems provide high sensitivity in biological processes such as DNA analysis and protein detection. Integration with wearable technologies may offer new opportunities in real-time physiological monitoring applications. The advantages offered by each production technology can enable microfluidic structures to be customized for various applications.

In future studies, it is recommended to investigate the following topics:

- Improving the surface properties of PDMS
- Developing microfluidic systems used in wearable devices
- Investigating tissue-material interactions in organ-on-chip technology
- Optimizing production methods
- Standardization of point-of-care systems in clinical applications

Future studies can further increase the potential of PDMS-based microfluidic systems in the biomedical field. Additional studies on reliability and cost-effectiveness may be needed for these systems to become widespread in clinical applications.

## REFERENCES

[1] X. (James) Li and Y. Zhou, *Microfluidic Devices for Biomedical Applications*. Woodhead Publishing, 2021.

[2] S. K. Sia and G. M. Whitesides, “Microfluidic devices fabricated in Poly(dimethylsiloxane) for biological studies,” *ELECTROPHORESIS*, vol. 24, no. 21,

pp. 3563–3576, 2003, doi: 10.1002/elps.200305584.
[3] J. R. A. Victor, "Study of PDMS characterization and its applications in biomedicine: A review," 2024, [Online]. Available: https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/19528/3/study PDMS.pdf.
[4] F. C. P. Sales, R. M. Ariati, V. T. Noronha, and J. E. Ribeiro, "Mechanical Characterization of PDMS with Different Mixing Ratios," *Procedia Structural Integrity*, vol. 37, pp. 383–388, 2022, doi: 10.1016/j.prostr.2022.01.099.
[5] I. Miranda and others, "Properties and Applications of PDMS for Biomedical Engineering: A Review," *Journal of Functional Biomaterials*, vol. 13, no. 1, 2022, doi: 10.3390/jfb13010002.
[6] Y.-J. Wei, "Biochemical analysis based on optical detection integrated microfluidic chip," *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, vol. 158, 2023, doi: 10.1016/j.trac.2022.116865.
[7] Q. Zhong, "Advances of Microfluidics in Biomedical Engineering," *Advanced Materials Technologies*, 2019, [Online]. Available: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/admt.201800663.
[8] N. Mahhengam, A. F. G. Khazaali, S. Aravindhan, A. O. Zekiy, L. Melnikova, and H. Siahmansouri, "Applications of Microfluidic Devices in the Diagnosis and Treatment of Cancer: A Review Study," *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, vol. 52, no. 8, pp. 1863–1877, 2022, doi: 10.1080/10408347.2021.1922870.
[9] P. Pattanayak and others, "Microfluidic chips: recent advances, critical strategies in design, applications and future perspectives," *Microfluid Nanofluid*, vol. 25, no. 12, 2021, doi: 10.1007/s10404-021-02502-2.
[10] P. N. Nge, "Advances in Microfluidic Materials, Functions, Integration, and Applications," *Chemical Reviews*, 2024, [Online]. Available: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/cr300337x.
[11] M. P. Wolf, "PDMS with designer functionalities—Properties, modifications strategies, and applications," *Progress in Polymer Science*, vol. 83, pp. 97–134, 2018, doi: 10.1016/j.progpolymsci.2018.06.001.
[12] S. Vlassov and others, "Adhesion and Mechanical Properties of PDMS-Based Materials Probed with AFM: A Review," *REVIEWS ON ADVANCED MATERIALS SCIENCE*, vol. 56, no. 1, pp. 62–78, 2018, doi: 10.1515/rams-2018-0038.
[13] K. Ren, J. Zhou, and H. Wu, "Materials for Microfluidic Chip Fabrication," *Acc. Chem. Res.*, vol. 46, no. 11, pp. 2396–2406, 2013, doi: 10.1021/ar300314s.
[14] Z. Zhang and others, "An LED-Driven AuNPs-PDMS Microfluidic Chip and Integrated Device for the Detection of Digital Loop-Mediated Isothermal DNA Amplification," *Micromachines*, vol. 11, no. 2, 2020, doi: 10.3390/mi11020177.
[15] Y. M. Hsu and C. C. Chang, "The portable fluorescence detection system matched with PDMS microfluidic biochip for DNA hybridization detection," *Optik*, vol. 126, no. 20, pp. 2600–2605, 2015, doi: 10.1016/j.ijleo.2015.06.029.
[16] R. Fan and others, "Integrated Blood Barcode Chips," *Nature biotechnology*, vol. 26, no. 12, 2008, doi: 10.1038/nbt.1507.
[17] L. Yu, H. Huang, X. Dong, D. Wu, J. Qin, and B. Lin, "Simple, fast and high-throughput single-cell analysis on PDMS microfluidic chips," *Electrophoresis*, vol. 29, no. 24, pp. 5055–5060, 2008, doi: 10.1002/elps.200800331.
[18] S. H. Cho, C. H. Chen, F. S. Tsai, J. M. Godin, and Y.-H. Lo, "Human mammalian cell sorting using a highly integrated micro-fabricated fluorescence-activated cell sorter (μFACS)," *Lab Chip*, vol. 10, no. 12, pp. 1567–1573, 2010, doi: 10.1039/C000136H.
[19] A.-E. Saliba and others, "Microfluidic sorting and multimodal typing of cancer cells in self-assembled magnetic arrays," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol.

107, no. 33, pp. 14524–14529, 2010, doi: 10.1073/pnas.1001515107.
[20] K. T. L. Trinh and N. Y. Lee, "Fabrication of Wearable PDMS Device for Rapid Detection of Nucleic Acids via Recombinase Polymerase Amplification Operated by Human Body Heat," *Biosensors*, vol. 12, no. 2, 2022, doi: 10.3390/bios12020072.
[21] A. Salehi-Reyhani and others, "A first step towards practical single cell proteomics: a microfluidic antibody capture chip with TIRF detection," *Lab Chip*, vol. 11, no. 7, pp. 1256–1261, 2011, doi: 10.1039/C0LC00613K.
[22] S. Lee, M. Chung, S.-R. Lee, and N. L. Jeon, "3D brain angiogenesis model to reconstitute functional human blood–brain barrier in vitro," *Biotechnol. Bioeng.*, 2017, doi: 10.1002/bit.27224.
[23] D. Baptista *et al.*, "3D lung-on-chip model based on biomimetically microcurved culture membranes," *ACS biomaterials science & engineering*, vol. 8, no. 6, pp. 2684–2699, 2022.
[24] S. Apoorva, N.-T. Nguyen, and K. R. Sreejith, "Recent developments and future perspectives of microfluidics and smart technologies in wearable devices," *Lab Chip*, vol. 24, no. 7, pp. 1833–1866, 2024, doi: 10.1039/D4LC00089G.
[25] A. Koh and others, "A Soft, Wearable Microfluidic Device for the Capture, Storage, and Colorimetric Sensing of Sweat," *Sci Transl Med*, vol. 8, no. 366, 2016, doi: 10.1126/scitranslmed.aaf2593.
[26] A. Martín and others, "Epidermal Microfluidic Electrochemical Detection System: Enhanced Sweat Sampling and Metabolite Detection," *ACS Sens.*, vol. 2, no. 12, pp. 1860–1868, 2017, doi: 10.1021/acssensors.7b00729.
[27] N. Shukla, "Innovative biomedical applications of micro/nano channel technologies in microfluidics," *Microchemical Journal*, vol. 207, 2024, doi: 10.1016/j.microc.2024.111819.
[28] "Photolithography." [Online]. Available: http://biomechanicalregulation-lab.org/photolithography.
[29] "Soft Lithography," *Encyclopedia of Nanotechnology*. pp. 3747–3747, 2016, doi: 10.1007/978-94-017-9780-1_101041.
[30] M. T. Guler, "Fabricating plasma bonded microfluidic chips by CO2 laser machining of PDMS by the application of viscoelastic particle focusing and droplet generation," *Journal of Manufacturing Processes*, vol. 73, pp. 260–268, 2022, doi: 10.1016/j.jmapro.2021.11.016.
[31] H. Felton, R. Hughes, and A. Diaz-Gaxiola, "Negligible-cost microfluidic device fabrication using 3D-printed interconnecting channel scaffolds," *PLoS One*, vol. 16, no. 2, p. e0245206, 2021.

# GLOBAL TRENDS AND ANALYSIS OF BIOMEDICAL, POLYMER, AND POLYMER BRUSH RESEARCH: A STUDY USING THE WEB OF SCIENCE DATABASE

**Asst. Prof. Dr. NURSEL KARAOĞLAN**
Karabuk University/ Department of Electrical and Energy,
TOBB Vocational School of Technical Sciences,
nceran@karabuk.edu.tr- 0000-0002-1641-9258

## ABSTRACT

In this study, a comprehensive analysis based on the keywords biomedical, polymer, and polymer brush was performed using the Web of Science (WoS) database. The study aimed to analyze the trends and developments in these specific fields, obtain the temporal distribution of articles published annually in the last decade, and reveal the dynamics and evolution of research activities. Simultaneously, the breadth of various research areas and the distribution of search results are reported. In this context, the most frequently studied keywords in these fields and their interrelationships were identified by analyzing the content of articles in the WoS database. It analyzed how specific keywords are used together and which topics attract more attention. This process has revealed how different disciplines intersect more clearly. Additionally, this study was analyzed on a country basis, determining the 25 countries with the most publications in these fields using combinations of the above-mentioned keywords. In this regard, it shows which countries contribute more to these fields on a global scale and presents the research trends of countries in these fields. This study provides an essential resource for understanding the development of biomedical and polymer research and potential future research topics in these fields, mainly using data from the last decade. It also contributes to understanding innovative solutions emerging in these fields by examining the interdisciplinary interaction of biomedical and polymer research.

**Keywords:** Biomedical research, polymer science, polymer brush, interdisciplinary studies, scientific analysis.

## 1. INTRODUCTION

Polymers and polymer brushes used in biomedical applications play a critical role in the development of innovative therapeutics and medical devices [1-3]. In recent years, these interdisciplinary studies have provided significant advances in basic sciences and applied engineering [4]. In particular, the potential of polymers in biomedical applications has become the focus of scientific research and industrial innovations [1, 5]. Polymer science is a versatile research field that involves the study of repetitive structures at the molecular level [6, 7]. Polymers' chemical structures, synthesis methods, and physical properties directly determine their performance in their application areas [8, 9]. For example, linear, branched, or cross-linked polymer structures have a decisive effect on mechanical strength, thermal stability, and biocompatibility [10, 11]. In this context, biodegradable polymers, such as poly(ε-caprolactone) (PCL), polylactic acid (PLA), and polyglycolic acid (PGA), are extensively utilized in biomedical applications, including drug delivery systems and tissue engineering [12-14]. In addition, environmental conditions such as humidity and water absorption can significantly affect the tribological and mechanical properties of polymers and their composites [13, 15]. Understanding these environmental effects is crucial for successfully applying polymeric materials in various industries, including construction, transportation, and biomedical engineering.

The study of the structure of repeating units at the molecular level and the investigation of the properties of these structures constitute a broad research field in polymer science [6, 7]. The chemical structures, synthesis methods and physical properties of polymers are the main factors that directly affect the performance of these polymers in various applications [8, 9]. For example, linear, branched, or cross-linked polymer structures have a decisive effect on mechanical strength, thermal stability, and biocompatibility [10, 11]. In this context, biodegradable polymers (e.g., poly(ε-caprolactone) [PCL], polylactic acid [PLA], polyglycolic acid [PGA]) are widely used in biomedical applications such as drug delivery systems and tissue engineering [12-14]. Furthermore, environmental factors such as humidity and water absorption can lead to significant changes in the tribological and mechanical properties of polymers and composites [13, 15]. Understanding these effects is important to ensure the effective use of polymeric materials in fields such as construction, transportation and biomedical engineering.

Polymer brushes, which are polymer chains covalently bonded to a surface, have unique properties that make them useful in biomedical applications [3, 16]. Polymer brushes enable more complex and functional applications by combining nanotechnology and surface chemistry. The high grafting density and confined structure of polymer brushes can provide desired surface properties such as protein resistance, toxic fouling, and stimuli sensitivity [3] [17, 18]. Polymer brushes can be synthesized using various techniques, including surface-initiated polymerization methods [19, 20]. Therefore, controlled polymerization methods used in synthesizing polymer brushes allow for precise regulation of surface properties, enabling broader and more functional applications. Controlled polymerization methods, such as Atom Transfer Radical Polymerization (ATRP) [21] and RAFT (Reversible Addition-Fragmentation

Chain Transfer) [22], enable polymer brushes to regulate surface properties and provide high functionality precisely [23, 24]. These properties have the potential for broad application in applications such as antifouling coatings, biosensor surfaces, and cell interactions [25, 26]. In particular, RAFT polymerization has been extensively investigated for synthesizing polymer brushes and other complex polymer architectures. RAFT polymerization allows for the controlled synthesis of polymers with well-defined molecular weights, low dispersions, and the ability to incorporate a variety of functional monomers [27-29].

In this study, bibliometric analyses were performed based on the keywords "biomedical," "polymer," and "polymer brush" using the Web of Science (WoS) database. The study aimed to examine trends and developments based on these keywords, determine the annual distribution of published articles, and reveal the dynamics of research activities. In this context, the content of the articles in the WoS database was analyzed, keywords were frequently used, and the relationships between them were determined. The frequency of use of keywords together was examined. In addition, the countries with the most publications in the biomedical and polymer fields were identified, and their global contributions were evaluated. The original value of this study is that it presents current results in the biomedical and polymer fields, especially in examining the "polymer brush" topic. In particular, the comprehensive analysis using the WoS database revealed the relationships between the keywords in detail. The study's originality stems from its ability to show how research areas intersect and develop through the simultaneity analysis of keywords. Additionally, country-based analyses help us understand global research trends by highlighting international research contributions and collaborations.

## 2. METHODOLOGY

This study conducted a comprehensive bibliometric analysis to examine global and local research trends related to the keywords "biomedical and polymer" and "biomedical and polymer brush." The methodology section is explained in three stages: Data Collection, Data Analysis, and Visualization. In the data collection stage, the data obtained from comprehensive queries made with the keywords were analyzed by cleaning duplicate records and irrelevant publications. Standard data cleaning procedures were applied to ensure the consistency and reliability of the data, and appropriate publications were selected. The bibliometric information of the publications was systematically extracted. In the data analysis stage, VosViewer analyses [30] were performed using the keywords "biomedical and polymer" and "biomedical and polymer brush"; the distribution of publications by year was examined, the distribution between countries was evaluated, and the concurrency analysis of the keywords was performed. In the visualization stage, concurrency and connection analyses were performed with VOSviewer software using specific keyword sets, and the obtained data was visualized on the map.

## 3. RESULTS

This section presents statistical information on the number of publications based on the keywords "biomedical and polymer" and "biomedical and polymer brush" in the WoS database by country and year. In addition, the data were transferred to the VOSviewer [31] and used for

co-occurrence and link analyses. The results are presented graphically and in tables. Data were retrieved from the WoS database as of August 19, 2024.

### 2.1. Publication Distribution and Contribution Analysis by Country

Table 1 shows the distribution of publications among countries according to the keyword sets "biomedical" and "polymer" and "biomedical" and "polymer brush(es)." These data show that China is the clear leader in analyzing the keywords "biomedical" and "polymer," accounting for 19.67% of the total publications. This shows China's importance to biomedical polymer research and its influence. The USA is in second place with a share of 13.45% of the publications and, together with China, covers more than one-third of the publications in this field. India is in third place with a share of 7.16%, indicating that developing countries are rapidly advancing and playing an essential role in biomedical polymer research. European countries (Germany et al.) account for a significant portion of the total publications, indicating that Europe has a robust research infrastructure. Turkey ranks 16th with 691 publications and a share of 1.57%, indicating that Turkey has made a significant contribution to biomedical polymer research but has further development potential. In the analysis conducted for the keywords "Biomedical" and "polymer brush(es)," China continues to lead in this more specific field and accounts for 21.24% of the publications. The USA and Japan are in second and third place, respectively. The number of publications in this field is generally lower, indicating that the subject of "polymer brush" is a more specific and developing research area. Turkey also ranks 16th in this field, but the number of publications is only 4. This situation shows that Turkey has a high research potential on "polymer brush" and that more work needs to be done in this area. These data clearly reveal the global distribution of biomedical polymer research and the contributions of countries in this field. It is seen that developing countries, as well as developed countries, have made significant contributions to this field.

**Table 1. Publication record counts by country/region for two keyword sets**

| Keywords → | 'biomedical' and 'polymer' | | | 'biomedical' and 'polymer brush(es)' | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Order | Countries/Regions | # | % | Countries/Regions | # | % |
| 1 | PEOPLES R CHINA | 8648 | 19.67 | PEOPLES R CHINA | 55 | 21.24 |
| 2 | USA | 5913 | 13.45 | USA | 39 | 15.06 |
| 3 | INDIA | 3149 | 7.16 | JAPAN | 25 | 9.65 |
| 4 | GERMANY | 1768 | 4.02 | GERMANY | 19 | 7.34 |
| 5 | SOUTH KOREA | 1611 | 3.66 | AUSTRALIA | 13 | 5.02 |
| 6 | IRAN | 1441 | 3.28 | INDIA | 11 | 4.25 |
| 7 | ENGLAND | 1370 | 3.12 | NETHERLANDS | 11 | 4.25 |
| 8 | ITALY | 1272 | 2.89 | CANADA | 8 | 3.09 |
| 9 | SPAIN | 1000 | 2.27 | SINGAPORE | 8 | 3.09 |
| 10 | JAPAN | 991 | 2.25 | ENGLAND | 7 | 2.70 |
| 11 | AUSTRALIA | 982 | 2.23 | SOUTH KOREA | 6 | 2.32 |
| 12 | FRANCE | 941 | 2.14 | CZECH REPUBLIC | 5 | 1.93 |
| 13 | CANADA | 854 | 1.94 | AUSTRIA | 4 | 1.54 |
| 14 | POLAND | 829 | 1.89 | SWEDEN | 4 | 1.54 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | BRAZIL | 761 | 1.73 | SWITZERLAND | 4 | 1.54 |
| 16 | TURKEY | 691 | 1.57 | TURKEY | 4 | 1.54 |
| 17 | SINGAPORE | 664 | 1.51 | FRANCE | 3 | 1.16 |
| 18 | TAIWAN | 619 | 1.41 | IRAN | 3 | 1.16 |
| 19 | RUSSIA | 574 | 1.31 | POLAND | 3 | 1.16 |
| 20 | PORTUGAL | 558 | 1.27 | DENMARK | 2 | 0.77 |
| 21 | SAUDI ARABIA | 552 | 1.26 | IRELAND | 2 | 0.77 |
| 22 | MALAYSIA | 543 | 1.24 | ITALY | 2 | 0.77 |
| 23 | NETHERLANDS | 516 | 1.17 | NEW ZEALAND | 2 | 0.77 |
| 24 | PAKISTAN | 512 | 1.16 | SAUDI ARABIA | 2 | 0.77 |
| 25 | EGYPT | 476 | 1.08 | SPAIN | 2 | 0.77 |

## 2.2. Publication Distribution and Contribution Analysis by Year

Figures 1 and 2 show the distribution of publications containing the keywords "biomedical and polymer" and "biomedical and polymer brush" by year. Figure 1 shows a general increasing trend in the number of publications containing the keywords "biomedical" and "polymer" from 2014 to 2021. The annual number of publications, which was 2239 in 2014, peaked in 2021 and reached 3635, representing an increase of approximately 62%. However, a slight decrease began after 2021, and publications decreased to 3301 in 2023. When annual changes are examined, a slight decrease was observed between 2014 and 2015, and a rapid increase was observed between 2015 and 2018. While the rate of increase slowed down in 2018-2020, a significant acceleration was experienced again in 2020-2021. This may reflect the possible impact of the COVID-19 pandemic on research activities. For the coming years, the data for 2024 and 2025 are probably estimated or partial; a sharp decrease is predicted for 2024 (2071 publications) and a deficient number (2 publications) for 2025. These data may be based on incomplete or projected data. Although the graph shows minor fluctuations between years, the general increasing trend continued until 2021. This analysis reveals that the relevant research area grew between 2014 and 2021 but experienced a slight decrease in recent years. Due to the incomplete data for 2024 and 2025, additional data is needed to estimate the future trend.

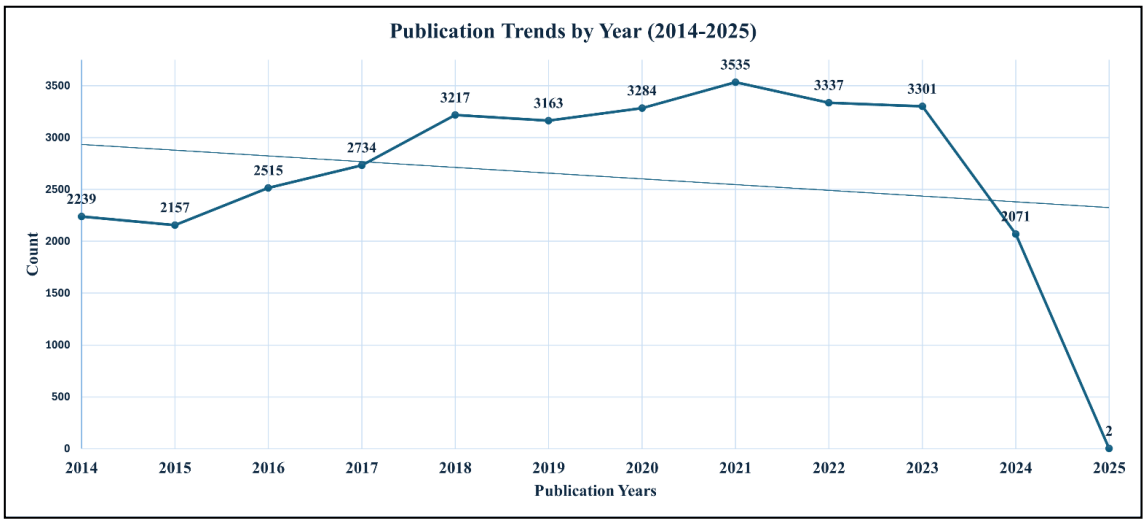



**Figure 1. Annual publication counts and percentages for 'biomedical' and 'polymer' terms (2014-2025)**

Figure 2 shows the publication trends between 2000-2025. All years have been withdrawn from the WoS database due to the low number of publications. In general, an increasing trend is observed in this field from 2000 to 2020, but this increase is not regular and includes fluctuations. The process, which started with only one publication in 2000, peaked in 2020 and reached 22 publications. The periodic analysis shows that the number of publications was deficient (between 0-3) between 2000-2008. A slow-increasing trend started between 2009 and 2014, and the number of publications increased to 11. The fastest increase was experienced in 2015-2020, and the number of publications increased from 11 to 22. However, fluctuations and a general decreasing trend are observed between 2021-2025. After 2020, the number of publications decreased to 8 in 2021, increased to 20 in 2022, but decreased again to 11 in 2023. The trend line shows an increasing trend in the long term, with annual data showing significant deviations from this trend. This analysis shows that the relevant research area has generally grown from 2000 to 2020 but has experienced fluctuations and a downward trend in recent years. This area is still developing, but the growth rate is stabilizing.

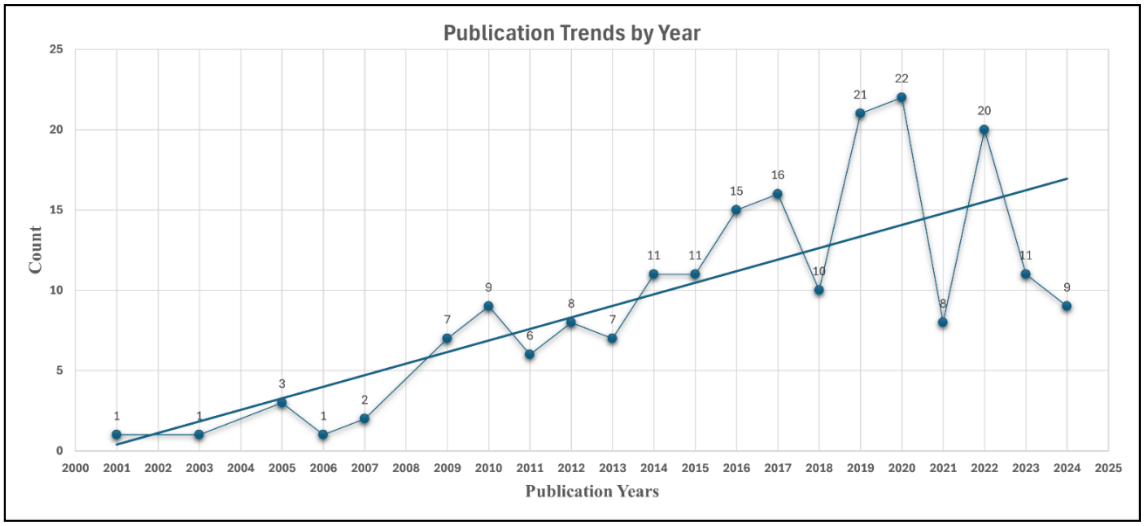



**Figure 2. Distribution of biomedical and polymer brush publication numbers by years**

Both figures show that interest in biomedical polymer and polymer brush research has increased significantly over the last decade. This increase suggests that these areas will continue to be essential research topics in the future.

### 2.3. Co-occurrence and Link Map of Keywords Based on Different Keyword Sets

Tables 2 and 3 contain co-occurrence and link values on keywords obtained using VOSviewer. These analyses show how frequently specific keywords are used together and the strength of the relationships between these words. Table 2 shows that the most frequently used term in the keywords 'biomedical and polymer' analysis is "polymer(s)," which has a high co-occurrence and link value. This shows that polymers play a central role in biomedical research. In addition, terms such as "biomedical application(s)" and "drug delivery" stand out with high co-occurrence and link values, emphasizing that these fields are important research focuses. Apart from these terms, keywords such as "tissue engineering," "biomaterials," "nanocomposite," and "nanoparticle(s)" reflect the importance of polymers in subfields such as tissue engineering, biomaterials, and nanotechnology.

**Table 2. Occurrences and Total Link Strength of the Keywords "Biomedical" and "Polymer" Based on WOS Data (Top 10)**

| Order | Keywords | Occurrences | Total link strength |
|---|---|---|---|
| 1 | polymer(s) | 182 | 256 |
| 2 | biomedical application(s) | 120 | 182 |
| 3 | drug delivery | 92 | 178 |
| 4 | tissue engineering | 55 | 143 |
| 5 | biomaterials | 47 | 93 |
| 6 | biodegradable polymers | 39 | 81 |
| 7 | nanocomposite | 36 | 71 |
| 8 | self-assembly | 28 | 36 |
| 9 | nanoparticle(s) | 28 | 52 |
| 10 | 3d printing | 26 | 43 |

Table 3 shows that in analyzing the keywords ‘biomedical and polymer brush,’ the term ‘polymer brush’ was the most frequently used and had significant co-occurrence and link value. However, the relatively low overall link strength suggests that this term is used in a more niche and specialized research area. Terms such as ‘protein adsorption,’ ‘antifouling,’ and ‘cell adhesion’ highlight the critical role of polymer brushes in surface modification and biological interactions.

**Table 3. Occurrences and total link strength of biomedical and polymer brush keywords based on WOS data**

| Keywords | Occurrences | Total Link Strength |
|---|---|---|
| polymer brush | 59 | 20 |
| protein adsorption | 13 | 14 |
| polymer brushes | 12 | 3 |

| | | |
|---|---|---|
| antifouling | 9 | 7 |
| cell adhesion | 7 | 8 |
| atom transfer radical polymerization | 6 | 5 |
| surface modification | 6 | 6 |
| drug delivery | 5 | 5 |

VOSviewer map analyses these co-occurrence and link values, allowing us better to understand the nature of the relationships between keywords. Figure 3 shows how the keywords in the 'biomedical and polymer' field are clustered and which terms are at the center. Figure 4 reveals that the keywords in the 'biomedical and polymer brush' field have a more specific and limited structure. These analyses show that the biomedical and polymer fields are broad and established research areas, while biomedical and polymer brush research represents a more niche and developing subfield. Co-occurrence and link values allow for a deep understanding of these two fields' research focuses and keyword relationships.

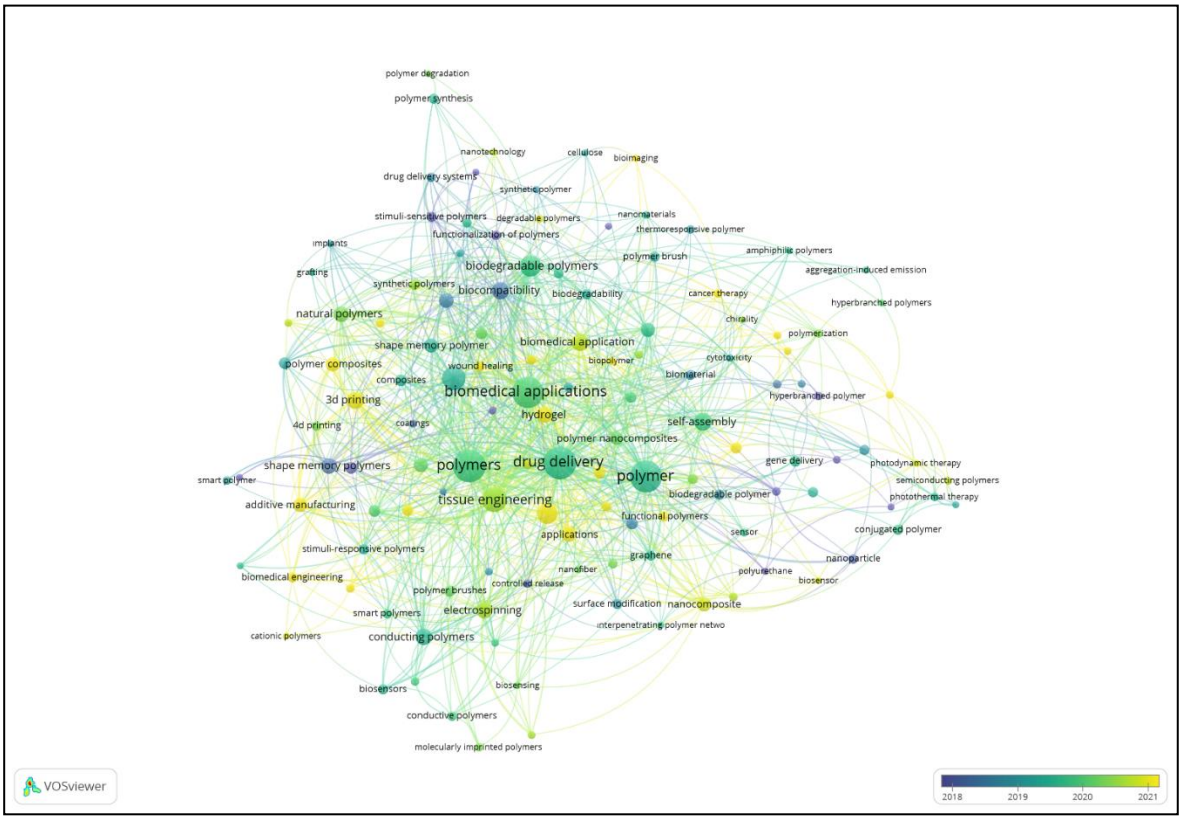



**Figure 3. Co-occurrence and link map of biomedical and polymer keywords in WoS database using VOSviewer (2014–2024)**

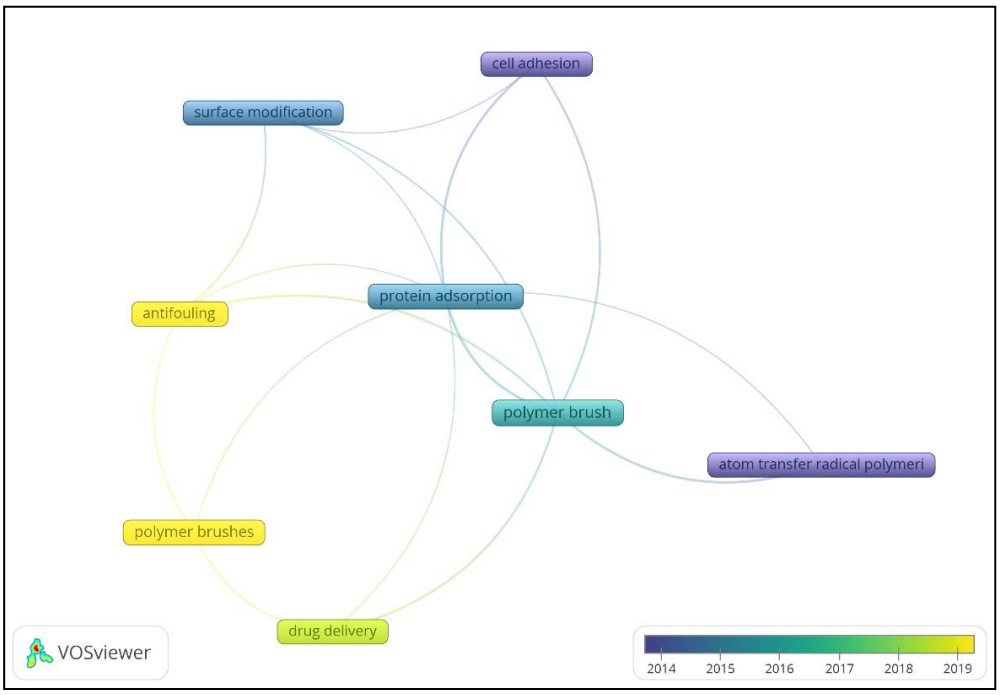



**Figure 4. Co-occurrence and link map visualization of WoS database using biomedical and polymer brushes keywords created with VOSviewer**

## 4. DISCUSSION

This study examines the annual publication distribution, contributions by country, and keyword networks using the keywords "biomedical and polymer" and "biomedical and polymer brush." Figure 1 shows that the number of publications related to the keywords "biomedical and polymer" has generally increased since 2014. The annual number of publications, 2239 in 2014, increased to 3635 in 2021, indicating an increase of approximately 62%. However, there was a slight decrease in publications after 2021, recorded as 3301 in 2023. When annual changes are examined, a decrease is observed between 2014-2015, a rapid increase between 2015-2018, a slowdown in 2018-2020, and an acceleration again in 2020-2021. These changes may reflect the effects of the COVID-19 pandemic on research activities. Figure 2 shows the annual distribution of publications related to the keywords "biomedical and polymer brush" and reveals that the growth in this area is relatively more limited compared to other fields. This indicates that the "polymer brush" is a more specific and developing research area. Table 1 presents the distribution of publications by country related to the keywords "biomedical and polymer" and "biomedical and polymer brush." China is the leader in the keywords "biomedical and polymer," accounting for 19.67% of the total publications. The USA is in second place with a share of 13.45%, and India is in third place with 7.16%. European countries have a significant share of publications, indicating that Europe has a robust research infrastructure. Turkey is in 16th place with 691 publications and a share of 1.57%, indicating that Turkey's contribution to biomedical polymer research is significant but has the potential for further development. In the analysis conducted for the keywords "polymer brush," China continues to lead in this field, accounting for 21.24% of the publications. The USA and Japan are in second and third place

respectively, while Turkey is in 16th place with four publications, indicating that Turkey has a high research potential in this field.

The keyword analysis using VOSviewer reveals the co-occurrence and connection values between the keywords. Figure 3 shows that in the network created for the keywords "biomedical and polymer," the terms "polymer(s)" and "biomedical application(s)" are in a central position and represent the basic concepts of this field. Figure 4 represents a more specific research area for the keywords "biomedical and polymer brush." While "polymer brush" is central, the other terms are more peripheral. This indicates that polymer brushes are a more niche and developing field. These analyses reveal the global distribution of biomedical polymer and polymer brush research and their contributions by country and provide valuable data for understanding the development process of research areas. These findings provide essential information for determining future research directions and monitoring the development of research areas.

## 5. CONCLUSION AND FUTURE WORK

As a result, the analyses revealed that biomedical and polymer research has significantly increased in recent years. A continuous increase was observed in publications containing the keywords “biomedical and polymer” from 2014 to 2021. This increase, which peaked in 2021, is thought to reflect the effects of the COVID-19 pandemic on research activities. However, there has been a slight decrease after 2021, and future data has not yet been fully confirmed. In contrast, the increase in publications related to the keywords “biomedical and polymer brush” shows a more limited trend. This indicates that polymer brushes are still a more specific and developing research area. The keyword analysis conducted using VOSviewer shows that the terms “polymer(s)” and “biomedical application(s)” represent the basic concepts of biomedical polymer research. In contrast, “polymer brush” indicates a more niche and developing area. At the international level, it has been observed that China is the leader in biomedical polymer research, while the US and European countries have made significant contributions. Turkey is taking its place in this field and offers potential development opportunities. These findings show that biomedical and polymer research has a wide range of applications and that these areas will develop further. It is understood that more specific subfields, such as polymer brushes, require further research and development.

In future studies, conducting a more comprehensive evaluation by integrating keyword analyses with different keywords and the keywords presented in this study is essential. Such an integrated analysis will provide a deeper understanding of research areas and allow for detailed analyses.

## REFERENCES

[1] W. Chen *et al.*, “Biomedical Polymers: Synthesis, Properties, and Applications,” *Science China Chemistry*, 2022, doi: 10.1007/s11426-022-1243-5.
[2] L. Li *et al.*, “Porous Scaffolds of Poly(lactic-<i>co</I>-Glycolic Acid) and Mesoporous Hydroxyapatite Surface Modified by Poly(γ-Benzyl-<scp>l</Scp>-Glutamate) (PBLG)

for in Vivo Bone Repair," *Acs Biomaterials Science & Engineering*, 2019, doi: 10.1021/acsbiomaterials.8b01614.

[3] S. Ma, X. Zhang, B. Yu, and F. Zhou, "Brushing Up Functional Materials," *NPG Asia Materials*, 2019, doi: 10.1038/s41427-019-0121-2.

[4] W. Jian, D. Hui, and D. Lau, "Nanoengineering in Biomedicine: Current Development and Future Perspectives," *Nanotechnology Reviews*, 2020, doi: 10.1515/ntrev-2020-0053.

[5] P. Selvakumar, "Biomedical Applications of Polymers in Biosensors, Cancer Vaccines and Drug Delivery Systems," *Biopolymers and Cell*, 2023, doi: 10.7124/bc.000aa0.

[6] T. Zhang, X. Wu, and T. Luo, "Polymer Nanofibers With Outstanding Thermal Conductivity and Thermal Stability: Fundamental Linkage Between Molecular Characteristics and Macroscopic Thermal Properties," *The Journal of Physical Chemistry C*, 2014, doi: 10.1021/jp5051639.

[7] S. Li *et al.*, "Synergetic Reinforcements of Epoxy Composites With Glass Fibers and Hyperbranched Polymers," *Polymer Composites*, 2017, doi: 10.1002/pc.24280.

[8] M. Eryildiz, M. Altan, and T. A. Osswald, "Comparison Foaming Behaviour of Polylactic Acid and Polypropylene," *Acta Physica Polonica A*, 2019, doi: 10.12693/aphyspola.135.756.

[9] G. Liu, E. Bai, J. Xu, and N. Yang, "Mechanical Properties of Carbon Fiber-Reinforced Polymer Concrete With Different Polymer–Cement Ratios," *Materials*, 2019, doi: 10.3390/ma12213530.

[10] B. Şimşek and T. Uygunoğlu, "A Full Factorial-based Desirability Function Approach to Investigate Optimal Mixture Ratio of Polymer Concrete," *Polymer Composites*, 2017, doi: 10.1002/pc.24330.

[11] T. Kwon *et al.*, "Size-Controlled Polymer-Coated Nanoparticles as Efficient Compatibilizers for Polymer Blends," *Macromolecules*, 2011, doi: 10.1021/ma2020134.

[12] Q. Jiang, W. Zhou, J. Wang, R. Tang, D. Zhang, and X. Wang, "Hypromellose Succinate-Crosslinked Chitosan Hydrogel Films for Potential Wound Dressing," *International Journal of Biological Macromolecules*, 2016, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2016.05.077.

[13] J. P. Mofokeng and A. S. Luyt, "Morphology and Thermal Degradation Studies of Melt-mixed PLA/PHBV Biodegradable Polymer Blend Nanocomposites With $TiO_2$ as Filler," *Journal of Applied Polymer Science*, 2015, doi: 10.1002/app.42138.

[14] C. Cazan, A. Enesca, and L. Andronic, "Synergic Effect of TiO2 Filler on the Mechanical Properties of Polymer Nanocomposites," *Polymers*, 2021, doi: 10.3390/polym13122017.

[15] K. S. Randhawa and A. Patel, "The Effect of Environmental Humidity/Water Absorption on Tribo-Mechanical Performance of Polymers and Polymer Composites – A Review," *Industrial Lubrication and Tribology*, 2021, doi: 10.1108/ilt-02-2021-0045.

[16] W. J. Brittain and S. Minko, "A Structural Definition of Polymer Brushes," *Journal of Polymer Science Part a Polymer Chemistry*, 2007, doi: 10.1002/pola.22180.

[17] E. Psarra *et al.*, "Nanostructured Biointerfaces: Nanoarchitectonics of Thermoresponsive Polymer Brushes Impact Protein Adsorption and Cell Adhesion," *Acs Applied Materials & Interfaces*, 2015, doi: 10.1021/am508161q.

[18] G. Gunkel, M. Weinhart, T. Becherer, R. Haag, and W. T. S. Huck, "Effect of Polymer Brush Architecture on Antibiofouling Properties," *Biomacromolecules*, 2011, doi: 10.1021/bm200943m.

[19] X. Lin, Q. He, and J. Li, "Complex Polymer Brush Gradients Based on Nanolithography and Surface-Initiated Polymerization," *Chemical Society Reviews*, 2012, doi: 10.1039/c2cs15316e.

[20] S. Dhingra, S. Sharma, and S. Saha, "Infection Resistant Surface Coatings by Polymer

Brushes: Strategies to Construct and Applications," *Acs Applied Bio Materials*, 2022, doi: 10.1021/acsabm.1c01006.

[21] F. Yang, L. Guillaume, R. M. Gauvin, and C. M. Thomas, "One-Pot Catalytic Approaches: Building a New Toolbox for Macromolecular Design," *ChemCatChem*, vol. n/a, no. n/a, p. e202400443, doi: https://doi.org/10.1002/cctc.202400443.

[22] S. Perrier, "<i>50th Anniversary Perspective</I>: RAFT Polymerization—A User Guide," *Macromolecules*, 2017, doi: 10.1021/acs.macromol.7b00767.

[23] M. Chen, M. Zhong, and J. A. Johnson, "Light-Controlled Radical Polymerization: Mechanisms, Methods, and Applications," *Chemical Reviews*, 2016, doi: 10.1021/acs.chemrev.5b00671.

[24] M. Xiao, "Transitioning From Photoinitiation to Thermal Initiation in RAFT Dispersion Polymerization via a Small Modification of the Macro-Raft Agent: A Scalable Approach for Monodisperse Surface-Functional Polymeric Microspheres," *Macromolecules*, 2023, doi: 10.1021/acs.macromol.3c01570.

[25] M. J. Derry, L. A. Fielding, and S. P. Armes, "Polymerization-Induced Self-Assembly of Block Copolymer Nanoparticles via RAFT Non-Aqueous Dispersion Polymerization," *Progress in Polymer Science*, 2016, doi: 10.1016/j.progpolymsci.2015.10.002.

[26] J. Xu, S. Shanmugam, C. Fu, K. Aguey-Zinsou, and C. Boyer, "Selective Photoactivation: From a Single Unit Monomer Insertion Reaction to Controlled Polymer Architectures," *Journal of the American Chemical Society*, 2016, doi: 10.1021/jacs.5b12408.

[27] Z. Zhang, "A Versatile 3D and 4D Printing System Through Photocontrolled RAFT Polymerization," *Angewandte Chemie*, 2019, doi: 10.1002/anie.201912608.

[28] H. Mun, K. Hwang, and W. Kim, "Synthesis of Emulsion Styrene Butadiene Rubber by Reversible Addition–fragmentation Chain Transfer Polymerization and Its Properties," *Journal of Applied Polymer Science*, 2018, doi: 10.1002/app.47069.

[29] M. Park *et al.*, "Redox-Initiated Reversible Addition-Fragmentation Chain Transfer (RAFT) Miniemulsion Polymerization of Styrene Using PPEGMA-Based Macro-RAFT Agent," *Macromolecular Rapid Communications*, 2020, doi: 10.1002/marc.202000399.

[30] N. Karaoglan, "Statistical Investigation of Surface Modification Polymerization Methods in Global and Turkish Scale," in *Proceedings of the International Conference on Engineering, Natural Sciences, and Technological Developments (ICENSTED 2024)*, 2024, pp. 654–664.

[31] N. Ranjan, "Chitosan with PVC polymer for biomedical applications: A bibliometric analysis," *Materials Today: Proceedings*, vol. 81, no. 2, pp. 894–898, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.04.274.

# KÜRESEL GÖSTERGELER

**Doç. Dr. Abdullah YILDIRIM**
Harran Üniversitesi,
abdullahyildirim@harran.edu.tr – 0000-0002-6579-3799

**Ali TOKTİMUR**
Harran Üniversitesi
alitoktimur@gmail.com – 0009-0009-5576-3375

**ÖZET**

Bu çalışmamızda regüler bir eğrinin Darboux vektör alanı ile tanjant vektör alanları arasındaki açıya bağlı olarak küresel göstergeleri elde ettik. Serret Frenet çatısına göre küresel gösterge eğri çatılarının birer Bishop çatısına karşılık geldiğini gösterdik.

**ABSTRACT**

In this study, we obtained spherical indicators depending on the angle between the Darboux vector field and the tangent vector fields of a regular curve. We showed that the spherical indicators curve frames correspond to a Bishop frame according to the Serret Frenet frame..

**Anahtar Kelimeler :** Serret Frenet Çatısı, Bishop Çatısı, Küresel Göstergeler

## 1 GİRİŞ

Günümüzde, eğriler diferansiyel geometrinin önemli alanlarından biridir. Uzay eğrileri 18. yüzyılın ilk çeyreğinden Clairaut tarafından iki yüzeyin arakesiti olarak tanımlanır [5]. Frenet(1847) ve ondan birkaç yıl sonra birbirlerinden habersiz, Serret bir regüler eğrinin türevlerinden faydalanarak bir çatı tanımladılar. Bu çatıya, ikisine atfen Serret-Frenet çatısı denildi. Bazen yanlız Frenet çatısı denilmektedir.

$3$ –boyutlu $\mathbb{E}^3$ Öklid uzayında Frenet (1847) çatısı [2], regüler bir eğrinin hız ve ivme vektörlerini kullanarak elde edilen bir çatıdır. Şöyleki $\pi: I \longrightarrow \mathbb{E}^3$ eğrisinin hız ve ivme vektörleri, sırasıyla, $\pi'$ve $\pi''$ olsun. Buna göre

$$\mathbf{t} = \frac{\pi'}{\|\pi'\|}, \mathbf{b} = \frac{\pi' \wedge \pi''}{\|\pi' \wedge \pi''\|}, \mathbf{n} = \mathbf{b} \wedge \mathbf{t}$$

olarak elde edilen $\{\mathbf{t}, \mathbf{n}, \mathbf{b}\}$ ortonormal çatı bir Frenet çatısı olur. Burada $\mathbf{t}$, $\mathbf{n}$ ve $\mathbf{b}$ vektörler alanlarına, sırasıyla, $\pi$ eğrisinin, tanjant vektör alanı, asli normal vektör alanı ve binormal vektör alanı denir. Şayet $\pi$ eğrisi birim hızlı ise ( $\|\pi'\| = 1$ )

$$\mathbf{t} = \pi', \mathbf{n} = \frac{\pi''}{\|\pi''\|}, \mathbf{b} = \mathbf{t} \wedge \mathbf{n}$$

olacaktır. Türev değişimleri de $\mathbf{t}' = \kappa\mathbf{n}$, $\mathbf{n}' = -\kappa\mathbf{t} + \tau\mathbf{b}$, $\mathbf{b}' = -\tau\mathbf{n}$ şeklinde olacaktır. Burada $\kappa$ ve $\tau$, sırasıyla, $\pi$ eğrisinin birinci ve ikinci eğrilikleri denir, öyleki

$$\kappa = \frac{\|\pi' \wedge \pi''\|}{\|\pi''\|^3} \text{ve} \tau = \frac{\det(\pi', \pi'', \pi''')}{\|\pi' \wedge \pi''\|^2}. \quad (1)$$

$\{\mathbf{t}, \mathbf{n}, \mathbf{b}, \kappa, \tau\}$ beşlisine Frenet elemanları denir. Bu çatı ile geometride fizikte harita mühendisliğinde epey çalışılmıştır. Öklid dışı uzaylarda da bu çalışmalar ilerletilmiştir. Bu çalışmaların bir bölümü de eğrilerin küresel göstergeleridir.

$X_{\pi(s)} = X(\pi(s)) \in T_\pi\pi(s)$ ise $X$ birim vektör alanı $\pi$ eğrisine kısıtlamış denir. Eğer $X = \overleftarrow{PQ}$ olarak alırsak $P$ noktası $\pi$ eğrisini çizerken $Q$ noktasının birim küre yüzeyinde çizdiği eğriye $X$ birim vektör alanının küresel göstergesi denir.

Bilici [9] Frenet çatısı yardımıyla involute evolüte eğrilerini küresel göstergelerini yapmıştır. Şenyürt ve Çalışkan [10] Timelike Bertrand eğri çiftlerinin küresel göstergelerini çalışmışlardır. Şenyurt ve Demet[7] Timelike-spacelike Mannheim eğri çiftlerinin küresel göstegelerinin geodezik eğriliklerini ve doğal liftlerini çalışmışlardır. Ateş ve diğerleri [11] Küresel göstergeler ile elde edilen tubular yüzeyleri çalışmışlardır. Kula ve Yaylı [12] slant helisler ve onların küresel göstegelerini incelediler.

$\{\mathbf{t}, \mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2\}$ çatısı $\pi$ eğrisi üzerinde, $\mathbf{t}$ tanjant vektörü etrafında $x$ açısı kadar dönen bir Bishop çatı[1]

$$\mathbf{t} = \mathbf{t},$$
$$\mathbf{n} = \mathbf{n}_1 \cos x + \mathbf{n}_2 \sin x,$$
$$\mathbf{b} = -\mathbf{n}_1 \sin x + \mathbf{n}_2 \cos x,$$

şeklindedir. Bu çatının türev değişimi de

$$\mathbf{t}' = k_1\mathbf{n}_1 + k_2\mathbf{n}_2,$$
$$\mathbf{n}_1' = -k_1\mathbf{t},$$
$$\mathbf{n}_2' = -k_2\mathbf{t},$$
$$k_1 = \kappa \cos x,$$
$$k_2 = \kappa \sin x,$$
$$\tau = x'$$

şeklindedir. Burada $\{\mathbf{t}, \mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2, k_1, k_2\}$ beşlisine de Bishop elemanları denir.

Bu çalışmamızda regüler bir eğrinin Serret Frenet çatısına göre, açıları kullanarak küresel gösterge eğri çatılarının inceledik. Bu çatıların birer Bishop çatısına karşılık geldiğini gösterdik. Çıkan sonuçları ifade edip ispatladık. Bir örnekle konuyu pekişdirdik.

## 2 Frenet çatısına göre küresel göstergeler ve sonuçları

Birim hızlı bir

$$\pi: \begin{array}{ccc} J & \longmapsto & \mathbb{E}^3 \\ s & \longmapsto & \pi(s) \end{array}$$

eğrisinin Frenet elemanları $\{\mathbf{t}, \mathbf{n}, \mathbf{b}, \kappa \neq 0, \tau \neq 0\}$ olsun. Bu eğrinin Darboux vektörü ve pol vektörü, sırasıyla,

$$\mathbf{w} = \tau\mathbf{t} + \kappa\mathbf{b},$$
$$\mathbf{c} = \frac{1}{\|\mathbf{w}\|}\mathbf{w} = \mathbf{t}\sin\phi + \mathbf{b}\cos\phi.$$

Burada

$$\cos\phi = \frac{\kappa}{\sqrt{\kappa^2+\tau^2}}, \quad (2)$$
$$\sin\phi = \frac{\tau}{\sqrt{\kappa^2+\tau^2}} \quad (3)$$

ve $\phi$ açısı, $\mathbf{c}$ pol vektörü ile $\mathbf{b}$ binormal vektörü arasındaki açıdır.

Bundan sonra aksi belirtmedikçe, ele alacağımız $\pi$ eğrisini birim hızlı ve eğrilikleri $\kappa \neq 0, \tau \neq 0$ olan eğri olarak alacağız.

**Teorem 1** *Bir $\pi: J \longrightarrow \mathbb{E}^3$ eğrisinin Frenet elemanları $\{\boldsymbol{t}, \boldsymbol{n}, \boldsymbol{b}, \kappa, \tau\}$ ve $\pi_t = \boldsymbol{t}$ teğetler gösterge eğrisininin Frenet elemanları $\{\boldsymbol{t_t}, \boldsymbol{n_t}, \boldsymbol{b_t}, \kappa_t, \tau_t\}$ olsun. Buna göre*

$$\mathbf{t_t} = \mathbf{n},$$
$$\mathbf{n_t} = -\mathbf{t}\cos\phi + \mathbf{b}\sin\phi,$$
$$\mathbf{b_t} = \mathbf{t}\sin\phi + \mathbf{b}\cos\phi,$$
$$\kappa_t = \sec\phi,$$
$$\tau_t = \frac{\phi'}{\kappa}.$$

Burada $\phi' = \frac{d\phi}{ds}$.

**İspat.** $\pi_t = \mathbf{t}$ eğrisi için $\frac{d\pi_t}{ds} = \pi_t'$ olmak üzere

$$\pi_t' = \kappa\mathbf{n},$$
$$\pi_t'' = -\kappa^2\mathbf{t} + \kappa'\mathbf{n} + \kappa\tau\mathbf{b},$$
$$\pi_t''' = -3\kappa\kappa'\mathbf{t} + (\kappa'' - \kappa^3 - \kappa\tau^2)\mathbf{n} + 2(\kappa'\tau + \kappa\tau')\kappa\tau\mathbf{b}.$$

(1) denklemlerini kullanarak $\pi_t = \mathbf{t}$ eğrisinin birinci ve ikinci eğriliği, sırasıyla,

$$\kappa_t = \frac{\|\pi_t' \wedge \pi_t''\|}{\|\pi_t''\|^3} = \sec\phi$$

ve

$$\tau_t = \frac{\det(\pi_t', \pi_t'', \pi_t''')}{\|\pi_t' \wedge \pi_t''\|^2} = \frac{\phi'}{\kappa}$$

olarak buluruz. $\pi_t = \mathbf{t}$ eğrisinin kendi yay parametresi $s_t$ ye göre türevini alırsak

$$\frac{d\pi_t}{ds_t} = \frac{dt}{ds_t} = \frac{dt}{ds}\frac{ds}{ds_t} = \frac{ds}{ds_t}\kappa\mathbf{n}$$

olacağından

$$\frac{d\pi_t}{ds_t} = \mathbf{t_t} = \mathbf{n}$$

ve

$$\frac{ds}{ds_t} = \frac{1}{\kappa} \tag{4}$$

olacaktır. Diğer taraftan (2), (3) ve (4) denklemlerini kullanarak

$$\mathbf{n_t} = \frac{\frac{dt_t}{s_t}}{\left\|\frac{dt_t}{s_t}\right\|} = -\mathbf{t}\cos\phi + \mathbf{b}\sin\phi,$$

ve

$$\mathbf{b_t} = \mathbf{t_t} \wedge \mathbf{n_t} = \mathbf{t}\sin\phi + \mathbf{b}\cos\phi,$$

elde ederiz.

**Corollary 2** *$\pi_t = \boldsymbol{t}$ teğetler gösterge eğrisi üzerinde, $\boldsymbol{t_t} = \boldsymbol{n}$ tanjant vektörü etrafında $\phi$ açısı kadar dönen bir Bishop çatı $\{\boldsymbol{n}, -\boldsymbol{t}, \boldsymbol{b}\}$ çatısı olup aşağıdaki denklemler vardır.*

$$\frac{d\mathbf{n}}{ds_t} = a_1(-\mathbf{t}) + a_2\mathbf{b},$$
$$\frac{d(-\mathbf{t})}{ds_t} = -a_1\mathbf{n},$$
$$\frac{d\mathbf{b}}{ds_t} = -a_2\mathbf{n},$$
$$a_1 = 1,$$
$$a_2 = \tan\phi$$

burada $a_1$ve $a_2$, $\{\mathbf{n}, -\mathbf{t}, \mathbf{b}\}$ Bishop çatısının, sırasıyla, birinci ve ikinci Bishop eğrilikleridir.

**İspat.** $\{\mathbf{n}, -\mathbf{t}, \mathbf{b}\}$ çatısının bir Bishop çatısı olduğu Teorem 1 görülmektedir. Buna göre

$$\frac{d\mathbf{n}}{ds_\mathbf{t}} = \frac{d\mathbf{n}}{ds}\frac{ds}{ds_\mathbf{t}} = (-\kappa\mathbf{t} + \tau\mathbf{b})\frac{1}{\kappa},$$
$$= -\mathbf{t} + \left(\frac{\tau}{\kappa}\right)\mathbf{b},$$

$$\frac{d(-\mathbf{t})}{ds_\mathbf{t}} = \frac{d(-\mathbf{t})}{ds}\frac{ds}{ds_\mathbf{t}} = -\kappa\mathbf{n}\frac{1}{\kappa} = -\mathbf{n},$$

$$\frac{d\mathbf{b}}{ds_\mathbf{t}} = \frac{d\mathbf{b}}{ds}\frac{ds}{ds_\mathbf{t}} = -\frac{\tau}{\kappa}\mathbf{n},$$

olur. Öyle ise

$$a_1 = -1,$$
$$a_2 = \frac{\tau}{\kappa} = \tan\phi.$$

olur.

**Teorem 3** *Bir $\pi: J \longrightarrow \mathbb{E}^3$ eğrisi için $\pi_t = \boldsymbol{t}$ teğetler gösterge eğrisininin Frenet elemanları $\{\boldsymbol{t}_t, \boldsymbol{n}_t, \boldsymbol{b}_t, \kappa_t, \tau_t\}$ ve $\pi_n = \boldsymbol{n}$ aslinormaller gösterge eğrisininin Frenet elemanları $\{\boldsymbol{t}_n, \boldsymbol{n}_n, \boldsymbol{b}_n, \kappa_n, \tau_n\}$ olsun. Buna göre $\omega$*

$$\mathbf{t}_\mathbf{n} = \mathbf{n}_\mathbf{t},$$
$$\mathbf{n}_\mathbf{n} = \mathbf{b}_\mathbf{t}\cos\omega - \mathbf{t}_\mathbf{t}\sin\omega,$$
$$\mathbf{b}_\mathbf{n} = \mathbf{b}_\mathbf{t}\sin\omega + \mathbf{t}_\mathbf{t}\cos\omega,$$
$$\kappa_\mathbf{n} = \sqrt{1 + \left(\frac{\phi'}{\|\mathbf{w}\|}\right)^2},$$
$$\tau_\mathbf{n} = -\frac{\omega'}{\|\mathbf{w}\|}.$$

Burada $\cos\omega = \frac{\sqrt{\kappa_n^2 - 1}}{\kappa_\mathbf{n}}$, $\sin\omega = \frac{1}{\kappa_\mathbf{n}}$ ve $\omega$ açısı, $\mathbf{b}_\mathbf{t}$ ile $\mathbf{n}_\mathbf{n}$ vektörleri arasındaki açıdır.

**İspat.** $\pi_\mathbf{n} = \mathbf{n}$ eğrisi için $\frac{d\pi_\mathbf{n}}{ds} = \pi_\mathbf{n}'$ olmak üzere

$$\pi_\mathbf{n}' = -\kappa\mathbf{t} + \tau\mathbf{b},$$
$$\pi_\mathbf{n}'' = -\kappa'\mathbf{t} - (\kappa^2 + \tau^2)\mathbf{n} + \tau'\mathbf{b},$$
$$\pi_\mathbf{n}''' = [-\kappa'' + (\kappa^2 + \tau^2)\kappa]\mathbf{t} - 3(\kappa'\tau + \kappa\tau')\mathbf{n} + [\tau'' + (\kappa^2 + \tau^2)\kappa]\mathbf{b}.$$

(1) denklemlerini kullanarak $\pi_\mathbf{n} = \mathbf{n}$ eğrisinin birinci ve ikinci eğriliği, sırasıyla,

$$\kappa_\mathbf{n} = \frac{\|\pi_\mathbf{n}' \wedge \pi_\mathbf{n}''\|}{\|\pi_\mathbf{n}''\|^3} = \sqrt{1 + \left(\frac{x'}{\|\mathbf{w}\|}\right)^2} \tag{5}$$

ve

$$\tau_\mathbf{n} = \frac{\det(\pi_\mathbf{n}', \pi_\mathbf{n}'', \pi_\mathbf{n}''')}{\|\pi_\mathbf{n}' \wedge \pi_\mathbf{n}''\|^2} = -\frac{\omega'}{\|\mathbf{w}\|} \tag{6}$$

olarak buluruz. $\pi_\mathbf{n} = \mathbf{n}$ eğrisinin kendi yay parametresi $s_\mathbf{n}$ ya göre türevini alırsak

$$\frac{d\pi_\mathbf{n}}{ds_\mathbf{n}} = \frac{d\mathbf{n}}{ds_\mathbf{n}} = \frac{d\mathbf{n}}{ds}\frac{ds}{ds_\mathbf{n}} = \frac{ds}{ds_\mathbf{n}}(-\kappa\mathbf{t} + \tau\mathbf{b})$$

ve

$$\frac{ds}{ds_\mathbf{n}} = \frac{1}{\sqrt{\kappa^2 + \tau^2}} = \frac{1}{\|\mathbf{w}\|} \tag{7}$$

olacağından

$$\frac{d\pi_n}{ds_n} = \mathbf{t_n} = -\mathbf{t}\cos\phi + \mathbf{b}\sin\phi = \mathbf{n_t},$$

olacaktır. Diğer taraftan (5), (6) ve (7) denklemlerini kullanarak

$$\mathbf{n_n} = \frac{\frac{d\mathbf{t_n}}{ds_n}}{\left\|\frac{d\mathbf{t_n}}{ds_n}\right\|} = \frac{\sqrt{\kappa_n^2-1}}{\kappa_n}(\mathbf{t}\sin\phi + \mathbf{b}\cos\phi) - \frac{1}{\kappa_n}\mathbf{n},$$

Şayet $\cos\omega = \frac{\sqrt{\kappa_n^2-1}}{\kappa_n}$, $\sin\omega = \frac{1}{\kappa_n}$ dersek

$$\mathbf{n_n} = \mathbf{b_t}\cos\omega - \mathbf{t_t}\sin\omega,$$

ve

$$\mathbf{b_n} = \mathbf{t_n} \wedge \mathbf{n_n} = \mathbf{b_t}\sin\omega + \mathbf{t_t}\cos\omega,$$

şeklinde elde ederiz.

**Corollary 4** *$\{\boldsymbol{t_t}, \boldsymbol{n_t}, \boldsymbol{b_t}\}$ çatısı $\pi_n = \boldsymbol{n}$ aslinormaller gösterge eğrisi üzerinde, $\mathbf{t_n} = \mathbf{n_t}$ tanjant vektörü etrafında $-\omega$ açısı kadar dönen bir Bishop çatısı olup aşağıdaki denklemler vardır.*

$$\frac{d\mathbf{n_t}}{ds_n} = b_1\mathbf{b_t} - b_2\mathbf{t_t},$$
$$\frac{d\mathbf{b_t}}{ds_n} = -b_1\mathbf{n_t},$$
$$\frac{d\mathbf{t_t}}{ds_n} = b_2\mathbf{n_t},$$
$$b_1 = \frac{\phi'}{\|\mathbf{w}\|},$$
$$b_2 = -1,$$

burada $b_1$ ve $b_2$, $\{\mathbf{t_t}, \mathbf{n_t}, \mathbf{b_t}\}$ Bishop çatısının, sırasıyla, birinci ve ikinci Bishop eğrilikleridir.

**İspat.** $\{\mathbf{t_t}, \mathbf{n_t}, \mathbf{b_t}\}$ çatısının bir Bishop çatısı olduğu Teorem 3 görülmektedir. Buna göre

$$\frac{d\mathbf{n_t}}{ds_n} = \frac{d\mathbf{t_n}}{ds_n},$$
$$= \kappa_n\mathbf{n_n},$$
$$= \kappa_n[\mathbf{b_t}\cos\omega - \mathbf{t_t}\sin\omega],$$
$$= \kappa_n\mathbf{b_t}\cos\omega - \kappa_n\mathbf{t_t}\sin\omega,$$

$$\frac{d\mathbf{b_t}}{ds_n} = \frac{d(\mathbf{t}\sin\phi+\mathbf{b}\cos\phi)}{ds}\frac{ds}{ds_n} = -\frac{\phi'}{\|\mathbf{w}\|}\mathbf{n_t},$$

$$\frac{d\mathbf{t_t}}{ds_n} = \frac{d\mathbf{n}}{ds}\frac{ds}{ds_n} = \mathbf{n_t},$$

olur. Öyle ise

$$b_1 = \kappa_n\cos(\omega) = \kappa_n\frac{\sqrt{\kappa_n^2-1}}{\kappa_n} = \frac{\phi'}{\|w\|},$$
$$b_2 = -\kappa_n\sin(\omega) = -\kappa_n\frac{1}{\kappa_n} = -1.$$

olur.

**Teorem 5** *Bir $\pi: J \longrightarrow \mathbb{E}^3$ eğrisinin Frenet elemanları $\{\boldsymbol{t}, \boldsymbol{n}, \boldsymbol{b}, \kappa, \tau\}$ ve $\pi_b = \boldsymbol{b}$ binormaller gösterge eğrisininin Frenet elemanları $\{\boldsymbol{t_b}, \boldsymbol{n_b}, \boldsymbol{b_b}, \kappa_b, \tau_b\}$ olsun. Buna göre*

$$\mathbf{t_b} = -\mathbf{n},$$
$$\mathbf{n_b} = \mathbf{t}\cos\phi - \mathbf{b}\sin\phi,$$
$$\mathbf{b_b} = \mathbf{t}\sin\phi + \mathbf{b}\cos\phi,$$

$$\kappa_{\mathbf{b}} = \csc\phi,$$
$$\tau_{\mathbf{b}} = -\frac{\phi'}{\tau}.$$

Burada $\phi$ açısı, $\mathbf{t}$ ile $\mathbf{n_b}$ vektörleri arasındaki açıdır.

**İspat.** $\pi_{\mathbf{b}} = \mathbf{b}$ eğrisini kendi yay parametresi $s_{\mathbf{b}}$ ye göre türevini alırsak

$$\frac{d\pi_{\mathbf{b}}}{ds_{\mathbf{b}}} = \frac{d\mathbf{b}}{ds}\frac{ds}{ds_{\mathbf{b}}} = -\tau\mathbf{n}\frac{ds}{ds_{\mathbf{b}}}$$

olacağından

$$\mathbf{t_b} = -\mathbf{n}ve\frac{ds}{ds_{\mathbf{b}}} = \frac{1}{\tau} \tag{8}$$

olacaktır. Öyle ise

$$\frac{d\mathbf{t_b}}{ds_{\mathbf{b}}} = \kappa_{\mathbf{b}} n_{\mathbf{b}} = -\frac{dn}{ds}\frac{ds}{ds_{\mathbf{b}}} = -(-\kappa\mathbf{t} + \tau\mathbf{b})\frac{1}{\tau}$$

olur. Buna göre

$$\kappa_{\mathbf{b}} = \csc\phi,$$

ve

$$\mathbf{n_b} = \mathbf{t}\cos\phi - \mathbf{b}\sin\phi,$$

bulmuş oluruz. Diğer taraftan

$$\mathbf{b_b} = \mathbf{t_b} \wedge \mathbf{n_b} = \mathbf{t}\sin\phi + \mathbf{b}\cos\phi$$

elde ederiz. Ayrıca (8) denklemini göz önünde bulundurursak,$\tau_{\mathbf{b}}$ eğriliği

$$\tau_{\mathbf{b}} = \frac{d(-\phi)}{ds_{\mathbf{c}}} = \frac{d(-\phi)}{ds}\frac{ds}{ds_{\mathbf{c}}} = -\frac{\phi'}{\tau}.$$

olur.

**Corollary 6** *$\{\boldsymbol{t}, -\boldsymbol{n}, \ \boldsymbol{b}\}$ çatısı $\pi_{\boldsymbol{b}} = \boldsymbol{b}$ binormaller gösterge eğrisi üzerinde, $\boldsymbol{t_b} = -\boldsymbol{n}$, tanjant vektörü etrafında $-\phi$ açısı kadar dönen bir Bishop çatısı olup aşağıdaki denklemler vardır.*

$$\frac{d(-\mathbf{n})}{ds_{\mathbf{b}}} = c_1\mathbf{t} - c_2\mathbf{b},$$
$$\frac{d\mathbf{t}}{ds_{\mathbf{b}}} = -c_1(-\mathbf{n}),$$
$$\frac{d\mathbf{b}}{ds_{\mathbf{b}}} = c_2(-\mathbf{n}),$$
$$c_1 = \cot\phi,$$
$$c_2 = -1,$$

burada $c_1$ve $c_2$, $\{\mathbf{t}, -\mathbf{n}, \ \mathbf{b}\}$ Bishop çatısının, sırasıyla, birinci ve ikinci Bishop eğrilikleridir.

**İspat.** $\{\mathbf{t}, -\mathbf{n}, \ \mathbf{b}\}$ çatısının bir Bishop çatısı olduğu Teorem 5 görülmektedir. Buna göre

$$\frac{d(-\mathbf{n})}{ds_{\mathbf{b}}} = \frac{d(-\mathbf{n})}{ds}\frac{ds}{ds_{\mathbf{b}}} = (\kappa\mathbf{t} - \tau\mathbf{b})\frac{1}{\tau},$$
$$= \left(\frac{\kappa}{\tau}\right)\mathbf{t} - \mathbf{b},$$

$$\frac{d\mathbf{t}}{ds_{\mathbf{b}}} = \frac{d\mathbf{t}}{ds}\frac{ds}{ds_{\mathbf{b}}} = -(-\mathbf{n})\cot\phi,$$

$$\frac{d\mathbf{b}}{ds_{\mathbf{b}}} = \frac{d\mathbf{b}}{ds}\frac{ds}{ds_{\mathbf{b}}} = -\mathbf{n},$$

olarak bulunur. Öyle ise

$$c_1 = \frac{\kappa}{\tau} = \cot\phi,$$
$$c_2 = -1.$$

olur. Ayrıca (8) denklemini göz önünde bulundurursak,$\tau_b$ eğriliğini

$$\tau_{\mathbf{b}} = \frac{d\phi}{ds_{\mathbf{b}}} = \frac{d\phi}{ds}\frac{ds}{ds_{\mathbf{b}}} = \phi' \frac{1}{\tau}$$

şeklinde de buluruz.

## References

[1] Bishop L. R., *There is more than one way to frame a curve*. Amer. Math.Monthly, 82(3), 246-251, 1975.

[2] Frenet, J. F., Sur les fonctions qui servent à déterminer l'attraction des sphéro 1ĭ053′fdes quelconques (Doctoral dissertation, A. Chauvin), 847.

[3] Sağıroğlu Y., Köse G., *Parallel Curves Based on Normal Vector*, Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 9(1), 1-13, 2024.

[4] Çakmak, A., & Epik, P. E. (2024). Comments on Parallel Curves in 3-Dimensional Lie Group G. Türk Doğa ve Fen Dergisi, (1), 37-42.

[5] Şahin B., Diferansiyel Geometri, Palme Yayınevi, Ankara, 2021.

[6] Köseoğlu, G., & Bilici, M. (2023). Involutive sweeping surfaces with Frenet frame in Euclidean 3-space. Heliyon, 9(8).

[7] Şenyurt S., Demet S., *Timelike-spacelike Mannheim pair curves spherical indicators geodesic curvatures and natural lifts*, International Journal of Mathematical Combinatorics, 2, 32-54, 2015.

[8] C apın, R. Spherical Indicator Curves In Minkowski Space. Master Thesis, Gaziantep University, The Institute of Science, Gaziantep, 2016.

[9] Bilici M., The Curvatures and the natural lifts of the spherical indicator curves of the involute-evolute curve, Master Thesis, Ondokuz Mayıs University, The Institute of Science, Samsun, 1999.

[10] Şenyurt S., Çalışkan Ö. F., *The natural lıft curves and geodesıc curvatures of the spherıcal ındıcatrıces of the tımelıke bertrand curve couple*, International Electronic Journal of Geometry, 6(2), 88-99, 2013.

[11] Ateş, F., Kocakuşaklı, E., Gök, İ., & Yayli, Y. (2018). A study of the tubular surfaces constructed by thespherical indicatrices in Euclidean $3-$ space. Turkish Journal of Mathematics, 42(4), 1711-1725.

[12] Kula, L., & Yayli, Y. (2005). On slant helix and its spherical indicatrix. Applied Mathematics and Computation, 169(1), 600-607.

# TERS TOPP-LEONE DAĞILIMININ BİLİNMEYEN PARAMETRELERİNİN FARKLI YÖNTEMLERLE TAHMİN EDİLMESİ

**Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin GÜL**
Giresun Üniversitesi
hasan.huseyin@giresun.edu.tr, 0000-0001-9905-8605

**Dr. Öğr. Üyesi Melih AĞRAZ**
Giresun Üniversitesi
melih.agraz@giresun.edu.tr, 0000-0002-6597-7627

## ÖZET

Yaşam süresi dağılımlarının modellenmesi, yıllar boyunca büyük ilgi görmüş ve bu alandaki ilgi zamanla artmıştır. Çünkü olguların modellenmesi büyük bir öneme sahiptir. Topp-Leone dağılımı, istatistik ve olasılık teorisinde kullanılan parametrik bir olasılık dağılımıdır. Bu dağılım, özellikle sağ kuyruk davranışını modellemek ve verilerdeki uç değerleri incelemek için tercih edilmektedir. Bunu yanında, ters dağılımlar, yukarıda bahsedilen olgunun ek özelliklerini keşfetmek için oldukça faydalıdır. Ters dağılımlar ekonometrik çalışmalar, biyolojik ve mühendislik bilimleri, anket çalışmaları, tıbbi uygulamalar ve yaşam testi problemleri gibi alanlara oldukça yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Bu dağılımlardan bir tanesi ters Topp-Leone dağılımıdır. Ters Topp-Leone dağılımı, mühendislik, risk analizi ve güvenilirlik teorisi gibi alanlarda veri modelleme sürecinde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, ters Topp-Leone dağılımının bilinmeyen parametrelerinin tahmini üzerinde durulmuştur. Bunun için en çok olabilirlik, en küçük kareler, ağırlıklı en küçük kareler, Anderson Darling ve Cramer-Von-Mises olmak üzere 5 farklı tahmin edici düşünülmüştür. Ayrıca bir Monte Carlo simülasyon çalışması yapılmıştır. Simülasyon çalışmasında, ters Topp-Leone dağılımının bilinmeyen parametrelerinin farklı örnek çapı ve parametre değerlerinde yan ve hata kare ortalaması kriterlerine göre performansları değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ters Topp-Leone dağılımı, Parametre tahmini, En çok olabilirlik, En küçük kareler.

## 1. GİRİŞ

Topp-Leone (TL) dağılımı Topp Leone [1] tarafından önerilmiş, sınırlı desteğe sahip sürekli tek modlu dağılımlardan biridir. Bu nedenle, sınırlı güç kaynağı, bakım onarım kaynağı veya sistemin tasarım ömrü gibi sonlu desteğe sahip dağılımların yaşam süresini modellemek için kullanılır. Nadarajah ve Kotz [2] tarafından yeniden keşfedilene ve TL dağılımının güvenilirlik alanında yaygın uygulamaları olan küvet hazard oran fonksiyonuna sahip olduğunu gösterene kadar fazla ilgi görmemiştir. Daha sonra TL dağılımı çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiştir. Örneğin, Ghitany vd. [3], Vicaria vd. [4], Al-Zahrani [5], Genc [6] ve Li [7]. ELHelbawy [8], TL-Weibull dağılımı için ikili genelleştirilmiş sıra istatistiklerine dayalı Bayes tahminini incelemişlerdir. Ayrıca, EL-Helbawy [9], TL-Rayleigh yaşam süresi modelinin sonlu bir karışımı altında bir tahmin türetmiştir. Reyad vd. [10] TL-genelleştirilmiş ters Kumaraswamy dağılımını önermiş, bazı özelliklerini incelemiş ve model parametreleri için en çok olabilirlik (EÇO) tahmincilerini elde etmiştir.

TL dağılımının dağılım fonksiyonu ve olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıda verildiği gibidir:

$$F(x) = x^{\theta}(2-x)^{\theta}, \tag{1}$$

$$f(x) = 2\theta x^{\theta-1}(1-x)(2-x)^{\theta-1}. \tag{2}$$

Ters dağılımlar, olguların modellenmesi için oldukça faydalıdır. Terdağılımlar ekonometri, biyolojik ve mühendislik bilimleri, anket örneklemesi, tıbbi uygulamalar ve yaşam testi gibi alanlarda sıkça kullanılırlar. Literatürde ters dağılımlar ile ilgili birçok önemli çalışma bulunmaktadır.

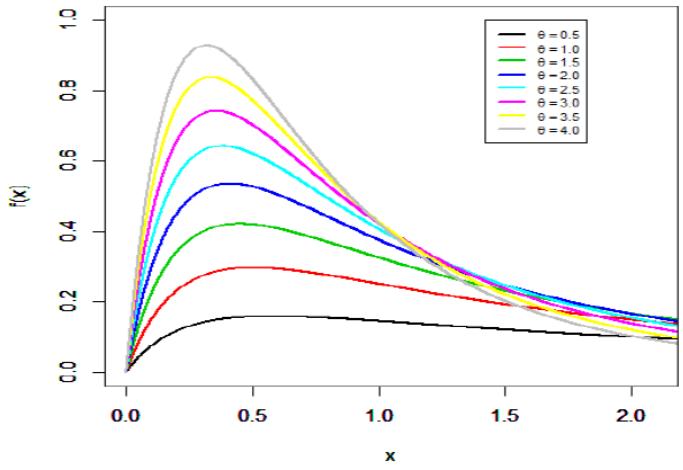
Örneğin, Keller ve Kamath [11] tarafından Ters Weibull dağılımı önerilmiş, Abd EL-Kader vd. [12] ters Pareto Tip I dağılımını önermişlerdir, ters Pareto Tip II dağılımı AL-Dayian [13] tarafından tanıtılmış, Aljuaid [14] üstelleştirilmiş ters Weibull dağılımının parametrelerinin tahminini tartışmış, ters Lindley dağılımı Sharma vd. [15] tarafından ele alınmıştır, Abd AL-Fattah vd. [16] ters Kumaraswamy dağılımını tanıtmış ve özelliklerini araştırmış, Tahir vd. [17] ters Nadarajah-Haghighi dağılımını tanıtmış, Hassan ve Abd-Allah [18] ters güç Lomax dağılımını incelemiş ve Hassan ve Mohamed [19] ters üstelleştirilmiş Lomax dağılımını ele almışlardır.

Hassan vd. [20] tarafından ters Topp-Leone (TTL) dağılımı önerilmiştir. TTL dağılımını önerirken $X = \frac{1}{T} - 1$ dönüşümünü kullanmışlardır. TTL dağılımının dağılım fonksiyonu ve olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıda verildiği gibidir:

$$F(x) = 1 - \frac{(1+2x)^{\theta}}{(1+x)^{2\theta}}, \tag{3}$$

$$f(x) = 2\theta x(1+x)^{-2\theta-1}(1+2x)^{\theta-1}. \tag{4}$$

TTL dağılımının farklı $\theta$ parametre değerleri için olasılık yoğunluk fonksiyonu grafiği Görsel 1 de verildiği gibidir.




**Görsel 1. TTL dağılımının olasılık yoğunluk grafiği**

Bu çalışmada, TTL dağılımının bilinmeyen parametrelerinin tahmini üzerinde durulmuştur. Bunun için en çok olabilirlik, en küçük kareler, ağırlıklı en küçük kareler, Anderson Darling ve Cramer-Von-Mises olmak üzere 5 farklı tahmin edici düşünülmüştür. Ayrıca bir Monte Carlo simülasyon çalışması yapılmıştır. Simülasyon çalışmasında, ters Topp-Leone dağılımının bilinmeyen parametrelerinin farklı örnek çapı ve parametre değerlerinde yan ve hata kare ortalaması kriterlerine göre performansları değerlendirilmiştir.

## 2. PARAMETRE TAHMİN METOTLARI

Bu bölümde TTL dağılımının bilinmeyen parametrelerini tahmin etmek için en çok olabilirlik (EÇO), en küçük kareler (EKK), ağırlıklı en küçük kareler (AEKK), Anderson Darling (AD) ve Cramer-Von-Mises (CVM) olmak üzere 5 farklı tahmin edici ele alınacaktır.

### 2.1. TTL Dağılımının EÇO Tahmini

$X_1, X_2, \dots, X_n$ TTL dağılımından alınan rasgele bir örneklem olsun. TTL dağılımının Log-olabilirlik fonksiyonu aşağıdaki gibi verilmiştir,

$$l(x;\theta) = nlog(2) + nlog(\theta) + \sum_{i=1}^{n} \log(x_i) + (-2\theta - 1)\sum_{i=1}^{n} \log(1 + x_i) + (\theta - 1)\sum_{i=1}^{n} \log(1 + 2x_i). \quad (5)$$

$\theta$ parametresinin EÇO tahmini, Eşitlik (6) da aşağıdaki gibi verilmiştir,

$$\hat{\theta} = \frac{n}{2\sum_{i=1}^{n} \log(1+x_i) - \sum_{i=1}^{n} \log(1+2x_i)}. \quad (6)$$

### 2.2. TTL Dağılımının EKK ve AEKK Tahminleri

EKK tekniği, gerçek ve beklenen veriler arasındaki hataların karelerinin toplamını en aza indirerek dağılım parametrelerini tahmin etmek için kullanılan bir tekniktir. Şöyle ki;

$$EKK(\theta) = \sum_{i=1}^{n} \left( F(X_{(i)}) - \frac{i}{n+1} \right)^2. \quad (7)$$

TTL dağılımının EKK tahmini Eşitlik (8) in minimize edilmesiyle elde edilir:

$$EKK(\theta) = \sum_{i=1}^{n} \left( 1 - \frac{(1+2x)^{\theta}}{(1+x)^{2\theta}} - \frac{i}{n+1} \right)^2. \quad (8)$$

AEKK, Eşitlik (9) da verilen denklemin bir ağırlık ile çarpılmasına dayanan bir tekniktir.

$$AEKK(\theta) = \sum_{i=1}^{n} \frac{(n+1)^2(n+2)}{i(n-i+1)} \left( F(X_{(i)}) - \frac{i}{n+1} \right)^2, \quad (9)$$

TTL dağılımının AEKK tahmini Eşitlik (10) un minimize edilmesiyle elde edilir:

$$AEKK(\theta) = \sum_{i=1}^{n} \frac{(n+1)^2(n+2)}{i(n-i+1)} \left(1 - \frac{(1+2x)^{\theta}}{(1+x)^{2\theta}} - \frac{i}{n+1}\right)^2. \quad (10)$$

### 2.3. TTL Dağılımının AD ve CVM Tahminleri

AD tahmin edicisi Eşitlik (11) in minimize edilmesiyle elde edilir:

$$AD = -n - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(2i-1)\left\{logF\left(X_{(i)}\right) + log\left(1 - F\left(X_{(n+1-i)}\right)\right)\right\}. \quad (11)$$

TTL dağılımının AD tahmini Eşitlik (12) nin minimize edilmesiyle elde edilir:

$$AD = -n - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(2i-1)\left\{\log\left(1 - \frac{(1+2x)^{\theta}}{(1+x)^{2\theta}}\right) + log\left(1 - 1 - \frac{(1+2x)^{\theta}}{(1+x)^{2\theta}}\right)\right\}. \quad (12)$$

CVM tahmin edicisi Eşitlik (13) ün minimize edilmesiyle elde edilir:

$$RTAD = \frac{n}{2} - 2\sum_{i=1}^{n} F\left(X_{(i)}\right) - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(2i-1)\, log\left(1 - F\left(X_{(i)}\right)\right), \quad (13)$$

TTL dağılımının CVM tahmini Eşitlik (14) ün minimize edilmesiyle elde edilir:

$$RTAD = \frac{n}{2} - 2\sum_{i=1}^{n} F\left(1 - \frac{(1+2x)^{\theta}}{(1+x)^{2\theta}}\right) - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(2i-1)\, log\left(1 - 1 - \frac{(1+2x)^{\theta}}{(1+x)^{2\theta}}\right). \quad (14)$$

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu bölümde, TTL dağılımından elde edilen rasgele sayılar ile, EÇO, EKK, AEKK, AD ve CVM tahmin edicilerinin performanslarını gösteren bir Monte Carlo simülasyon çalışması yapılmıştır. Tüm simülasyonlar 10.000 deneme ile Matlab programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örnek çapları $n$=10,30,50 olarak parametre değerleri ise $\theta = (0.5, 1.0, 1.5, 2.0)$ olarak alınmıştır. Tahmin edicilerin performansları yan ve hata kare ortalaması (HKO) kriterlerine göre karşılaştırılmıştır. Sonuçlar Çizelge 1 de verilmiştir.

**Çizelge 1. $\theta = (0.5, 1.0, 1.5, 2.0)$ için tahmin edicilerin yan ve HKO değerleri.**

| | $\theta = 0.5$ | | $\theta = 1.0$ | | $\theta = 1.5$ | | $\theta = 2.0$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Metot | Yan | HKO | Yan | HKO | Yan | HKO | Yan | HKO |
| *n*=10 | | | | | | | | |
| EÇO | 0.0548 | **0.0411** | 0.1094 | **0.1649** | 0.1637 | **0.3619** | 0.2231 | **0.6537** |
| EKK | 0.0393 | 0.0545 | 0.0776 | 0.2180 | 0.1266 | 0.5148 | 0.1615 | 0.8713 |
| AEKK | 0.0395 | 0.0540 | 0.0800 | 0.2140 | 0.1047 | 0.4439 | 0.1546 | 0.8314 |
| AD | **0.0377** | 0.0432 | **0.0676** | 0.1713 | **0.1016** | 0.3727 | **0.1528** | 0.6855 |
| CVM | 0.0517 | 0.0674 | 0.1068 | 0.2395 | 0.1424 | 0.4867 | 0.2173 | 0.9704 |
| *n*=30 | | | | | | | | |
| EÇO | 0.0155 | **0.0093** | 0.0347 | **0.0386** | 0.0512 | **0.0868** | 0.0687 | **0.1544** |
| EKK | **0.0115** | 0.0126 | 0.0247 | 0.0508 | 0.0372 | 0.1157 | 0.0505 | 0.2046 |
| AEKK | 0.0119 | 0.0117 | 0.0263 | 0.0461 | 0.0330 | 0.1035 | 0.0463 | 0.1823 |
| AD | 0.0129 | 0.0115 | **0.0199** | 0.0441 | **0.0296** | 0.0985 | **0.0407** | 0.1733 |
| CVM | 0.0158 | 0.0132 | 0.0302 | 0.0519 | 0.0514 | 0.1182 | 0.0563 | 0.2052 |
| *n*=50 | | | | | | | | |
| EÇO | 0.0100 | **0.0055** | 0.0220 | **0.0222** | 0.0306 | **0.0501** | 0.0400 | **0.0879** |
| EKK | 0.0083 | 0.0074 | 0.0138 | 0.0286 | 0.0372 | 0.1157 | 0.0272 | 0.1172 |
| AEKK | **0.0064** | 0.0066 | **0.0137** | 0.0257 | **0.0141** | 0.0565 | **0.0214** | 0.1067 |
| AD | 0.0069 | 0.0063 | 0.0148 | 0.0262 | 0.0202 | 0.0576 | 0.0260 | 0.1017 |
| CVM | 0.0086 | 0.0072 | 0.0167 | 0.0285 | 0.0271 | 0.0633 | 0.0364 | 0.1151 |

Çizelge 1 deki sonuçlara bakıldığında, yan değerlendirme kriterine göre *n*=10 ve *n*=30 için AD tahmin edicisinin, *n*=50 için ise AEKK tahmin edicisinin diğer tahmin edicilerden daha düşük yan değerlerine sahip olduğu görülmektedir. HKO değerlendirme kriterine göre ise, tüm durumlarda EÇO tahmin edicisinin HKO değerlerinin diğer tahmin edicilerden daha düşük olduğu saptanmıştır. Yan değerlerine göre AD, HKO değerlerine göre EÇO en iyi tahmin ediciler olarak bulunmuştur.

## KAYNAKÇA

**[1]** Topp, C. W., and Leone, F. C. A family of J-shaped frequency functions, Journal of the American Statistical Association, 50(269), 209-219, 1955.

**[2]** Nadarajah, S., and Kotz, S. Moments of some J-shaped distributions, Journal of Applied Statistics, 30(3), 311-317, 2003.

**[3]** Ghitany, M. E., Kotz, S., and Xie, M. On some reliability measures and their stochastic orderings for the Topp–Leone distribution, Journal of Applied Statistics, 32(7), 715-722, 2005.

**[4]** Vicari, D., Van Dorp, J. R., and Kotz, S. Two-sided generalized Topp and Leone (TS-GTL) distributions, Journal of Applied Statistics, 35(10), 1115-1129, 2008.

**[5]** Al-Zahrani, B. Goodness-of-fit for the Topp-Leone distribution with unknown parameters, Applied Mathematical Sciences, 6(128), 6355-6363, 2012.

**[6]** Genç, A. İ. Moments of order statistics of Topp–Leone distribution, Statistical Papers, 53, 117-131, 2012.

**[7]** Li, L. Bayes estimation of Topp-Leone distribution under symmetric entropy loss function based on lower record values, Sci. J. Appl. Math. Stat, 4(6), 284-288, 2016.

**[8]** El-Helbawy, A. A. Bayesian Estimation For Topp-Leone Weibull Distribution Based on Dual Generalized Order Statistics. Academy of Business Journal, Al-Azhar University, An Academic-Periodical Referred Journal, 19, 1-17, 2018a.

**[9]** El-Helbawy, A. A. Estimation Under a Finite Mixture of Two-Component Topp-Leone Rayleigh Lifetime Model, Scientific Journal of Faculty of Commerce, Assuit University, 67, 107-127, 2018b.

**[10]** Reyad, H., Jamal, F., Othman, S., and Yahia, N. The Topp Leone generalized inverted Kumaraswamy distribution: Properties and applications, Asian Research Journal of Mathematics, 13(3), 1-15, 2019.

**[11]** Keller, A. Z., and ARR, K. Alternate reliability models for mechanical systems, Third International Conference on Reliability and Maintainability, Toulse, France, 1982.

**[12]** Abd EL-Kade, R. I., AL-Dayian, G. R., and AL-Gendy, S. A. Inverted Pareto Type I distribution: properties and estimation, Journal of Faculty of Commerce AL-Azhar University, Girls' Branch, 21, 19-40, 2003.

**[13]** Al-Dayian, G. R. Inverted Pareto Type II distribution: properties and estimation, Journal of Faculty of Commerce AL-Azhar University Girls' Branch, 22, 1-18, 2004.

**[14]** Aljuaid, A. Estimating the parameters of an exponentiated inverted Weibull distribution under type-II censoring, Applied Mathematical Sciences, 7(35), 1721-1736, 2013.

**[15]** Sharma, V. K., Singh, S. K., Singh, U., and Agiwal, V. The inverse Lindley distribution: a stress-strength reliability model with application to head and neck cancer data, Journal of Industrial and Production Engineering, 32(3), 162-173, 2015.

**[16]** Abd AL-Fattah, A. M., El-Helbawy, A. A., abd Al-Dayian, G. R. Inverted Kumaraswamy Distribution: Properties and Estimation, Pakistan Journal of Statistics, 33(1), 2017.

**[17]** Tahir, M. H., Cordeiro, G. M., Ali, S., Dey, S., and Manzoor, A. The inverted Nadarajah–Haghighi distribution: estimation methods and applications, Journal of Statistical Computation and Simulation, 88(14), 2775-2798, 2018.

**[18]** Hassan, A. S., and Abd-Allah, M. On the inverse power Lomax distribution. Annals of Data Science, 6, 259-278, 2019.

**[19]** Hassan, A. S., and Abd-Allah, M. On the inverse power Lomax distribution, Annals of Data Science, 6, 259-278, 2019.

**[20]** Hassan, A. S., Elgarhy, M., and Ragab, R. Statistical properties and estimation of inverted Topp-Leone distribution, J. Stat. Appl. Probab, 9(2), 319-331, 2020.

# ÇİFT SIRALI KÜME ÖRNEKLEMESİ ALTINDA UNİT WEİBULL DAĞILIMININ PARAMETRELERİNİN TAHMİNİ

**Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin GÜL**
Giresun Üniversitesi
hasan.huseyin@giresun.edu.tr, 0000-0001-9905-8605

**Dr. Öğr. Üyesi Melih AĞRAZ**
Giresun Üniversitesi
melih.agraz@giresun.edu.tr, 0000-0002-6597-7627

## ÖZET

Weibull dağılımı, istatistiksel modelleme ve olasılık teorisinde geniş bir uygulama yelpazesine sahip olan bir olasılık dağılımıdır. İsveçli matematikçi Waloddi Weibull tarafından tanıtılan bu dağılım, özellikle güvenilirlik analizi, yaşam süresi modellemesi ve mühendislik alanlarında sıkça kullanılır. İstatistik literatüründe, Weibull dağılımı temel alınarak birçok farklı versiyonu önerilmiştir. Bunlardan bir tanesi Unit Weibull dağılımıdır. Unit Weibull dağılımı, [0, 1] aralığında tanımlı bir olasılık dağılımıdır ve özellikle bir olasılık uzayı içinde modelleme yapmak için geliştirilmiştir. Sıralı küme örneklemesi, örnekleme verimliliğini artırmak için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, özellikle ölçüm maliyetinin yüksek olduğu durumlarda tercih edilir. Çift sıralı küme örneklemesi ise, sıralı küme örneklemesinin bir çeşididir ve özellikle medyan tahmini yapmak için geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, Unit Weibull dağılımının parametrelerinin en çok olabilirlik tahminleri çift sıralı küme örneklemesi ve basit tesadüfi örnekleme altında yapılmıştır. Monte-Carlo simülasyon çalışmasıyla, Unit Weibull dağılımının parametrelerinin farklı örnek çapı ve parametre değerlerinde, çift sıralı küme örneklemesi ve basit tesadüfi örnekleme altında yan ve hata kare ortalaması kriterlerine göre performansları karşılaştırılmıştır. Çift sıralı küme örneklemesi altında yapılan tahminlerin daha düşük yan ve hata kare ortalaması değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Unit Weibull dağılımı, Sıralı küme örneklemesi, Parametre tahmini, En çok olabilirlik yöntemi.

## 1. GİRİŞ

İstatistiksel analizde verimli ve etkili örnekleme yöntemleri arayışı, geleneksel basit tesadüfi örneklemeyi (BTÖ) iyileştirmeyi amaçlayan çeşitli tekniklerin geliştirilmesine yol açmıştır. Bunlar arasında sıralı küme örneklemesi (SKÖ), özellikle ilgilenilen değişkenin maliyetli olduğu veya doğrudan ölçülmesinin zor olduğu senaryolarda güçlü bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. SKÖ kavramı 1952 yılında McIntyre [1] tarafından ortalama mera verimlerinin tahmin edilmesine yönelik bir yaklaşım olarak ortaya atılmıştır. Başlangıcından bu yana SKÖ, çok çeşitli uygulamalarda çeşitli popülasyon parametrelerini tahmin etmede BTÖ den daha verimli olduğunu kanıtlamıştır (Zamanzade ve Al-Omari, 2016 [2]). Yöntemin gücü, örnekleme sürecini bilgilendirmek için kolayca gözlemlenebilen veya ucuz sıralama kriterlerinden yararlanma ve böylece mevcut verilerden daha fazla bilgi çıkarma yeteneğinde yatmaktadır. SKÖ çerçevesini temel alan araştırmacılar, örnekleme verimliliğini daha da artırmak için çeşitli uzantılar geliştirmiştir. Bu uzantılardan biri, Al-Saleh ve Al-Kadiri (2000) [3] tarafından önerilen çift sıralı küme örneklemesidir (ÇSKÖ) dir. ÇSKÖ nin adımları aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

1) Hedef popülasyondan $m^3$ eleman belirlenir ve bu belirlenen elemanları her biri $m^2$ eleman büyüklüğünde *m* kümeye rastgele bölünür.
2) Her biri *m* boyutunda *m* adet sıralı küme örneği elde etmek için her bir küme üzerinde SKÖ prosedürü uygulanır.
3) SKÖ prosedürünü adım (2) üzerinde tekrar uygulayarak *m* boyutunda bir ÇSKÖ elde edilir.

Güvenilirlik mühendisliği alanında Weibull dağılımı, kullanım ömrü verilerini analiz etmek için yaygın olarak kullanılan bir dağılımdır. Parametrelerine bağlı olarak diğer dağılımların özelliklerini taklit edebilir. Spesifik olarak, dağılım bir şekil parametresi ve bir ölçek parametresi ile karakterize edilir. Weibull dağılımının dağılım fonksiyonu ve olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıda verildiği gibidir:

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x^{\beta}}, \quad (1)$$

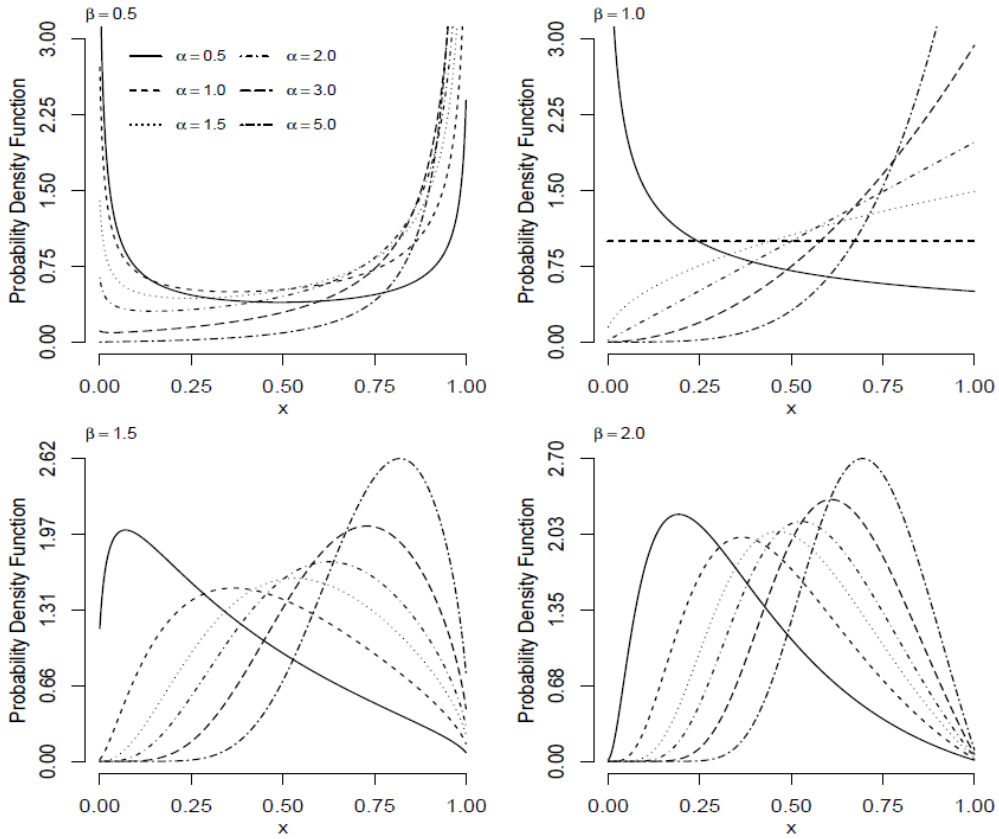
$$f(x) = \lambda\beta\, x^{\beta-1} e^{-\lambda x^{\beta}}. \quad (2)$$

Yakın zamanda Mazucheli vd. [4], birim aralıkta (0-1) veri analizi için yeni bir iki parametreli olasılık dağılımı önermiştir. Bu yeni öneri, iki parametreli Weibull rastgele değişkeninin bir dönüşümünden ortaya çıkmış ve unit-Weibull (UW) dağılımı olarak adlandırılmıştır. UW dağılımı $X = e^{-Y}$ dönüşümü uygulanarak elde edilmiştir. Burada $Y$ ölçek parametresi ve $X$ ise şekil parametresi olan bir Weibull dağılımını ifade etmektedir. UW dağılımının dağılım fonksiyonu ve olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıda verildiği gibidir:

$$F(x) = exp\left(-\alpha(-logx)^{\beta}\right), \tag{3}$$

$$f(x) = \frac{1}{x}\alpha\beta(-logx)^{\beta-1}exp\left(-\alpha(-logx)^{\beta}\right). \tag{4}$$

UW dağılımının farklı $\alpha$ ve $\beta$ parametre değerleri için olasılık yoğunluk fonksiyonu grafiği Görsel 1 de verildiği gibidir.




**Görsel 1. UW dağılımının olasılık yoğunluk grafiği**

SKÖ ve modifikasyonlarına dayalı herhangi bir istatistiksel dağılım için parametre tahmini son yıllarda oldukça ilgi odağı olmuştur. Literatürde yapılan bazı çalışmalar aşağıdaki gibi

sıralanabilir. Abu-Deyyah ve Al-Sawi [5] üstel dağılım için moving uç SKÖ altında, Helu vd. [6] Weibull dağılımı için SKÖ ve modifiye edilmiş SKÖ altında, Al-Omari ve Al-Hadrami [7] modifiye edilmiş Weibull dağılımı için uç SKÖ altında, Omar ve Ibrahim [8] Pareto dağılımı için SKÖ, medyan SKÖ ve uç SKÖ altında, Hassan [9] üstelleştirilmiş üstel dağılım için SKÖ altında, Hussian [10] Kumaraswamy dağılım için SKÖ altında, Khamnei ve Abusalah [11] genelleştitilmiş logistic dağılım için SKÖ altında, Dey vd. [12] Rayleigh dağılım için SKÖ, medyan SKÖ ve modifiye edilmiş SKÖ altında, He vd. [13] Log-Logistic dağılım için SKÖ altında ve Taconeli ve Giolo [14] power Lindley ve weighted Lindley dağılımı için SKÖ altında parametre tahmin çalışmaları yapmışlardır.

Bu çalışmada, UW dağılımının ÇSKÖ ve BTÖ altında bilinmeyen parametrelerinin tahmini üzerinde durulmuştur. Tahmin metotlarından en çok olabilirlik (EÇO) tahmin edicisi düşünülmüştür. Bununla birlikte bir veri uygulması yapılarak, UW dağılımının ÇSKÖ ve BTÖ altında bilinmeyen parametrelerinin performansları değerlendirilmiştir. Sonuç olarak ÇSKÖ altında yapılan tahminlerin daha etkin sonuçlar verdiği görülmüştür.

## 2. BTÖ ve ÇSKÖ ALTINDA PARAMETRE TAHMİNİ

### 2.1. BTÖ Altında EÇO Tahmini

$X_1, X_2, \dots, X_n$ UW dağılımından alınan rasgele bir örneklem olsun. UW dağılımının Log-olabilirlik fonksiyonu aşağıdaki gibi verilmiştir,

$$l(x;\alpha,\beta) = n(\log\alpha + log\beta) - \sum_{i=1}^{n}\log(x_i) + (\beta-1)\sum_{i=1}^{n}\log(-\log(x_i)) - \alpha\sum_{i=1}^{n}(-\log(x_i))^{\beta}. \quad (5)$$

$\alpha$ ve $\beta$ parametrelerinin EÇO tahminleri, Eşitlik (5) in ilgili parametrelere göre türevleri alınıp sıfıra eşitlenerek nümerik yöntemler yardımıyla elde edilir.

### 2.2. ÇSKÖ Altında EÇO Tahmini

*Durum I. Çift (m=2r)*

$X_1, X_2, \dots, X_n$ UW dağılımından alınan rasgele bir örneklem olsun. Örnek çapı çift iken DRSS için $X^{j}_{(1:m)}$, $j = 1, \dots, r$, UW dağılımının Log-olabilirlik fonksiyonu aşağıdaki gibi verilmiştir:

$$l = 2mlog(m) + \sum_{j=1}^{r} log\left(f_{1:m}(x_{1,j})\right) + \sum_{j=1}^{r}(m-1)log\left(1 - F_{1:m}(x_{1,j})\right)$$
$$+ \sum_{k=r+1}^{m} log\left(f_{m:m}(x_{m,k})\right) + \sum_{k=r+1}^{m}(m-1)log\left(F_{m:m}(x_{m,k})\right). \quad (6)$$

*Durum II. Tek (m=2r+1)*

$X_1, X_2, \ldots, X_n$ UW dağılımından alınan rasgele bir örneklem olsun. Örnek çapı tek iken DRSS için $X_{(1:m)}^{j}$, $j = 1, \ldots, r$, UW dağılımının Log-olabilirlik fonksiyonu aşağıdaki gibi verilmiştir

$$l = 2(m-1)log(m) + \sum_{j=1}^{r} log\left(f_{1:m}(x_{1,j})\right) + \sum_{j=1}^{r}(m-1)log\left(1 - F_{1:m}(x_{1,j})\right)$$
$$+ \sum_{k=r+1}^{m} log\left(f_{m:m}(x_{m,k})\right) + \sum_{k=r+1}^{m}(m-1)log\left(F_{m:m}(x_{m,k})\right) + log\left(\frac{(2r+1)!}{r!r!}\frac{m!}{r!r!}\right)$$
$$+ log\left(f_{(1+r):m}(x_{(r+1),(r+1)})\right) + log\left(F_{(1+r):m}(x_{(r+1),(r+1)})\right)$$
$$+ r\left(log\left(1 - F_{(1+r):m}(x_{(r+1),(r+1)})\right)\right). \quad (7)$$

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu bölümde, UW dağılımının bilinmeyen parametrelerinin BTÖ ve ÇSKÖ altında önerilen EÇO tahmin edicilerinin gerçek bir veri üzerinde uygulaması yapılmıştır. Lee ve Wang [15] tarafından rapor edilen 128 kanser hastasının verisi kullanılmıştır. Karşılaştırma amacıyla, veri setinden 48 büyüklüğünde bir örnek rasgele olarak alınmıştır. BTÖ için $n$=36, ÇSKÖ için ise $m$=6 ve $r$=6 ($m$=$n$*$r$) olarak seçilmiştir. Sonuçlar Çizelge 1 de verilmiştir.

**Çizelge 1. Kanser verisi için tahmin sonuçları.**

| **Method** | $\hat{\lambda}$ | $\hat{\beta}$ |
|---|---|---|
| **EÇO** | 2,3867 | 1,1738 |
| **SRS** | 2,6475 | 1,2931 |
| **ÇSKÖ** | **2,4496** | **1,1546** |

Sonuçlar, ÇSKÖ şemasına dayalı EÇO tahminlerinin hem $\lambda$ hem de $\beta$ parametrelerinin verilen değerine daha yakın olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, ÇSKÖ, BTÖ ye göre kanser hastası verilerini daha iyi modellemiştir.

## KAYNAKÇA

**[1]** McIntyre, G. A. A method for unbiased selective sampling, using ranked sets, Australian journal of agricultural research, 3(4): 385-390, 1952.

**[2]** Zamanzade, E., and Al-Omari, A. I. New ranked set sampling for estimating the population mean and variance, Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics, 45(6), 1891-1905, 2016.

**[3]** Al-Saleh, M. F., and Al-Kadiri, M. A. Double-ranked set sampling, Statistics & Probability Letters, 48(2), 205-212, 2000.

**[4]** Mazucheli, J., Menezes, A. F. B., and Ghitany, M. E. The unit-Weibull distribution and associated inference, J. Appl. Probab. Stat, 13(2), 1-22, 2018.

**[5]** Abu-Dayyeh, W., and Al Sawi, E. Modified inference about the mean of the exponential distribution using moving extreme ranked set sampling, Statistical Papers, 50(2), 249-259, 2009.

**[6]** Helu, A., Abu-Salih, M., and Alkam, O. Bayes estimation of Weibull distribution parameters using ranked set sampling, Communications in Statistics Theory and Methods, 39(14), 2533-2551, 2010.

**[7]** Al-Omari, A., and Al-Hadhrami, S. On maximum likelihood estimators of the parameters of a modified Weibull distribution using extreme ranked set sampling, Journal of Modern Applied Statistical Methods, 10(2), 18, 2011.

**[8]** Omar, A., and Ibrahim, K. Estimation of the shape and scale parameters of the Pareto distribution using extreme ranked set sampling, Pakistan Journal of Statistics, 29(1), 2013.

**[9]** Hassan, A. S. Maximum likelihood and Bayes estimators of the unknown parameters for exponentiated exponential distribution using ranked set sampling, International Journal of Engineering Research and Applications, 3(1), 720-725, 2013.

**[10]** Hussian, M. A. Bayesian and maximum likelihood estimation for Kumaraswamy distribution based on ranked set sampling, American Journal of Mathematics and Statistics, 4(1), 30-37, 2014.

**[11]** Khamnei, H. J., and Abusaleh, S. Estimation of parameters in the generalized logistic distribution based on ranked set sampling, International Journal of Nonlinear Science, 24(3), 154-160, 2017.

**[12]** Dey, S., Raheem, E., Mukherjee, S., and Ng, H. K. T. Two parameter exponentiated Gumbel distribution: properties and estimation with flood data example, Journal of Statistics and Management Systems, 20(2), 197-233, 2017.

**[13]** He, X., Chen, W., and Qian, W. Maximum likelihood estimators of the parameters of the log-logistic distribution, Statistical Papers, 61(5), 1875-1892, 2020.

**[14]** Taconeli, C. A., and Giolo, S. R. Maximum likelihood estimation based on ranked set sampling designs for two extensions of the Lindley distribution with uncensored and right-censored data, Computational Statistics, 35(4), 1827-1851, 2020.

**[15]** Lee, E. T., and Wang, J. Statistical methods for survival data analysis, John Wiley & Sons, 476, 2003.

# GLUKOZ-İNSÜLİN DİNAMİKLERİNİN MODELLENMESİ: FARK DENKLEMLERİ VE SÜREKLİ ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

**Melih AĞRAZ**
Giresun Üniversitesi/İstatistik Bölümü,
melih.agraz@giresun.edu.tr - 0000-0002-6597-7627

**Hasan Hüseyin GÜL**
Giresun Üniversitesi/İstatistik Bölümü,
hasan.huseyin@giresun.edu.tr - 0000-0001-9905-8605

## ÖZET

Glukoz ve insülin regülasyonu, metabolik dengeyi sağlamak için kritik bir süreçtir. Bu çalışmada, glukoz-insülin dinamiklerini anlamak amacıyla var olan modeller üzerinden bir uygulama gerçekleşmiştir. Model, kan glukoz seviyeleri ve insülin etkisi arasındaki etkileşimleri simüle etmek için diferansiyel denklemler kullanmaktadır.

Uygulama simülasyonlarda Fizik Bilgili Sinir Ağları (PINNs)'in iki farklı çözüm yöntemi karşılaştırılmıştır: fark denklemleri ile elde edilen kesikli çözüm ve sürekli diferansiyel denklemlerin çözümü. Sonuçlar, her iki yöntemin de benzer eğilimler gösterdiğini, ancak sürekli çözüm yönteminin daha hassas ve düzgün sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Fark denklemleri yöntemi, basit uygulamalarda kullanılabilirken, sürekli çözüm yöntemi daha doğru modelleme gerektiren durumlar için daha uygundur.

Bu bulgular, glukoz-insülin dinamiklerinin modellenmesinde hesaplamalı araçların potansiyelini göstermekte ve diyabet yönetimi için daha etkili modeller geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler :** Glukoz-insülin dinamikleri, matematiksel modelleme, diferansiyel denklemler, fark denklemleri, sürekli çözüm yöntemleri, diyabet yönetimi, simülasyon

## 1. GİRİŞ

Fizik Bilgili Sinir Ağları (PINNs), diferansiyel denklemler tarafından yönetilen ileri ve ters problemleri çözmek için popülerlik kazanmaktadır. PINNs'ler, fiziksel yasaları kayıp fonksiyonlarına dahil ederek, veri eksikliği durumlarında bile temel dinamiklerle uyum sağlar. Bu yöntem, özellikle fiziksel sistemlerin anlaşılması ve modellenmesi açısından önemli bir avantaj sağlar. PINN'ler, klasik veri odaklı yöntemlerle fiziksel modelleri birleştirerek, hem gözlemlenen verilerden öğrenme hem de fiziksel denklemlerle tutarlılık sağlama yeteneğine sahiptir.

Bu çalışmanın amacı, daha önce yapılan çalışmalara benzer [3-5], PINNs'lerin glikoz-insülin sistemini modellemede iki farklı yaklaşımını incelemektir: kesikli türev yaklaşımlarını kullanan bir yöntem ve TensorFlow'un otomatik türev sistemiyle sürekli türev hesaplamalarını kullanan bir yöntem. Her iki yaklaşımın avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiş ve sonuçların, farklı problem senaryoları için hangi yöntemin daha uygun olabileceğini anlamaya yönelik içgörüler sunmaktadır.

## 2. METHOD

### 2.1. Glikoz-insülin Sistemi

Glikoz-insülin sistemi, glikoz konsantrasyonu ($G$), insülin konsantrasyonu ($I$) ve birkaç fizyolojik parametre (ör. $P1, P2, P3$) arasındaki etkileşimi tanımlayan diferansiyel denklemlerle modellenmiştir:

$$\frac{d\,G(t)}{dt} = -\big(P_1 + x(t)\big)G(t) + P_1 G_b \tag{1}$$

$$\frac{d\,x(t)}{dt} = -P_2 x(t) + P_3(I(t) - I_b) \tag{2}$$

$$\frac{d\,I(t)}{dt} = -mI(t) + \gamma(G - h) \tag{3}$$

(1)-(3) arasında ifade edilen denklem sistemine göre: (1) glikoz değişim oranı, (2) glikoz düzenlemesinde etkili olan ara değişken $x(t)$ 'nin zmanla değişimini ve (3) insülin değişim oranını ifade eder.

### 2.2. Fizik Bilgili Sinir Ağları (PINNs)

Fizik Bilgili Sinir Ağları (PINNs), makine öğrenimi ile fizik tabanlı modellemenin birleşimini sağlar. PINNs'ler, diferansiyel denklemlerle tanımlanan fiziksel sistemlerin çözümü için güçlü bir araçtır. Bu ağlar, bir yandan ölçülen veri ile uyum sağlarken, diğer yandan fiziksel yasaları kayıp fonksiyonu içine yerleştirerek sistemin temel dinamiklerini öğrenir. PINNs'lerin temel amacı, fiziksel denklemleri ihlal etmeden veri odaklı tahminler yapabilmektir [1,2, 3]. PINNs'ler iki temel bileşenden oluşur:

**1. Veri Tabanlı Öğrenme**: Bu bileşen, geleneksel sinir ağı gibi çalışır ve verilen veriyle uyumlu tahminler yapmayı hedefler. Burada, ölçülen değerler ile ağ çıktıları arasındaki fark bir kayıp fonksiyonu olarak kullanılır.

**2. Fiziksel Kısıtlamalar**: PINNs'ler, diferansiyel denklemleri temsil eden fiziksel kısıtlamaları kayıp fonksiyonlarına ekler. Bu kısıtlamalar sayesinde sistemin dinamikleri ile tutarlılık sağlanır. Türevler ve diğer matematiksel ifadeler, otomatik türev alma yöntemleriyle hesaplanır.

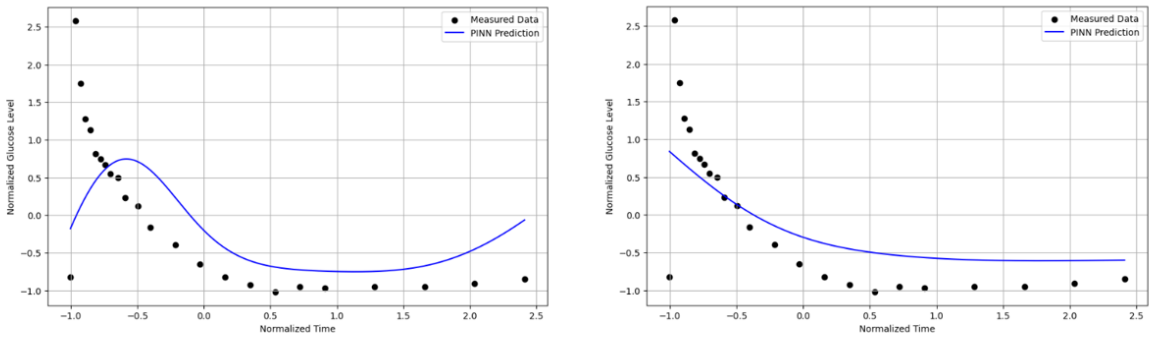
Bu çalışmada, PINN'lerin glikoz-insülin sistemini modellemedeki iki farklı yaklaşımı ele alınmıştır: Kesikli PINNs: Kesikli yaklaşım, türevleri sonlu fark yöntemleriyle yaklaşık olarak hesaplar. Bu, hesaplama yükünü azaltır ancak doğruluk kaybına neden olabilir. Fiziksel kısıtlamalar türevlerin bu kesikli temsili üzerinden uygulanır. Sürekli PINNs: Sürekli yaklaşım, TensorFlow'un GradientTape özelliği aracılığıyla türevleri sinir ağı çıktısından doğrudan hesaplar. Bu yöntem, daha yüksek doğruluk sağlar ancak ek hesaplama yükü getirir.

### 2.3. Model Mimarisi

Her iki yaklaşım için de 20 gizli birim ve 'tanh' aktivasyon fonksiyonuna sahip basit bir ileri beslemeli sinir ağı kullanılmıştır. Bu ağ yapısı, giriş olarak zaman noktalarını alır ve çıkış olarak tahmin edilen glikoz seviyelerini verir. Sinir ağı, parametre öğrenimi ve fiziksel kısıtlamaları birleştirerek çalışır. Kayıp fonksiyonu iki ana bileşenden oluşur: gözlemlenen ve tahmin edilen glikoz seviyeleri arasındaki farkı minimize eden veri kaybı terimi ve öğrenilen dinamiklerin yönetici diferansiyel denklemlerle tutarlılığını sağlayan fizik kaybı terimi. Bu yapı, hem veri uyumunu hem de fiziksel gerçeklerle tutarlılığı sağlamak için dikkatlice tasarlanmıştır.

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

PINNs, makine öğrenimi ile fizik tabanlı modellemenin birleşimini sağlar. PINNs'ler, diferansiyel denklemlerle tanımlanan fiziksel sistemlerin çözümü için güçlü bir araçtır. Bu ağlar, bir yandan ölçülen veri ile uyum sağlarken, diğer yandan fiziksel yasaları kayıp fonksiyonu içine yerleştirerek sistemin temel dinamiklerini öğrenir. PINNs'lerin temel amacı, fiziksel denklemleri ihlal etmeden veri odaklı tahminler yapabilmektir. Hem jesikli hem de sürekli kısımlarda sonuçları şöyle özetleyebiliriz: Kesikli PINNs: Kayıp, eğitim boyunca nispeten yüksek kaldı (tüm epochlar boyunca ≈ 204.7) ve sınırlı bir iyileşme gösterdi. Bu, hem verileri hem de fiziksel kısıtlamaları etkili bir şekilde öğrenmede zorluk olduğunu göstermektedir. Sürekli PINNs: Kayıp önemli ölçüde azaldı (1900. Epoch da ≈ 0.57), gözlemlenen veriler ve yönetici denklemlerle daha iyi uyum sağlandığını gösteriyor. Bu sonuçlara göre sürekli PINNs, fizyolojik parametrelerin (ör. *P1, P2, m*, γ) daha doğru tahminlerini elde etti. Özellikle, sürekli PINNs glikozdaki dinamik eğilimleri daha doğru bir şekilde yakaladı.




**Görsel 1. Tahmin edilen ve gözlemlenen glikoz seviyeleri için (a) Kesikli ve (b) sürekli PINNs yaklaşımının grafiği.**

Görsel 1'e göre, kesikli PINNs'de tahminler daha düzgün ancak ilerleyen zaman adımlarında gözlemlenen verilerden önemli ölçüde sapmıştır, bu da dinamiklerin yetersiz öğrenildiğini yansıtmaktadır. Ancak sürekli PINNs'de tahminler gözlemlenen glikoz seviyeleriyle daha yakından uyum göstermiştir ve erken zaman adımlarındaki dalgalı davranışları bile yakalamıştır.

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Kesikli PINNs, otomatik türev hesaplamalarına ihtiyaç duymadığı için daha az hesaplama gücü gerektirmiştir. Ancak bu basitleştirme, veri ve dinamiklerin zayıf bir şekilde öğrenilmesine neden olmuştur. Sürekli PINNs, hem parametre tahmini hem de tahmin doğruluğu açısından üstün performans göstermiştir. Bu iyileştirme, otomatik türev sistemine bağımlılık nedeniyle artan hesaplama gereksinimleri ile elde edilmiştir. Kesikli yaklaşım, seyrek verilerin olduğu ve dinamik davranışların kesin olmadığı problemler için uygun olabilir. Sürekli yaklaşım, biyomedikal sistemler veya gerçek zamanlı dinamik kontrol gibi yüksek doğruluk gerektiren uygulamalara daha uygundur.

Bu çalışma, glikoz dinamiklerini modellemek için kesikli ve sürekli PINNs yaklaşımları arasındaki dengeyi vurgulamaktadır. Kesikli yöntem hesaplama açısından daha basit olsa da, doğruluk açısından sürekli yöntemin gerisinde kalmıştır. Gelecekteki çalışmalar, bu dengeyi etkili bir şekilde sağlamak için hibrit yaklaşımlar ve uyarlanabilir eğitim stratejilerini keşfetmeyi planlıyoruz.

## KAYNAKÇA

**1.** Raissi, M., Perdikaris, P., Karniadakis, G. E. Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations. Journal of Computational physics, 378, 686-707, 2019.

**2.** Cai, S., Mao, Z., Wang, Z., Yin, M., & Karniadakis, G. E. Physics-informed neural networks (PINNs) for fluid mechanics: A review. Acta Mechanica Sinica, 37(12), 1727-1738, 2021.

**3.** Ahmadi Daryakenari, N., De Florio, M., Shukla, K., & Karniadakis, G. E. AI-Aristotle: A physics-informed framework for systems biology gray-box identification. *PLOS Computational Biology*, *20*(3), e1011916, 2024.

**4.** Daneker, M., Zhang, Z., Karniadakis, G. E., & Lu, L.. Systems biology: Identifiability analysis and parameter identification via systems-biology-informed neural networks. In *Computational Modeling of Signaling Networks* (pp. 87-105). New York, NY: Springer US, 2023.

**5.** Yazdani, A., Lu, L., Raissi, M., & Karniadakis, G. E.. Systems biology informed deep learning for inferring parameters and hidden dynamics. *PLoS computational biology*, *16*(11), e1007575, 2020.

# FİZİK TABANLI YAPAY SİNİR AĞLARI (PINNS) İLE NAVIER-STOKES DENKLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ

**Melih AĞRAZ**
Giresun Üniversitesi/İstatistik Bölümü,
melih.agraz@giresun.edu.tr - 0000-0002-6597-7627

**Hasan Hüseyin GÜL**
Giresun Üniversitesi/İstatistik Bölümü,
hasan.huseyin@giresun.edu.tr - 0000-0001-9905-8605

## ÖZET

Bu çalışmada, Physics-Informed Neural Networks (PINNs) yaklaşımının, basitleştirilmiş bir Navier-Stokes probleminden türetilen kan akışı benzeri bir PDE (kısmi diferansiyel denklem) sisteminin çözümünde nasıl kullanılabileceği gösterilmektedir. PINNs çerçevesinde, yapay sinir ağı giriş olarak uzaysal koordinatları (x, y, z) alırken, çıkış olarak hız bileşenleri ($u$, $v$, $w$) ve basınç ($p$) alanlarını üretmektedir. Eğitim sürecinde, veri tabanlı hata terimlerine ek olarak fiziksel denklem kısıtları (süreklilik ve momentum denklemleri) ile sınır koşulları kayıp fonksiyonuna entegre edilmiştir. Uygulamada, ağın başlangıçtaki yüksek kaybının, binlerce yineleme (iterasyon) sonunda yaklaşık 1e-5 mertebesinde çok düşük bir seviyeye indiği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, PINNs yaklaşımının yoğun mesh tabanlı nümerik yöntemlere alternatif olarak, karmaşık akış problemlerine çözüm üretme potansiyelini ve düşük veri senaryolarında dahi fiziksel olarak tutarlı çözümler sunabilme yeteneğini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler :** Yapay Sinir Ağları, Navier-Stokes Denklemleri, Fizik-Tabanlı Modelleleme, Sayısal Akış Analizi, Derin Öğrenme

## 1. GİRİŞ

Navier-Stokes denklemleri, sıvıların ve gazların hareketini tanımlayan temel diferansiyel denklemler sistemidir. Bu denklemler, akışkan mekaniği, mühendislik ve doğa bilimleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Ancak, Navier-Stokes denklemlerinin çözümü, özellikle karmaşık geometriler veya yüksek Reynolds sayılarında oldukça zordur. Geleneksel sayısal

yöntemler genellikle hesaplama maliyetlerini artırır ve doğruluk sınırlamalarıyla karşılaşır. Bu bağlamda, Physics-Informed Neural Networks (PINNs), fiziksel sistemlerin, kismi diferansiyel denklemlerin (PDEs) dinamiklerini modelleme, çözme konusunda yenilikçi bir yaklaşım sunar. PINNs ve Navier-Stock denklemleri ve çözümleri ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır [3,4 ]

Bu çalışmada, PINNs kullanılarak 2D bir alan için Navier-Stokes denklemlerindeki hız bileşenleri ("*u*" ve "*v*") ve basınç ("*p*") parametrelerinin tahmin edilmesi ele alınmıştır. PINNs, fiziksel yasaları veri odaklı öğrenme ile birleştirerek diferansiyel denklemleri doğrudan öğrenme sürecine dahil eder.

## 2. METHOD

### 2.1. Navier-Stock Denklemleri

Navier-Stokes denklemleri, akışkanların momentumunu, viskozitesini ve dış kuvvetlerin etkisini dikkate alır. Bu denklemler genellikle aşağıdaki eşitlik (1)'de ki gibi ifade edilir:

$$\rho\left(\frac{\partial u}{\partial t} + u.\nabla u\right) = -\nabla\rho + \nabla^2 u + f \tag{1}$$

Burada:

- $u$: Hız vektör alanı
- $t$: Zaman
- $\rho$: Akışkanın yoğunluğu
- $p$: Basınç
- $\mu$: Dinamik viskozite katsayısı
- $\nabla$p: Basınç gradyanı
- $\nabla^2$u: Viskozite terimi
- $f$: Harici kuvvetler

Bu Navier-Stock denklemleri, otomotiv mühendisliği, havacılık ve uzay mühendisliği, makine mühendisliği gibi alanlarda geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Örneğin, otomotiv mühendisliğinde araç gövdesi etrafındaki hava akışını analiz ederek yakıt verimliliğini artırmada kullanılmaktadır ya da uçak kanat profillerindeki hava akışını analiz ederek kaldırma ve sürükleme kuvvetlerini hesaplama.

### 2.2. Fizik Bilgili Sinir Ağları (PINNs)

PINNs, genel olarak doğrusal olmayan PDE'ler içeren ileri ve ters problemlerin çözümünü öğrenmek için tasarlanmış derin öğrenme çerçevesidir. PINNs, fiziksel yasaları bir sinir ağına entegre ederek, hem veri odaklı çözümler sunar hem de bu yasaları öğrenme sürecinde düzenleyici (regularizer) olarak kullanır [1]. PINNs, mühendislik, fizik ve biyomedikal gibi çeşitli alanlarda uygulama bulmuştur.

PINNs, fiziksel denklemleri (örneğin, Navier-Stokes denklemleri) kayıp fonksiyonuna dahil ederek öğrenme sürecinde kullanır. Diferansiyel operatörler, sinir ağlarının çıktıları üzerinden otomatik türev alma (automatic differentiation) ile hesaplanır. Bu sayede ağ, fiziksel kısıtlamaları ihlal etmeyen çözümler üretebilir [2]. Kayıp fonksiyonu şu şekilde ifade edilir:

$$L = w_1 L_{PDE} + w_2 L_{data} + w_3 L_{IC} + w_4 L_{BC} \quad (2)$$

Bu denkleme göre

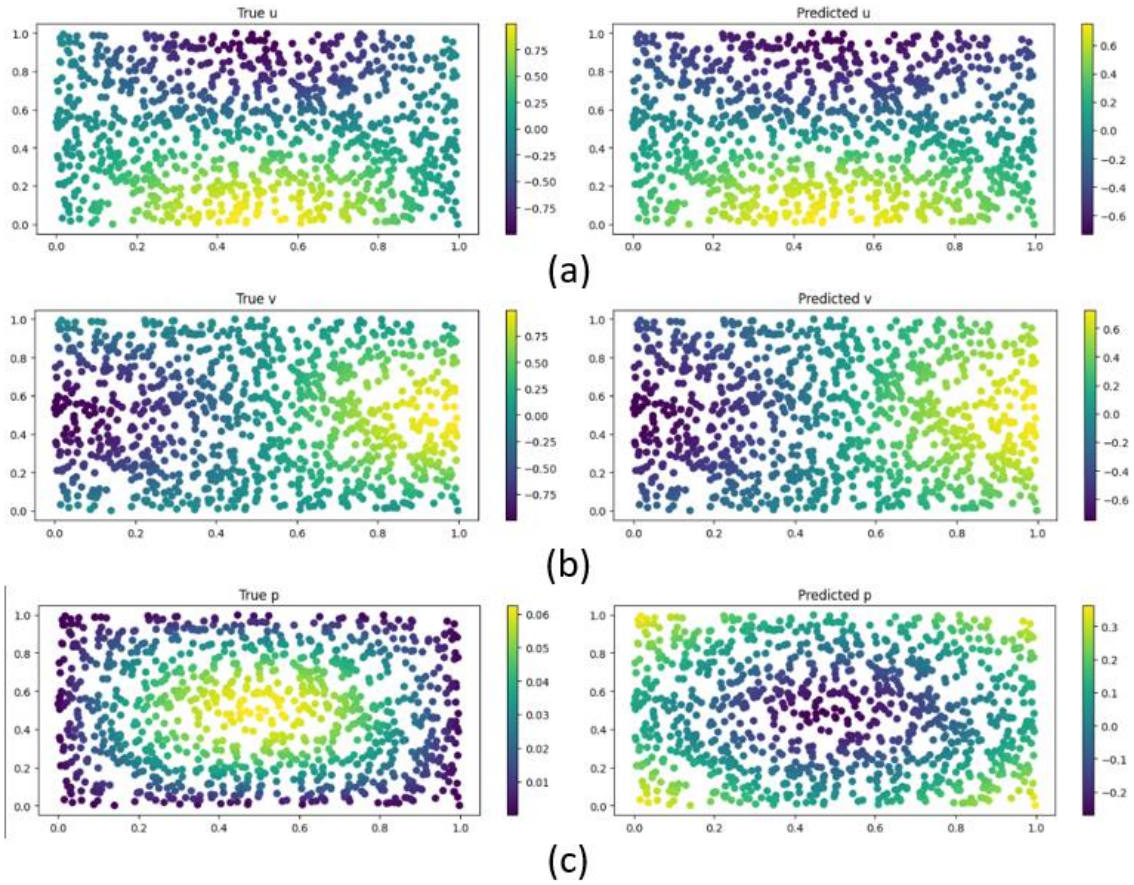
$L_{PDE}$: Diferansiyel denklemlerin kalıntılarını ceza olarak içeren terim

$L_{data}$: Ölçüm verileri ile modelin çıktıları arasındaki fark

$L_{IC}$, $L_{BC}$: Başlangıç ve sınır koşullarını karşılamak için kullanılan kayıplar.

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

PINNs, mühendislik, fizik ve biyomedikal gibi çeşitli alanlarda uygulama bulan, PDES'lerin çözümünde etkili sonuçlar veren yapay sinir ağlarını kullanan bir tekniktir. Bu çalışmada Naviyer-Stock denklemi PINNs yöntemi ile çözülmü ve parametre tahminleri yapılmıştır. Aşağıda Görsel 1'de paramtre (hız bileşenleri ("*u*" ve "*v*") ve basınç ("*p*")) tahminleri ve gerçek değerler görselleştirilmiştir.




**Görsel 1. PINNs tarafından yapılan tahminler ve gerçek değerlerin karşılaştırılması. (a) Gerçek ve tahmin edilen yatay hız bileşeni (*u*), (b) dikey hız bileşeni (*v*), (c) basınç (*p*).**

Görsel 1'e göre, gerçek ve tahmin edilen hız (*u, v*) bileşenlerinin grafiklerinde benzer genel dağılım görülmektedir. Bu, PINNs in hız parametreleri için Navier-Stokes denklemlerine uygun tahminler yapabildiğini göstermektedir. Ancak gerçek basınç (*p*) dağılımı ile tahmin edilen arasında belirgin farklılıklar gözlenmiştir. Gerçek basınç daha dengeli bir dağılım gösterirken, tahmin edilen basınç grafiklerinde hata oranı daha yüksektir. Ek olarak, hız bileşeni ("*u*") için Ortalama Mutlak Hata (MAE): 0.1268, Hız bileşeni ("*v*") için MAE: 0.1342, Basınç ("p") için MAE: 0.1238 olarak hesaplanmıştır.

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada PINNs yöntemi ile Navier-Stokes denklemlerinin çözümüne yönelik yapılan analizler, PINNs yaklaşımının fiziksel sistemlerin modellenmesinde önemli bir potansiyel sunduğunu göstermektedir. Hız bileşenleri için yapılan tahminlerde yatay hız

bileşeni (***u***) için Ortalama Mutlak Hata (MAE) **0.1268**, dikey hız bileşeni (***v***) için MAE **0.1342** olarak bulunmuştur. Basınç tahminleri (***p***) için MAE değeri ise **0.1238** olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, hız bileşenleri için PINNs'nin yüksek doğrulukla tahmin yapabildiğini, ancak basınç tahminlerinde iyileştirme alanları bulunduğunu göstermektedir.

Hız bileşenlerinin grafiklerinde, gerçek ve tahmin edilen değerler arasında genel bir dağılım benzerliği görülmüştür. Bu, PINNs'nin Navier-Stokes denklemleri için fiziksel olarak tutarlı çözümler üretebildiğini ortaya koymaktadır. Ancak basınç değerlerinde tahmin edilen ve gerçek sonuçlar arasında belirgin farklılıklar gözlenmiştir. Bu durum, PINNs'in karmaşık basınç dağılımlarında daha iyi performans göstermesi için mimari iyileştirmeler gerektiğini göstermektedir.

PINNs yaklaşımı, daha karmaşık mimariler ve farklı veri kümeleriyle test edildiğinde, model doğruluğunu artırma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, sınırlı ölçüm verileriyle bile fiziksel sistemlerin temel prensiplerine uygun tahminler yapabilme yeteneği, bu yöntemi geleneksel yöntemlere kıyasla avantajlı kılmaktadır. Özellikle düşük veri senaryolarında sunduğu avantajlar, yoğun ağ mesh gereksinimlerini ortadan kaldırması ve çözüm sürelerini azaltmasıdır. Gelecekte, daha gelişmiş yapay sinir ağı mimarileri ile PINNs'in daha geniş bir uygulamasının yapılması önerilmektedir.

## KAYNAKÇA

**1.** Raissi, M., Perdikaris, P., Karniadakis, G. E. Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations. Journal of Computational physics, 378, 686-707, 2019.

**2.** Cai, S., Mao, Z., Wang, Z., Yin, M., & Karniadakis, G. E. Physics-informed neural networks (PINNs) for fluid mechanics: A review. Acta Mechanica Sinica, 37(12), 1727-1738, 2021.

**3.** De Ryck, T., Jagtap, A. D., & Mishra, S. Error estimates for physics-informed neural networks approximating the Navier–Stokes equations. *IMA Journal of Numerical Analysis*, *44*(1), 83-119, 2024.

**4.** Ranade, R., Hill, C., & Pathak, J. DiscretizationNet: A machine-learning based solver for Navier–Stokes equations using finite volume discretization. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, *378*, 113722, 2021

# INVESTIGATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS ARCHITECTURE SELECTION FOR USD/JPY EXCHANGE RATE

**Cagatay BAL**
Mugla Sitki Kocman University, Department of Statistics,
cagataybal@mu.edu.tr - 0000-0002-7823-2712

## ABSTRACT

Choosing the best architecture for artificial neural networks is an important step to find a model that gives the most accurate predictions. The best architecture is the one that minimizes the difference between the network's predicted values and the actual target values. Many criteria are used in the literature to measure model performance. Additionally, some modified criteria, called weighted criteria, have been introduced by combining the traditional ones. In this study, the performance of these criteria is examined. To do this, USD/JPY exchange rate time series is used for comparison. The results show that the performance of traditional criteria changes based on the structure of the data. However, weighted criteria often perform as well as or better than the best traditional criteria.

**Key Words:** Artificial Neural Networks, Performance Criteria, Best Architecture, Time Series.

## 1. INTRODUCTION

As well known, Artificial Neural Networks (ANNs) are powerful heuristic approaches founded by mimicking the human brain neural communication structure. The term `Architecture` is one of hyperparameters of ANNs and it describes the structure of the network. Learning ability is the most important characteristic feature of ANNs and it has made possible by `Backpropagation Learning Algorithm` which has been introduced by Werbos in 1974 and successfully implemented to ANNs by Rumelhart in 1986. Learning algorithm is a hyperparameter of ANNs which should be used as a key role of successful model fitting and forecasting. The adaptation of non-linearity in ANNs could be achieved by using `Activation Functions`. These functions have the ability to shape and adapt the `Data` in order to map the relationship within the observations and acquiring the desired results from different types of networks for various tasks.

Using ANNs for various forecasting tasks has been done successfully over the years. The reason is that ANNs are also can be called `Universal Approximator` which means ANNs with at least 1 hidden layer can approximate any continues function (Cybenko 1989, Hornik 1991).

The main focus is out-of-sample predictions on forecasting which makes it separated from fitting or modeling the data. More detailed, a model can be acquired by using the data and the performance of the model can be tested by in-sample observations which already been used to create the model. However, it might not mean that the well-trained model can produce successful forecasts every time (Hyndman 2014). The expectation from the well-trained model is to predict the unseen out-of-sample observations accurately. But most of the time these expectations don't match the need and it becomes hard to handle to calculate the forecasting performance of the model to determine whether or not to use the model for forecasting.

The first ANNs are called `Perceptron` (McCulloch and Pitts 1943) and only able to handle linear problems as a linear classifier. Perceptron`s architecture has only a single layer and a basic type of learning rule with a step function as activation in network. These properties are the reasons why it can only be used as linear classifier. But after late 80`s with developing new components as learning algorithms, activation functions, improved architectures and specialized networks, `Multi-Layer Perceptron (MLP)` mainly called ANNs has become very successful approaches and recognized by numerous researchers from all around the world. Architecture of MLP can be seen in Figure I below.

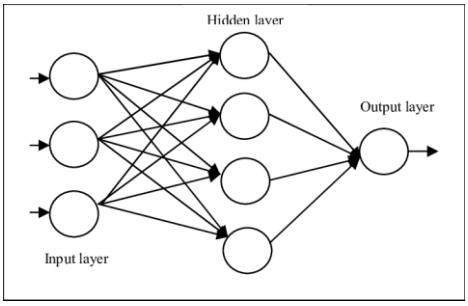



Figure I. Architecture of Artificial Neural Networks (ANNs)

The goal in forecasting with ANNs is obtaining a network with better out-of-sample performance than in-sample performance which concludes that the best network is not always well-trained but well-performed at out-of-sample forecasting. Networks with perfect in-sample fit and poor out-of-sample performance cause the situation called `Overfitting` in the field and to train a proper network comes with various strategies to avoid overfitting such as cross-

validation, k-fold cross-validation, noise injection, regularization and classic way as dividing data into training, testing and sometime validation set.

As the classic and the effective way of avoiding overfitting, splitting the data into training and testing is used in this study. ANNs are trained by using training set and selected model is tested the out-of-sample performance using by test set. Validation set partition is usually not preferred in time series forecasting with ANNs (Zhang et. Al. 1998). Networks with the best test set performances are determined as appropriate models.

ANNs have the model selection dilemma due to random initialization of weights at the beginning of training process. Random initialization of weights can be seen as an advantageous property of ANNs because of enabling the alternative solutions in solution space (Bal et. Al. 2017). On the other hand, random initialization of weights will lead a problem of having different architectures after training for the same data. This mostly cause an inconsistent way to interpret the results of the network. For this reason, training process often consists of training many networks simultaneously and selecting the best performed among obtained ones.

## 2. PERFORMANCE MEASURES AT FORECASTING

In time series analysis, dependent variable also named target observations in ANNs is $y_t$ and the explanatory variables are the past time lags of $y_t$ which can be seen below,

$$y_t = y_{t-1} + y_{t-2} + \cdots y_{t-k}$$

The strategy to achieve a powerful network is finding the relationship between $y_{t-1}, y_{t-2}, \cdots y_{t-k}$ and $y_t$ with a good test set performance. To calculate the performance of network, an error term must be obtained by using the forecasts $\breve{y}_t$ and observed values $y_t$ . Calculating test set performance of network can be done by performance criteria based on the error term ($e_t$) based on distance between $y_t$ and $\breve{y}_t$. List of the error types are shown in Table I.

TABLE I. List of Error Types.

| Error Types | Formulas |
|---|---|
| Error | $e_t = (y_t - \breve{y}_t)$ |
| Percentage error | $p_t = \frac{(y_t - \breve{y}_t)}{y_t}$ |

| | |
|---|---|
| Symmetric error | $s_t = \frac{\lvert y_t - \check{y}_t \rvert}{(y_t + \check{y}_t)}$ |
| | $s_t^* = mean_{k=1,i-1} \lvert y_k - \bar{y}_{i-1} \rvert$ |
| Relative error | $r_t = \frac{\lvert y_t - \check{y}_t \rvert}{(y_t - f_t^*)}$ $\quad f_t^* = y_{t-l}$ |
| Scaled error | $sc_t = \frac{\lvert y_t - \check{y}_t \rvert}{\frac{1}{n-1}\sum_{t=2}^{n} \lvert y_t - y_{t-l} \rvert}$ |

### 2.1. Absolute Error Based Criteria

Criteria based on $e_t$ are always on the same scale with the data. These criteria can't be used to compare time series with different scales. In such a case, the preprocessing of data may require to obtain same scale for each dataset. Performance measures based on $e_t$ is shown in Table II below.

TABLE II. Performance Measures Based on $e_t$.

| **Performance Measures** | **Formulas** |
|---|---|
| Mean Absolute Error | MAE = $mean_{i=1,n} \lvert e_i \rvert$ |
| Median Absolute Error | MdAE = $median_{i=1,n} \lvert e_i \rvert$ |
| Geometric Mean Absolute Error | GMAE = $gmean_{i=1,n} \lvert e_i \rvert$ |
| Mean Square Error | MSE = $mean_{i=1,n}(e_i^2)$ |
| Root Mean Square Error | RMSE = $\sqrt{mean_{i=1,n}(e_i^2)}$ |
| Fourth Root Mean Quadrupled Error | R4MS4E = $\sqrt[4]{mean_{i=1,n}(e_i^4)}$ |

### 2.2. Percentage Error Based Criteria

Criteria based on percentage error ($p_t$) have the advantageous of being scale-independent across different scaled datasets. However, major disadvantage of $p_t$ is division by zero when $y_t$ is equal or so close to zero. This can cause the undefined or infinite results when measuring the performance. Performance measures based on $p_t$ is shown in Table III below.

TABLE III. Performance Measures Based on $p_t$ .

| **Performance Measures** | **Formulas** |
|---|---|

| | |
|---|---|
| Mean Absolute Percentage Error | MAPE = $mean_{i=1,n}\|p_i\|$ |
| Median Absolute Percentage Error | MdAPE = $median_{i=1,n}\|p_i\|$ |
| Root Mean Square Percentage Error | RMSPE = $\sqrt{mean_{i=1,n}(p_i^2)}$ |
| Root Median Square Percentage Error | RMdSPE = $\sqrt{median_{i=1,n}(p_i^2)}$ |

Another issue about $p_t$ is that it should be based on quantity such as exchange rates, number of product sold, and etc. Because it doesn't make sense to represent performance with percentage when data is not include quantity such as Celcius or Fahrenheit temperatures (Hyndman and Koehler 2006). The main reason is that percentage should not change when scale of different datasets is changed and this only eligible with quantity based observations. It should also be noted that criteria based on $p_t$ are not symmetric which simply means that results may differ rather predictions are higher or lower than actual observed values.

### 2.3. Symmetric Error Based Criteria

Symmetric error ($s_t$) is a type of percentage error which modified to add symmetry to the $p_t$. However, as stated in Koehler (2001), despite its name this error is actually not symmetric. Criteria based on $s_t$ shares the similar disadvantage as $p_t$ of division by zero when $y_t$ and $\check{y}_t$ close to zero. To overcome this situation a modified version $s_t^*$ can be used. Performance measures based on $s_t$ is shown in Table IV below.

TABLE IV. Performance Measures Based on $s_t$ .

| **Performance Measures** | **Formulas** |
|---|---|
| Symmetric Mean Absolute Percentage Error | SMAPE = $mean_{i=1,n}(s_i)$ |
| Modified Symmetric Mean Absolute Percentage Error | MSMAPE = $mean_{i=1,n}(s_i/s_t^*)$ |
| Symmetric Median Absolute Percentage Error | SMdAPE = $median_{i=1,n}(s_i)$ |

### 2.4. Relative Error Based Criteria

The main feature of criteria based on relative error ($r_t$) is to use benchmarking approach for measuring the relativity between the errors produced by chosen benchmark method and $f_t^*$ errors (e.g. usually naive method). Criteria based on $r_t$ shares the similar disadvantage as $p_t$ and $s_t$ of division by zero when $y_t$ and $f_t^*$ close to zero. Performance measures based on $r_t$ is shown in Table V below.

TABLE V. Performance Measures Based on $r_t$ .

| Performance Measures | Formulas |
|---|---|
| Mean Relative Absolute Error | MRAE = $mean_{i=1,n}\|r_i\|$ |
| Median Relative Absolute Error | MdRAE = $median_{i=1,n}\|r_i\|$ |
| Geometric Mean Relative Absolute Error | GMRAE = $gmean_{i=1,n}\|r_i\|$ |

### 2.5. Scaled Error Based Criteria

Scaled error ($sc_t$) were proposed by Hyndman and Koehler (2006) to enable the comparing forecasting accuracy within scale-independent perspective. Criteria based on $sc_t$ shares the similar behavior with $p_t$ and $r_t$ but it have pros like being scale-independent unlike $p_t$, the disadvantage of division by zero still exist but with less likelihood to occur than $p_t$. Also $sc_t$ uses in-sample MAE from the naive method as a benchmark similar to $r_t$ but, relative errors have undefined mean and infinite variance which can only be used when there are several forecasts on the same series which make it can't be used to measure out-of-sample forecast accuracy at a single forecast horizon (Hyndman and Koehler, 2006). Performance measures based on $sc_t$ is shown in Table VI below.

TABLE VI. Performance Measures Based on $sc_t$.

| Performance Measures | Formulas |
|---|---|
| Mean Absolute Scaled Error | MASE = $mean_{i=1,n}\|sc_i\|$ |
| Root Mean Square Scaled Error | RMSSE = $\sqrt{mean_{i=1,n}({sc_i}^2)}$ |

### 2.6. Weighted Criteria

Criteria based on weighted errors are the criteria formed by using the other performance criteria together. Weighted errors are generated by multiplying the performance criteria selected according to the user's preference with the coefficients $a_i$ created based on certain strategies or preferences. The point here is that the sum of the coefficients must be equal to one $\sum a_i = 1$ .

The Weighted Information Criterion (WIC) developed for forecasting time series are given below (Egrioglu et. Al. 2008).

$$WIC = 0.2 * \big(RMSE + MAPE + MDA + (1 - DA)\big) + 0.1 * (AIC + BIC)$$

WIC is a weighted criterion which is consist of RMSE, MAPE, DA, MDA, AIC and BIC with constant coefficients. The AIC and BIC coefficients were set as 0.1 because they were

considered of less importance for the reason of their penalizing structure. Other criteria were considered more important and their coefficients were determined as 0.2.

Another weighted performance criterion which named Extended Weighted Performance Criterion (EWPC) is given as follows (Bal et. Al. 2016).

$$EWPC = 1/19 * (MSE + RMSE + R4MS4E + MAPE + MAE + GMAE + MdAE + MdAPE + NS + MRAE + MdRAE + GMRAE + RMSPE + RMdSPE + SMAPE + SMdAPE + MSMAPE + MASE + RMSSE)$$

EWPC is a performance criterion with constant coefficients, which consists of 19 different performance measures and has the characteristics of each. As it can be seen, the EWPC criterion does not include the in-sample information criteria as AIC and BIC, which are based on punishment. The disadvantage of having the term punishment causes these criteria to ignore alternative neural network architectures (Bal et. Al. 2016).

### 2.7. Other Criteria

Thirdly, Nash-Sutcliffe Efficiency Coefficient (NS) is mentioned.

$$\mathrm{NS} = 1 - \frac{\sum_{t=1}^{n}(y_t - \breve{y}_t)^2}{\sum_{t=1}^{n}(y_t - \bar{y})^2}$$

NS (Nash-Sutcliffe, 1970) is obtained by dividing the distance between observations and predictions to the variation of observations. The performance increases as NS approaches zero.

These all performance criteria have some advantages and disadvantages. The disadvantage of each criterion which use average operator is that they are highly influenced by extreme values. The disadvantage of each criterion that uses median operator is that calculations get hard as data set grows.

## 3. USD/JPY EXCHANGE RATE APPLICATION

In order to evaluate the application performances of the criteria discussed in this study, USD/JPY exchange rate time series is used. The exchange rates data has been obtained from the official website (www.tcmb.gov.tr) the Central Bank of the Republic of Turkey. They are weekly and cover totally 247 observations. Weekly observation values are the average of daily parity values for each working day of the week.




Figure II. Graph of USD/JPY time series.

For the application, the modeling process is basically carried out in 3 stages.

- In the first stage, delay matrices are obtained from data set containing input and target values to be used in the neural network.
- In the second stage, 144 networks are created for each dataset. The number of neurons in the input and hidden layers ranges from 1 to 12 as generally considered sufficiently. Then neural networks are trained and the performance criteria values are calculated for each network. The best performed network among 144 networks is chosen for each dataset.
- In the last stage, all procedure in Stage 2 is repeated 1000 times. So, 1000 networks with the best performance are determined for each dataset. Finally, the values of all performance criteria, one-step ahead forecasts, correlation coefficients for test sets, weights of trained neural networks, and test set of each network are obtained.

Levenberg-Marquardt back propagation algorithm is used during the training phase. This algorithm is an easy to use algorithm with very fast convergence speed. The tangent sigmoidal function is used as the activation function in the hidden layer. In the output layer, the linear function is used in order not to compress the results in a certain range for this type of forecasting task.

The results of USD/JPY time series are given in Table VII below.

Table VII. USD/JPY results.

| | USD/JPY | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Average of Correlation Values Between Test Set and Estimates | Mean Absolute Errors Between Test Set and Estimates | Average of One-Step Forecasts, Actual Value=113.92 | Percentage Proximity to One Step Ahead Real Value | Most Selected Architecture and Number of Selection | Minimum Error Value | Architecture of the Minimum Error Value | Maximum Error Value | Mean and Median of Error Values Set to 0 - 1 Interval | | Standard Deviation of Error Values Set to 0 - 1 Interval | Coefficient of Variation of Error Values Set to 0 - 1 Interval |
| EWPC | 0.99998 | 0.21205 | 113.26252 | 99.42285% | 1 - 2 - 1 / 712 | 0.07565 | 1 - 2 - 1 | 0.13036 | 0.65453 | 0.43579 | 0.26727 | 40.83304 |
| WIC | 0.99998 | 0.21426 | 113.23756 | 99.40095% | 1 - 2 - 1 / 549 | -0.63161 | 1 - 2 - 1 | -0.46648 | 0.88316 | 0.79532 | 0.11377 | 12.88230 |
| RMSE | 0.99998 | 0.21232 | 113.24898 | 99.41097% | 1 - 2 - 1 / 720 | 0.16110 | 1 - 2 - 1 | 0.25093 | 0.76900 | 0.62719 | 0.17889 | 23.26312 |
| MdAE | 0.99416 | 0.35655 | 113.24415 | 99.40673% | 1 - 8 - 1 / 291 | 0.02027 | 1 - 8 - 1 | 0.21342 | 0.20495 | 0.14781 | 0.17518 | **85.47368** |
| MAPE | 0.99998 | 0.21210 | 113.26630 | 99.42617% | 1 - 2 - 1 / 701 | 0.00130 | 1 - 2 - 1 | 0.00235 | 0.65819 | 0.44095 | 0.26634 | 40.46512 |
| RMSPE | 0.99998 | 0.21203 | 113.25174 | 99.41340% | 1 - 2 - 1 / 714 | 0.00148 | 1 - 2 - 1 | 0.00240 | 0.72395 | 0.55177 | 0.21199 | 29.28221 |
| SMAPE | 0.99998 | 0.21210 | 113.26630 | 99.42617% | 1 - 2 - 1 / 701 | 0.00130 | 1 - 2 - 1 | 0.00234 | 0.65810 | 0.44087 | 0.26635 | 40.47280 |
| MRAE | 0.99552 | 0.34438 | **113.41238** | **99.55440%** | 3 - 1 - 1 / 824 | 0.14398 | 2 - 2 - 1 | 0.25672 | 0.97413 | 1.00000 | 0.07707 | **7.91209** |
| MASE | 0.99998 | **0.21201** | 113.25326 | 99.41473% | 1 - 2 - 1 / 716 | 0.10544 | 1 - 2 - 1 | 0.18632 | 0.67769 | 0.46981 | 0.25526 | 37.66569 |
| NS | 0.99998 | 0.21232 | 113.24898 | 99.41097% | 1 - 2 - 1 / 720 | 0.00186 | 1 - 2 - 1 | 0.00451 | 0.73724 | 0.57621 | 0.20079 | 27.23601 |

From Table VII, the other criteria except for MdAE and MRAE for the USD/JPY exchange rate time series have high concordance performance with very high average correlation. MASE has the best performance with the lowest average absolute error and MRAE has the best forecasting performance with the proximity of 99.55440%. It is seen that 1-2-1 architecture is predominantly chosen by many performance criteria for USD/JPY.

The coefficient of variation for the errors of the 1000 networks are computed for each performance criterion. Apart from MdAE and MRAE, 1-2-1 architecture has the best performance over 1000 repetitions. MdAE and MRAE have the highest and the lowest coefficient of variation, respectively.

Figure III shows the line graphs of the minimum error values obtained for 1000 repetitions for the all performance criteria of USD/JPY (error values is rescaled to 0-1 range for comparison). It is seen that MdAE and MRAE have different characteristics compared to the others. It is seen that MdAE has the highest variability and MRAE has a very low variability compared to the other criteria. EWPC, WIC, RMSE, MAPE, RMSPE, SMAPE, MASE, and NS have very similar characteristics. The error values are often around 0.8 for WIC, 0.6 for RMSE, RMSPE, and NS and 0.4 for MAPE, SMAPE, and MASE. It is remarkable to point out that WIC cannot reach lower errors than the others.

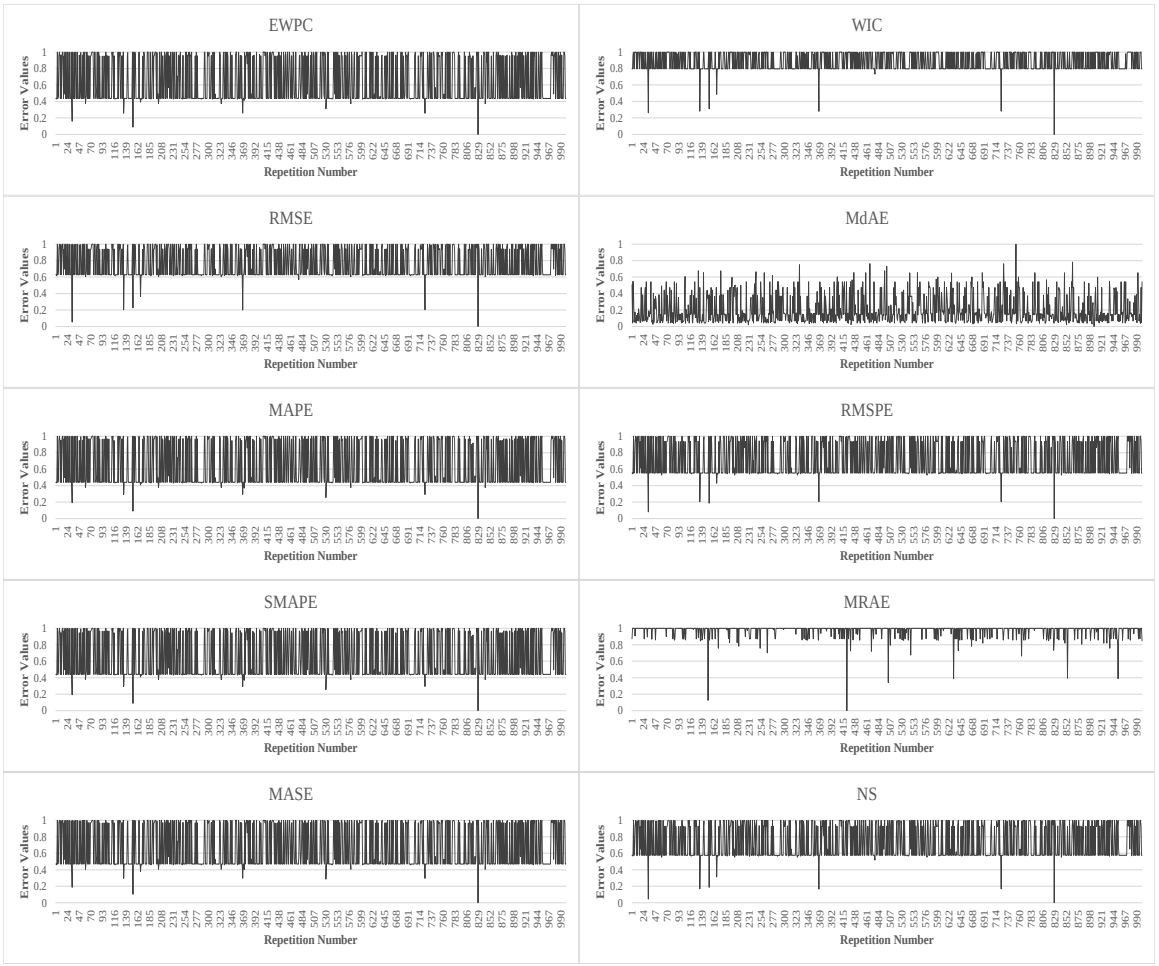



Figure III. Graphs of error values of the performance criteria for USD/JPY dataset.

## 4. CONCLUSION

Aim of this study is to introduce various performance criterion and to evaluate its performance for USD/JPY exchange rate time series. The application studies show that calculating error with different aspects can change training process of ANNs drastically. Criterion with adaptive coefficients as WIC and EWPC calculated with combining different criteria gives promising results. The aim of this study is to show representing the model performance with only one indicator may result poor decision-making. Therefore, representing the performance of a model with numerous criteria and also criteria which includes combining different error measures are critical.

## REFERENCES

Bal, C. ve Demir, S. (2017) Forecasting TRY/USD Exchange Rate with Various Artificial Neural Network Models, *TEM Journal*, 6: 11-16.

Bal, C., Demir, S. ve Aladag, C.H. (2016) A Comparison of Different Model Selection Criteria for Forecasting EURO/USD Exchange Rates by Feed Forward Neural Network, *Int'l Journal of Computing, Communications & Instrumentation Engg.*, 3: 2349-1477.

Cybenko, G. (1989) Approximation by Superpositions of a Sigmoidal Function, *Math. Control Signals Systems*, 2: 303-314.

Egrioglu, E., Aladag, C.H. ve Gunay, S. (2008) A new model selection strategy in artificial neural networks, *Applied Mathematics and Computation*, 195: 591–597.

Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. *International journal of forecasting*, *22*(4), 679-688.

Mcculloch, W.S. and Pitts, W.H. (1943) A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity, *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5: 115 – 133.

Koehler, D.A. (2001) Developments in health and safety accounting at Baxter International, *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 8: 229–239.

Nash, J. E. ve Sutcliffe, J. V. (1970) River flow forecasting through conceptual models, Part I - A discussion of principles, *Journal of Hydrology*, 10: 282–290.

Rumelhart, D.E., Hinton, G.E. ve Williams, R.J. (1986) Learning representations by back-propagating errors, *Nature*, 323: 533–536.

Werbos, P.J. (1974) *Beyond Regression: New Tools for Prediction and Analysis in the Behavioral Sciences*, PhD thesis, Harvard University.

Zhang, G., Patuwo, B. E., & Hu, M. Y. (1998). Forecasting with artificial neural networks: The state of the art. *International journal of forecasting*, *14*(1), 35-62.

# COMPARISON OF CBNET FUNCTION WITH TOOLBOX IN MATLAB FOR UNIVARIATE TIME SERIES FORECASTING

**Cagatay BAL**
Mugla Sitki Kocman University, Department of Statistics,
cagataybal@mu.edu.tr - 0000-0002-7823-2712

## ABSTRACT

Univariate time series forecasting is an important topic across various scientific fields, especially in statistics and data science. As data sizes grow larger, traditional methods and software face challenges in handling these datasets effectively. MATLAB is a widely used platform for engineering and scientific applications, including statistics, artificial neural networks (ANNs), and deep learning. In this study, the already introduced cbnet function, designed to enhance MATLAB's capabilities for univariate time series forecasting through detailed parameter selection, is enhanced. To evaluate its performance, additional simulations and applications are conducted to compare cbnet with MATLAB's existing toolbox.

**Key Words:** Artificial Neural Networks, cbnet function, MATLAB, Statistics, Univariate Time Series Forecasting.

## 1. Introduction

Time series refers to data arranged in a sequential, time-dependent structure that exhibits unique characteristics across time lags. In time series modeling, the concept of autocorrelation, as described by Box and Jenkins (1976), assumes that correlations exist between observations or intervals separated by specific lags. An input matrix created using these lag intervals can be defined as a parameter in the input layer of a neural network. After configuring other parameters and the network architecture, the model becomes ready for training and the forecasting task.

Neural networks are often characterized as nonlinear, nonparametric methods (Zhang et al., 1998). Like many methodologies in the literature, neural networks offer both strengths and weaknesses. Their advantages include flexibility due to the lack of assumptions, availability of alternative solutions, goal-oriented nature, and parameter adjustability. On the downside, they may suffer from limited generalizability, data-centric dependencies, inconsistent optimal

solutions across trials, and the need for expert knowledge in their design. These limitations have made trial-and-error approaches a commonly accepted strategy for identifying optimal solutions in neural network applications.

MATLAB is a widely recognized software platform among engineers, researchers, students, and professionals globally. It provides a versatile environment for tasks such as modeling and data processing. Its extensive toolboxes include one for artificial neural networks, which supports various modeling applications, including time series analysis. In this study, we focused on comparing MATLAB's neural network toolbox with a specialized function, cbnet, designed for univariate time series analysis (Bal and Demir, 2020), to highlight their respective advantages and limitations.

## 2. Artificial Neural Networks

Fundamentally neural networks consist of three main components as architecture, learning algorithm and activation functions (Egrioglu et. Al., 2008). Architecture of neural network can be described as the layered visualization scheme (Fig.1) and should be resolved according to the task. Layer and neuron numbers, data preparations and data partitions are the parameters which could be considerable within the architecture.

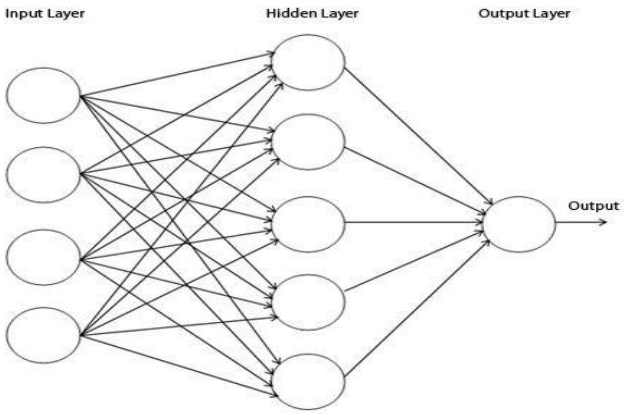



**Figure 1.** Artificial Neural Network Architecture.

Learning algorithm is the component of training process which makes neural networks learn from data lags in this case. Back propagation algorithms are the most widely used learning algorithms for neural networks.

Learning algorithms of neural networks are called backpropagation algorithms that uses error functions derivatives as gradients. General framework of backpropagation can be described as minimizing the total error $E_p$,

$$E_p = \sum_k (d_k - x_k)^2$$

Error function $E_p$ defines error between $d_k$ target value and $x_k$ output value of $k^{\text{th}}$ neuron in network.

In the machine learning domain, data is typically divided into three subsets: training, testing, and validation. The training set is primarily used to train the model, while the test set is reserved for evaluating the network's performance during later stages of assessment. The validation set serves to prevent overfitting by monitoring the training process and halting it once validation criteria indicate convergence. However, incorporating a validation set can sometimes lead to underfitting (Prechelt, 1998).

Activation functions are key linear or nonlinear components of neural networks, enabling the mapping between input and target outputs. Nonlinear S-shaped activation functions, such as tangent-sigmoid and logistic-sigmoid, are commonly employed in the hidden layers due to their effective nonlinear mapping capabilities. In contrast, the output layer often utilizes linear activation functions like step or purelin functions.

Sigmoidal functions are given below,

$$f_{logistic-sigmoid}(\mathrm{x}) = \frac{1}{1+e^{x}}$$

$$f_{tangent-sigmoid}(\mathrm{x}) = \frac{e^{x}-e^{-x}}{e^{x}+e^{-x}}$$

Purelin and step functions are given below,

$$f_{purelin}(\mathrm{x}) = \mathrm{x}$$

$$f_{step}(\mathrm{x}) = \begin{cases} 0 & if\ x \in Output1 \\ 1 & if\ x \in Output2 \end{cases}$$

Model selection after error-trial process with performance measures is very important step especially if analysis includes many alternative neural networks to train (Bal and Demir, 2017).

MSE, RMSE, MAE and MAPE are given below,

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(y_j - \hat{y}_j)^2$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(y_j - \hat{y}_j)^2}$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}|y_j - \hat{y}_j|^2$$

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left|\frac{y_j - \hat{y}_j}{y_j}\right|^2$$

Numerous strategies exist to mitigate overfitting, a critical challenge in neural networks. Evaluating performance using the test set is an effective approach to identify the most promising network among various alternatives.

## 3. Properties of *cbnet* Function

### 3.1. Cross Validation

In MATLAB's neural network toolbox, the functions dividerand and divideblock are available for data partitioning. The dividerand function allows data to be split precisely according to user requirements, but it generates indices randomly, which is not ideal for time series data. On the other hand, the divideblock function creates time-related indices, making it more suitable for time series; however, its lack of flexibility may not fully meet user needs. For example, users may prefer to exclude a validation partition, which is possible with dividerand but not with divideblock. A solution to this issue is to modify the dividerand function to generate time-related indices instead of random ones. The steps for this modification are detailed in the original article on the cbnet function (Bal and Demir, 2020).

### 3.2. Lag Matrixes

Since the trial-and-error method necessitates evaluating and comparing alternative models, input matrices for the specified lag intervals must be prepared prior to the training process. To

ensure accurate model construction, input matrices and target vectors need to be flawlessly aligned for the given time lag. The *cbnet* function includes a built-in capability to generate lag matrices based on user-defined parameters.

### 3.3. Predict Future Observations

Forecasting future values using a trained artificial neural network is a key feature that enhances its utility. The steps involved in the forecasting process are outlined below:

Step 1. Specify the desired number of step-ahead forecasts, denoted as ***f***

Step 2. Determine the number of neurons in the input layer of network, denoted as ***n***

Step 3. Select the last ***n*** observations from the target vector to initialize the test vector.

Step 4. Obtain the 1-step-ahead forecast using the trained network, treating the initialized **test vector** as input.

Step 5. Save the 1-step-ahead forecast as the first observation in the **forecast vector**.

Step 6. Update the **test vector** by appending the 1-step-ahead forecast to the end and removing its first observation. This ensures the **test vector** remains the same size, now containing updated **forecast values**.

Step 7. Repeat Steps 4, 5, and 6 a total of ***f*** times to generate the complete set of forecast values.

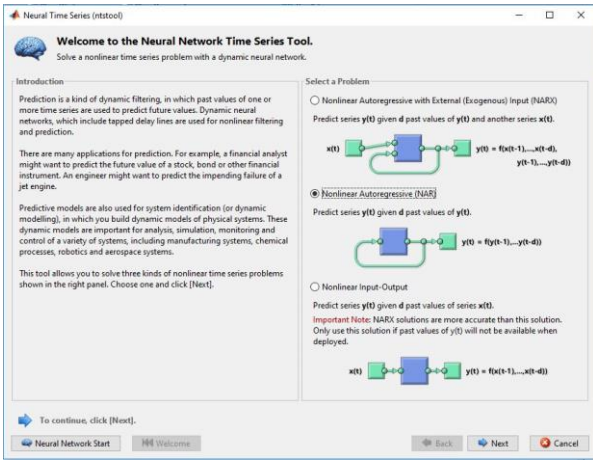
### 3.4. Presentation

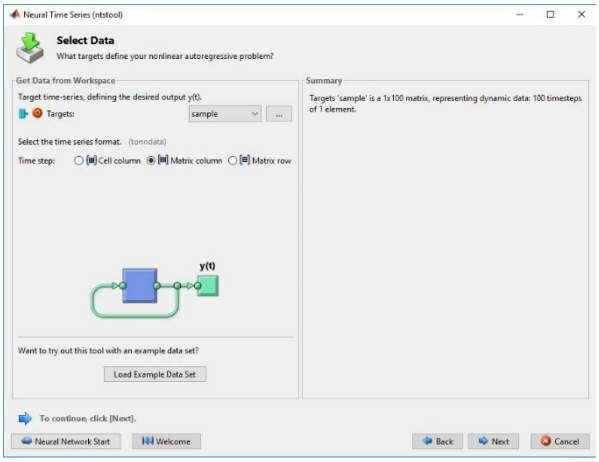
The selection of the optimal neural network architecture can be based on various criteria available in the literature. In this study, four widely recognized criteria—MSE, RMSE, MAE, and MAPE—have been incorporated into the code to provide users with diverse evaluation metrics. These results include the number of input, hidden, and output neurons, the test set error value from the performance measure, the forecast value vector, the input and target matrices, the test set vector, and the trained network stored as a MATLAB object for future use.

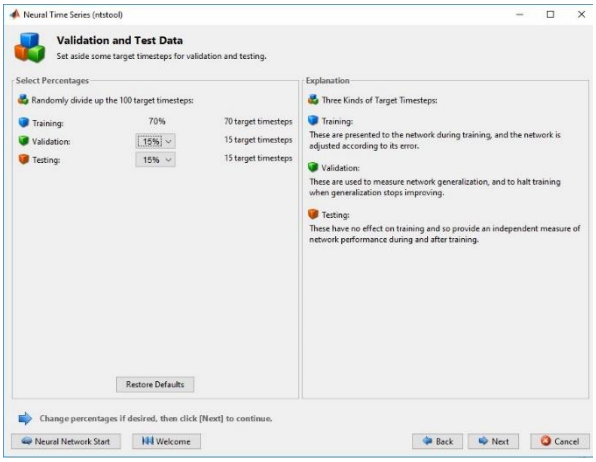
The best architecture across all runs will be presented in the final step of the process. The code for displaying the results will be provided below.

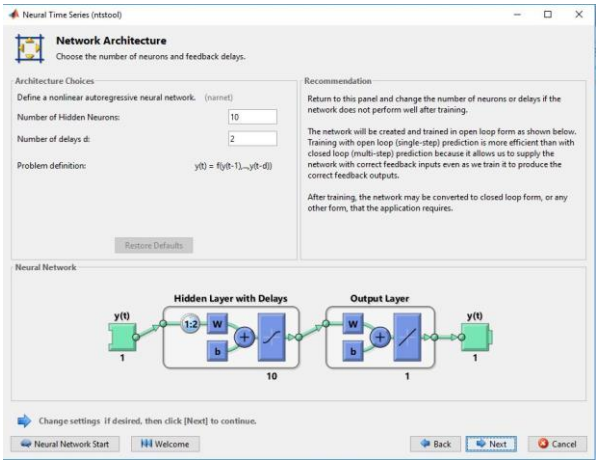
## 4. Comparison of *ntstool* and cbnet function

This section outlines the workflow of the *neural network toolbox*, providing detailed descriptions and a comparison with *cbnet* in terms of the number of steps required to achieve results, the effort involved in completing the analysis, the advantages and disadvantages, and the diversity of results. It is important to note that this comparison is intended to illustrate the workflows of both *cbnet* and the *neural network toolbox*, and therefore, the dataset used is not critical. For simplicity, the example dataset selected for this task is a linear vector ranging from 1 to 100. This sample dataset is also recommended for the cbnet tutorial, as mentioned in the description of the cbnet function within its .m file.



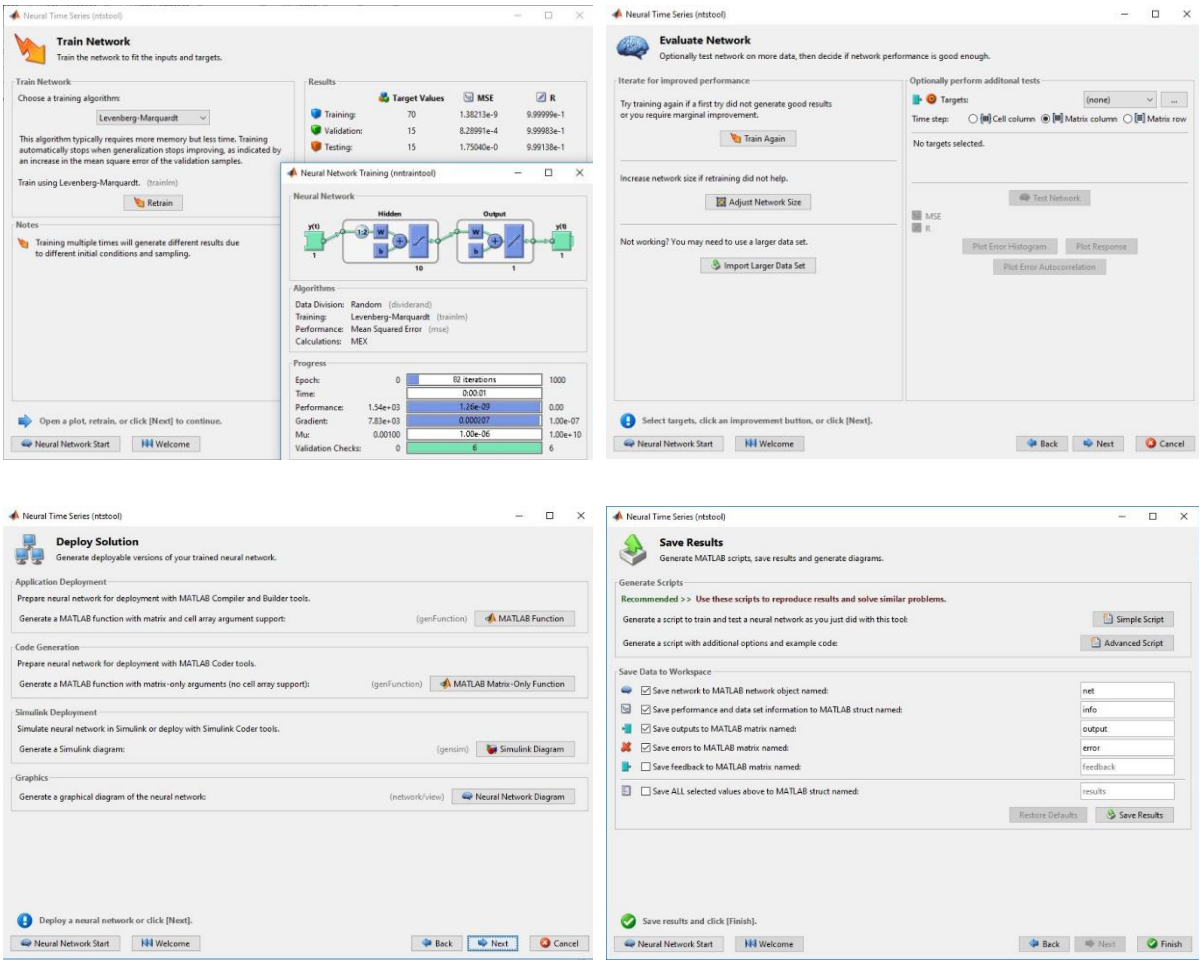



**Figure 2.** MATLAB *neural network toolbox* workflow step by step.

As shown in Fig. 2, a total of eight steps are required to train a network using the given dataset. The *neural network toolbox* offers three options for time series analysis: Nonlinear Autoregressive with External (Exogenous) Input (NARX), Nonlinear Autoregressive (NAR), and Nonlinear Input-Output. These options utilize the MATLAB network functions narxnet, narnet, and timedelaynet, respectively. Each of these network functions is based on the feedforwardnet MATLAB network function, with modifications tailored to suit the specific analysis requirements for each case.

In the *neural network toolbox*, these functions share common default properties, such as the number of hidden neurons, the number of delays, the training function, and, importantly, the data partition options. The default training algorithm is Levenberg-Marquardt Backpropagation, with two other available functions for selection. For the hidden layer activation function, the default is the tangent-sigmoid function (unfortunately, no other options are provided), as illustrated in the neural network diagram in Step 7.

The default data partition ratios are set at 70% for training, 15% for validation, and 15% for testing. However, there is no option to exclude the validation set partition, which is necessary to offer users the flexibility of choosing whether or not to use the validation method as a stopping criterion when the network's generalization ability ceases to improve. This limitation highlights a significant shortcoming in the *neural network toolbox* `s configuration options.

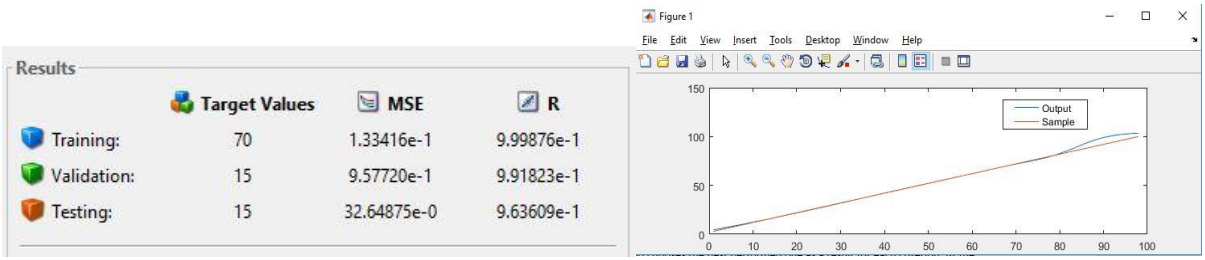



**Figure 3.** *neural network toolbox* results.

Despite efforts to enhance the generalizability of time series models, randomly partitioning the data can lead to unreliable results. To address this issue, the `cbnet` function, as shown in Fig. 3, provides a straightforward solution by modifying the `dividerand` function.

In the neural network toolbox, default parameters for network configuration are set with 10 neurons in the hidden layer and 2 delays. Identifying the optimal parameter design is one of the most challenging problems in neural network literature.

Unfortunately, the neural network toolbox does not provide any strategy for parameter optimization beyond assigning default values. Users must either know the best parameter configuration beforehand or manually experiment with all possible parameter combinations by restarting the toolbox each time. Furthermore, the toolbox lacks a trial-and-error strategy to assist users, making it time-consuming to identify the best parameter set by repeating the process with different configurations.

Another limitation of the neural network toolbox is the absence of an option to select the best network from a pool of candidate networks using performance metrics. This is closely related to the parameter optimization issue discussed earlier and should be viewed as part of a broader trial-and-error approach. The only performance measure available in *neural network toolbox* is MSE, a commonly used but often criticized criterion for evaluating model performance (Hyndman and Koehler, 2006). It would be more beneficial to evaluate network performance using a variety of performance metrics, as each metric assesses error from a different perspective (Bal et al., 2016).

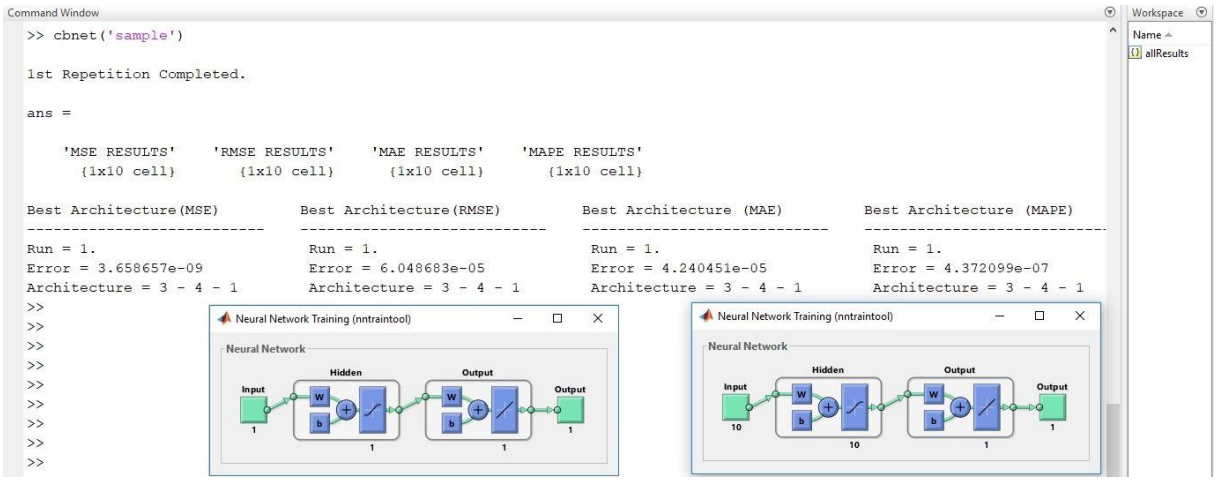



**Figure 4.** The workflow of *cbnet*.

As shown in Fig. 4, the `cbnet` function with its default settings can be accessed by typing `cbnet('sample')` in the MATLAB command window. The corresponding data file must be present in the current folder, with `sample` being the dataset used, as in the neural network toolbox examples mentioned earlier.

Upon execution, the user will obtain four networks, each representing the best choice for one of the four criteria. The default settings for `cbnet` define the number of neurons in both the input and hidden layers to range from 1 to 10, resulting in a total of 100 candidate network architectures, from 1-1-1 to 10-10-1. The network with the best testing performance is selected based on MSE, RMSE, MAE, and MAPE, individually. This process can also be repeated multiple times using the repetition parameter to generate several optimal networks (Bal et. Al. 2017). In this example, all four performance metrics selected the same network as their top choice.

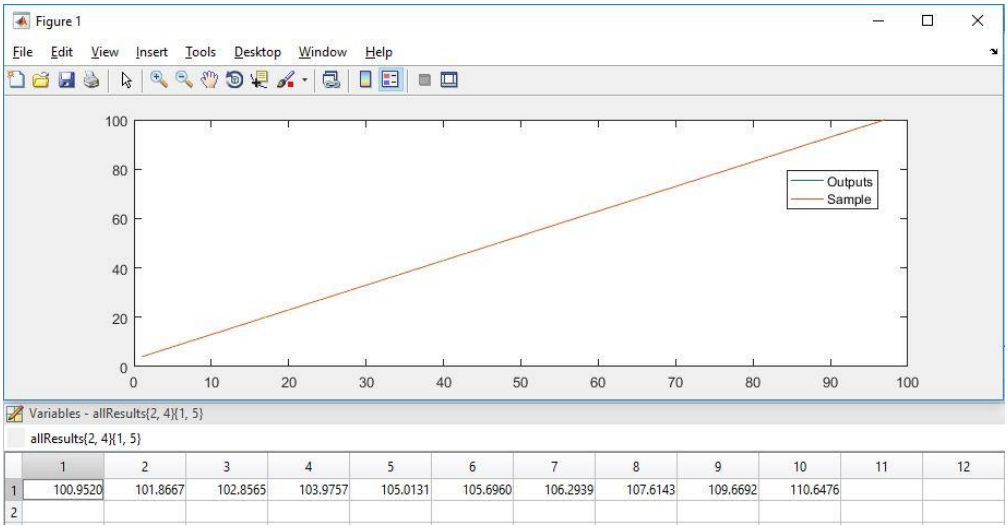


**Figure 5.** The results of *cbnet*.

In Fig. 5, the results demonstrate the precise output performance of the network obtained using the `cbnet` function. The figure also displays nearly accurate 10-step-ahead forecasts, highlighting the effectiveness of the `cbnet` forecasting function. This feature allows users to compute step-ahead forecasts with the selected networks, further validating the results and assessing the network's forecasting capability beyond its testing performance. In contrast, the neural network toolbox lacks a similar forecasting feature, making it difficult to evaluate whether the trained network possesses strong predictive power.

Below, in Table 1, the pros and cons of the neural network toolbox and `cbnet` are summarized to conclude the comparison.

**Table 1.** Comparison of *neural network toolbox* and *cbnet* function

| | ***neural network toolbox*** | ***cbnet*** |
|---|---|---|
| GUI (Graphical User Interface) | √ | X |
| Number of steps for utilization (Default) | 8 steps | 1 step |
| Network trained | 1 network with given parameter design | Best network selection with given parameter design |
| Network Selection Strategy | X | Testing performance |
| Data Partition | Randomly | Sequentially |
| Data Partition Ratio Eligibility | X | √ |
| Forecasting Function | X | √ |
| Learning Function | 3 Backpropagation Function | 8 Backpropagation Function |
| Activation Function | Only tangent-sigmoid | tangent-sigmoid and log-sigmoid |
| Global Repetition Parameter | X | √ |

## 5. Conclusion

This study presents a comparison of the `cbnet` function for univariate time series analysis with neural networks and MATLAB's neural network toolbox. The simple and user-friendly structure of `cbnet` enables users to achieve more detailed results with significantly less effort for this type of analysis.

Future enhancements aim to expand the functionality of `cbnet` by incorporating additional features, such as multi-hidden-layer configurations to facilitate a transition to deep networks, visualization tools for various components, and GUI structures for even easier usage. We hope that researchers interested in time series forecasting with artificial neural networks will find this function a valuable resource for their studies. The `cbnet` codes are available on MATLAB's File Exchange platform at https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/67628-cbnet.

## REFERENCES

Bal, C., Demir, S. ve Aladag, C.H. (2016) A Comparison of Different Model Selection Criteria for Forecasting EURO/USD Exchange Rates by Feed Forward Neural Network, Int'l Journal of Computing, Communications & Instrumentation Engg., 3: 2349-1477.

Bal, C. ve Demir, S. (2017) Forecasting TRY/USD Exchange Rate with Various Artificial Neural Network Models, *TEM Journal*, 6: 11-16.

Bal, C., & Demir, S. (2020). JMASM 55: MATLAB Algorithms and Source Codes of'cbnet'Function for Univariate Time Series Modeling with Neural Networks (MATLAB). *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, *19*.

Box, G.E.P., Jenkins, G.M., ve Reinsel, G.C. (1976) Time Series Analysis, Forecasting and Control. Third Edition. Holden-Day, 712s.

Eğrioğlu, E., Aladağ, Ç. H., & Günay, S. (2008). A new model selection strategy in artificial neural networks. Applied Mathematics and Computation, 195(2), 591-597.

Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. International journal of forecasting, 22(4), 679-688.

Prechelt, L. (1998). Automatic early stopping using cross validation: quantifying the criteria. Neural networks, 11(4), 761-767.

Zhang, G., Patuwo, B. E., & Hu, M. Y. (1998). Forecasting with artificial neural networks:

The state of the art. International journal of forecasting, 14(1), 35-62.

# T6 ISIL İŞLEMİNİN ZN-40AL-2CU ALAŞIMININ KOROZYON HIZINA ETKİSİ

***Doç. Dr. ALİ PAŞA HEKİMOĞLU**

Makine Mühendisliği Bölümü, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Türkiye

ali.hekimoglu@erdogan.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-2396-4876

**Arş. Gör. MURAT HACIOSMANOĞLU**

Makine Mühendisliği Bölümü, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Türkiye

murat.haciosmanoglu@erdogan.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-9662-9510

## ÖZET

Zn-40Al-2Cu alaşımı çelik kalıba döküm yöntemi ile üretildi. Üretilen alaşıma çökelme sertleşmesi (T6) ısıl işlemi uygulandı. Dökülmüş ve T6 ısıl işlem uygulanmış alaşımların içyapıları optik mikroskop ile, korozyon özellikleri ise elektrokimyasal bir deney düzeneği yardımıyla incelendi. Korozyon deneyleri %3,5 oranında NaCl içeren saf su+NaCl çözeltisi içerisinde, çözelti ile temas eden dairesel yüzeyinin alanı 1 $cm^2$ olacak şekilde yüksekliği 1 cm olan silindirik numuneler kullanılarak gerçekleştirildi. İçyapı incelemelerinde dökülmüş durumda ve T6 ısıl işlemi uygulanmış alaşımların alüminyumca zengin α fazı, ötektik α+η faz karışımı ve bakırca zengin ($CuZn_4$) fazlarından oluştuğu gözlendi. T6 ısıl işleminin alaşımın dendritik içyapısını önemli ölçüde değiştirdiği, dendritlerin sınırlarında önemli oranda η fazının çökeldiği ve alaşımın içyapısındaki dendritlerin bu çökeltilerin yer aldığı faz bölgesiyle çevrelendiği gözlendi. T6 ısıl işleminin alaşımın korozyon direncini azalttığı belirlendi. İncelenen dökülmüş ve T6 ısıl işlemi uygulanmış durumdaki Zn-40Al-2Cu alaşımının korozyon deneylerinden elde edilen bulgular alaşımların yapısal özelliklerine dayandırılarak irdelendi.

**Anahtar Kelimeler:** Zn-Al esaslı alaşımlar, Isıl işlem, Korozyon, İçyapı

## 1. GİRİŞ

Çinko (Zn) ve alüminyumun (Al) ana alaşım elementi olarak kullanıldığı ilk ticari alaşımlar ZAMAK serisi olarak 1920'li yıllarda piyasaya sürülmüştür (Gervais et al., 1985; Goodwin et al., 1989; Skenazi et al., 1983). ZAMAK serisi alaşımların özelliklerinin geliştirilmesi üzerine sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda ALZEN 305 ve ALZEN 501 adı verilen çinko-alüminyum alaşımları geliştirilmiştir. Söz konusu alaşımların dökme demir ve pirinç gibi geleneksel yatak malzemeleri yerine kullanılabileceği düşünüldüğünden Zn-Al esaslı alaşımların geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmalar devam etmiştir.

Zn-Al esaslı alaşımlarının geleneksel yatak malzemelerine göre başlıca avantajları; kolay temin edilebilme, özgül mukavemetlerinin (mukavemet/yoğunluk) yüksek olması, ergime noktalarının ve üretim maliyetlerinin düşük olması, aşınmaya karşı dirençlerinin yüksek olması ve çalışma yüzeyinden ayrılan sert parçacıkları yutma özelliklerinin olmasıdır. Söz konusu alaşımlar ayrıca yüksek sönümleme ve sessiz çalışma özelliklerinin yanı sıra yük taşıyıcı sert ve kaymayı kolaylaştırıcı nispeten yumuşak fazlardan oluşan çok fazlı bir içyapıya sahip olduklarından aşırı yükleme, yetersiz yağlama ve yüksek hızlı çalışma koşullarında bile ideal tribolojik davranış sergileyebilmektedirler (Delneuville, 1985; Hekimoğlu & Savaşkan, 2016). Zn-Al esaslı alaşımların üstün birtakım özelliklerinin olmasının yanı sıra bazı kısıtlara da sahip olduğu bilinmektedir. Bu kısıtlardan bir tanesi söz konusu alaşımların ergime noktalarının düşük olması nedeniyle yüksek sıcaklık uygulamalarında kararlılıklarını koruyamamalarıdır. Ayrıca yüksek sertlik ve aşınma direncinin istendiği bazı uygulamalar yetersiz kalmaktadırlar (Alemdağ & Savaşkan, 2008; Prasad, 1997; Zhu et al., 1995). Bu nedenle Zn-Al esaslı alaşımlar üzerine yapılan çalışmalar söz konusu alaşımların sertlik, aşınma dayanımı, mukavemet ve yüksek sıcaklıktaki kararlılıklarını artırmak üzerine devam etmektedir (Murphy & Savaskan, 1984; Prasad, 1997). Yapılan çalışmalardan Zn-Al esaslı alaşımların mukavemetlerinin artırılmasında farklı alaşım elementi katkısının etkili olduğu görülmüştür. Söz konusu alaşımların mukavemetlerini artırmak amacıyla kullanılan alaşım elementlerinin başında bakır (Cu) ve silisyum (Si) gelmektedir. Bu alaşımlara düşük oranlarda (ağırlıkça %1-3) yapılan Cu ve Si katkılarının hem sertlik ve mukavemetlerini hem de aşınma dirençlerini önemli oranda artırdığı deneysel çalışmalarla ortaya koyulmuştur. Zn-Al alaşımlarında alüminyum oranı arttıkça mekanik özelliklerin iyileştiğinin ve %2-3 oranlarında bakır katkısı yapılan Zn-Al alaşımlarının ikili Zn-Al alaşımlarına göre daha üstün mekanik ve tribolojik özellikler sergilediğinin ortaya koyulması üçlü Zn- 40Al-2Cu alaşımının geliştirilmesine yol açmıştır (Savaşkan et al., 2021; Savaşkan & Turhal, 2003).

Zn-40Al esaslı alaşımların mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla en yaygın kullanılan ısıl işlem T6 ısıl işlemidir (Savaşkan et al., 2021; Savaşkan et al., 2022; Savaşkan & Hekimoğlu, 2014; Savaşkan & Hekimoğlu, 2015). Bu ısıl işlem literatürdeki bazı çalışmalara göre söz konusu alaşımın yaklaşık olarak 375 °C'lik bir sıcaklıkta uygun bir süre bekletildikten sonra suda soğutulup akabinde 100–200 °C arasındaki bir sıcaklıkta yaşlandırılmaları ile gerçekleştirilebilmektedir (Savaşkan et al., 2021; Savaşkan et al., 2022; Savaşkan & Hekimoğlu, 2014; Savaşkan & Hekimoğlu, 2015). T6 ısıl işleminin Zn-40Al esaslı alaşımların dendritik yapısını tamamen ortadan kaldırdığı daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir (Savaşkan et al., 2022; Savaşkan & Hekimoğlu, 2015).

Literatürde Zn-40Al-Cu esaslı alaşımların yapısal, mekanik ve tribolojik özelliklerinin incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır (Hacıosmanoğlu et al., 2023; Savaşkan et al., 2022; Savaşkan & Azaklı, 2008; Savaşkan & Bican, 2005). Ancak söz konusu alaşımın mukavemetini artırmak amacıyla uygulanan T6 ısıl işleminin Zn-40Al-2Cu alaşımının korozyon davranışına etkisinin ortaya konulduğu bir çalışma henüz yapılmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada Zn-40Al-2Cu alaşımı üretilerek, T6 ısıl işleminin Zn-40Al-2Cu alaşımının korozyon özelliklerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Zn-40Al-2Cu alaşımı indüksiyonla ergitme ve çelik kalıba döküm yöntemi ile üretildi. Alaşımların üretiminde kullanılan indüksiyon ocağının fotoğrafı Görsel 1'de verilmiştir. Üretilen alaşımların nominal kimyasal bileşimleri Çizelge' 1 de yer almaktadır. Alaşımların üretiminde ağırlıkça uygun kimyasal bileşimi verecek oranlarda yüksek saflıkta (%99,8) alüminyum külçe, yüksek saflıkta (%99,9) çinko ve bakır külçe kullanıldı. Ergimiş durumdaki sıvı metal homojen bir döküm olması için karıştırıldıktan sonra yaklaşık 650 $^{o}$C' lik döküm sıcaklığında teknik resmi ve izometrik görüntüsü Görsel 2' de verilen ve oda sıcaklığında tutulan SAE 8620 çeliğinden imal edilmiş olan çelik kalıba dökülerek katılaştırıldı. T6 ısıl işlemi üretilen alaşım külçesini 375 $^{o}$C sıcaklıkta 36 saat tutarak çözündürme ve çözündürme sonrası su verdikten sonra 180 $^{o}$C sıcaklıkta 2 dakika yapay yaşlandırma suretiyle uygulandı. İçyapı incelemeleri için standart metalografik yöntemler kullanıldı. Bu işlem için üretimi gerçekleştirilen alaşım külçelerinden talaşlı imalat ile alınan numuneler sırasıyla zımparalama, parlatma ve dağlama işlemine tabi tutuldu. Dağlama işlemi %5 oranında nitrik asit içeren nitrik asit+etil alkol ayıracı kullanılarak gerçekleştirildi. Dağlanan numuneler ışık mikroskobu ile incelendi ve içyapılarını gösteren fotoğraflar çekildi.

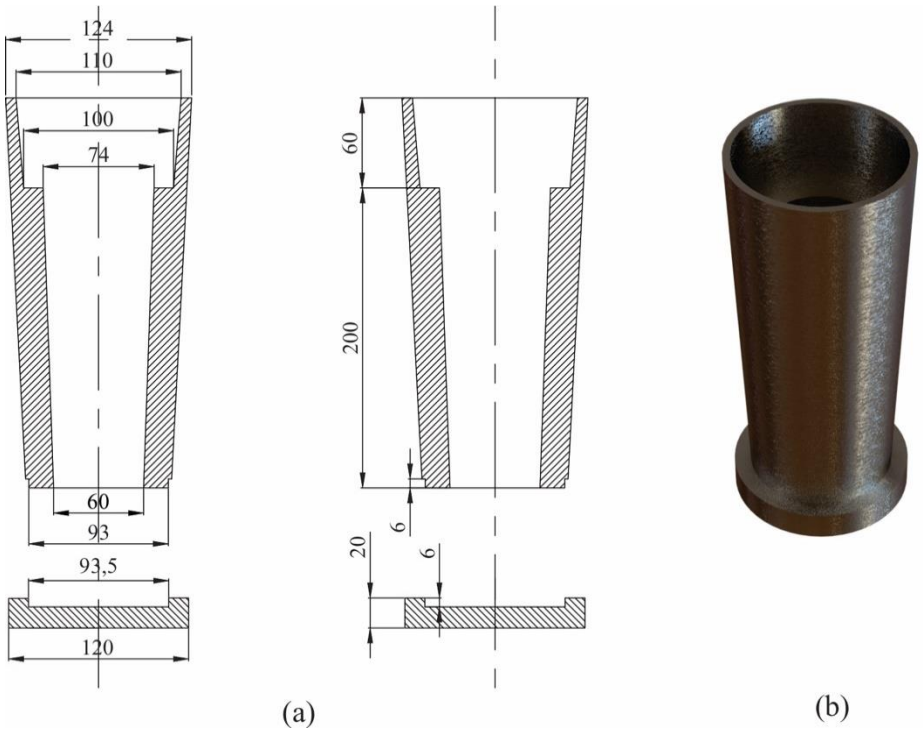
Üretilen alaşımların dökülmüş ve T6 ısıl işlem uygulanmış durumdaki numunelerinin korozyon deneyleri elektrokimyasal bir deney düzeneğinde gerçekleştirildi (Görsel 3). Deney düzeneğini oluşturan elemanlar; korozyon deney yazılımının kontrol edildiği bir bilgisayar, İvium Vertex marka Potansiyostat/Galvonastat ve korozyon deney hücresidir. Korozyon deneyinde kullanılacak numuneler alt ve üst yüzeyinin alanı 1cm$^2$ ve yüksekliği 1 cm olacak şekilde silindirik formda talaşlı işlemle üretilmiştir. Üretilen numuneler 2000 numaralı zımpara ile parlatıldıktan sonra sadece 1cm$^2$ alana sahip üst yüzeyleri açık kalacak şekilde silikondan yapılan bir kalıba yerleştirildiler. Bu şekilde hazırlanan numuneler %3,5 oranında NaCl içeren saf su+NaCl çözeltisi içinde korozyon deneyine tabi tutulup, elde edilen Tafel polarizasyon eğrilerinden faydalanılarak korozyon hızları belirlendi. Deneylerde anot (numune) ile katot (referans elektrot) arasındaki fark 0,082V olarak gerçekleşti. Potansiyodinamik polarizasyon çevrimi için başlangıç gerilimi (Ebaş) -0,15 V, bitiş gerilimi (Eson) +0,15 V, gerilim adımı (Eadım) 1 mV ve tarama hızı 5 mV/s olarak alındı. Deneyler sonucunda bir yazılım yardımıyla elde edilen Tafel polarizasyon eğrilerinden faydalanılarak her bir alaşımın korozyon hızı belirlendi.



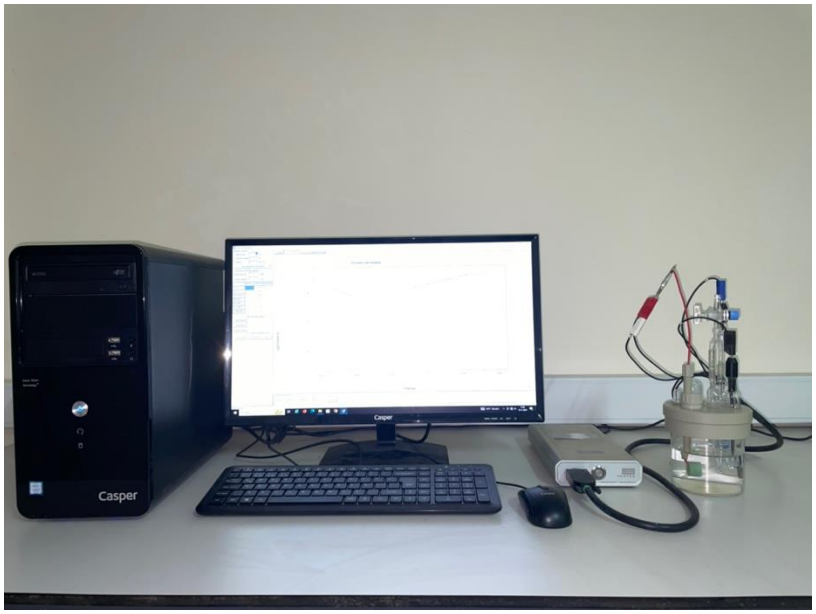

**Görsel 1. Alaşımların üretiminde kullanılan indüksiyonlu ergitme ocağının fotoğrafı**

**Çizelge 1. Üretilen alaşımın nominal kimyasal bileşimleri**

| Alaşım | Element oranı (kütlece %) | | |
|---|---|---|---|
| | Çinko | Alüminyum | Bakır |
| Zn-40Al-2Cu | Kalan | 40 | 2 |



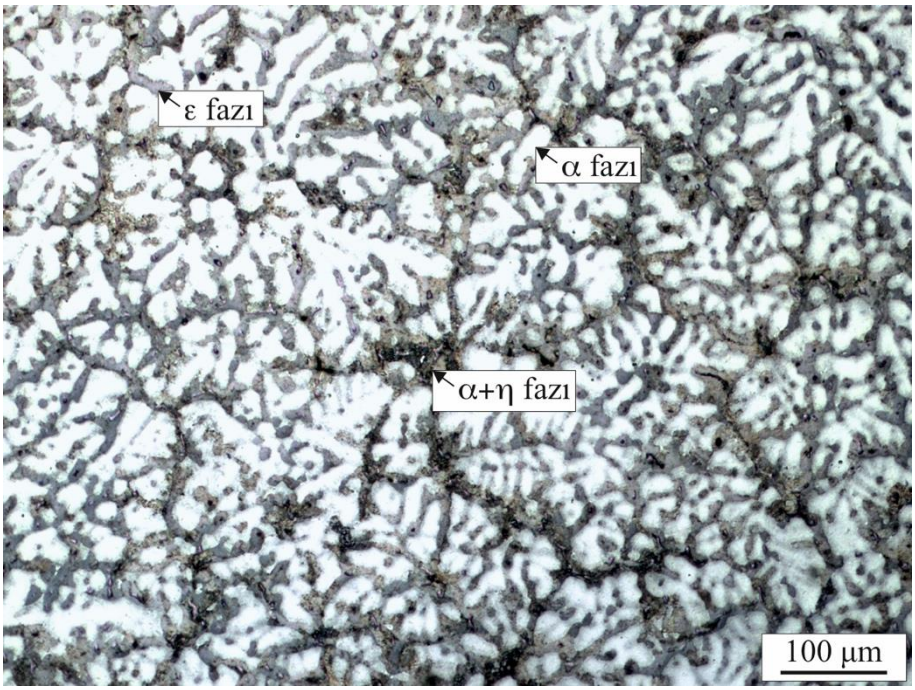

**Görsel 2. Alaşımların üretiminde kullanılan kokil kalıbın (a) teknik resmi ve (b) izometrik görüntüsü**



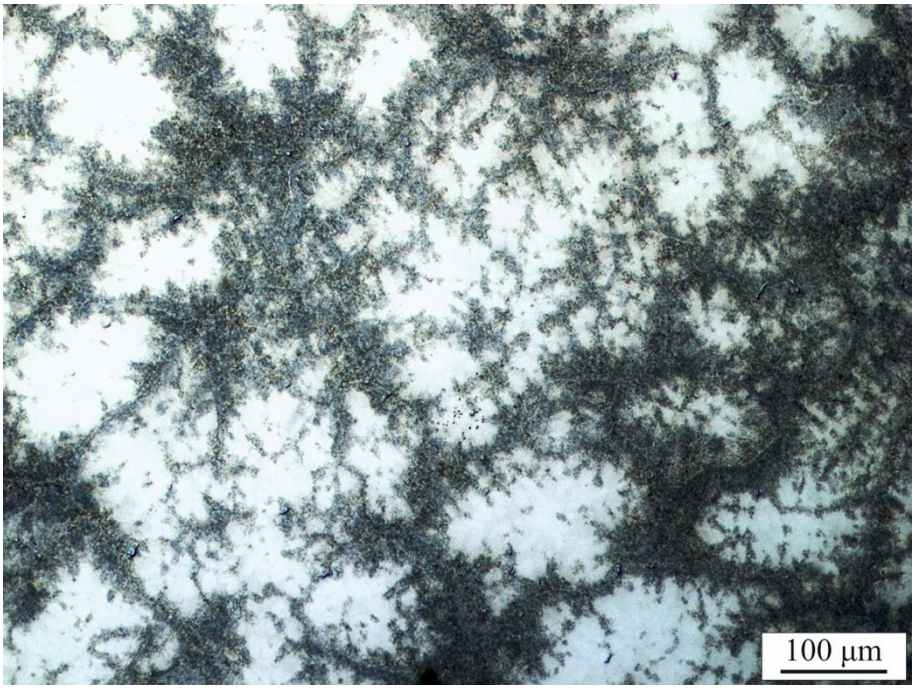

**Görsel 3. Korozyon deney düzeneğinin fotoğrafı**

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Üretilen alaşımların dökülmüş ve T6 ısıl işlemleri uygulanmış durumdaki numunelerinin içyapı incelemelerinden elde edilen ışık mikroskobu görüntüleri Görsel 4-5'te verilmektedir. Dökülmüş durumdaki Zn-40Al-2Cu alaşımının içyapısının daha önce yapılan benzer çalışmalarda (Bican & Savaşkan, 2020; Savaşkan et al., 2004, 2022) ortaya koyulduğu gibi alüminyumca zengin α dendritleri ile bu dendritler arasında yer alan ötektoid α+η faz karışımı ve bakırca zengin ε ($CuZn_4$) fazlarından oluşmaktadır, Görsel 4. Bu içyapının oluşumu literatürde detaylı olarak açıklanmıştır (Hacıosmanoğlu et al., 2023; Savaşkan & Bican, 2005). Uygulanan T6 ısıl işlemi incelenen Zn-40Al-2Cu alaşımının içyapısı üzerinde önemli değişikliklere yol açmıştır, Görsel 5. Söz konusu ısıl işlemin Zn-40Al-2Cu alaşımının içyapısının dendritik formdan taneli bir yapıya doğru yönlenme suretiyle değişmesine, dendritler/taneler arası bölgenin genişlemesine ve ikincil dendrit kol mesafelerinin azalmasına veya ikincil dendrit kollarının birleşmesine yol açtığı görülmektedir. Ayrıca dendritlerin/tanelerin sınırlarında önemli oranda η fazı çökelmiş ve alaşımın içyapısındaki dendritler/taneler bu çökeltilerin yer aldığı faz bölgesiyle çevrelenmiştir. Bu yapısal değişim T6 ısıl işleminin özelliğine dayandırılarak açıklanabilir. Şöyle ki, T6 ısıl işleminin ilk aşaması çözündürme işlemidir. Çalışmamızda 375 °C'de uygulanan çözündürme işlemi sırasında ikili Al- Zn faz diyagramına göre çinkoca zengin η fazı alüminyumca zengin α fazı içerisinde çözünmektedir. Çözündürme işleminin akabinde su verme işlemi uygulandığında ikili Zn-Al faz diyagramına göre alaşım aşırı doymuş α tanelerinden oluşan bir içyapı sergilemesi beklenir. Yaşlandırma işlemi sırasında ise aşırı doymuş katı çözelti içindeki çinko atomları çökelerek η fazı çökeltilerinin oluşmasına neden olurlar. Çökeltilerin dendrit/tane sınırlarına yakın bölgelerde olması bu bölgelerde çinko oranının daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Tane sınırlarında çinkonun fazla olması hem dökülmüş durumda çinkonun dendritler arası bölgelerde olmasından hem de tane sınırlarına yakın bölgelerde difüzyon yolunun kısa olması nedeniyle daha fazla çinkonun bulunmasından kaynaklanmış olabilir.




**Görsel 4. Zn-40Al-2Cu alaşımının dökülmüş durumdaki optik mikroskop görüntüsü**




**Görsel 5. Zn-40Al-2Cu alaşımının T6 ısıl işlemi uygulanmış durumdaki optik mikroskop görüntüsü**

Korozyon deneyleri öncesi ve sonrası numunelerin yüzeylerine ait optik mikroskop görüntüsü Görsel 6-7'de, tafel polarizasyon eğrileri Görsel 8' de ve bu eğrilerden elde edilen korozyon hızı değerleri ise Çizelge 2'de verilmektedir. Korozyona uğramış numunelerin yüzeylerinden elde edilen fotoğraflar söz konusu alaşımlarda korozyonun ağırlıklı olarak alüminyumca zengin

α fazının sınır bölgelerinde veya dendritlerin/tanelerin sınırlarında önemli oranda çökelmiş olan η fazının bulunduğu bölgelerde gerçekleştiği görülmektedir. Bu durum dendritlerin/tanelerin sınırlarında ve dendridler arası bölgelerde çinkonun daha yoğun olmasına ve alüminyum ile çinkonun galvanik serideki sıralamasına dayandırılarak açıklanabilir. Şöyle ki; galvanik serideki (Oldfield, 1988) sıralamaya göre standart elektrot potansiyeli 1,666 V olan çinko, standart elektrot potansiyeli 0,763 V olan alüminyuma göre daha aktif bir elementtir. Bir başka deyişle alüminyum çinkoya göre daha asil bir elementtir. Bu nedenle aynı ortamda bulunmaları durumunda çinkonun alüminyuma göre daha önce ve daha çok korozyona uğraması beklenir. Sistemde meydana gelen olası katodik reaksiyonlar;

$H + 2e \rightarrow H_2$

$O_2 + 4e + 2H_2O \rightarrow 4OH^-$

Anodik reaksiyonlar ise;

$Zn \rightarrow Zn^2 + 2e$

$Al \rightarrow Al^3 + 3e$

olarak yazılabilir.

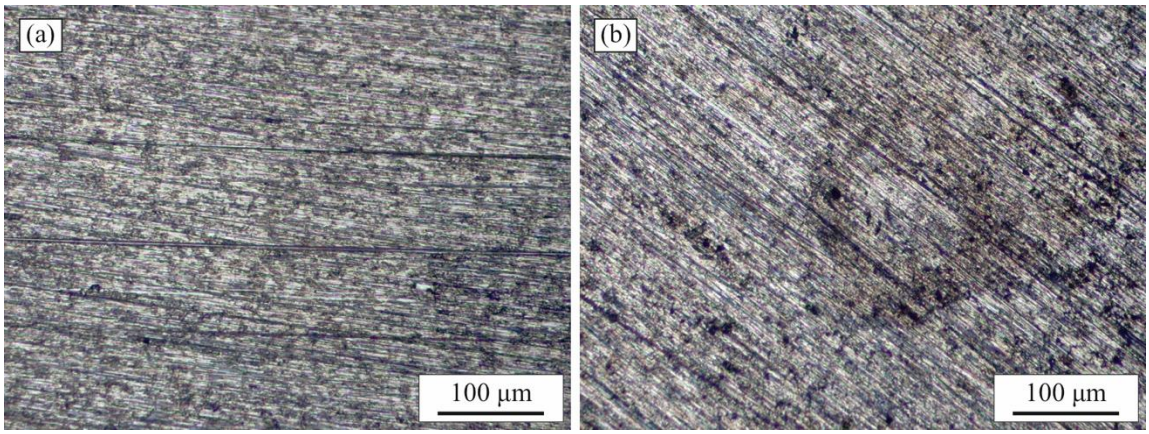
$Zn^2$ ve $Al^3$ iyonları ile OH iyonları arasında ise;

$Zn^2 + OH \rightarrow Zn(OH)_2$

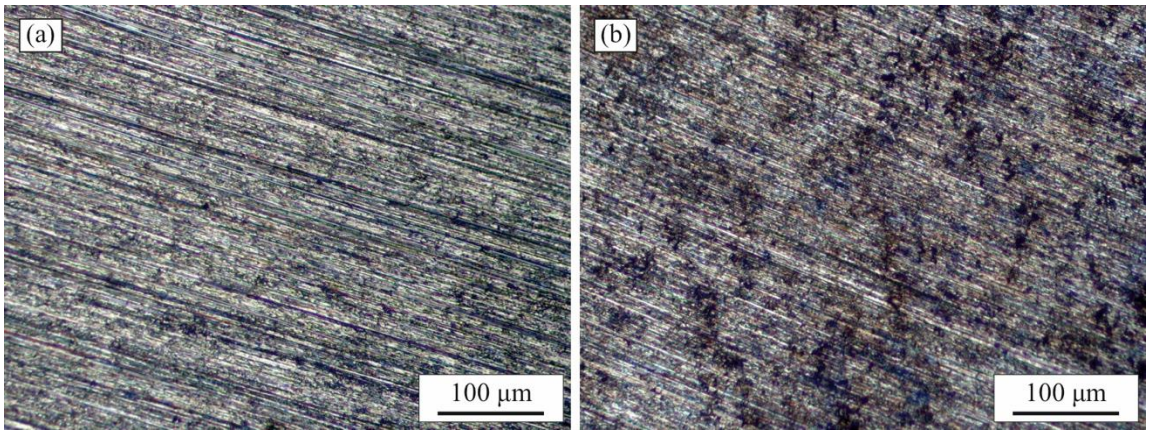
$Al^3 + OH \rightarrow Al(OH)_3$

reaksiyonlarının gerçekleştiği düşünülmektedir.

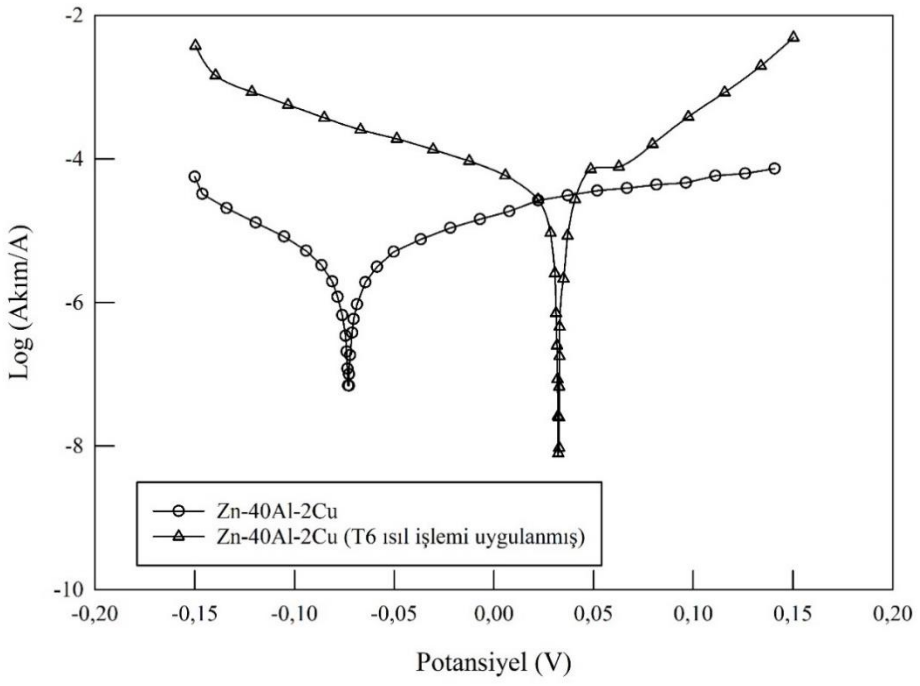
Dökülmüş ve T6 ısıl işlem uygulanmış durumdaki Zn-40Al-2Cu alaşımının korozyona uğramış yüzeylerine ait Görsel 6b ve 7b' de yer alan optik mikroskop fotoğrafları alaşımlarda meydana gelen korozyonun seçimli korozyon olarak sınıflandırılabileceğini göstermektedir. Bu korozyon türü element ve/veya fazlardan birinin öncelikli olarak korozyona uğrayarak alaşımdan uzaklaşması olarak tanımlanmaktadır. Yaşlandırma işlemi sırasında aşırı doymuş katı çözelti içindeki çinko atomları çökelerek η fazı çökeltilerinin oluşmasına neden olması korozyonun öncelikli olarak η fazında veya dendritler arası bölgelerde yer alan çinkoca zengin fazlarda meydana gelmesine neden olduğu söylenebilir. Zn-40Al-2Cu alaşımına uygulanan T6 ısıl işlemi η fazının yer aldığı dendritler arası bölgelerin miktarını artırması nedeniyle sistemdeki anot-katot reaksiyonlarının sayısını artırmış ve Zn-40Al-2Cu alaşımının korozyon direncini azaltmış olabilir. İncelenen alaşımlara uygulanan çözündürme işlemiyle çinkoca zengin η fazının alüminyumca zengin α fazı içerisinde çözündürdükten sonra uygulanan su verme işlemi ile aşırı doymuş α katı çözeltisi elde edilir. Su verme işlemi sonrasında uygulanan yaşlandırma işlemi sırasında ise η fazı çökeltileri oluşmaya başlar. Söz konusu çökeltilerin neden olduğu bağdaşıklık gerilmelerinin neden olduğu iç enerji artışı alaşımın korozyon hızını artırmış bir başka deyişle korozyon direncini düşürmüş olabilir.




**Görsel 6. Zn-40Al-2Cu alaşımının korozyon deneyi öncesi (a) ve sonrası (b) optik mikroskop görüntüsü**




**Görsel 7. T6 ısıl işlem uygulanmış Zn-40Al-2Cu alaşımının korozyon deneyi öncesi (a) ve sonrası (b) optik mikroskop görüntüsü**



**Görsel 8. Dökülmüş ve T6 ısıl işlem uygulanmış alaşımlara ait Tafel polarizasyon eğrileri**

**Çizelge 2. Dökülmüş ve T6 ısıl işlem uygulanmış alaşımlardan elde edilen korozyon hızı değerleri**

| Alaşım | Korozyon hızı (mm/y) |
|---|---|
| Zn-40Al-2Cu | 0,03234 |
| Zn-40Al-2Cu (T6) | 0,14008 |

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada T6 ısıl işleminin kokile döküm yöntemiyle üretilen Zn-40Al-2Cu alaşımının korozyon hızına etkisi bir elektrokimyasal korozyon deney düzeneği yardımıyla incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda listelenmektedir:

1. Zn-40Al-2Cu alaşımının içyapısı alüminyumca zengin α fazı, ötektik α+η faz karışımı ve bakırca zengin ($CuZn_4$) fazlarından oluşmaktadır.
2. T6 ısıl işlemi uygulanmış durumdaki Zn-40Al-2Cu alaşımının içyapısı dendritik formdan taneli bir yapıya doğru yönlenme suretiyle değişmiş, dendritlerin/tanelerin sınırlarında önemli oranda η fazı çökelmiş ve alaşımın içyapısındaki dendritler/taneler bu çökeltilerin yer aldığı faz bölgesiyle çevrelenmiştir.
3. Zn-40Al-2Cu alaşımına T6 ısıl işlemi uygulanması durumda söz konusu alaşımın korozyon hızı artmakta bir başka deyişle korozyon direnci azaltmaktadır.
4. Zn-40Al-2Cu alaşımında korozyon öncelikli olarak çinkoca zengin η fazında meydana gelmektedir.

## KAYNAKLAR

Alemdağ, Y., Savaşkan, T., Effects of silicon content on the mechanical properties and lubricated wear behaviour of Al-40Zn-3Cu-(0-5)Si alloys. Tribology Letters, 29(3), 221–227, 2008. https://doi.org/10.1007/s11249-008-9299-0

Bican, O., Savaşkan, T., Influence of T5 heat treatment on the microstructure and lubricated wear behavior of ternary ZnAl40Cu2 and quaternary ZnAl40Cu2Si2.5 alloys. Materialwissenschaft Und Werkstofftechnik, 51(3), 2020. https://doi.org/10.1002/mawe.201800222

Delneuville, P., Tribological behaviour of ZnAl alloys (ZA27) compared with bronze when used as a bearing material with high load and at very low speed. Wear, 105(4), 283–292, 1985. https://doi.org/10.1016/0043-1648(85)90227-3

Gervais, E., Barnhurst, R. J., Loong, C. A., An analysis of selected properties of ZA alloys. JOM, 37(11), 43–47, 1985. https://doi.org/10.1007/BF03258743

Goodwin, F. E., Ponikvar, A. L., *Engineering properties of zinc alloys 3rd ed.,* International Lead Zinc Research Organization. 1989.

Hacıosmanoğlu, M., Tellioğlu, M., Hekimoğlu, A. P., Effect of Strontium on the Microstructure, Mechanical, and Tribological Properties of the Zn–40Al–2Cu Alloy. International Journal of Metalcasting, 17(4), 3133–3142, 2023. https://doi.org/10.1007/s40962-023-00985-z

Hekimoğlu, A. P., Savaşkan, T., Lubricated friction and wear properties of Zn-15Al- ( 1-5 ) Cu Alloys. Turkish Journal of Electromechanics & Energy, 1(2), 1–7, 2016.

Murphy, S., Savaskan, T., Comparative wear behaviour of Zn-Al-based alloys in an automotive engine application. Wear, 98, 151-161, 1984. https://doi.org/10.1016/0043-1648(84)90224-2

Oldfield, J. W. Electrochemical theory of galvanic corrosion. ASTM Special Technical Publication, STP(978), 1988. https://doi.org/10.1520/stp26188s

Prasad, B. K., Effects of silicon addition and test parameters on sliding wear characteristics of zinc-Based alloy containing 37.5% aluminium. Materials Transactions, JIM, 38(8), 701-706, 1997. https://doi.org/10.2320/matertrans1989.38.701

Savaşkan, T., Azaklı, Z., An investigation of lubricated friction and wear properties of Zn-40Al-2Cu-2Si alloy in comparison with SAE 65 bearing bronze. Wear, 264(11–12), 2008. https://doi.org/10.1016/j.wear.2007.06.008

Savaşkan, T., Azaklı, Z., Hekimoğlu, A. P., Effect of heat treatment on mechanical and wear properties of Zn–40Al–2Cu–2Si alloy. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 31(9), 2651–2663, 2021. https://doi.org/10.1016/S1003-6326(21)65682-0

Savaşkan, T., Bican, O., Effects of silicon content on the microstructural features and mechanical and sliding wear properties of Zn-40Al-2Cu-(0-5)Si alloys. Materials Science and Engineering A, 404(1–2), 2005. https://doi.org/10.1016/j.msea.2005.05.078

Savaşkan, T., Hekimoğlu, A. P., Microstructure and mechanical properties of Zn-15Al-based ternary and quaternary alloys. Materials Science and Engineering A, *603*, 2014. https://doi.org/10.1016/j.msea.2014.02.047

Savaşkan, T., Hekimoğlu, A. P., Effect of quench-ageing treatment on the microstructure and properties of Zn-15Al-3Cu alloy. International Journal of Materials Research, 106(5), 481–487, 2015. https://doi.org/10.3139/146.111207

Savaşkan, T., Hekimoğlu, A. P., Azaklı, Z., Çalış, M., Effect of Working Conditions on the Lubricated Wear Behavior of Zn-40Al-2Cu-2Si Alloy in the As- Cast and T6 Heat-Treated States. Journal of Tribology, 144(3), 031702, 2022. https://doi.org/10.1115/1.4051264

Savaşkan, T., Hekimoğlu, A. P., Pürçek, G., Effect of copper content on the mechanical and sliding wear properties of monotectoid-based zinc-aluminium-copper alloys. Tribology International, 37(1), 45-50, 2004. https://doi.org/10.1016/S0301-679X(03)00113-0

Savaşkan, T., Turhal, M. Ş., Relationships between cooling rate, copper content and mechanical properties of monotectoid based Zn-Al-Cu alloys. Materials Characterization, 51(4), 259-270, 2003. https://doi.org/10.1016/j.matchar.2003.12.003

Skenazi, A. F., Pelerin, J., Coutsouradis, D., Magnus, B., Meeus, M., Some recent developments in the improvement of the mechanical properties of zinc foundry alloys. Metall, 37(9), 898-902, 1983.

Zhu, Y., Yan, B., & Huang, W., Bearing wear resistance of monotectoid Zn-Al based alloy (ZA-35). Journal of Materials Science & Technology, 11(2), 109, 1995.

# BİR ERGİTME KAZANI TASARIMINDA ISI TRANSFERİ HESAPLARI

**Merve YAZAN [1], Buğra ÇAVUŞOĞLU [2], Galip ÇAPÇI [3]**

Akana Mühendislik ve Ticaret A.Ş.

[1] ORCID ID: 0009-0006-5816-5723, merveyazan@akana.com.tr

[2] ORCID ID: 0000-0002-5994-0502, bugra.cavusoglu.eng@gmail.com

[3] ORCID ID: 0000-0002-4401-9315, galipcapci@akana.com.tr

## Özet

Bu bildiri, içerisinde yağ ergitilmesi planlanan bir ergitme kazanı tasarımına ait ısı transferi hesaplarını kapsamaktadır. Ergitme işlemi, sıcak su kullanılarak bir ısıtma ceketi yardımıyla gerçekleştirilecektir. Bu ergitme kazanı, bir üretim süreciyle entegre kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sebeple ergitme kazanı, kullanılacağı yere bağlı olarak belirli yapısal gereksinimlere uygun şekilde tasarlanmıştır. Ergitme işlemi, sürecin doğru yürütülebilmesi için belirli bir kapasitede gerçekleşmelidir. Ergitme kazanının istenen kapasitede çalışabilmesi için gerekli işletme parametreleri analitik ısı transferi hesaplarıyla tahmin edilmiştir. Bu hesaplar yardımıyla ekipmanın belirli sınır şartlarındaki etkinliği incelenmiştir. Bu sınır şartları çevresel koşullar, yapısal sınırlamalar ve süreç kısıtları göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Bu sınır koşulları; ergitilecek malzemenin cinsi ve miktarı, ergitme süresi, çevre sıcaklığı ve kazan yüzey sıcaklıkları göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Dış yüzey sıcaklığı, iş güvenliği sebebiyle belirli bir değerin altında seçilmiştir. Çevre koşulları olarak, kapalı bir mahalde kış mevsimi koşulları seçilmiştir. Ergitilecek malzeme; oda koşullarında katı fazda olan bir yağdır. Bu yağ, belirli bir sıcaklık değerinin üzerindeki sıcaklıklarda termal parçalanmaya uğramaktadır. Ergitme kazanı sıcaklığı, ergitilecek malzemenin termal parçalanmaya uğramaması için belirli bir değerin altında kalmalıdır. Bu kısıtlamayla birlikte, gerekli miktarda yağın gereken sürede ergitilebilmesi için ihtiyaç duyulan ergitme kazanı sıcaklığı belirlenmiştir. Böylece, söz konusu tasarıma sahip ergitme kazanının gereksinimleri karşılayacağı doğrulanmıştır. Bu bildiri kapsamındaki gerçekleştirilen tasarım doğrulama çalışmalarında bütün ısı transferi mekanizmaları dikkate alınmıştır. Isı transferi hesapları, ısı transferinin kararlı olduğu durum için yapılmıştır. Buna ek olarak; ergitme kazanının gereken şekilde çalışması için ihtiyaç duyduğu yardımcı ekipmanların özellikleri belirlenmiştir. Bu bildiride, hem tasarım doğrulama çalışması sunulmuştur hem de güvenli ve sürdürülebilir bir ergitme kazanı tasarımı önerilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ergitme kazanı tasarımı, ısı transferi, optimizasyon.

## GİRİŞ

Endüstriyel süreçlerde kullanılan ekipmanların tasarımı, hem verimlilik hem de güvenlik açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, ergitme kazanları, çeşitli malzemelerin düşük enerji tüketimiyle ve belirli sınır koşulları altında ergitilmesini sağlayan sistemlerdir. Isı transferi, bu tür ekipmanların performansını doğrudan etkileyen temel bir fenomendir. Dolayısıyla, ısı transferi mekanizmalarının doğru şekilde modellenmesi ve tasarım doğrulama çalışmaları, sistemin etkinliğini ve sürdürülebilirliğini garanti etmek için gereklidir. [1]

Bu çalışmada, bir ergitme kazanı tasarımı ele alınmıştır. Sistem, kapalı bir mahalde, kış koşullarına uygun çevresel sınırlarda ve belirli yapısal kısıtlar altında çalışmak üzere optimize edilmiştir. Ergitme işlemi, ısıtma ceketi ile sıcak su yardımıyla gerçekleştirilmiş ve ısı transferi mekanizmaları (iletim, konveksiyon ve ışınım) detaylı bir şekilde incelenmiştir. Özellikle, kazanın yüzey sıcaklıkları iş güvenliği standartlarını karşılamak üzere optimize edilmiş ve dış yüzey sıcaklığının 60 °C'yi aşmaması sağlanmıştır. Bu, ABD Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi (OSHA) tarafından belirlenen maksimum cilt temas sıcaklıklarına uygun bir tasarımın geliştirilmesini mümkün kılmıştır. [2]

Ergitme işleminin hedefi, oda sıcaklığında katı halde bulunan 300 kg malzemenin 24 saat içinde tamamen ergitilmesidir. Sürecin verimli bir şekilde gerçekleştirilmesi için, farklı ısıtma suyu sıcaklıklarında sistemin termal davranışları incelenmiş ve optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Isı transfer katsayıları ve diğer termal parametreler, sistemin farklı sıcaklık koşullarındaki performansını anlamak için analitik yöntemlerle hesaplanmıştır. Bu çalışmada tüm ısı transferi mekanizmaları bir bütün olarak ele alınmış ve işletilen ergitme kazanının farklı işletme koşullarındaki termal performansı, kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir. Ayrıca, sistemin belirlenen koşullarda çalışması için gereken yardımcı ekipman özellikleri bu çalışma sonucunda belirlenmiştir.

Bu çalışma, ergitme kazanı tasarımı doğrulaması için yenilikçi bir yaklaşım sunmakta ve bu sistemin, endüstriyel uygulamalarda nasıl daha etkili bir şekilde kullanılabileceğine dair öneriler sunmaktadır. Geliştirilen tasarımın hem enerji verimliliği hem de iş güvenliği standartlarını karşılaması, çalışmayı gelecekteki araştırmalar ve uygulamalar için değerli bir kaynak haline getirmektedir.

## VERİ VE YÖNTEM

Bu çalışmada, bir ergitme kazanı tasarımına ilişkin ısı transferi hesaplamaları ve tasarım doğrulama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Tasarım süreci, analitik yöntemlerin kullanılması ve belirli sınır koşullarının göz önünde bulundurulmasıyla yürütülmüştür. Eritme kazanına ait 3 boyutlu katı modelin izometrik görüntüsü Şekil.1'de verilmiştir. Ergitme kazanı, ısıtma ceketi ile donatılmış bir yapıya sahiptir. Kazana ait geometrik unsurlar Şekil.2'de gösterilmiştir. Şekil.2'de belirtilen unsurlara ait ölçüler Tablo.2'de verilmiştir. Kazanın tasarımı, belirli çevresel ve yapısal kısıtlar göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Kazanda bulunan bileşenlerin ve burada kullanılan malzemelerin ısı transferi hesaplarında kullanılan özellikleri Tablo.1'de verilmiştir.

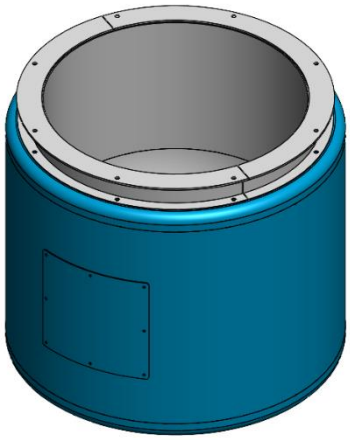
Eritme kazanının dahil olduğu süreç şartları sebebiyle, 300 kg A maddesinin 24 saatte eritilmesi gerekmektedir. A maddesinin ısıl parçalanması riski sebebiyle; kazan iç yüzey sıcaklığı 200 °C

değerini aşmamalıdır. Bu tasarıma ait geometrik unsurlar Şekil.2'de ısı transfer özelliklerini değerlendirmek için kullanılan temel fiziksel özellikler Tablo 1'de sunulmaktadır.

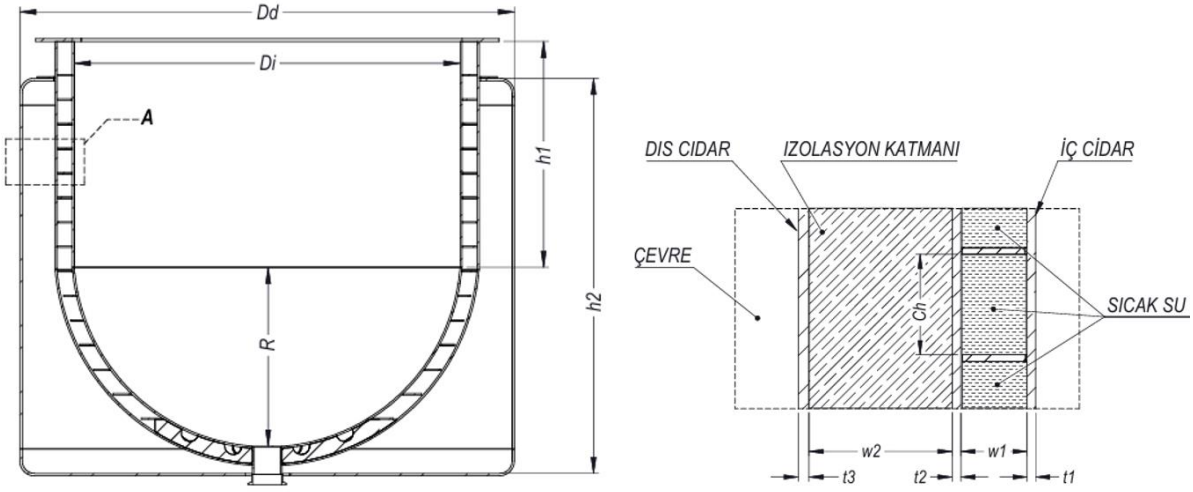
Tablo 1. Malzemelerin fiziksel özellikleri[3]

| Özellik | A | Su | Hava | AISI 316L | Cam yünü |
|---|---|---|---|---|---|
| Ergime sıcaklığı, °C | 80 | - | - | - | - |
| Ergime ısısı, kj/kg | | - | - | - | - |
| Isı kapasitesi, j/kgK | 1071 | 4210 | - | - | - |
| Yoğunluk, kg/m$^3$ | 1650 | 990-940 | 1,22 | 8000 | - |
| T. Genleşme Katsayısı (β), K$^{-1}$ | - | $210 \times 10^{-6}$ | 0,0034 | - | - |
| Isı iletim katsayısı, W/mK | - | 0,489 | 0,02624 | 16,3 | 0,045 |
| Kinematik Viskozite, m$^2$/s | - | $3,25 \times 10^{-7}$ | 0,00001562 | - | - |
| Prandlt Sayısı | - | 1,3 | 0,709 | - | - |

Ergitme süreci başlangıcında kazan içerisine flake formda 300 kg katı A maddesi eklenecektir. 300 kg A maddesi yığını, kazanın içerisini doldurur. A maddesi dolduğunda yığınının boşluk kesri yaklaşık 0,7'dir. Bu durum, kazan iç cidarları ile A maddesi arasındaki temas yüzeyinin azalmasına neden olur. Bu nedenle temas yüzeylerindeki ısı iletimi düzensiz ve nispeten düşük miktarda olacaktır. Bununla birlikte, A maddesinin içerdiği hava boşlukları nedeniyle buradaki doğal konveksiyon etkinliği oldukça azalır. Kazan içerisindeki A maddesi yığınının fiziksel formu sebebiyle; ısıtılan bölgedeki iletim ve doğal taşınım ısı transfer mekanizmalarının karmaşıktır. Düşük etkinliğe sahip olan doğal konveksiyon ve iletim mekanizmaları ihmal edilmiştir.



Şekil 1. Ergitme kazanı 3B katı modelinin izometrik görünüşü




(a) (b)

Şekil 2. (a) Ergitme kazanı ve (b) kazan ceketi geometrik unsurları

Tablo 2. Ergitme kazanı ölçüleri

| Unsur | Dd | Di | R | $h_1$ | $h_2$ | $C_h$ | $w_1$ | $w_2$ | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ölçü, mm | 1010 | 790 | 395 | 460 | 750 | 45 | 30 | 65 | 4 | 4 | 4 |

Kazan içerisi tamamen dolu olduğunda; en etkin ısı transferi ışınımla olmaktadır. Kazan içerisindeki süreç; kararsızdır. Başlangıçta A maddesi oda sıcaklığındadır. Isıtma ile birlikte ergime sıcaklığına yükselir ve daha sonra erimektedir. Farklı ısıtma suyu besleme sıcaklıklarındaki ergime süreleri bu unsurlar göz önünde bulundurularak tahmin edilmiştir. Bu sıcaklıklar; ısıtma suyunun girişindeki ve çıkışındaki değerlerin ortalamasıdır. Isıtma suyundan kazan iç cidarına kadar olan ısıl dirençler ihmal edilmiştir. Böylece, ergime süresi için aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır.

$$Q_{r,ç} = \varepsilon\, \sigma\, A \left(T_{s,i}{}^4 - T_A{}^4\right) \quad (1)$$

Burada; ε, sistemin emitivitesini (0,65); σ, Boltzman sabitini ($5{,}67 \times 10^{-8}$ W/m$^2$K$^4$), $T_{s,i}$, kazan iç yüzeyi sıcaklığını, $T_A$; kazan içindeki A maddesinin sıcaklığını ifade etmektedir. Aşağıdaki ifade, A maddesi entalpi değerinin belirlenmesinde kullanılır.

$$dH_A = m\, Cp\, dT_A \quad (2)$$

Burada TA; A maddesinin sıcaklık farkını, Ha; A maddesindeki entalpi değişimini ve m; sıcaklığı artan A maddesi kütlesini ifade eder. Sıcaklık arttıkça, entalpi artar ve (3) numaralı denklemde görüldüğü gibi, kazandaki A maddesinin entalpi değişim hızı ile ceketten A maddesine ışınım ısı transferi hızı eşittir. Bu çalışmada diğer transfer mekanizmalarının etkinliği, yukarıda bahsedilen sebeplerle ihmal edilmiştir.[4]

$$Q_{r,i} = \frac{dH_A}{dt} \quad (3)$$

Burada t; ısıtma süresini ifade etmektedir.

$$\varepsilon\, \sigma\, A \left(T_{s,i}{}^4 - T_A{}^4\right) = m\, Cp \frac{dT_A}{dt} \quad (4)$$

(4) numaralı denklem, A maddesindeki sıcaklık artışının zamanla değişimini ifade eder. Bu

denklem, değişkenin 4. kuvvetini barındırdığından; ışınımla ısı transfer hızı lineer interpolasyon yöntemiyle yeniden düzenlenmiştir. Bunun için farklı kazan iç yüzeyi sıcaklıklarında ($T_{s,i}$) değişen yağ sıcaklıklarındaki ısı transfer hızları tespit (1) numaralı denklem yardımıyla tespit edilmiştir. Elde edilen verilen Tablo.3'de verilmiştir.

Tablo 3. Farklı ceket ve yağ sıcaklıklarındaki ısı transferi hız değerleri

| | $T_W$, °C | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| $T_A$, °C | $Q_{r,i}$, W | | | | | |
| 20 | 511,93 | 614,07 | 724,76 | 844,47 | 973,68 | 1112,87 |
| 25 | 485,49 | 587,63 | 698,32 | 818,03 | 947,24 | 1086,43 |
| 30 | 457,68 | 559,82 | 670,52 | 790,23 | 919,44 | 1058,63 |
| 35 | 428,47 | 530,61 | 641,30 | 761,01 | 890,22 | 1029,42 |
| 40 | 397,80 | 499,94 | 610,63 | 730,34 | 859,55 | 998,74 |
| 45 | 365,62 | 467,76 | 578,45 | 698,16 | 827,37 | 966,56 |
| 50 | 331,89 | 434,02 | 544,72 | 664,43 | 793,64 | 932,83 |
| 55 | 296,55 | 398,69 | 509,38 | 629,09 | 758,30 | 897,50 |
| 60 | 259,56 | 361,70 | 472,39 | 592,10 | 721,31 | 860,51 |
| 65 | 220,87 | 323,00 | 433,70 | 553,41 | 682,62 | 821,81 |
| 70 | 180,42 | 282,56 | 393,25 | 512,96 | 642,17 | 781,36 |
| 75 | 138,16 | 240,30 | 350,99 | 470,70 | 599,91 | 739,10 |
| 80 | 94,04 | 196,18 | 306,87 | 426,58 | 555,79 | 694,98 |
| 85 | 48,00 | 150,14 | 260,84 | 380,55 | 509,76 | 648,95 |

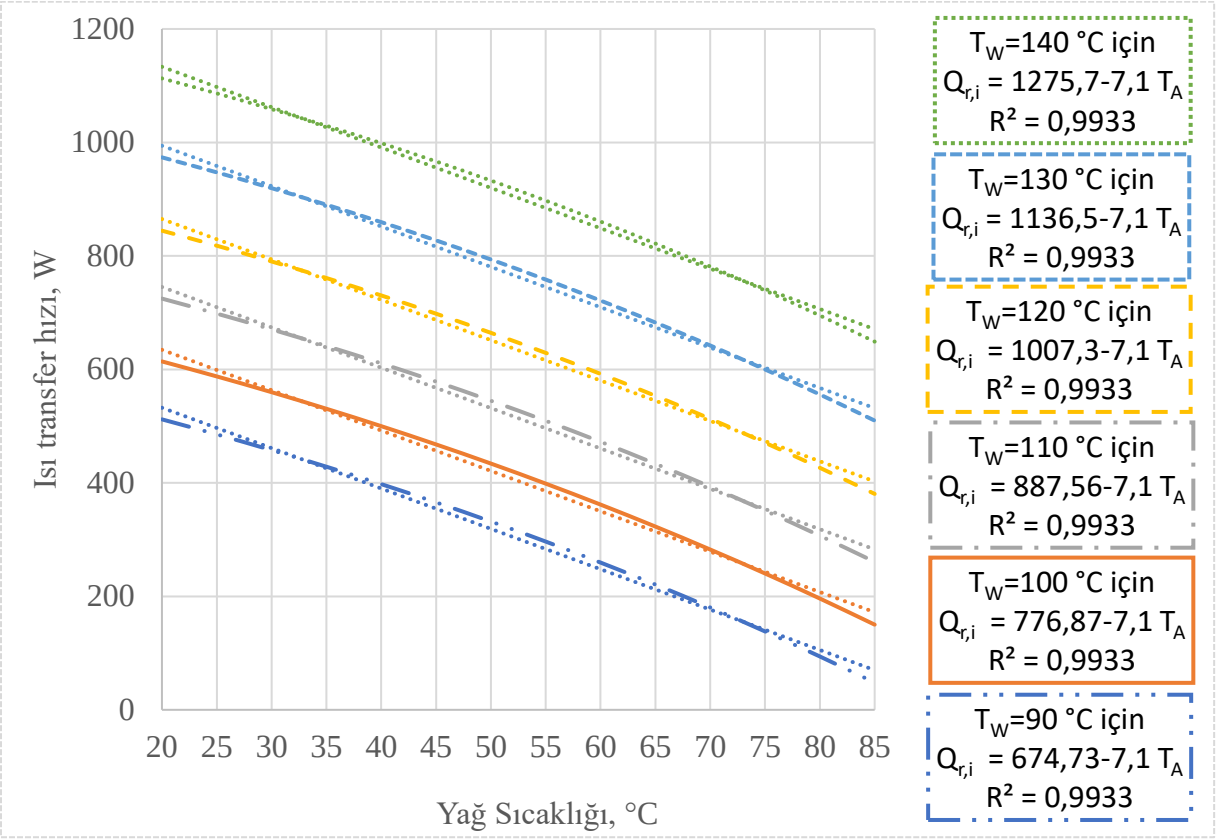
Isı transfer hızının yağ sıcaklığına bağlı değişiminin matematiksel ifadesinin basitleştirilmesi için Tablo.3'teki değerler kullanılarak doğrusal interpolasyon ile (5) numaralı denkleme benzer doğrusal denklemler türetilmiştir. Farklı ısıtma suyu sıcaklıklarında ısı transfer hızının yağ sıcaklığı ile değişimi ve türetilen doğrusal denklemler Şekil.4'te verilmiştir.

$$Q = a - b\,T_A \tag{5}$$

Lineer interpolasyon sonucunda farklı ceket sıcaklıkları için türetilen doğrusal ısı transfer denklemlerine ait kayma (a) ve eğri (b) değerleri Tablo.4'te verilmiştir.

Tablo 4. Türetilen doğrusal denklemlerin sabitleri

| $T_W$ | Kayma (a) | Eğri (b) |
|---|---|---|
| 90 | 674,73 | 7,1 |
| 100 | 776,87 | 7,1 |
| 110 | 887,56 | 7,1 |
| 120 | 1007,3 | 7,1 |
| 130 | 1136,5 | 7,1 |
| 140 | 1275 | 7,1 |




Şekil 3. Farklı ısıtma suyu sıcaklıkları için ısı transferi hızının farklı yağ sıcaklıklarındaki değişimi

Doğrusal denklemler (5) ile entalpi değişim hızı denklemi (3) yeniden düzenlenirse;

$$a - bT_A = m\,Cp\,\frac{dT_A}{dt} \tag{6}$$

(6) numaralı denklem yeniden düzenlenir ve integrale edilirse (7) numaralı denklem elde edilir

$$t_1 = \frac{mCp}{b} \ln\left(\frac{a-bT_{A,0}}{a-bT_A}\right) \tag{7}$$

(7) numaralı denklem, A maddesi sıcaklığının erime sıcaklığına yükselmesi için gereken sürenin ($t_1$) belirlenmesinde kullanılmıştır. Sıcaklık farkı sabit olduğunda ısı transfer hızı değişmez. Buradan sonra A maddesi erimeye başlar. Ancak bunun için füzyon entalpisi ($\Delta h_{f,A}$) kadar ısı transferi gerçekleştirilmelidir. Erime için transfer edilmesi gereken ısı miktarının ( $\Delta H_{f,A}$) tespiti için (8) numaralı denklem kullanılmıştır.

$$\Delta H_{f,A} = m\Delta h_{f,A} \tag{8}$$

(1) numaralı denklem, (3) numaralı denklem ve (8) numaralı denklem ve birlikte çözülürse (9) numaralı denklem elde edilir. Bu denklem (9) sabit sıcaklık farkında; ceketten A maddesine erime ısısının transfer süresinin ($t_2$) belirlenmesinde kullanılmıştır.

$$t_2 = \frac{m\Delta h_{f,A}}{\varepsilon\,\sigma\,A\,(T_{s,i}{}^4 - T_A{}^4)} \tag{9}$$

Farklı ısıtma suyu sıcaklıkları için 300 kg A maddesinin erimesi için gereken toplam süre (10) numaralı denklem ile belirlenir

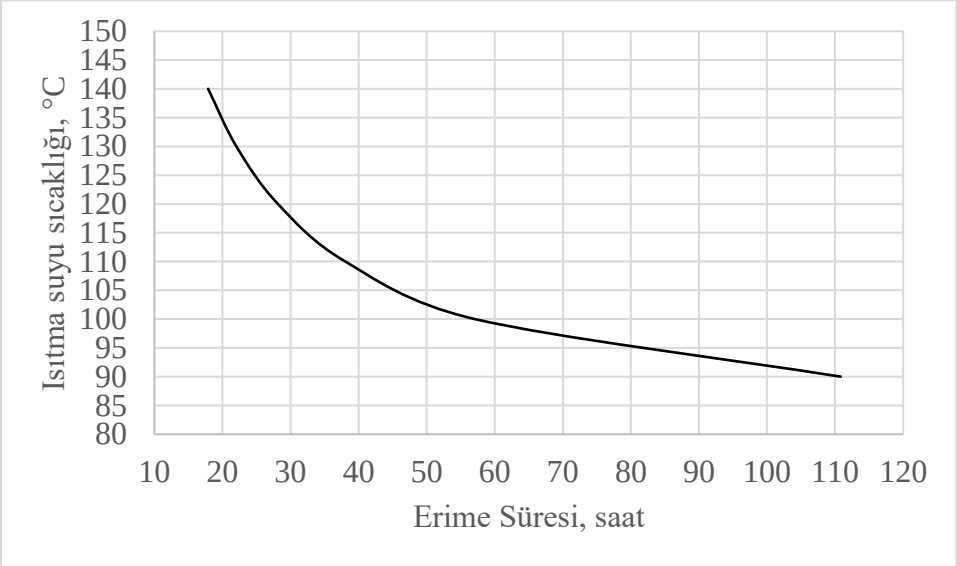
$$t_T = t_1 + t_2 \quad (10)$$

A maddesinin gizli ısısı ($\Delta H_{f,A}$) 103157 j/kg'dır. (7), (9) ve (10) numaralı ifadeler ile farklı ısıtma suyu sıcaklıklarında gereken ısıtma, erime ve toplam süreleri hesaplanmıştır ve tablo.5 te verilmiştir.

Tablo 5. Farklı ısıtma suyu sıcaklıklarında gereken ısıtma, erime ve toplam süreleri

| Isıtma suyu sıcaklığı ($T_w$), °C | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sıcaklık artış süresi, s | 69905 | 47794 | 36168 | 28798 | 23669 | 19902 |
| Erime süresi, s | 329090 | 157750 | 100847 | 72546 | 55681 | 44529 |
| Toplam süre, s | 398995 | 205544 | 137015 | 101344 | 79350 | 64431 |
| Toplam süre, h | 110,83 | 57,10 | 38,06 | 28,15 | 22,04 | 17,90 |

Tablo.5'teki veriler kullanılarak toplam eritme süresinin ısıtma suyu sıcaklığına bağlı değişimi Şekil.4'te verilmiştir.




Şekil 4. Toplam eritme süresinin ısıtma suyu sıcaklığına bağlı değişimi

Süreç gereksinimleri nedeniyle, erime süresi 24 saat olmalıdır. Şekil.4 yardımıyla erime süresinin 24 saat olması için gereken ısıtma suyu sıcaklığı 125 °C olarak belirlenmiştir. Bu sıcaklıktaki suyun buhar basıncı 232,23 kPa'dır. Kanal içerisinde 125 °C ısıtma suyu varken; kazandan A maddesine doğru gerçekleşen maksimum ısı transferi hızı ~900 W olarak tespit edilmiştir.

Dış yüzey sıcaklığı tespit edilirken, ergitme kazanında ısıl dengenin oluştuğu durum incelenmiştir. Kazan dış yüzeyinden çevreye olan ısı transferi, doğal konveksiyon ve ışıma mekanizmaları ile gerçekleşir. Farklı dış yüzey sıcaklıklarında, eritme kazanından çevreye olan ısı transfer hızı aşağıdaki denklemler yardımıyla belirlenmiştir. [4]

Grashof Sayısı ($Gr_L$):

$$Gr_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty){h_2}^3}{\upsilon^2} \quad (11)$$

Rayleigh sayısı($Ra_L$):

$$Ra_L = Gr_L Pr \tag{12}$$

Nusselt Sayısı ($Nu$):

$$Nu = 0{,}59\, Ra_L{}^{1/4} \tag{13}$$

*D*oğal konveksiyon katsayısı ($h_d$):

$$h_d = \frac{Nu\, k}{h_2} \tag{14}$$

Isı transfer yüzey alanı ($A_d$):

$$A_d = \pi D_d h_2 \tag{15}$$

Doğal konveksiyonla ısı transfer hızı ($Q_d$):

$$Q_d = h_d A_d \Delta T \tag{6}$$

Farklı dış yüzey sıcaklıkları için elde edilen doğal konveksiyon hızları Tablo.6'da verilmiştir. Eritme kazanı, birleşik bir sistemdir. Kanal içerisinde ısıtma suyundan sisteme ısı aktarımı zorlanmış konveksiyon ile gerçekleşir. Ceketten, kazan dışına iletimle ısı transferi gerçekleşir. Kazan ceketinden dışarı yönlü ısı transferinde bütünleşik ısı transferi mekanizması vardır. Böyle birleşik sistemlerde ısı transfer hızının tespiti için tüm ısı transfer katsayısı (U) kullanılır. Bu ergitme kazanına özel bütünleşik ısı transferi hızı aşağıdaki denklemlerle belirlenmiştir.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_w} + \frac{t_2+t_3}{k_1} + \frac{w_2}{k_2} \tag{17}$$

Tablo 6. Farklı dış yüzey sıcaklıkları için elde edilen doğal konveksiyon hızları

| Ts, °C | Gr $_L$ | Ra $_L$ | Nu | $h_d$, W/m$^2$K | $Q_d$, W |
|---|---|---|---|---|---|
| 70 | 2,60E+09 | 1,84E+09 | 122,24 | 4,28 | 498,46 |
| 65 | 2,31E+09 | 1,64E+09 | 118,69 | 4,15 | 430,22 |
| 60 | 2,02E+09 | 1,43E+09 | 114,80 | 4,02 | 364,08 |
| 55 | 1,73E+09 | 1,23E+09 | 110,46 | 3,86 | 300,27 |
| 50 | 1,44E+09 | 1,02E+09 | 105,53 | 3,69 | 239,08 |
| 45 | 1,15E+09 | 8,19E+08 | 99,81 | 3,49 | 180,88 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 40 | 8,65E+08 | 6,14E+08 | 92,88 | 3,25 | 126,25 |
| 35 | 5,77E+08 | 4,09E+08 | 83,93 | 2,94 | 76,05 |
| 30 | 2,88E+08 | 2,05E+08 | 70,58 | 2,47 | 31,98 |

Burada U; içeri tüm ısı transfer katsayısını, $h_w$; ısıtma suyu kanalındaki zorlanmış konveksiyon katsayısını, $k_1$; AISI 316L'nin ısı iletim katsayısını, $k_2$; yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısını ve $w_2$; yalıtım kalınlığını ifade etmektedir.

$$Q_u = UA_d\Delta T \tag{18}$$

Burada $h_w$; kanallardaki ısıtma suyunun zorlanmış konveksiyonla ısı taşınım katsayısıdır. Isıtma suyu kanalında zorlanmış konveksiyon için suyun hızının belirlenmesi gerekmektedir. Literatürde, kanal içerisinde oluşabilecek kirlilikleri engellemek ve basınç kayıplarını minimize edebilmek için çizgisel akış hızının 0,5 m/s ile 1,5 m/s arasında olması gerektiği tavsiye edilmektedir. Isıtma suyu sıcaklığı ortalama 125 °C sıcaklıkta olacaktır. Akış hızı 1 m/s seçilerek ceket tarafı ısı transfer katsayısı aşağıdaki gibi tahmin edilmiştir.

Hidrolik çap:

$$D_H = \frac{4A_c}{Ç} \tag{19}$$

Burada $A_C$; ısıtma suyu akışı kesit alanını ve Ç; ıslanan kanal çevresini ifade etmektedir.

Nusselt Sayısı ($Nu$):

$$Nu = \frac{\frac{f_D}{8}(Re-1000)Pr}{1+12{,}7\left(\frac{f_D}{8}\right)^{\frac{1}{2}}\left(Pr^{\frac{2}{3}}-1\right)} \tag{20}$$

[Cengel, Y.A. (2006) Heat and Mass Transfer. 5th edition, McGraw Hill, New York.]

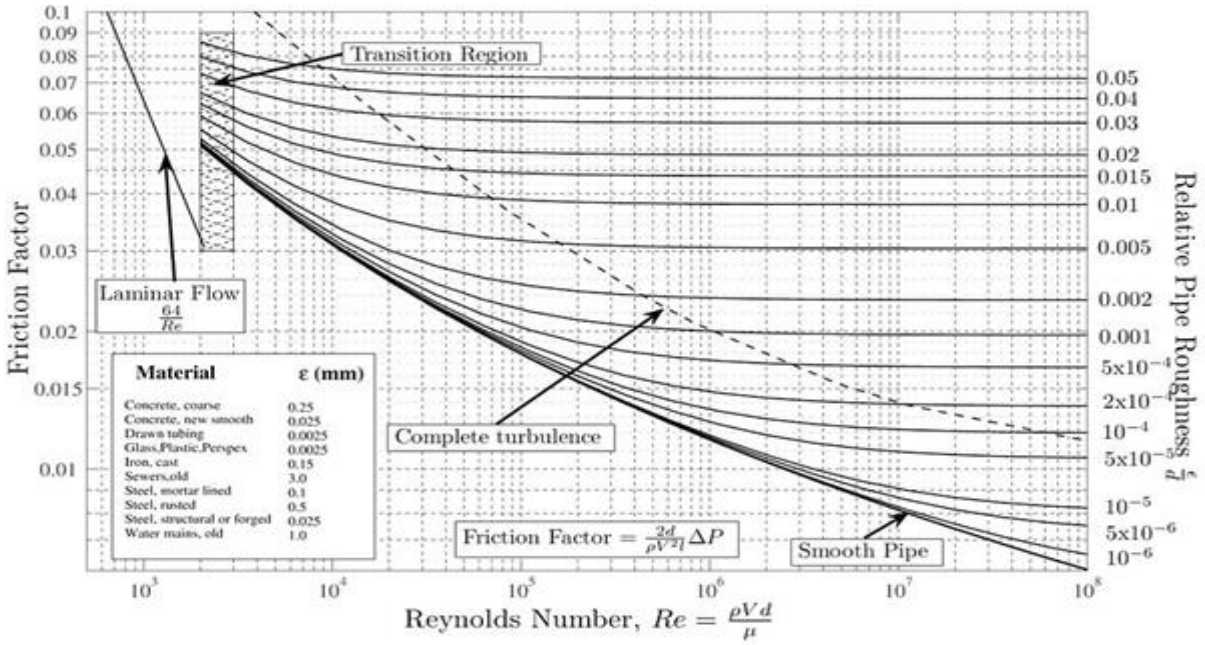
Kanal içerisindeki akışın Reynolds ve Prandlt değerleri ile Darcy sürtünme faktörü belirlenmiştir. Suyun 125 °C'deki suyun ısı iletim katsayısı 0,489, yoğunluğu 940 kg/m$^3$ ve viskozitesi 0,000807 kg/m.s'dir.

$$Re = \frac{D\vartheta\rho}{\mu} \tag{21}$$

$$Pr = \frac{\mu C_P}{k} \tag{22}$$

$$h = \frac{Nu\ k}{D_H} \tag{23}$$

Bağıl pürüzlülük oranı (ε/d) 0,025 olarak seçilmiştir. Bu oran ile Reynolds sayısı kullanılarak Şekil.5'te verilen Moody diyagramından sürtünme faktörü ($f_D$) 0,027 olarak tespit edilmiştir.[4]




Şekil 5. Moody Diyagramı[5]

Bu veriler kullanılarak ceket tarafı zorlanmış konveksiyon katsayısı ve tüm ısı transfer katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$h_w = 4981{,}4\ W/m^2K$$

$$U = 0{,}671\ W/m^2K$$

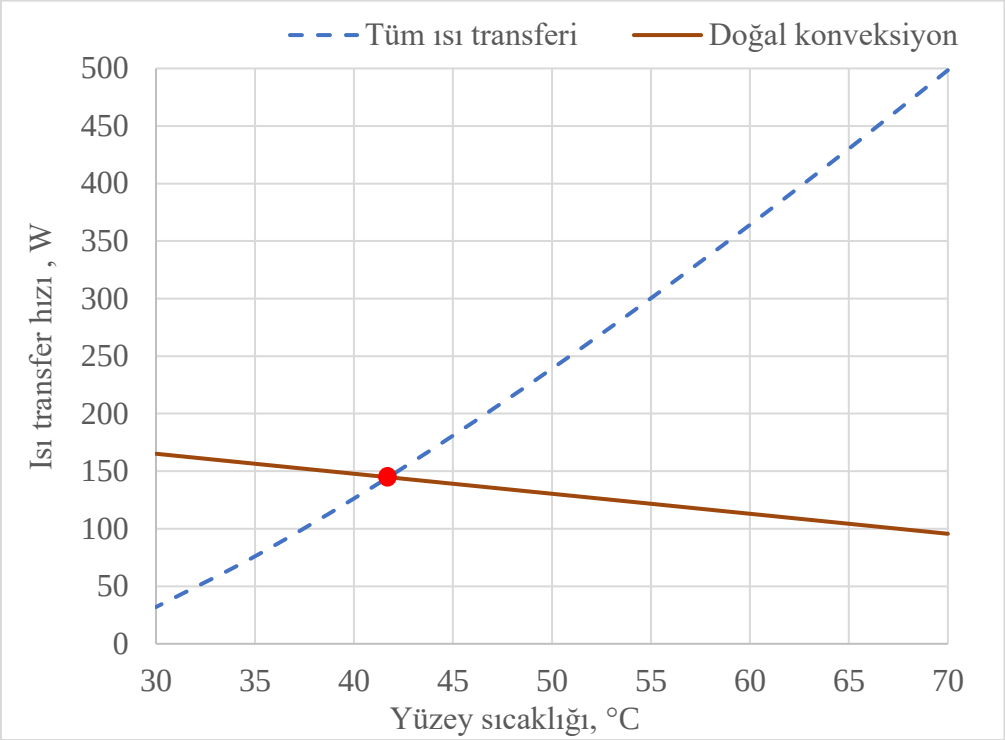
Farklı dış yüzey sıcaklıkları için elde edilen tüm ısı transferi hızları tablo.7 'de verilmiştir.

Tablo 7. Farklı dış yüzey sıcaklıkları için tüm ısı transferi hızları

| $T_S$, °C | $Q_U$, W |
|---|---|
| 70 | 34,77 |
| 65 | 43,47 |
| 60 | 52,16 |
| 55 | 60,85 |
| 50 | 69,55 |
| 45 | 78,24 |
| 40 | 86,93 |
| 35 | 95,63 |
| 30 | 104,32 |

Tablo.6 da ve tablo.7 de verilen değerler kullanılarak; doğal konveksiyon hızının ve tüm ısı transfer hızının dış yüzey sıcaklığı ile değişimi Şekil.6 'da verilmiştir. Sistem ısıl dengeye geldikten sonra ısıtma suyu sıcaklığının 125 °C ve çevre sıcaklığının 25 °C olduğu durumdaki dış yüzey sıcaklığının ~ 42°C ve çevreye olan ısı transfer hızı ~150 W olacağı tespit edilmiştir. Sistemin bulunduğu mahal kapalı bir ortamdır ve çevre sıcaklığı 25 °C'dir. Cildin kabarması ve yanması için sıcak bir yüzeyle birkaç saniye temas etmek yeterlidir. ABD Mesleki Güvenlik

ve Sağlık İdaresi (OSHA), beş saniye maruz kaldıktan sonra 60°C maksimum cilt sıcaklığı sınırı belirler.




Şekil 6. Dışarı yönlü ısı transferi hızlarının yüzey sıcaklığı ile değişimi

Kazan kapağından çevreye olan ısı transferi ihmal edilerek ve sıcak su iletim hatlarındaki ısı kayıpları %15 kabul edilerek, eritme kazanı için gereken toplam ısıtma gücü ($Q_{KAZAN}$) aşağıdaki gibidir.

$$Q_{KAZAN} = 1{,}15(150 + 900)$$

$$Q_{KAZAN} \cong 1200\ W$$

Isıtma suyu debisi ($\dot{m}_w$) ve toplam ısıtma gücü hızı kullanılarak ısıtma suyundaki sıcaklık değişimi aşağıdaki gibi tespit edilmiştir.

$$\dot{m}_w = \rho A_C \vartheta \ , A_C = C_h w_1 \tag{24}$$

$$\dot{m}_w = 1{,}269\ kg/s$$

$$\Delta T_w = \frac{Q_{KAZAN}}{\dot{m}_w\ Cp} = \frac{1200}{1{,}269 \times 4250} = 0{,}2\ °C \tag{25}$$

Isıtma suyu giriş ve çıkış sıcaklıklarında önemli bir değişim olmadığı görülmektedir. Bu nedenle ısıtma suyu kazanı için özellikler aşağıdaki gibi tespit edilmiştir.

Tablo 8. Sıcak su kazanı ve sıcak su pompası gereksinimleri

| | |
|---|---|
| Çıkış Basıncı | 4 barg |
| Sıcak su debisi | 5 $m^3/h$ |
| Su Sıcaklığı | 125 °C |
| Pompa Gücü | 150 W |
| Kazan giriş-çıkış ölçüsü | DN25-DN25 |

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, ergitme kazanı tasarımı için gerçekleştirilen ısı transferi analizleri ve optimizasyon çalışmaları, sistemin belirlenen sınır koşulları altında verimli ve güvenli bir şekilde çalışabileceğini göstermiştir. Ancak, bu tasarım sürecinde ve sonuçların yorumlanmasında öne çıkan bazı önemli noktalar bulunmaktadır.

Çalışma, ışınımın dominant ısı transfer mekanizması olarak belirlendiğini ortaya koymuştur. Ancak, doğal taşınım ve iletim mekanizmalarının ihmal edilmesi, bu mekanizmaların düşük etkinliklerine rağmen toplam sisteme katkısının göz ardı edilmesi anlamına gelmektedir. Bu durum, özellikle yüksek hassasiyet gerektiren uygulamalarda, sistemin tasarımında iyileştirme fırsatları sunabilir. İhmal edilen mekanizmaların etkisini deneysel olarak araştırmak, model doğruluğunu artırabilir.

Isıtma suyu sıcaklığının 125 °C olarak belirlenmesi, sürecin 24 saatlik zaman kısıtlaması içinde tamamlanmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte, enerji tüketiminin azaltılması amacıyla daha düşük sıcaklıklarda da etkinliği koruyabilecek alternatif yöntemler veya farklı ısı transfer sıvılarının kullanımı araştırılabilir. Özellikle enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve sürdürülebilirliğin artırılması açısından bu konu önem arz etmektedir.

Çalışmada, kazan dış yüzey sıcaklığının 42 °C civarında olduğu belirtilmiş ve bu değer iş güvenliği standartlarını karşılamaktadır. Ancak, bu sıcaklık seviyesinde uzun süreli temas durumlarının potansiyel etkileri daha fazla araştırılabilir. Ayrıca, dış yüzey sıcaklığının sabit tutulması için aktif bir soğutma sistemi veya akıllı yalıtım malzemeleri kullanımı önerilebilir.

Tasarım, mevcut şartlar altında başarılı bir şekilde doğrulanmış olsa da, değişen çevresel ve işletme koşulları altında sistemin nasıl davranacağı net değildir. Daha geniş bir uygulama aralığı sağlamak için tasarım parametrelerinin adaptif bir şekilde optimize edilmesi ve farklı çevresel koşulların (örneğin, yaz ve kış mevsimleri) detaylı bir şekilde değerlendirilmesi önemlidir.

Çalışma, teorik hesaplamalara dayanmaktadır ve bu hesaplamaların belirli varsayımlara dayalı olduğu açıktır. Modelin deneysel doğrulama ile desteklenmesi, tasarımın gerçek koşullardaki performansı hakkında daha net bir fikir verebilir. Özellikle, sistemin kararsız durumdaki davranışı deneysel verilerle analiz edilmelidir.

Gelecekte, enerji verimliliğini artırmak ve tasarımı daha sürdürülebilir hale getirmek için alternatif ısı transfer sıvıları, akıllı kontrol sistemleri ve yenilenebilir enerji entegrasyonu gibi yenilikçi çözümler araştırılabilir. Ayrıca, farklı malzeme türleri için sistemin uyarlanabilirliğini değerlendirmek, endüstriyel uygulama yelpazesini genişletecektir.

Sonuç olarak, çalışmada sunulan ergitme kazanı tasarımı, belirlenen sınır koşulları altında etkin bir şekilde çalışacak şekilde doğrulanmıştır. Bununla birlikte, enerji verimliliği, esneklik ve

güvenlik açısından tasarımın daha fazla iyileştirilmesi, hem akademik hem de endüstriyel alanda değerli katkılar sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

[1] Wagner, W, (2019) HEAT TRANSFER TECHNIQUE WITH ORGANIC FLUIDS, 3rd Edition, Vogel Communications Group GmbH & Co, Würzburg, Germany
[2] https://www.osha.gov/ (20.12.2024)
[3] https://webbook.nist.gov/ (20.12.2024)
[4] Cengel, Y.A. and Ghajar, A.J. (2015) Heat and Mass Transfer Fundamentals & Applications. 5th Edition, Grawhil Education, Stillwater.
[5] https://www.engineeringtoolbox.com/moody-diagram-d_618.html (20.12.2024)

# ÇEVRE ŞARTLARININ HAVA SOĞUTMALI GAZ TÜRBİNLİ KOJENERASYON ÇEVRİMLERİNİN TERMOEKONOMİK PERFORMANSINA ETKİSİ

**Öğr.Gör.Dr. Arzu KEVEN**
Kocaeli Üniv. Gölcük MYO
arzu.keven@kocaeli.edu.tr - ORCID: 0000-0003-0040-9167
**Doç.Dr. Rabi KARAALİ**
Bayburt Üniv.Müh.Fak. Mak.Müh.
rabikar@gmail.com - ORCID: 0000-0002-2193-3411

## ÖZET

Elektrik ve ısıyı eş zamanlı üreten kojenerasyon çevrimleri yakıtları verimli kullanmakta olup, bunun yanında başka avantajları da çoktur. Büyük ve küçük ölçeklerde Dünya'da yaygınlık ve ilgi kazanmaktadır. Kompresör giriş havasının egzoz gazının ısısı ile çalışan absorbsiyonlu bir soğutma sistemiyle soğutulduğu gaz türbinli kojenerasyonda çevre havasındaki nemin, üretilen elektriğin birim fiyatı, buhardan elde edilen gelirin toplamdaki gideri karşılama oranı, maliyet ağırlıklı kullanım faktörü gibi termo-ekonomik performanslara olan etkisi enerji, ekserji ve ekonomik analiz yapılmıştır. Bunun ayrıntılı analizi için FORTRAN dili ile yazılmış bilgisayar programı yazılmıştır. Çevre nemi artıkça elektriğin maliyeti düşmekte, ancak daha az buhar üretildiği için buhar gelirinin toplam gideri karşılamasının oranı azalmaktadır. Fakat Z faktörü denilen kayıp ekserjinin faydalı ekserjiye oranı azalmış yani üretilen elektriğin verimi artmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Termo-ekonomi, Kojenerasyon, Performans, Maliyet.

## 1. GİRİŞ

Artan enerji üretiminden, dönüşümünden dolayı çevrenin kirliliğide fazlalaşmakta, ve global ısınmayla iklim değişikliklerine sebep olmaktadır. Enerjinin üretim, dönüşüm ve iletilmesinde verimin artışı ile maliyetler ve çevre kirliliğini azaltacağından büyük önem kazanmaktadır. Kojenerasyon tesislerinde elektrikle ısı enerjisi aynı anda ve tesiste üretildiği için yakıt çok yüksek verimde kullanılmış olmaktadır. Bu yüzden kojenerasyon şeklindeki üretim yüksek avantajlara sahip olmakta ve değişik güçler için ilgi görmekte ve tercih edilmiş olmaktadır. Kojenerasyonda elde edilen buhar enerjisi ve elektrik enerjisi konvansiyonel sistemlere göre hem daha verimli hem de daha ekonomik olmakta ve çevreyi daha az kirletmektedir. Gaz türbininde genişletildikten sonra çıkan sıcak egzoz gazının ısı enerjisinin büyük bir kısmı ile sıcak su ya da kızgın buhar üretilmektedir. Bu şekilde egzoz gazının ısı enerjisi atmosfere atılmadan önce kullanılıp çevreye atılmaktadır. Bu sıcak egzoz gazı enerjisiyle ısısı (buhar-sıcak su) üretimi ile absorbsiyonlu soğutma tesisi ekleyerek soğutma da yapmakta mümkündür. Bu şekilde aynı anda üç farklı enerjinin türleri üretildiğinden bu üretim tarzılarına trijenerasyon denir.

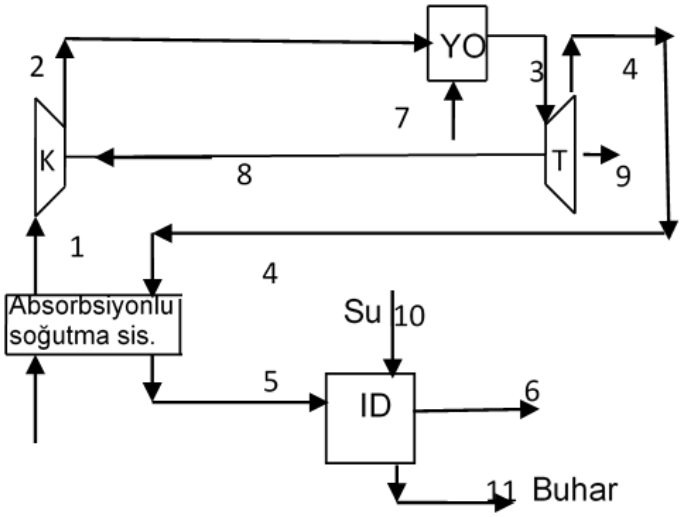
En iyi tasarımın ve en iyi çalışma koşullarının sağlanması ve bulunması ile zaten verimli olan kojenerasyon tesislerinin verimini daha da artırmak mümkün olabilmektedir.
Kompresyon oranıyla hava yakıt oranlarının ayarlanması yolu ile piyasanın değişken elektrik--buhar taleplerine cevap vermek ve esnek üretim sağlanabilmektedir. Bu durum kompresör çıkış basıncını değiştirek daha çok elektriğin ve daha az buharın veya daha fazla buharın daha az elektriğin üretimi sağlanabilmektedir. Basit bir kojenerasyon sistemine kompresör giriş havasının soğutulması amacı ile ve kojenerasyonun egzoz ısı enerjisi ile çalışan absorbsiyonlu soğutma tesisi koymak, kompresöre giriş havası içine su zerrelerini püskürtmek, yanmanın olduğu odaya buharın püskürtülmesi şeklindeki metodlarla verimi artırmak mümkün olmakta bu yöntemler birçok tesiste uygulama bulmaktadır. Verimin artırılma yolu ile maliyetler de düşmekte olup daha ekonomik üretim sağlamak mümkün olup, önemlidir.
Kojenerasyon çevrimlerinde termodinamik analiz enerji, kütle ve ekserji analizi yöntemleri kullanılmasıyla yapılır. Burada ekonomik analizde ekonomik metodlar kullanılmakta ve yapılmaktadır. Termoekonomik analizde ise ekonomik, enerji, ekserji ve kütle analiz metotlarının birlikte kullanılması söz konusudur. Termoekonomik analiz yapılırken üretilen her bir ürün için maliyet ve her bir akış için ve her bir aygıtın maliyeti ortaya konarak bulunur. Böylece hangi aygıtlarda ve hangi çalışma koşullarında maliyetlerin ne kadar arttığı anlaşılır ve bunlara göre önlem ve çareler bulunabilir ve uygulanabilir.
Kojenerasyon tesislerinde havanın sıkıştırıldığı bir kompresör ile yakıtın yakıldığı yanmanın gerçekleştiği bir oda mevcuttur. Burada yakıtın bileşimi ve havadaki bileşenler verim üzerine çok etkili olurlar. Yanma odasında elde edilen sıcak egzoz gazı bir gaz türbininde genişletilip mekanik enerjisi elde edilir. Gaz türbini çıkışındaki egzoz gazları hala sıcak olduğundan bir ısı değiştiricisi (HRSG) ile sıcak su-buhar elde edilir. Yanmadaki hava çevredeki hava olup çevre havası basıncı, sıcaklığı ve mutlak nemi verim üzerine çok önemli etkide bulunur.
Bu çalışmada çevre şartlarından mutlak nemin, kompresörün giriş havasını egzostaki atık ısı ile absorbsiyonlu tesisin çalıştığı gaz türbinli kojenerasyon çevrimlerinin termo ekonomik performansına etkisi, enerji ve ekserji ile iktisadi metotların birlikte kullanımı ile analiz edilmiş ve gösterilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOD

Kompresöre giriş havasının egzoz gazı ısısı ile çalışan absorbsiyon yöntemi kullanana soğutma tesisiyle soğutulduğu gaz türbinli kojenerasyon tesisin şekli aşağıdaki Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu çevrimde kütle ve enerji alışverişi mevcut olup, kompresörde sıkıştırılacak hava absorpsiyon soğutmalı tesisiyle soğutmaya tabi tutulur. Kompresörde sıkıştırılan hava daha sonra yanma odasına verilip metanla yakılır. Yüksek basınçta ve sıcaklıkta yani 1400 $^0$C civarında sıcaklıkta olan ve gaz türbinine giren egzoz gazları, mekanik enerji elde etmek için genişlemeye tabi tutulur. Elektrik jeneratörü ile mekanik enerjiden elektrik enerjisi üretilir. Gaz türbininden 800-950 $^0$C sıcaklıkta, alçak basınçta çıkmış egzoz gazlarının ısı enerjisiyle absorbsiyonlu soğutma sistemiyle kompresöre girecek hava soğutulur. Buradan egzoz gazları buhar üretecine verilir ve kalan ısı enerjisiyle su ısıtılır ya da buharlaştırılır [1, 2].

Tablo 1 ve Tablo 2'de kompresöre giriş havasının egzoz gazının ısısı ile çalışan absorbsiyonlu bir soğutma sistemiyle soğutulduğu gaz türbinli kojenerasyon çevrimin ve aygıtlarının bu çalışmada kullanılan kütlelerin, enerjilerin, entropilerin, ekserjilerin ve ekserji verimleri

denklemi verilmiş olup yapılan termodinamik hesaplar ve analizler bunlarla yapılmış ve hesabı yapılmıştır. Bu eşitlikler FORTRAN'ın programlama kodu yazılarak hesaplanmıştır. Burada şekli verilen çevrim [1] "Thermal design and optimization" isimli kitaptan alınarak buna bir absorbsiyonlu soğutma tesisi eklenmiş, hesapları ve analizi o şekilde yapılmış ve sunulmuştur.




**Görsel 1. Kompresöre giriş havasının absorbsiyonlu soğutma tesisiyle soğutulduğu gaz türbinli kojenerasyon çevrimi.**

**Çizelge 1. Absorpsiyonlu soğutma ile giriş havası soğutulan kojenerasyon çevriminin cihazlarının kütle, enerji ve entropi denklemleri. [1, 2, 3].**

| CİHAZ | Kütle denklemi | Enerji denklemi | Entropi denklemi |
|---|---|---|---|
| Kompresör | $\dot{m}_1 = \dot{m}_2$ | $\dot{m}_1 h_1 + \dot{W}_K = \dot{m}_2 h_2$ | $\dot{m}_1 s_1 - \dot{m}_1 s_2 + \dot{S}_{üret,K} = 0$ |
| Yanma odası | $\dot{m}_2 + \dot{m}_7 = \dot{m}_3$ | $\dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_7 h_7 = \dot{m}_3 h_3 + 0.02\dot{m}_7 LHV$ | $\dot{m}_2 s_2 + \dot{m}_7 s_7 - \dot{m}_3 s_3 + \dot{S}_{üret,YO} = 0$ |
| Türbin | $\dot{m}_3 = \dot{m}_4$ | $\dot{m}_3 h_3 = \dot{W}_T + \dot{W}_K + \dot{m}_4 h_4$ | $\dot{m}_3 s_3 - \dot{m}_4 s_4 + \dot{S}_{üret,T} = 0$ |
| HRSG | $\dot{m}_5 = \dot{m}_6$<br>$\dot{m}_{10} = \dot{m}_{11}$ | $\dot{m}_5 h_5 + \dot{m}_{10} h_{10} = \dot{m}_6 h_6 + \dot{m}_{11} h_{11}$ | $\dot{m}_5 s_5 + \dot{m}_{10} s_{10} - \dot{m}_6 s_6 - \dot{m}_{11} s_{11} + \dot{S}_{üret,HRSG} = 0$ |
| Tüm çevrim | $\bar{h}_i = f(T_i)$<br>$\bar{s}_i = f(T_i, P_i)$<br>$\dot{m}_{hava} h_{hava} + \dot{m}_{yakıt} LHV_{CH4} - \dot{Q}_{kayıp,YO} - \dot{m}_{eg.ç} h_{eg.ç} - \dot{W}_T - \dot{m}_{buhar}(h_{su,g} - h_{buhar,ç}) = 0$<br>$\dot{Q}_{kayıp,YO} = 0.02\dot{m}_{yakıt} LHV_{CH4}$ | | |

**Çizelge 2. Absorpsiyonlu soğutma ile giriş havası soğutulan kojenerasyon çevriminin cihazlarının ekserji ve ekserji verimi denklemleri [1, 2, 3].**

| CİHAZ | Ekserji denklemi | Ekserji denklemi |
|---|---|---|
| Kompresör | $\dot{E}_{Ka,K} = \dot{E}_1 + \dot{W}_K - \dot{E}_2$ | $\eta_{ex,K} = \frac{\dot{E}_{out,K} - \dot{E}_{in,K}}{\dot{W}_K}$ |
| Türbin | $\dot{E}_{Ka,T} = \dot{E}_3 - \dot{E}_4 - \dot{W}_K - \dot{W}_T$ | $\eta_{ex,T} = \frac{\dot{W}_{net,T} + \dot{W}_K}{\dot{E}_{g,T} - \dot{E}_{ç,T}}$ |
| HRSG | $\dot{E}_{Ka,HRSG} = \dot{E}_5 - \dot{E}_6 + \dot{E}_{10} - \dot{E}_{11}$ | $\eta_{ex,HRSG} = \frac{\dot{E}_{buhar,HRSG} - \dot{E}_{su,HRSG}}{\dot{E}_{g,eg,HRSG} - \dot{E}_{ç,eg,HRSG}}$ |
| Yanma odası | $\dot{E}_{Ka,YO} = \dot{E}_2 + \dot{E}_7 - \dot{E}_3$ | $\eta_{ex,YO} = \frac{\dot{E}_{ç,YO}}{\dot{E}_{g,YO} + \dot{E}_{yakıt}}$ |
| | Ekserji verimi | $\dot{E} = \dot{E}_{fiz} + \dot{E}_{kim}$<br>$\dot{E}_{fiz} = \dot{m}(h - h_0 - T_0(s - s_0))$<br>$\dot{E}_{kim} = \frac{\dot{m}}{M}\left\{\sum x_k \bar{e}_k^{kim} + \bar{R}T_0 \sum x_k \ln x_k\right\}$<br>$\eta_{ex} = \frac{\dot{W}_{net,T} + (\dot{E}_{buhar,HRSG} - \dot{E}_{su,HRSG})}{\dot{E}_{yakıt}}$ |

Termoekonomik yöntem termal sistemin tasarımında çok önemli yöntemlerdendir. Termoekonomik yöntemde termodinamiğin birinci ve ikinci kanunlarına dayanan termodinamik modeller ile ekonomik modellerin birleştirilmesi ile meydana getirilmiş yöntemdir. Bu metotta gaye kojenerasyon çevrimindeki aygıtların hepsinin ekserji verimine, aygıtların ürünlerinin ekserjisine bağlı olarak yatırım maliyetlerine ve tesisin çalıştırılması için gereken yakıt gibi maliyetlerini bulmaktır. Kojenerasyon çevriminde maliyet şöyle yazılır;

$$\dot{C}_T = \dot{Z}_K + \dot{Z}_{YO} + \dot{Z}_T + \dot{Z}_{AIGK} + c_Y \dot{E}_Y - c_{el}\dot{W} - c_Q \dot{E}_Q$$

İlk dört terim yatırım maliyetleriyle ilgilidir [1]. Maliyet hesabını her şirket kendisine özgü metotlarla yapar. Bu çalışmada ihtiyaç duyulan gelir yöntemi kullanılacak olup [1] kaynağından alınmıştır. İhtiyaç duyulan gelir yönteminde ana ürün maliyetleri dört aşamada hesabı yapılır. Bunlar toplam yatırım maliyeti hesabı, ekonomi hesabı, finans ve pazar girdileri parametreleri hesabı, gerekli toplam gelirin hesabı, ürün maliyetinin günlük değerlerle hesabıdır. Burada toplam kurulumun ve ekipmanın maliyetleri

$$C_{top.ekip.} = C_{ekip.} + C_{kurul.} + C_{boru.} + C_{olc.kon.} + C_{elek.mal.}$$

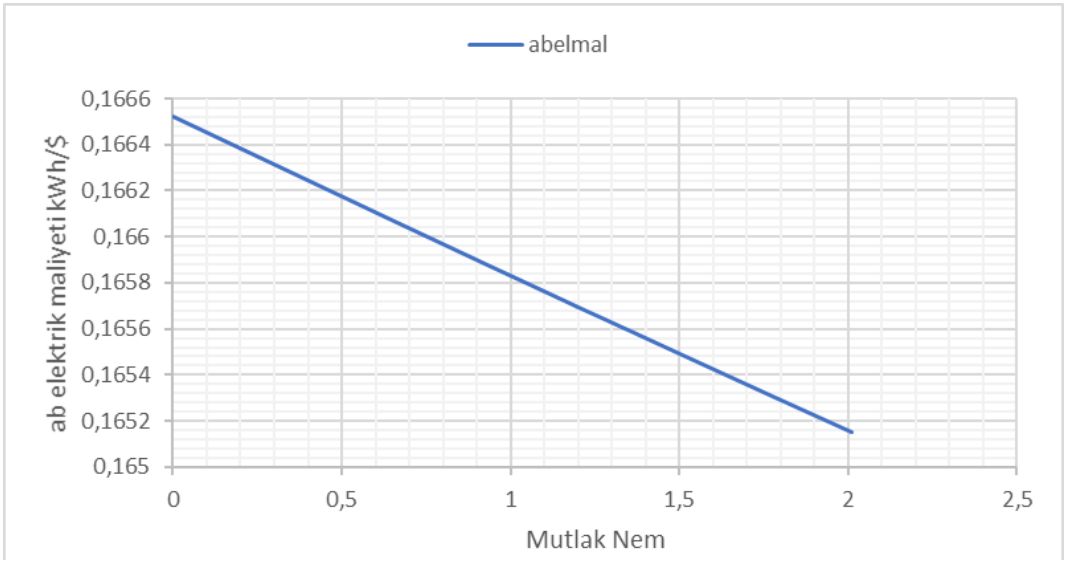
Maliyetlerin dengesiyle ve sürekli çalışmanın durumları ve tüm tesis için, $C_{üründop}$ tesisin ürün maliyeti, $C_{yaktop}$ yakıtların maliyeti, $Z_{top}^{YM}$ yatırımın maliyeti, $Z_{top}^{TB}$ tamirin ve bakımın maliyeti şöyle yazılabilir:

$$C_{üründop.} = C_{yak.top.} + Z_{top.}^{YM} + Z_{top.}^{TB} = C_{yak.top.} + Z$$

$Z_{top.}^{YM}$ ve $Z_{top.}^{TB}$ yıllık değerin yılda çalışılan saatler ya da saniyeler değerine bölünmesiyle hesaplanmaktadır [1]. Termoekonomik analizlerin diğer ayrıntıları [1] kaynağından ayrıntılı incelenebilir.

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Termodinamiğin enerji, ekserji ve ekonomik metotlar kullanılarak ki yukarıda verili tablolarda gösmiştir, elde edilen veriler aşağıda eğrilerle verilmiştir.
Görsel 2'de absorpsiyonlu soğutma yapılan gaz türbinli kojenerasyon tesisinin elektrik maliyeti mutlak nem oranı ile değişimi gösterilmiştir. Burada mutlak nem oranını arttıkça üretilen elektriğin maliyetide azalmaktadır.




**Görsel 2. Absorpsiyonlu soğutma ile giriş havası soğutulan kojenerasyon tesisinin elektrik maliyetinin mutlak nem oranıyla değişimi.**

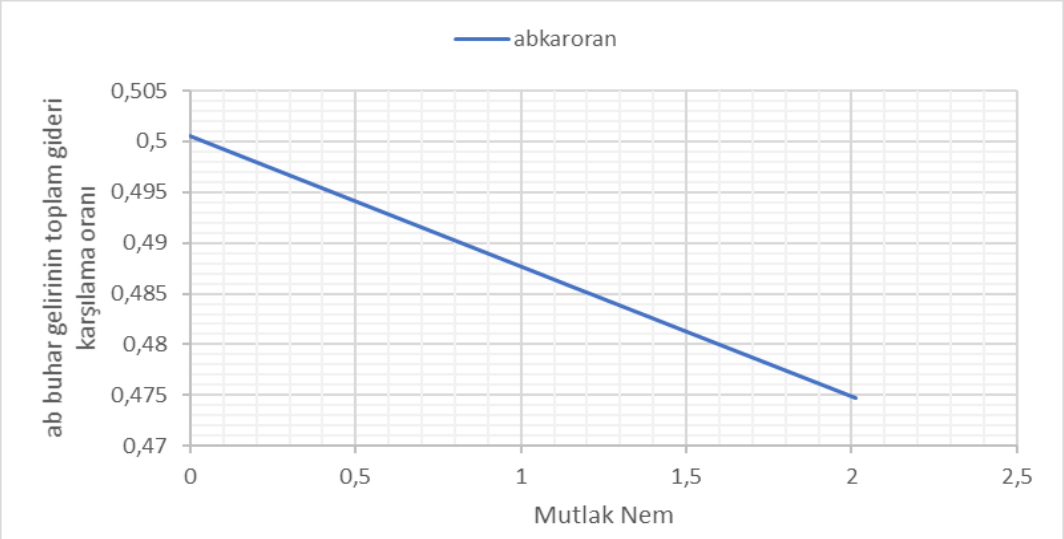
Görsel 3'te absorpsiyonlu soğutma ile giriş havası soğutulan kojenerasyon tesisinin buhar gelirinin toplam gideri karşılama oranları mutlak nem ile değişimi verilmiştir. Burada mutlak nem oranı yükseldikçe buhar gelirinin de toplam gideri karşılama oranı düşmektedir. Buna sebep mutlak nem oranı artınça üretilen elektrikte artmakta fakat üretilmekte olan buhar azaldığı için toplamdaki buharın geliride azalıp buhar geliri toplam gideri karşılama oranıda da düşmektedir.

Görsel 4'te absorpsiyonlu soğutma ile giriş havası soğutulan kojenerasyon tesisinin maliyet ağırlıklı kullanım faktörünün (MAKF) mutlak nem ile değişimi gösterilmiştir. Buradaki görülen mutlak nem oranları artınca maliyet ağırlıklı kullanım faktörleri artış göstermektedir. Burada sebep nem oranı artınca maliyette de artış olmaktadır.

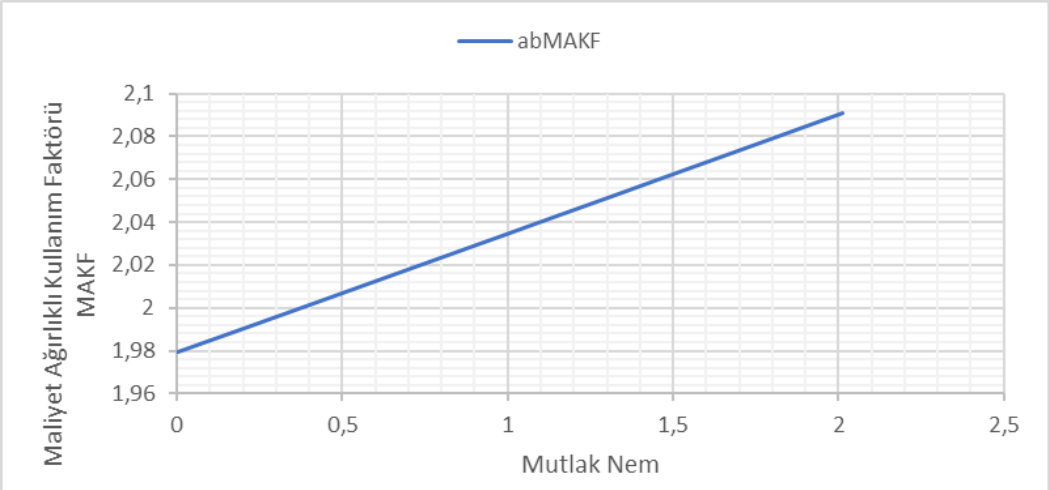
Görsel 5' te absorpsiyonlu soğutma ile giriş havası soğutulan kojenerasyon tesisinin Z faktörünün (kayıp ekserjinin faydalı ekserji oranı) mutlak nem ile değişimi gösterilmiştir. Burada da mutlak nem oranı arttıkça, Z faktörü düşmekte, çevrimin verimi yükselmektedir. Burada sebebte mutlak nem oranı artınca ekserjileri yüksek olan elektriğin üretiminide arttırmakta ve ekserjileri düşük olan buharın miktarı düşmektedir.

Görsel 6'da absorpsiyonlu soğutma ile giriş havası soğutulan kojenerasyon tesisinin MAKF denge verimi-Neq'in mutlak nem ile değişimi gösterilmiştir. Burada da mutlak nem oranı

artınca MAKF denge verimi (Neq) artmıştır. Bunun nedeni elektriğin üretim maliyetinin artması yüzündendir.



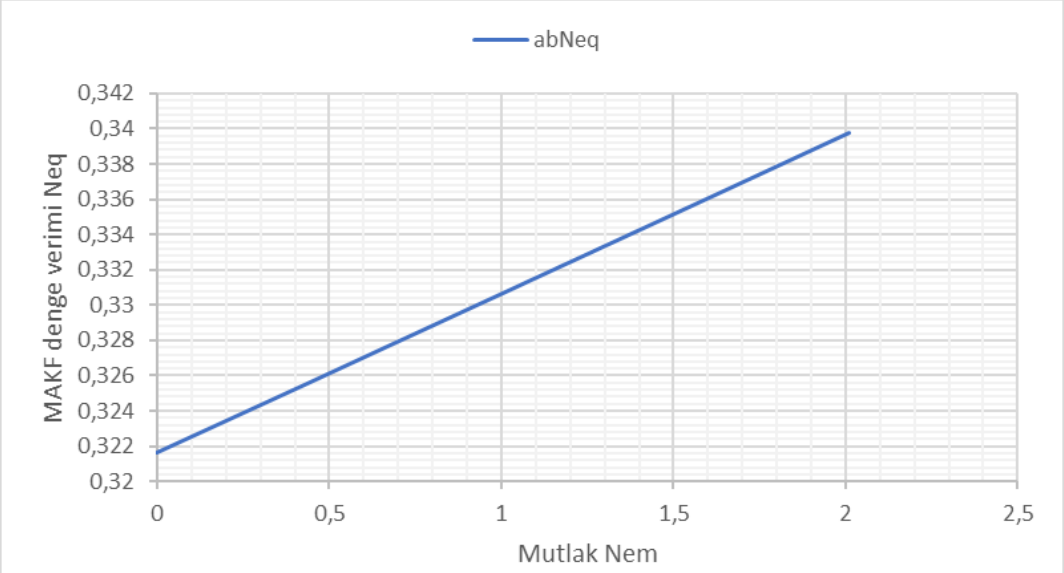

**Görsel 3. Absorpsiyonlu soğutma ile giriş havası soğutulan kojenerasyon tesisinin buhar gelirlerinin toplam giderleri karşılama oranının mutlak nemle değişimi.**




**Görsel 4.. Absorpsiyonlu soğutma ile giriş havası soğutulan kojenerasyon tesisinin maliyet ağırlıklı kullanım faktörünün (MAKF) mutlak nemle değişimi.**



**Görsel 5. Absorpsiyonlu soğutma ile giriş havası soğutulan kojenerasyon tesisinin Z faktörü kayıp ekserjinin faydalı ekserjiye oranının mutlak nemle değişimi.**




**Görsel 6. Absorpsiyonlu soğutma ile giriş havası soğutulan kojenerasyon tesisinin MAKF denge veriminin (Neq) mutlak nemle değişimi.**

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Absorpsiyonlu soğutma ile giriş havası soğutulan kojenerasyon tesisinde çevrenin mutlak nem oranı artınca üretilen elektriğin maliyetleri azalmaktadır. Bunun sebebi mutlak nem oranı arttıkça üretim verimini artırmakta olup elektrik maliyetini azaltmaktadır, aynı şekilde mutlak nem oranı artınca buhar gelirinin toplam giderleri karşılama oranları düşmektedir. Ayrıca mutlak nem oranı artınca, Z faktörü kayıp ekserjilerin faydalı ekserjilere oranları düşmekte yani sistemin verimi yükselmektedir. Bunun sebebi mutlak nem oranları artınca ekserjileri yüksek elektriğin üretim durumu artış göstermekte ekserjileri az olan buharın ekserjisi düşmektedir.

KAYNAKLAR

1. Bejan, A., Tsatsaronis, G., Moran, M. (1996). *Thermal design and optimization.* Danvers, Massachusetts: Wiley Pub.
2. Wang, J., Dai, Y., Gao, L. Parametric analysis and optimization for a combined power and refrigeration cycle. Applied Energy. 85, 2008, p:1071–1085. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.02.014
3. Ganjehkaviri, A., Mohd Jaafar, M.N., Ahmadi, P., Barzegaravval, H. Modelling and optimization of combined cycle power plant based on exergoeconomic and environmental analyses. Applied Thermal Engineering. Vol.67, Issues 1–2, June 2014, Pages 566-578. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.03.018
4. Karaali, R. Exergy Analysis of a combined power and cooling cycle. Acta Phys. Pol. A Vol. 130, No. 1, 2016, p:209-213. DOI: 10.12693/APhysPolA.130.209

# KOMPRESYON ORANININ HAVA SOĞUTMALI GAZ TÜRBİNLİ KOJENERASYON ÇEVRİMLERİNİN TERMOEKONOMİK PERFORMANSINA ETKİSİ

**Doç.Dr. Rabi KARAALİ**
Bayburt Üniv., rabikar@gmail.com - **ORCID:** 0000-0002-2193-3411
**Öğr.Gör.Dr. Arzu KEVEN**
Kocaeli Üniv., arzu.keven@kocaeli.edu.tr - **ORCID:** 0000-0003-0040-9167

## ÖZET

Elektrik ve ısıyı eş zamanlı yani aynı anda üretimini sağlayan kojenerasyon tesisleri yakıtları çok verimli kullandığından, çok fazla avantajlı, kompakt ve ekonomiktir. Büyük, orta ya da küçük ölçeklerde son otuz yılda Dünya'da yaygınlık ve ilgi kazanmakta olup çok çeşitli yakıt kullanabilme esnekliğine de sahiptir. Kompresör giriş havası egzoz gazı ısısı ile çalışan absorpsiyon sistemli soğutma ile soğutulduğu gaz türbinli kojenerasyon tesisinde kompresyon oranlarının, üretilen elektrik birim fiyatı, buhar satışından elde edilen gelirin toplamdaki gideri karşılama oranı, maliyet ağırlıklı kullanım faktörü gibi termo-ekonomik performanslara olan etkisi enerji, ekserji ve ekonomik analizi yapılmış ayrıca tartışılmıştır. Bunun sayısal analizi için FORTRAN diliyle bir bilgisayar programı yapılmıştır. Kompresyon oranı artıkça elektriğin maliyeti artmakta ve daha az buhar üretilebildiği için buhar gelirinin toplam gideri karşılama oranı azalmaktadır. Ancak Z faktörü denilen kayıp ekserjinin faydalı ekserjiye oranı azalmakta yani elektrik verimi artmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kojenerasyon, Termo-ekonomi, Kompresyon oranı, Maliyet.

## 1. GİRİŞ

Dünya'da enerjilerin üretimleri ve dönüşümleri artması yüzünden çevre kirliliği artmakta olup, bu artışta küresel ısınma ve iklim değişikliğine yol açmaktadır. Enerjin üretimi, dönüşümü ve iletiminde verimin artışı ile hem maliyetler hem de çevre kirliliği azalacağından çok önem göstermektedir. Kojenerasyon çevrimlerinde elektrik-ısı enerjileri aynı an ve aynı tesis içinde elde edilmekte olup yakıtlar yüksek verimlerde kullanılmaktadır. Böylece kojenerasyonla üretimler çok büyük avantajlar içermekte ve büyük ya da küçük yani makro ya da mikro ölçeklerde Dünya'da alaka ve yaygınlık kazanmaktadır. Kojenerasyon tesisinde üretilen buharın enerjisi ile elektriğin enerjisi konvansiyonel tesislere göre daha verimli ve daha iktisatlı olmakta ayrıca çevre de daha az kirlenmektedir. Gaz türbini içinde genişletilip mekanik enerji üretildikten sonra çıkan sıcak egzoz gazının ısı enerjisinin çok fazla bir kesimi ile sıcak su veya kızgın buhar üretilebilmektedir. Böylece egzoz gazının ısısının enerjisi kullanılarak en az kayıpla çevreye atılmış olur. Burada sıcak egzoz gazlarının enerjisi ile ısı enerjisi

buhar-sıcak su üretimiyle beraber absorbsiyonlu soğutma çevrimi eklenerek soğutma da yapmak mümkün olabilmektedir. Böylece aynı anda üç farklı enerji türü üretimi gerçekleştiren bu üretim tarzı trijenerasyon olarak adlandırılmaktadır. En iyi tasarım ile en iyi çalışma şartlarının sağlanmasıyla verimli olan kojenerasyon tesislerinin verimi daha fazla artırılabilmektedir.

Kompresyon oranı ile hava yakıt oranının ayarlanması yoluyla piyasanın değişen elektrik-buhar ihiyacını karşılamak yolu ile de esnek üretimde sağlanabilmektedir. Bu durumda kompresör çıkış basınçları değiştirme ile daha fazla elektrik daha az buhar ya da daha çok buhar daha az elektrik üretimleri sağlanabilir. Verimi daha da artırmak mümkün olup, basit bir kojenerasyon tesisine giriş havasının sıcaklığının düşürülmesi için kojenerasyonun egzoz ısısıyla çalışan absorbsiyonlu soğutma kullanmak, kompresör giriş havasına su zerreleri püskürtmek, yanma odasına buhar püskürtmek gibi metotlarla verim daha fazla artırılabilmekte mümkün olup bunlar birçok tesiste uygulanabilmektedir. Verimin artırılması yolunda maliyette düşmekte ve daha iktisatlı üretimin yapılmasını sağlamak mümkün ve önemli olmaktadır.

Kojenerasyon tesislerinde termodinamik inceleme kütle, enerji ile ekserji analizleri yöntemlerinin kullanılması ile yapılmaktadır. Bu ekonomik analiz için ekonomik yöntemler kullanılıp ve uygulanmaktadır. Termo-ekonomik analizlerde kütle, enerji, ekserji ve ekonomik analizler beraber kullanılır. Termo-ekonomik inceleme yapılırken, üretilen her bir ürün için maliyetler ve akışlar içinde ve her bir aygıt içinde maliyetler hesaplanarak bulunur. Bu şekilde hangi aygıtta ve hangi çalışma koşulunda maliyetlerin değişimi bilinebilir ve buna göre gerekli tedbir ve çareler uygulanabilmektedir.

Kojenerasyon tesisinde havanın sıkıştırılması için kompresör ve yakıtın yakılması için de yanmanın olduğu bir oda vardır. Kullanılan yakıtın birleşimi ile havadaki gazlar verimin üzerinde çok etkilidirler. Bu tesislerde çoğu zaman metan veya doğal gaz kullanılmakta olup başka çeşit gaz etan bütan gibi veya sıvı yakıtlarda kullanmak mümkün olup yakıt konusunda esneklikte mevcuttur. Yanma odasından üretilen yüksek sıcaklıktaki egzoz gazları bir gaz türbininde genişletilerek mekanik enerji üretilir. Gaz türbini çıkışında egzoz gazları hala sıcak olup ısı değiştiricisi (HRSG) yoluyla sıcak su veya buhar üretilir. Yanma havaları çevrenin havası olduğu için çevrenin hava basıncı, sıcaklığı, mutlak nemi gibi özellikler verimin üzerinde çok önemli etkilerde bulunurlar.

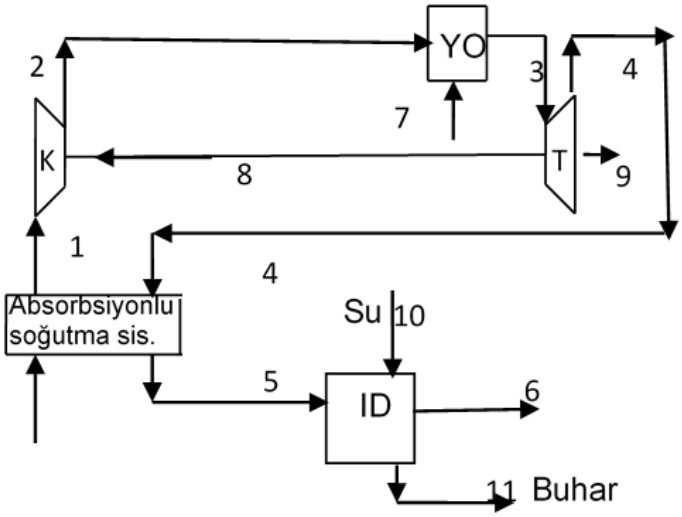
Bu çalışmada, kompresör giriş havasının egzoz atık ısısı ile absorbsiyonlu sistemin çalıştırıldığı gaz türbinli kojenerasyon çevrimlerinde kompresyon oranının termo-ekonomik performanslara olan etkileri, enerji, ekserji ile ekonomik metodların beraber kullanılması ile incelenmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

Kompresör giriş havası, egzoz gazının ısıları ile çalıştırılan absorbsiyonlu bir soğutma sistemiyle soğutulmakta olan bir gaz türbinli kojenerasyon çevrimin şekli aşağıda Şekil 2'de verilmiştir. Burada kütlelerin ve enerjilerin alışverişi olmakta ve kompresörde sıkıştırılıp basılacak hava önce absorbsiyonlu bir soğutma tesisiyle soğutulur. Kompresörde sıkıştırılan hava daha sonra yanma odasında doğal gazla yanar. Yüksek basınç ve sıcaklıkta olan yani yaklaşık 1400 $^{0}$C dolaylarındaki sıcaklıklardaki egzoz gazları gaz türbinine girerek, mekanik

enerji eldesi için genişletilir. Bir elektrik jeneratörüyle bu mekanik enerjilerden elektrik enerjisi meydana getirilir. Gaz türbininden 750-900 $^0$C sıcaklıklarda ve düşük basınçlarda çıkan egzoz gazının bir miktar ısı enerjisi absorbsiyonlu bir soğutma tesisinde kompresöre girecek havayı soğutmakta ve buradan da egzoz gazları HRSG-buhar üretecine gönderilerek ısı enerjisiyle suyun ısıtılması ya da buharlaştırılması sağlanır [1, 2, 3].

Tablo 1 ve Tablo 2'de kompresör giriş havası, egzoz gazındaki ısı ile çalışan bir absorbsiyonlu soğutma tesisi ile soğutulan gaz türbinli kojenerasyon tesis, ve aygıtları bu bildiride kullanılan kütle, enerji, entropi, ekserji ve ekserji verimi denklemleri gösterilmiş ayrıca hesap ve analiz bunlarla hesaplanmıştır. Bu eşitliklerde FORTRAN programlama kodlarıyla yazılmış ve çalıştırılmıştır. Buradaki tesis [1] "Thermal design and optimization" isimli kaynaktan alınmış ve bir absorbsiyonlu soğutma sistemi eklenerek, hesap ve analizleri yapılmıştır.




**Görsel 1. Kompresör giriş hava absorbsiyonlu bir soğutma sistemiyle soğutulan gaz türbinli kojenerasyon tesisi.**

**Çizelge 1. Absorpsiyon soğutmalı kojenerasyon çevriminin aygıtlarının kütle, enerji ve entropi denklemleri. [1, 2, 4].**

| AYGIT | Kütle denklemi | Enerji denklemi | Entropi denklemi |
|---|---|---|---|
| Kompresör | $\dot{m}_1 = \dot{m}_2$ | $\dot{m}_1 h_1 + \dot{W}_K = \dot{m}_2 h_2$ | $\dot{m}_1 s_1 - \dot{m}_1 s_2 + \dot{S}_{üret,K} = 0$ |
| Yanma odası | $\dot{m}_2 + \dot{m}_7 = \dot{m}_3$ | $\dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_7 h_7 = \dot{m}_3 h_3 + 0.02\dot{m}_7 LHV$ | $\dot{m}_2 s_2 + \dot{m}_7 s_7 - \dot{m}_3 s_3 + \dot{S}_{üret,YO} = 0$ |
| Türbin | $\dot{m}_3 = \dot{m}_4$ | $\dot{m}_3 h_3 = \dot{W}_T + \dot{W}_K + \dot{m}_4 h_4$ | $\dot{m}_3 s_3 - \dot{m}_4 s_4 + \dot{S}_{üret,T} = 0$ |
| HRSG | $\dot{m}_5 = \dot{m}_6$<br>$\dot{m}_{10} = \dot{m}_{11}$ | $\dot{m}_5 h_5 + \dot{m}_{10} h_{10} = \dot{m}_6 h_6 + \dot{m}_{11} h_{11}$ | $\dot{m}_5 s_5 + \dot{m}_{10} s_{10} - \dot{m}_6 s_6 - \dot{m}_{11} s_{11} + \dot{S}_{üret,HRSG} = 0$ |
| Tüm çevrim | $\bar{h}_i = f(T_i)$<br>$\bar{s}_i = f(T_i, P_i)$<br>$\dot{m}_{hava} h_{hava} + \dot{m}_{yakıt} LHV_{CH4} - \dot{Q}_{kayıp,YO} - \dot{m}_{eg.,ç} h_{eg.,ç} - \dot{W}_T - \dot{m}_{buhar}(h_{su,g} - h_{buhar,ç}) = 0$<br>$\dot{Q}_{kayıp,YO} = 0.02\dot{m}_{yakıt} LHV_{CH4}$ | | |

**Çizelge 2. Absorpsiyon soğutmalı kojenerasyon çevriminin aygıtlarının ekserji ve ekserji verimi denklemleri [1, 2, 3].**

| AYGIT | Ekserji denklemi | Ekserji denklemi |
|---|---|---|
| Kompresör | $\dot{E}_{Ka,K} = \dot{E}_1 + \dot{W}_K - \dot{E}_2$ | $\eta_{ex,K} = \frac{\dot{E}_{out,K} - \dot{E}_{in,K}}{\dot{W}_K}$ |
| Türbin | $\dot{E}_{Ka,T} = \dot{E}_3 - \dot{E}_4 - \dot{W}_K - \dot{W}_T$ | $\eta_{ex,T} = \frac{\dot{W}_{net,T} + \dot{W}_K}{\dot{E}_{g,T} - \dot{E}_{ç,T}}$ |
| HRSG | $\dot{E}_{Ka,HRSG} = \dot{E}_5 - \dot{E}_6 + \dot{E}_{10} - \dot{E}_{11}$ | $\eta_{ex,HRSG} = \frac{\dot{E}_{buhar,HRSG} - \dot{E}_{su,HRSG}}{\dot{E}_{g,eg,HRSG} - \dot{E}_{ç,eg,HRSG}}$ |
| Yanma odası | $\dot{E}_{Ka,YO} = \dot{E}_2 + \dot{E}_7 - \dot{E}_3$ | $\eta_{ex,YO} = \frac{\dot{E}_{ç,YO}}{\dot{E}_{g,YO} + \dot{E}_{yakıt}}$ |
| | Ekserji verimi | $\dot{E} = \dot{E}_{fiz} + \dot{E}_{kim}$<br>$\dot{E}_{fiz} = \dot{m}(h - h_0 - T_0(s - s_0))$<br>$\dot{E}_{kim} = \frac{\dot{m}}{M}\left\{\sum x_k \bar{e}_k^{kim} + \bar{R}T_0 \sum x_k \, lnx_k\right\}$<br>$\eta_{ex} = \frac{\dot{W}_{net,T} + (\dot{E}_{buhar,HRSG} - \dot{E}_{su,HRSG})}{\dot{E}_{yakıt}}$ |

Termo-ekonomik yöntemde termal sistemlerin tasarım analizinde çok önem kazanmış bir yöntemdir. Termo-ekonomik yöntem termodinamiğin birinci ve ikinci yasalarını temel alan termodinamik modellerle iktisadi modellerin birleştirilmesiyle oluşturulmuş bir metottur. Buradaki metotla amaç, kojenerasyon tesisindeki aygıtların ekserji verimi, aygıtların ürünlerindeki ekserjisine bağımlı olarak yatırımın maliyetine ve tesislerin çalışması için gereken girdiler ve yakıtlar gibi maliyetleri bulmak ve hesaplamaktır. Kojenerasyon çevrimi için maliyetler şöyledir;

$$\dot{C}_T = \dot{Z}_K + \dot{Z}_{YO} + \dot{Z}_T + \dot{Z}_{AIGK} + c_Y \dot{E}_Y - c_{el}\dot{W} - c_Q \dot{E}_Q$$

İlk dört terim yatırımın maliyeti ile ilgili olmaktadır [1]. Maliyet hesabını firma kendine has metotla yapmaktadır. Buradaki bildiride gereksinim duyulan gelir yöntemleri kullanılmış olup [1] kaynaktan yararlanılmıştır. Gereksinim duyulan gelir yöntemlerinde ana ürünün maliyetleri dört aşamada hesabı yapılmaktadır. Bu aşamalar yatırım toplam maliyeti, ekonomi hesabı, finans ve pazar girdi parametreleri hesapları, gerekli toplam gelirin hesapları, ürün maliyetinin günlük değerlerle hesaplarıdır. Buradaki toplam kurulumların ve ekipmanların maliyeti

$$C_{top.ekip.} = C_{ekip.} + C_{kurul.} + C_{boru.} + C_{olc.kon.} + C_{elek.mal.}$$

Maliyetin dengesi ve sürekli çalışma durumu ve tüm tesiste, $C_{üründop}$ tesisin ürün maliyetleri, $C_{yaktop}$ yakıt maliyetleri, $Z_{top}^{YM}$ yatırım maliyetleri, $Z_{top}^{TB}$ tamir-bakım maliyetleri şöyledir:

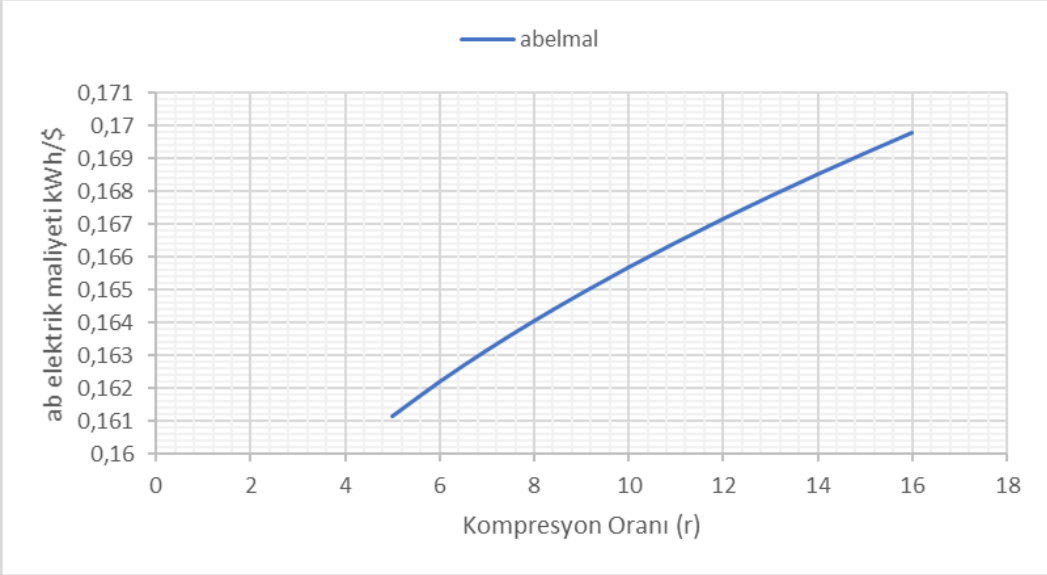
$$C_{üründop.} = C_{yak.top.} + Z_{top.}^{YM} + Z_{top.}^{TB} = C_{yak.top.} + Z$$

$Z_{top.}^{YM}$ ve $Z_{top.}^{TB}$ senelik değerlerin senede çalışılmış saat veya saniye değerine bölünmesi ile hesaplanmaktadır [1]. Termo-ekonomik analizin diğer ayrıntı ve yönleri [1] kaynağından görülebilir.

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Termo-ekonomik yöntemler kullanarak ki yukarıdaki tablolarda verilmiştir, elde edilen veri ve sonuçlar burada eğriler ile gösterilmiştir.

Görsel 2'de absorpsiyon soğutmalı gaz türbinli kojenerasyon çevriminin elektrik maliyetinin kompresyon oranı ile değişimi verilmiştir. Burada kompresyon oranını arttırdıkça üretilmekte olan elektrik maliyeti artmaktadır. Kompresyon oranını artırdığımızda türbinden fazla iş elde edilmekte ancak buhar geliri hızla düşmekte olduğundan elektriğin maliyet fiyatı artmaktadır.




**Görsel 2. Absorpsiyon soğutmalı gaz türbinli kojenerasyon çevriminin elektrik maliyetinin kompresyon oranı ile değişimi.**

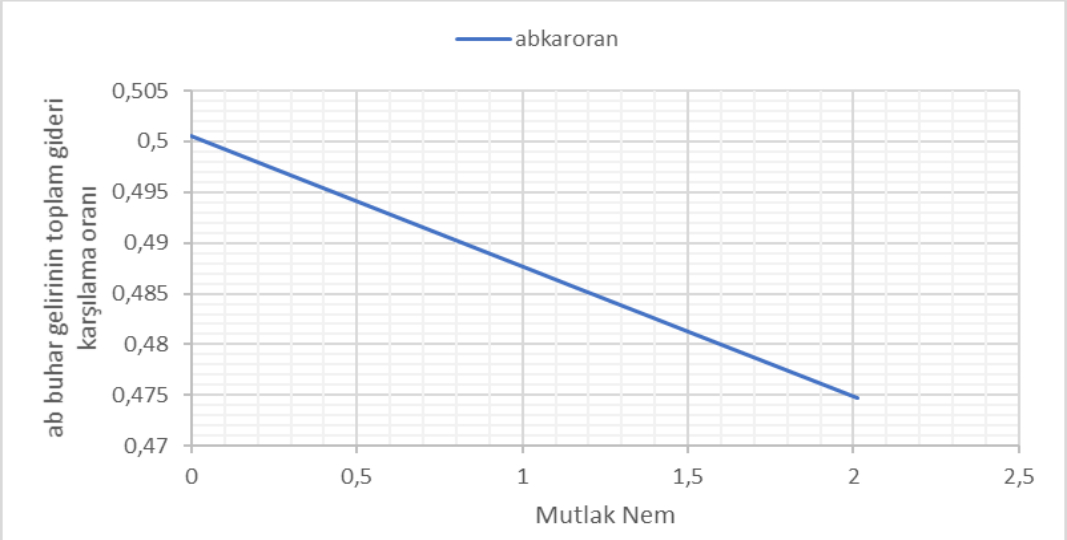
Görsel 3'te absorpsiyon soğutmalı gaz türbinli kojenerasyon çevriminin buhar gelirinin toplam gideri karşılama oranlarının kompresyon oranı ile değişimi verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi kompresyon oranı yükseldikçe buhar gelirinin de toplam giderleri karşılama oranları düşmektedir. Burada sebep kompresyon oranı arttıkça üretilen elektrik artmakta ancak üretilen buhar hızla azalmakta olduğu için toplamda buhar geliri azaldığından buhar gelirinin toplam gideri karşılama oranı da düşmektedir.

Görsel 4' te absorpsiyon soğutmalı gaz türbinli kojenerasyon çevriminin Z faktörü kayıp ekserjinin faydalı ekserji oranının kompresyon oranı ile değişimi verilmiştir. Burada görülmekte olduğu şekilde kompresyon oranı arttırıldıkça, Z faktörü kayıp ekserjinin faydalı ekserjiye oranı azalmakta, tesisin verimini artırmaktadır. Bunun sebebi kompresyon oranı arttıkça ekserjisi yüksek elektrik üretimi artmakta ekserjisi düşük buhar miktarı azalmaktadır.

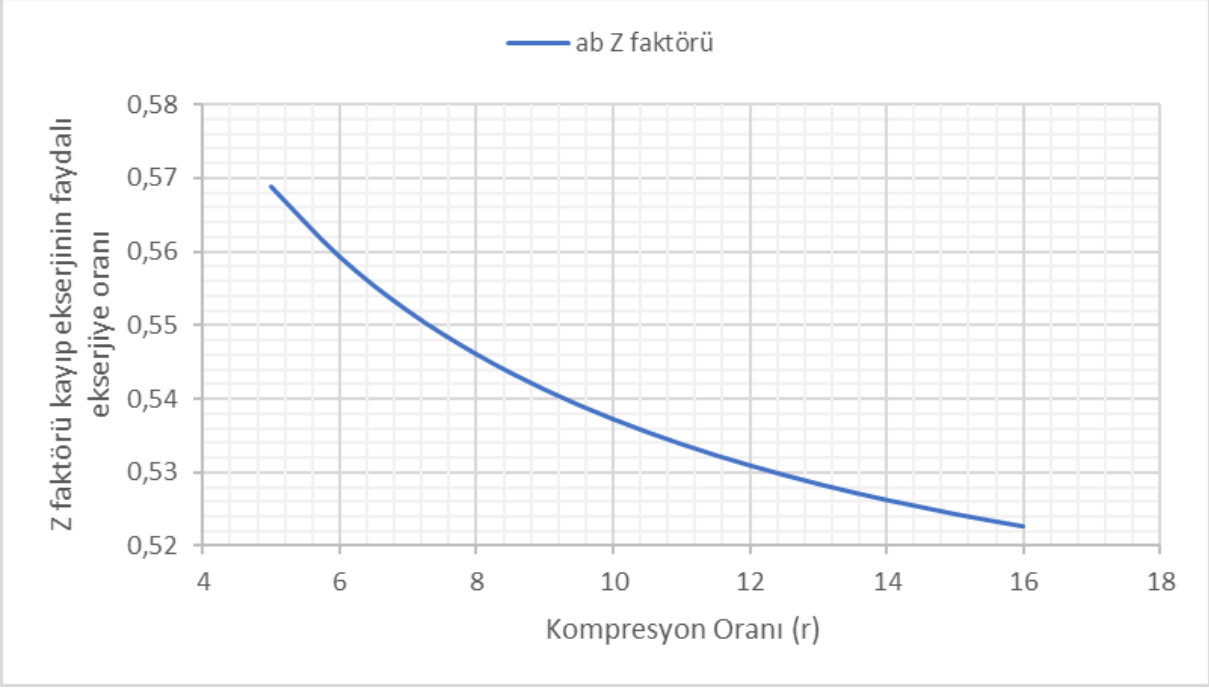
Görsel 5'te absorpsiyon soğutmalı gaz türbinli kojenerasyon çevriminin maliyet ağırlıklı kullanım faktörünün (MAKF) kompresyon oranı ile değişimi verilmiştir. Burada görülmekte olduğu gibi kompresyon oranı arttıkça maliyet ağırlıklı kullanım faktörü artmaktadır. Bunun sebebi kompresyon oranı arttıkça maliyetler de artmaktadır.

Görsel 6'da absorpsiyon soğutmalı gaz türbinli kojenerasyon çevriminin MAKF denge veriminin (Neq) kompresyon oranı ile değişimi verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi kompresyon

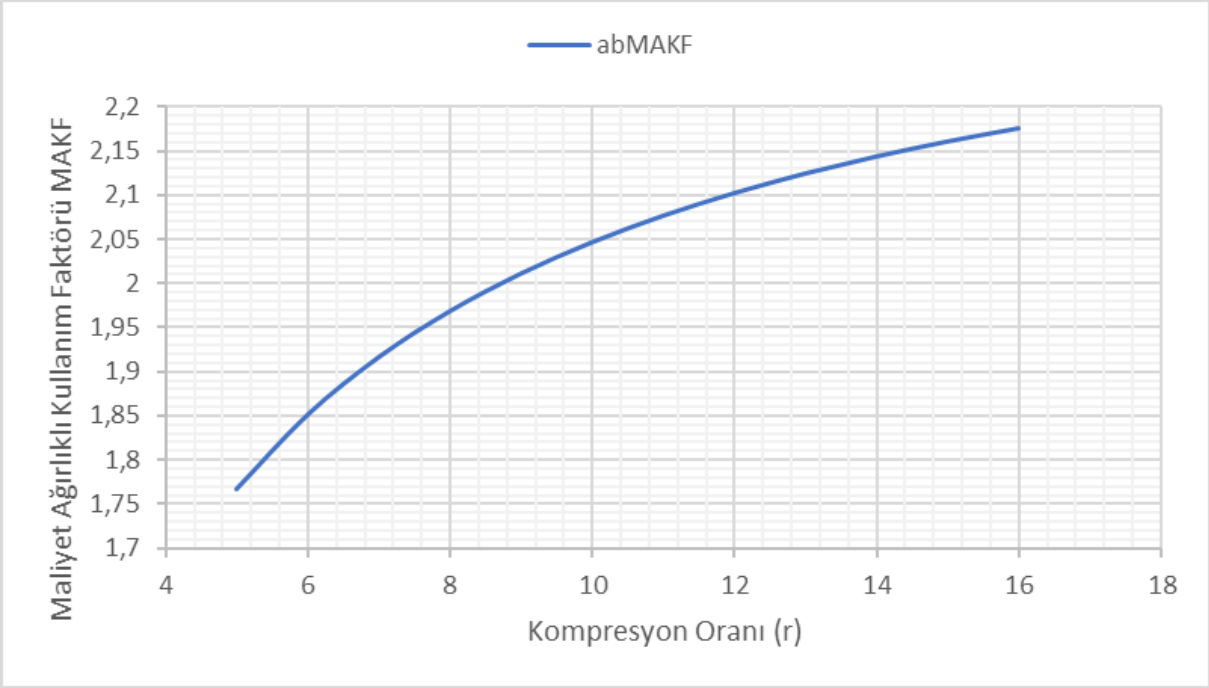
oranı arttıkça MAKF denge verimi (Neq) artmaktadır. Bu da elektrik üretim maliyetlerinin artmasında dolayı olmaktadır.



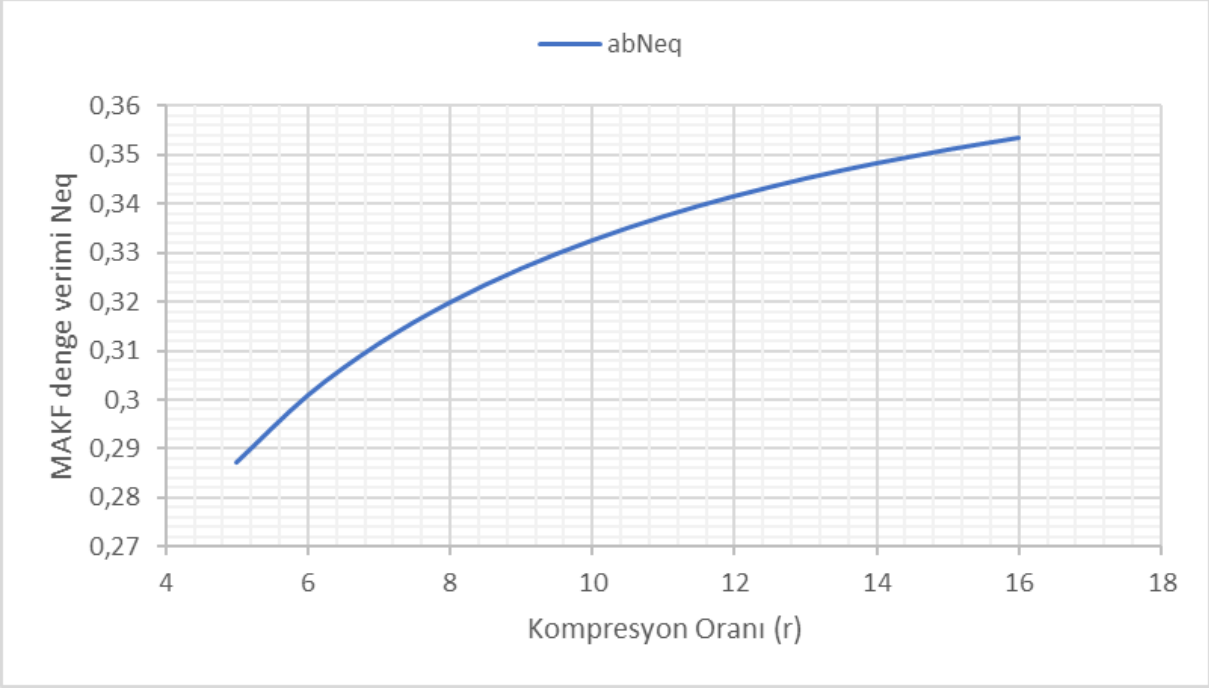

**Görsel 3. Absorpsiyon soğutmalı gaz türbinli kojenerasyon çevriminin buhar gelirinin toplam giderleri karşılama oranının kompresyon oranı ile değişimi.**



**Görsel 4. Absorpsiyon soğutmalı gaz türbinli kojenerasyon çevriminin Z faktörü kayıp ekserjinin faydalı ekserjiye oranının kompresyon oranı ile değişimi.**




**Görsel 5. Absorpsiyon soğutmalı gaz türbinli kojenerasyon çevriminin maliyet ağırlıklı kullanım faktörünün (MAKF) kompresyon oranı ile değişimi.**



**Görsel 6. Absorpsiyon soğutmalı gaz türbinli kojenerasyon çevriminin MAKF denge veriminin (Neq) kompresyon oranı ile değişimi.**

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Absorpsiyon soğutmalı gaz türbinli kojenerasyon çevriminin kompresyon oranını arttırdıkça üretilmekte olan elektrik maliyeti artmaktadır. Kompresyon oranını artırdığımızda türbinden fazla iş elde edilmekte ancak buhar geliri hızla düşmekte olduğundan elektriğin maliyet fiyatı artmaktadır. Aynı sebebten kompresyon oranı yükseldikçe buhar gelirinin de toplam giderleri karşılama oranları düşmektedir. Ancak kompresyon oranı arttırıldıkça, Z faktörü kayıp ekserjinin faydalı ekserjiye oranı azalmakta, yani tesisin verimini artırmaktadır. Bunun sebebi kompresyon oranı arttıkça ekserjisi yüksek elektrik üretimi artmakta ve ekserjisi düşük buhar miktarı azalmaktadır. Ancak kompresyon oranı arttıkça maliyetler de artmakta olduğundan maliyet ağırlıklı kullanım faktörü artmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Bejan, A., Tsatsaronis, G., Moran, M. (1996). *Thermal design and optimization.* Danvers, Massachusetts: Wiley Pub.
2. Karaali, R., Keven, A. (2022). Evaluation of four different cogeneration cycles by using some criteria. *Applied Rheology;* 32: 122–137. https://doi.org/10.1515/arh-2022-0128
3. Karaali, R., Öztürk, I.T. (2017). Performance analyses of gas turbine cogeneration plants. *ISI Bilimi ve Teknigi Dergisi-Journal of Thermal Science and Technology.* vol.37, no:1, pp:25 – 33.
4. Karaali, R., Keven, A. (2022). Evaluation of four different cogeneration cycles by using some criteria. Applied Rheology; 32: 122–137. https://doi.org/10.1515/arh-2022-0128

# AİROFİL TASARIMI VE ANALİZİ

**Öğr. Gör. Mustafa BUĞDAY [1], Mahmut Kornek[2], Ceylin Yılmaz[3]**

[1]Karabük Üniversitesi, Eskipazar Meslek Yüksekokulu, mustafabugday@karabuk.edu.tr, https://orcid.org/0000-0003-4413-509X

[2]Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 2110225036@ogrenci.karabuk.edu.tr, https://orcid.org/0009-0007-6459-5559

[2]Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 2110225513@ogrenci.karabuk.edu.tr, https://orcid.org/0009-0008-2235-4324

**ÖZET**

Airfoil, gelişen teknoloji ve ihtiyaçların artması ile birlikte günümüzde havacılık ve rüzgar türbinleri gibi uygulamalarında sıkça kullanılmaya başlandı. Bu yapının temel amacı kanat yapısından kaynaklanan basınç farkları sayesinde kaldırma kuvveeti oluşmasıdır. Airfoil, hava akışından faydalanarak gerekli tasarımın yapısı tasarlanarak istenen yönde düşük hızlarda bile kaldırma kuvveti elde eldilir. Airfoil'ün tasarımında bulunan eğim, hava akışını hızlandırıp basıncı azaltır; tasarımın alt yüzeyinde ise hava akışının daha yavaş ilerlemesinden daha yüksek basınç oluşur bu farklar kaldırma kuvvetini meydana getirir. Kanat açısı kaldırma kuvvetini doğrudan etkiler aynı zamamda hava direncini artırır.

Bu nedenle bizim de çalışmamızda olduğu gibi tasarım açısının ve şeklinin detaylı ele alınması gerekmektedir. Airfoil tasarımının incelikli ayarlamaları, türbilans etkilerinin azaltılması ve kaldırma oranını optimize etmesi sayesinde uçağın havadaki performansını artırabilir. Bunların en iyi şekilde yapılabilmesi için CAD/CAM sistemleri ile dijital ortamda simüle edilerek en uygun kanat profili belirlenmelidir. Airfoil'ler farklı hızlarda verimli performans sağlıyabilecek şekilde tasarlanmışlardır. Örneğin kargo uçaklarında daha yüksek kaldırma sağlayan kalın airfoiller kullanılır. Hızlı uçaklarda düşük direnç sağlayan ince airfoiller kullanılır. Bu çalışmamız, airfoil tasarımının aerodinamik ilkelerne dayalı olarak en optimum şartlarda en verimli kanat yapısını tasarlanması amaçlanmaktadır.

Bu çalışmada tasarımın optimizasyonu sürecinde CFD yardımı ile elde alınacak matematiksel ve aerodinamik analiz konuları ve bazı CFD analizleri (şekil 1.1, şekil 1.2) de gösterilmiştir

- **Kaldırma Kuvveti**: Hava hızına ve basınç farklarına dayalı olarak hesaplanacak ve optimum kaldırma katsayısı (CLC_LCL) ile incelenecektir.
- **Direnç Kuvveti**: Farklı hız ve hücum açılarında oluşan direnç kuvveti, türbülans etkileriyle birlikte analiz edilecektir.

- **Kaldırma/Direnç Oranı**: Airfoil verimliliğinin artırılması amacıyla kaldırma ve direnç oranı (L/DL/DL/D) optimize edilecektir.

**Anahtar Kelimeler**: Airfoil, Kaldırma Kuvveti, Hava Direnci, Aerodinamik, Hücum Açısı

## GİRİŞ

NACA ABD federal araştırma kurumu kanat profilleri olarak geliştirilen uçak profilleri uçak kanatları için en çok tercih edilen profillerdendir. Bu çalışmada, Farklı kanat profillerinde CFD analizinde aerodinamik parametreler tespit edilmiştir. Kanat üzerinde oluşan kaldırma kuvveti, sürüklenme kuvveti, gerilim değerleri ve kanat üzerindeki sehim verileri elde edilmiştir. Değişen kanat profillerinden sonra kanadın üzerindeki kuvvetler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, hızın ve hücum açısının artması sonucu kanadın üzerine etkiyen aerodinamik parametrelerde artış görülmüştür. Kritik hücum açısının üzerindeki uçuşlarda uçağın kırıma uğrama (stall) ihtimalinin arttığı, yeterli kaldırmanın gerçekleşememesinin yanında negatif durumlar ortaya çıkmıştır.

Kanat, optimum şartlarda düşük sürüklenme ile yeterli seviyelerde taşıma kuvveti üreterek, uçağın havada kalmasını sağlayan uçuşun en önemli ve kritik yapılarındandır. Kanatlar, yeterli taşımayı elde etmek için, çalışma koşullarına ve amaçlarına göre farklı tipte kanat profillerinin kullanılır. Her kanat profilinin kendine özgü akış davranışları sergilerler. Bu nedenle sürekli olarak araştırılmakta ve geliştirilmekte. Kanat yapısının gelişim amacının, kanat üzerinde gerekli maksimum kaldırma kuvveti için kanadın alt yüzeyinde akışın daha yavaş akmasından dolayı yüksek basınçlar, üst yüzeyinde kamburluktan kaynaklanan akışın daha hızlı akmasından dolayı düşük basınçlar oluşmaktadır. Kanat profilleri geçmişten günümüze amacına göre en uygun kanat profilinin çizimi zorluklar çıkarmıştır.

Havacılığın başladığı ilk yıllarda deneme yanılma yoluyla en uygun kanat profiller bulmaya çalışılmıştır. Son zamanlarda Naca rastgele deneme yanılma yöntemlerinin yanı sıra formüller yardımıyla en uygun kanat yapısını üretilmesine yardımcı bir tanımlama geliştirmiştir.

## GELİŞME

NACA 4-Digit Series, kanat profillerinin tanımlanmasında kullanılan bir sistemdir ve dört rakamla ifade edilir (örnek: NACA 2412). Bu rakamlardan ilki, kanadın veter çizgisinin yüzde olarak maksimum kamburluk değerini belirtir. İkinci rakam, maksimum kamburluğun veter üzerindeki konumunu yüzdesel olarak ifade eder. Son iki rakam ise, kanadın maksimum kalınlığını veter uzunluğunun yüzdesi olarak açıklar.

Örneğin, NACA 2412 kanat profiline bakıldığında, ilk rakam 2 olduğu için kanadın maksimum kamburluk değeri %2'dir. İkinci rakam olan 4 ise bu kamburluğun, hücum kenarından itibaren veter uzunluğunun %40'ında olduğunu gösterir. Son iki rakam 12 olduğu için, kanadın maksimum kalınlığı veter uzunluğunun %12'sine eşittir. Bu bilgiler, kanat profilinin asimetrik bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Aerodinamik performans, genellikle taşıma katsayısının sürüklenme katsayısına oranı olarak tanımlanır. Bu performansı artırmak, kanat profili etrafındaki kaldırma kuvvetini yükseltirken sürüklenme kuvvetini azaltarak mümkün olur. Kaldırma kuvvetindeki artış, kanat üzerinde oluşan basınç dağılımının optimize edilmesiyle sağlanabilir. Bu süreç, kanadın çevresindeki akış dinamiklerinin etkin bir şekilde yönetilmesini gerektirir.

## Materyal ve metot

Ansys, akış ve statik analizler yapabilen bir yazılımdır. Ansys Fluent, farklı materyallerin analizlerini gerçekleştirebilir ve uçak kanatları gibi birçok alanda etkili sonuçlar sağlar. Bu yazılım, tasarımların geliştirilmesinde simülasyonlar yaparak geliştirme sürelerini kısaltmaya yardımcı olur. Bu çalışmada, NACA kanat profillerinin akış koşulları Ansys Fluent ile incelenmiş, mekanik özellikleri ise Statik Structural yöntemiyle analiz edilmiştir.

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho V^2 A} \qquad (1)$$

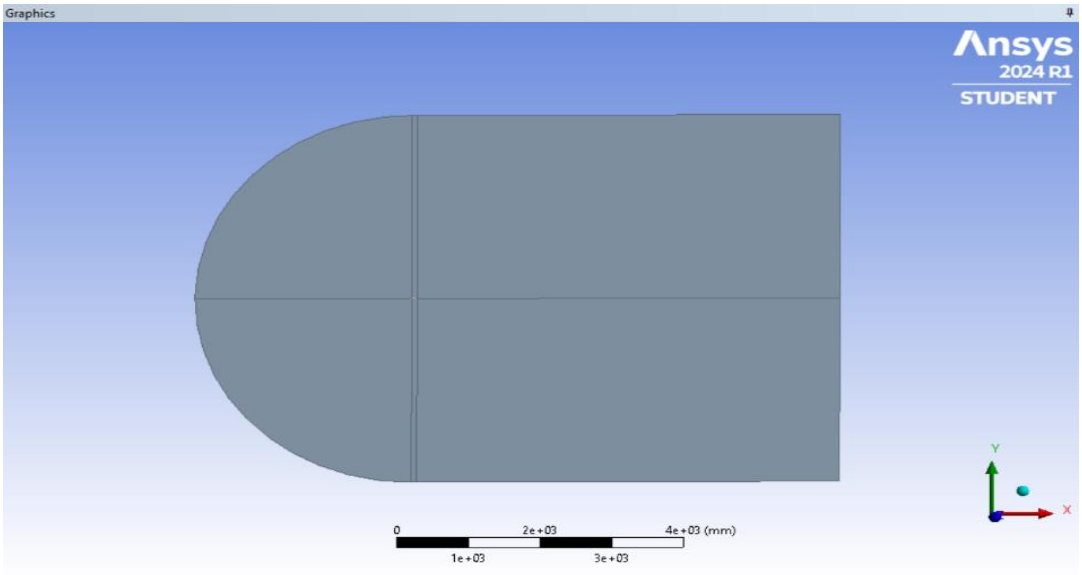
$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2}\rho V^2 A} \qquad (2)$$

Denklem (1) ve Denklem (2), Ansys Fluent CFD çözücüsünde kaldırma ($FL$) ve sürüklenme ($FD$) katsayılarını hesaplamak için kullanılan formüllerdir. Bu denklemlerde, ρ yoğunluğu, v hızını ve A ise alanı temsil etmektedir.

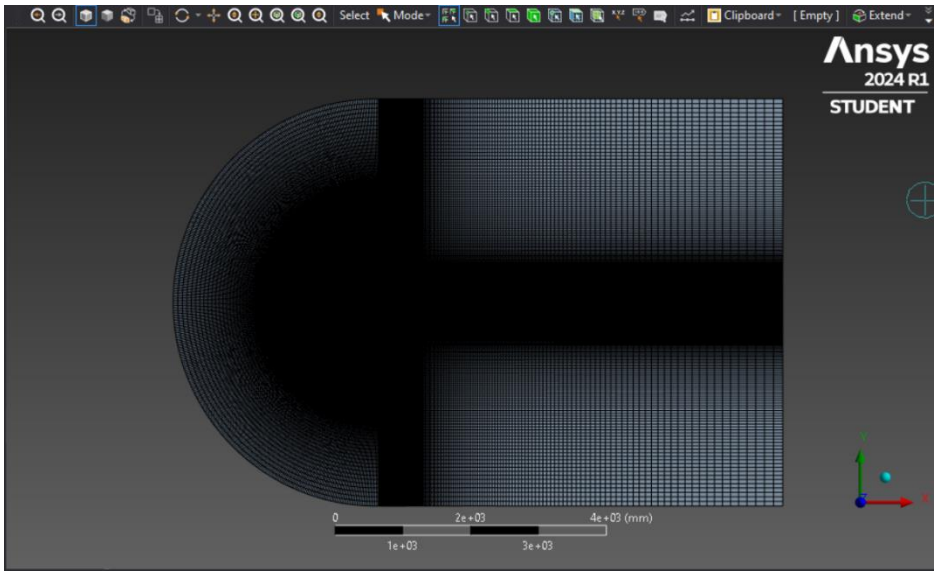
## Kamburluk ve Hücum Açısı Yaklaşımı

Bu çalışmada, analiz için seçilecek kanat profilleri arasında dört farklı model üzerinde inceleme yapılmıştır. Amaç, kamburluğu en yüksek olan profili belirlemekti. Seçilen profiller arasında Joukovsky f=0% t=21%, USA 22 AIRFOIL n63412-il, AG11 - Drela AG11 ve NACA2412 yer almıştır. Kamburluk açısından değerlendirildiğinde, üst yüzeyin alt yüzeyden daha uzun olduğu profiller öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, Joukovsky f=0% t=21% ve NACA2412 profilleri,

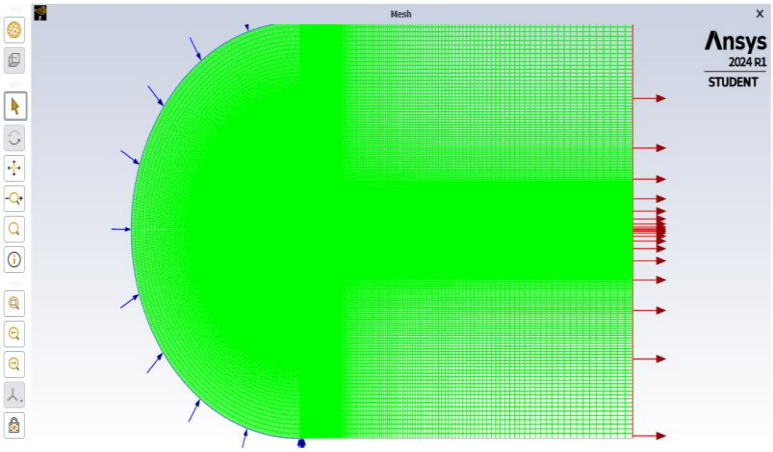
diğerlerine göre daha fazla kamburluk değerine sahiptir. Ancak, alt yüzey uzunluğu açısından daha kısa olan AG11 ve USA 22 AIRFOIL n63412-il profilleri de önemli özellikler taşımaktadır. Sonuç olarak, kamburluğu en fazla olan NACA2412, bu çalışmada tercih edilen profil olmuştur. Kamburluğu yüksek olan bir profil, sıfır derece hücum açısında bile yüksek kaldırma kuvveti üretebilmektedi




**Şekil .1** 'de Hava akışının daha doğru bir şekilde analiz edilebilmesi için, Airfoil çevresindeki kanal altı parçaya bölünmüştür. Bu yöntem, mesh oluşturma sürecinin daha verimli ve düzgün olmasını sağlayarak, elde edilen sonuçların doğruluğunu artırmıştır.

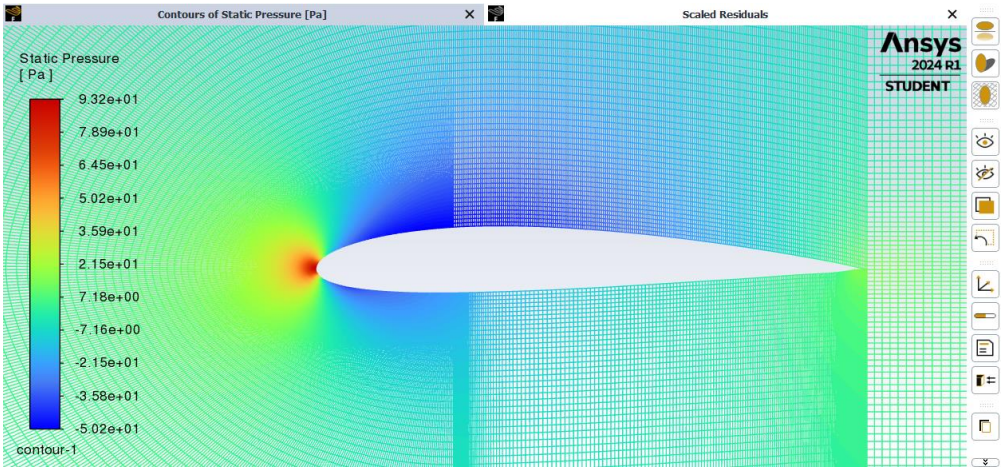



**Şekil. 2** 'de Yapılan düzenlemelerle birlikte, mesh yapısı daha düzenli ve verimli bir hale getirilmiştir. Bu, analizlerin daha doğru sonuçlar vermesini sağlayarak, genel performansı iyileştirmiştir.




**Şekil.3**

**Şekil .3** 'de Havanın kanada ön tarafından hızla girmesi ve arka kısmından basınçla çıkması sağlandı. Ayrıca, havanın kanadın diğer bölgelerine simetrik bir şekilde etki etmesi için gerekli başlangıç koşulları oluşturuldu.



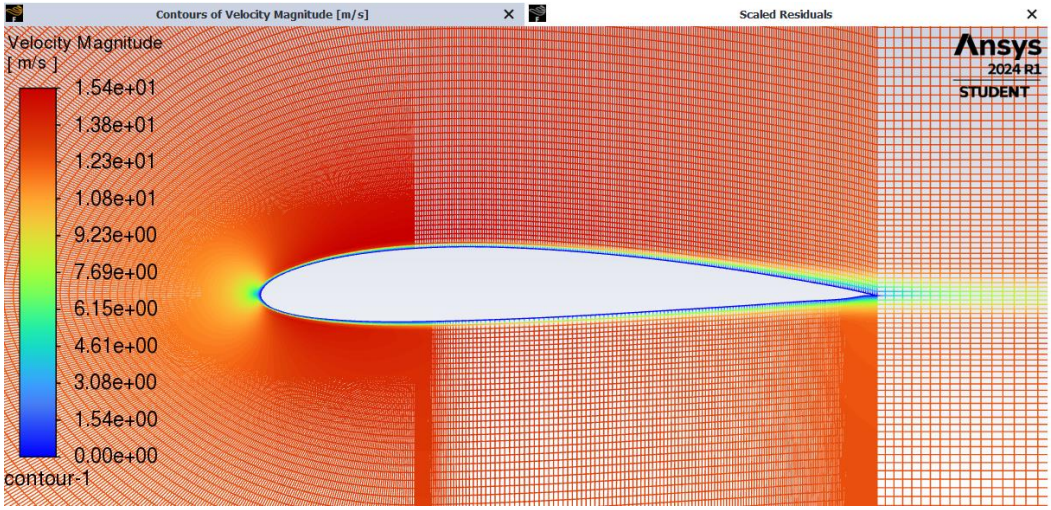

**Şekil .4** 'de Hücum açısı α=0° deki 12.7m/s hızına sahip Naca2412 kanatın üzerindeki ortalama basınç dağılımı

Hücum açısı α=0° olduğunda, kanadın hücum kenarında durma noktası (stagnation point) oluşmaktadır. Şekil 7'de, NACA2412 kanat profili ve α=0° hücum açısı için basınç konturları gösterilmektedir. Görüldüğü gibi, kanadın hücum kenarına doğru akış hızı azalmaktadır. Durma noktasına yaklaşan akış hızının sıfıra indiği bu noktada, basınç maksimum seviyeye ulaşmaktadır.

Durma noktasındaki basınç yükselmesi, Bernoulli denklemine dayandırılarak açıklanabilir. Akışkanlar mekaniğinde bilinen bu denklemde, kinetik enerjinin sıfıra inmesiyle, bu enerji basınç enerjisine dönüşür. Böylece kanadın hücum kenarındaki durma noktasında basınç artışı

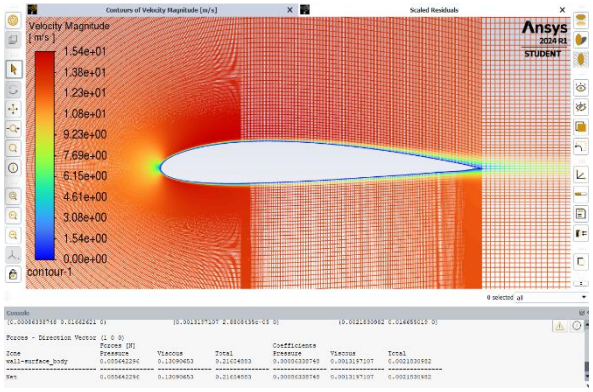
gerçekleşir. Şekil 7'de, spektrumda mavi renkler düşük basınç bölgelerini, kırmızı renkler ise yüksek basınç bölgelerini göstermektedir.

Basınç konturları grafiklerinden, kanat profilinin üst yüzeyinde düşük basınç, alt yüzeyinde ise yüksek basınç olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, kanadın ön kısmında yüksek basınç (durma noktası) da tespit edilmiştir. Kanadın en fazla basınca maruz kaldığı bölge, hava ile ilk etkileşime başladığı ön bölgedir. Ardından, basıncın daha fazla etkili olduğu bölgeler kanadın alt kısmında yer almaktadır. Bu alt bölge, kanadın taşıma kuvvetinin gözlemlendiği alandır. Üst yüzeydeki negatif basınç ise, kanadı vakum etkisiyle yukarıya çeker, böylece kanadın taşıma kapasitesinde bir artış sağlanır.

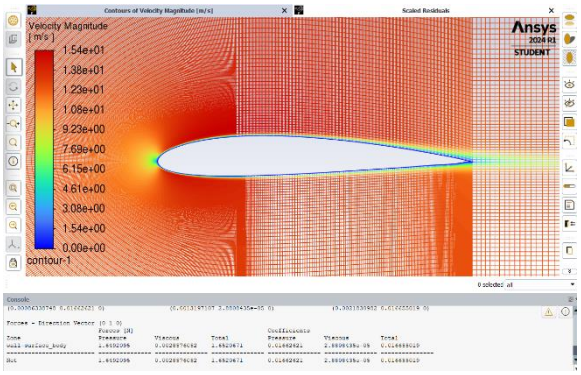



**Şekil .5** 'de Hücum açısı α=0° deki 12.7m/s hızına sahip Naca2412 havanın kanat ile etkileşimi sonrası hava akımlarının hız dağılımı

Hız dağılımı gözlemleri, hava akımlarının kanadın üst kısmında yoğunlaştığını ve burada hızın yüksek seviyelerde olduğunu göstermektedir. Bu durum, basıncın düşük olduğu bölgelerde hızın artmasından kaynaklanmaktadır ve Bernoulli denklemi ile açıklanabilir. Öte yandan, kanadın hava ile ilk temas ettiği ön bölge, hızın en düşük olduğu bölgeyi oluşturur. Burada basınç maksimum seviyededir ve bu, akışkanın durma noktasına gelmesiyle birlikte hızın minimuma düşmesine neden olur.
Naca2412 Uzunluk=0,1m Hız =12.7m/s Yoğunluk =1.23g/m3

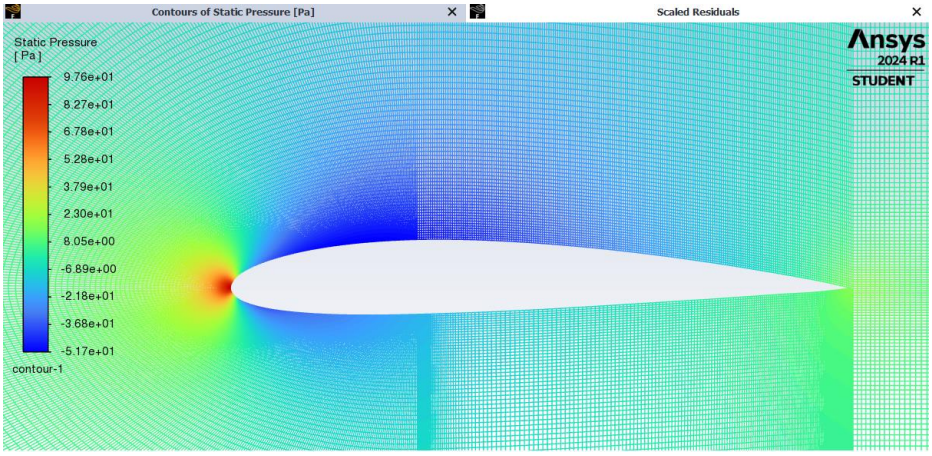



**Şekil .7** 'de CD=0.0021 , FD= 0.2165 N

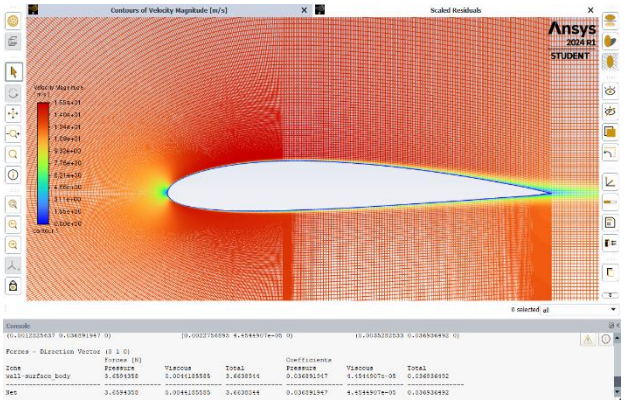



**Şekil .8** 'de CL= 0.01665 FL=1.6520 N

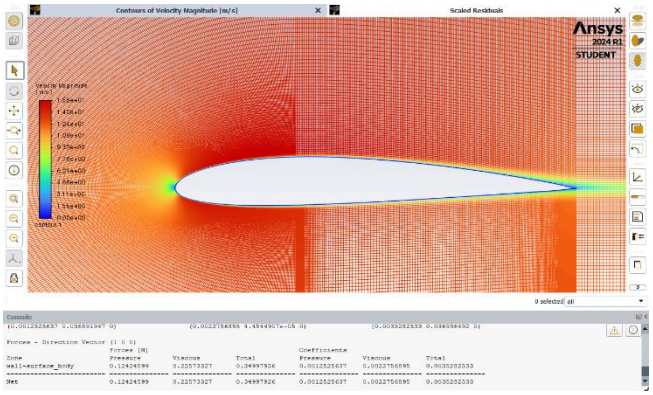
**Naca2412** Uzunluk=0,2m Hız =12.7m/s Yoğunluk =1.23




**Şekil .9** 'de Basınç dağılımı

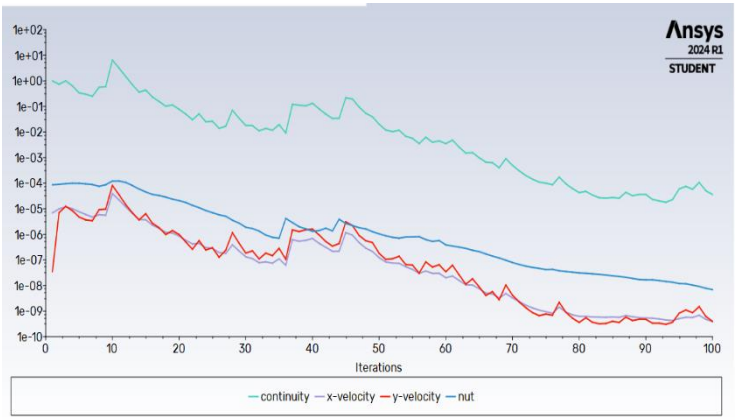



**Şekil .10** 'de CL= 0.0369 , FL= 3.663 N

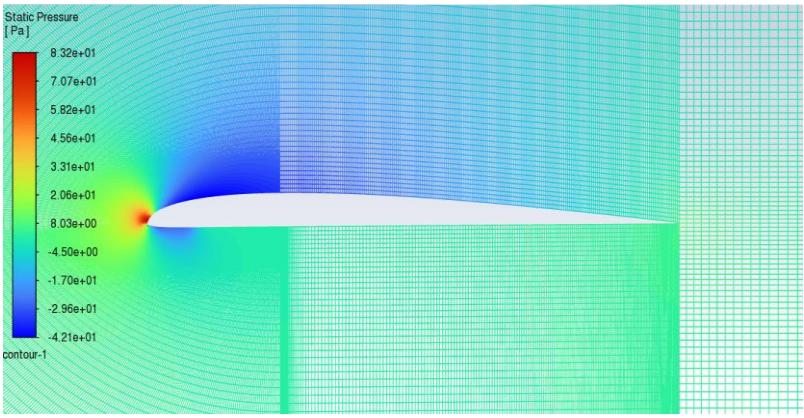



**Şekil .11** 'de CD/0.0035 , FD/0.3499 N

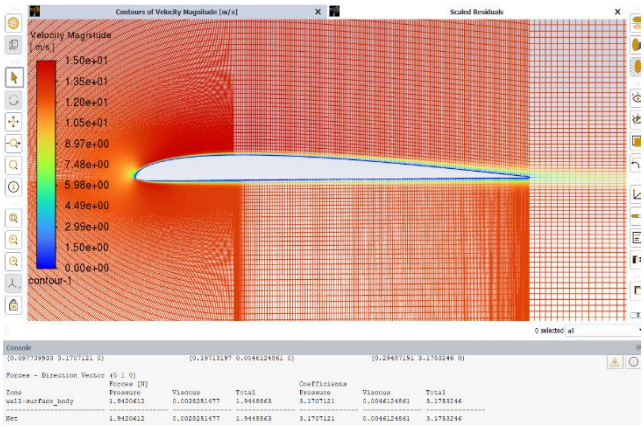
**AG11 - Drela AG11 airfoil** Uzunluk=0,1m Hız =12.7m/s Yoğunluk =1.23g/m3



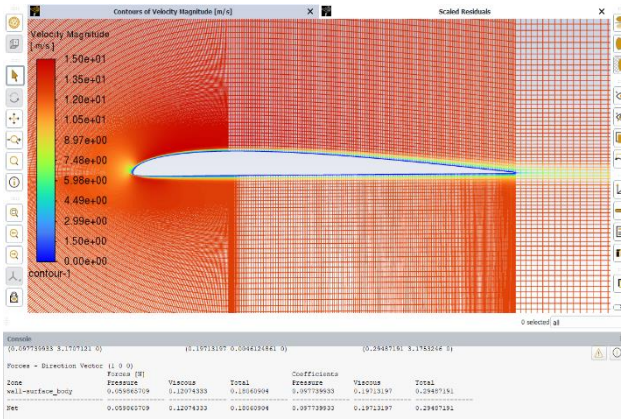

**Şekil .12** 'de Analiz grafiği




**Şekil .13** 'de Basınç dağılımı

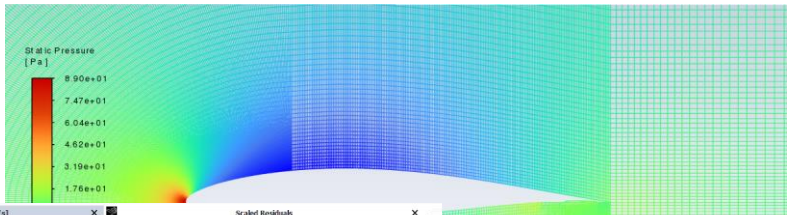



**Şekil .14** 'de CL=3.1753 , FL=1.9448 N

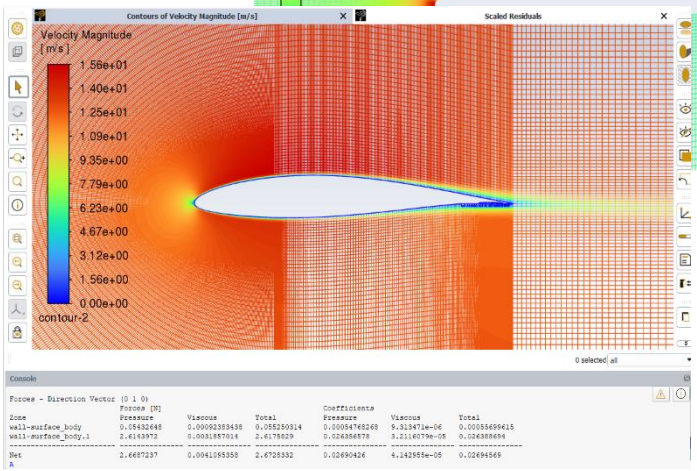



**Şekil .15** 'de CD=0.294 , FD=0.1806 N

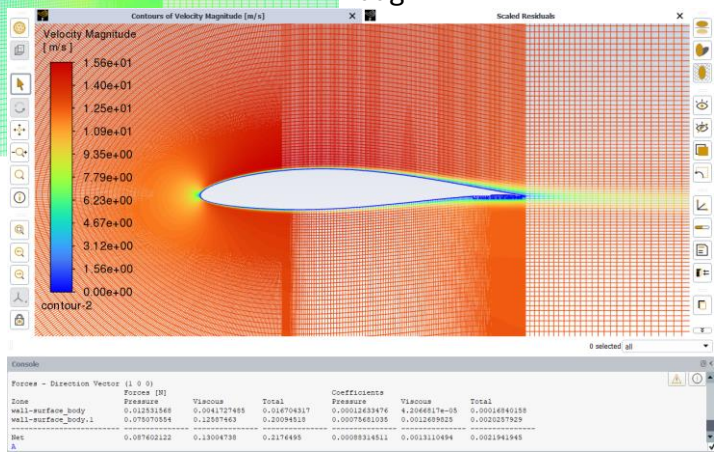
**USA 22 AIRFOIL** Uzunluk=0,1m Hız =12.7m/s Yoğunluk =1.23g/m3




**Şekil .16** 'de Basınç dağımı

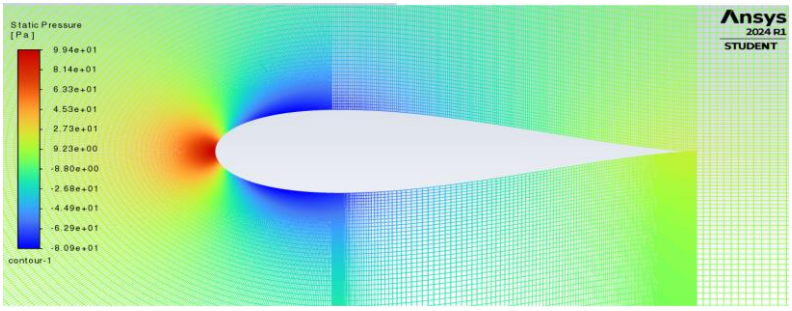



**Şekil .17** 'de CL=0.0269 , FL=2.672 N

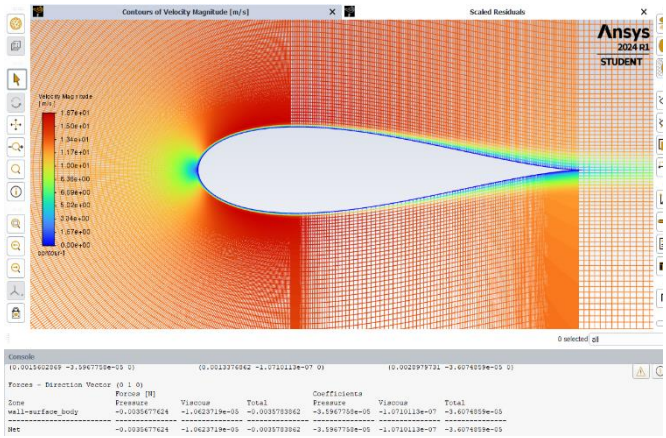



**Şekil .18** 'de CD=0.0021 , FD= 0.217 N

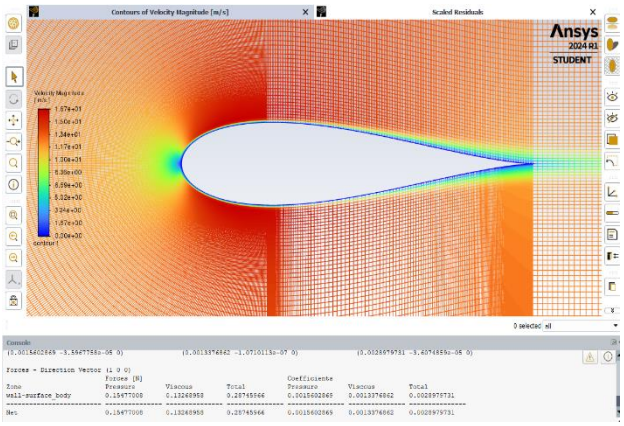
**Joukovsky f=0% t=21%** Uzunluk=0,1m Hız =12.7m/s Yoğunluk =1.23g/m3




**Şekil .19**'de Basınç dağılımı




**Şekil .21** 'de CD=0.002 , FD=0.287 N




**Şekil .20** 'de CL=-3.6074 , FL=-0.003 N

| Airfoil Adı | Alfa Açısı (α) | Uzunluk | HIZ | CL | CD | FL | FD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Naca2412 | α=0° | 0,1m | 12.7m/s | 0.01665 | 0.0021 | 1.6520 N | 0.2165 N |
| Naca2412 | α=0° | 0,2m | 12.7m/s | 0.0369 | 0.0035 | 3.663 N | 0.3499 N |
| AG11 - Drela AG11 | α=0° | 0,1m | 12.7m/s | 3.1753 | 0.294 | 1.9448 | 0.1806 N |
| USA 22 | α=0° | 0,1m | 12.7m/s | 0.0269 | 0.0021 | 2.672 N | 0.217 N |
| Joukovsky f=0% t=21% | α=0° | 0,1m | 12.7m/s | -0.0035 | 0.002 | -3.6074 | 0.287 N |

## SONUÇ

Bu çalışmada, farklı NACA  airfoil profillerin aerodinamik performansları incelenmiş ve CFD analizleri yardımıyla taşıma kuvvetleri , sürüklenme kuvveti gibi parametreler hesaplanmıştır. Elde edilen veriler, airfoil kanat tasarımının geometrik özelliklerinin ve akış koşullarının aerodinamik verimlilik için belirleyici etkilerini göstermiştir.

Yapılan analizlerde, NACA 2412 airfoil kanat profili, yüksek kamburluğu sayesinde düşük hızlarda bile yeterli kaldırma kuvveti yeteneği ile öne çıkmıştır. Özellikle, hücum açısının sıfır derece olduğu durumlarda dahi NACA 2412'nin üst yüzeyindeki yüksek akıştan dolayı düşük basınç ve alt yüzeyindeki yavaş akıştan dolayı yüksek basınç farkı, yeterli bir kaldırma performansı sağlamıştır. Bunun yanı sıra, farklı profillerde yapılan analizlerde, AG11 ve USA 22 profilleri de dikkate değer sonuçlar ortaya koymuş, ancak kaldırma ve direnç parametreleri açısından NACA 2412'nin gerisinde kalmıştır.

Hava akışının analizi sırasında, mesh yapılandırmasının ve kanal tasarımının (mesh yapılan yüzeyde bölgelere ayırmak) doğruluğu artırdığı gözlemlenmiştir. Bu, CFD analizlerinin etkinliğini artırmak için kritik bir adımdır. Ayrıca, hücum açısının aerodinamik performans üzerindeki etkileri, kanadın optimum tasarımı için önemli bulgular sunmuştur.

Sonuç olarak, bu çalışma, airfoil tasarımının aerodinamik performansını optimize etmek için CFD analizlerinin etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Elde edilen bulgular, uçak kanatlarının geometrik tasarımın önemi ve geometriye göre çıkan kuvvetleri göstermiştir.

## KAYNAKLAR

[1] http://airfoiltools.com/airfoil/details?airfoil=naca2412-il

[2] Kaya A.F., Tanürün H.E. and Acır A., "Numerical investigation of radius dependent solidity effect on H-type vertical axis wind turbines", ***Politeknik Dergisi***, doi: 10.2339/politeknik.799767.

[3] NACA, National Advisory Committee for Aeronautics, https://en.wikipedia.org/wiki/NACA_airfoil

[4] Şahin, İ., ve Acir, A. "Numerical and experimental investigations of lift and drag performances of NACA 0015 wind turbine airfoil" ***International Journal of Materials,***

[5] Schlichting, H. ve Gersten, K. “Boundary-layer theory”, Springer, 9th Edition, Berlin (2017).

[6] Yao J., Yuan W., Wang J., Xie J., Zhou H., Peng M. and Sun Y., “Numerical simulation of aerodynamics performance for two dimensional wind turbine airfoils”, ***Procedia Engineering***

# İNCE CİDARLI HAVACILIK PARÇALARINDA ÇARPILMAYI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ

**Kenan GÖÇMEN**
Gazi Üniversitesi,
kenangocmen88@gmail.com – 0000-0002-2749-7366

**Prof. Dr. Onuralp ULUER**
Gazi Üniversitesi,
uluer@gazi.edu.tr – 0000-0001-7488-3166

## ÖZET

İnce cidarlı havacılık parçaları, hafiflik ve dayanım ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla uçak yapısal parçalarından ve motor bileşenlerine kadar yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat ince cidar kalınlıkları, yapısal stabiliteyi azaltarak çarpılma eğilimini artırırken, şekil ve boyut karmaşıklığı bu eğilimi daha da tetikleyebilir. Çarpılma, tolerans dışı durumlara neden olduğundan özellikle hassasiyet gerektiren havacılık uygulamalarında önemli bir sorun haline gelmektedir. Bu yapıların stabilitesini artırmaya yönelik optimizasyon çalışmaları, literatürde önemli bir yer tutmaktadır. Bunun yanı sıra, parçaların mekanik, termal ve dinamik yükleme koşullarına maruz kalması çarpılmaya neden olabilir. İnce cidarlı parçaların talaşlı imalat süreçlerinde kullanılan kesme hızı, diş başına ilerleme, kesici uç seçimi, parça bağlama yöntemi gibi birçok talaşlı imalat parametresi bulunmaktadır. Talaşlı imalat sürecinde ince cidarlı parçalara uygulanan termal ve mekanik yükler parçanın çarpılma ve burulma karakteristiğini etkilemektedir. Bu çalışmada ince cidarlı havacılık parçalarında çarpılmayı etkileyen tasarımsal ve üretimsel faktörler ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çarpılma, Talaşlı İmalat, Tasarım

## 1- GİRİŞ

Havacılık yapısalları (aerospace structures), havacılık ve uzay araçlarının yapısal bileşenlerini ifade eder. Bu yapılar, uçaklar, helikopterler, insansız hava araçları (İHA), uzay araçları ve roketler gibi hava ve uzay sistemlerinin tasarım, üretim ve mühendisliğinde kritik bir rol oynar. Temel olarak bu yapıların amacı, aracın güvenli, dayanıklı ve verimli bir şekilde görevini yerine getirebilmesini sağlamaktır. Yapılar mümkün olduğunca hafif olmalıdır. Toplam ağırlığı, yakıt tüketimini, performansını ve yük taşıma kapasitesini doğrudan etkilemektedir.

**Havacılık Yapısallarının Özellikleri:**

1. **Hafiflik:** Yapılar mümkün olduğunca hafif olmalıdır, çünkü ağırlık, yakıt tüketimini, performansı ve yük taşıma kapasitesini doğrudan etkiler.
2. **Dayanıklılık:** Hava ve uzay araçları, farklı yükler ve çevresel koşullar altında (örneğin basınç, sıcaklık değişimleri, titreşim) uzun süre çalışabilir durumda olmalıdır.
3. **Aerodinamik Uyumluluk:** Yapılar, hava akışına uygun bir tasarıma sahip olmalı ve sürüklenmeyi en aza indirmelidir.
4. **Malzeme Teknolojisi:** Kompozit malzemeler, titanyum, alüminyum alaşımları ve yüksek performanslı çelikler sıkça kullanılır.
5. **Güvenlik:** Yapılar, uçuş sırasında meydana gelebilecek aşırı yüklenmelere veya olağan dışı durumlara karşı güvenlik sınırlarını sağlayacak şekilde tasarlanır.

**Havacılık Yapısallarının Ana Bileşenleri:**

1. **Kanatlar (Wings):** Uçak kanadı, bir uçağın aerodinamik performansını ve uçuş yeteneklerini belirleyen en kritik bileşenlerden biridir. Yapısal tasarımı, kullanılan malzemeler ve aerodinamik özellikleri, uçağın kaldırma kuvveti, yakıt verimliliği ve genel uçuş güvenliği üzerinde doğrudan etkili olur.




2. **Gövdeler (Fuselage):** Uçak gövdesi, yolcuların, mürettebatın, kargo ve uçak sistemlerinin taşındığı, ayrıca kanatlar, motorlar, kuyruk ünitesi ve iniş takımları gibi diğer uçak bileşenlerinin bağlandığı ana yapıdır.



3. **Kuyruk Üniteleri (Tail Units):** Uçak kuyruğu, aerodinamik kontrol ve stabilite açısından hayati öneme sahiptir. Tasarımı, kullanılan malzemeler ve teknolojiler, uçağın görev profiline, hızına ve manevra yeteneklerine bağlı olarak değişiklik gösterir. Modern uçaklarda kuyruk, aynı zamanda yakıt verimliliği ve sessizlik gibi performans hedeflerini de destekleyecek şekilde optimize edilmektedir.



4. **İniş Takımları (Landing Gear):** Uçakların ve helikopterlerin yerde hareket etmesini, kalkış ve iniş sırasında yüklerini taşımasını sağlayan önemli yapısal bileşenlerdir. İniş takımları, aerodinamik, mekanik dayanım, manevra kabiliyeti ve yer operasyonları açısından kritik öneme sahiptir.




5. **Motor Pylonları:** Uçaklarda motoru gövdeye, kanada veya diğer yapısal bileşenlere bağlayan aerodinamik ve yapısal bir bileşendir. Modern yolcu uçaklarında motorlar genellikle kanat altına yerleştirilir ve bu motorlar, sağlam bir şekilde kanada bağlanmak için pylon adı verilen bağlantı elemanlarını kullanır.



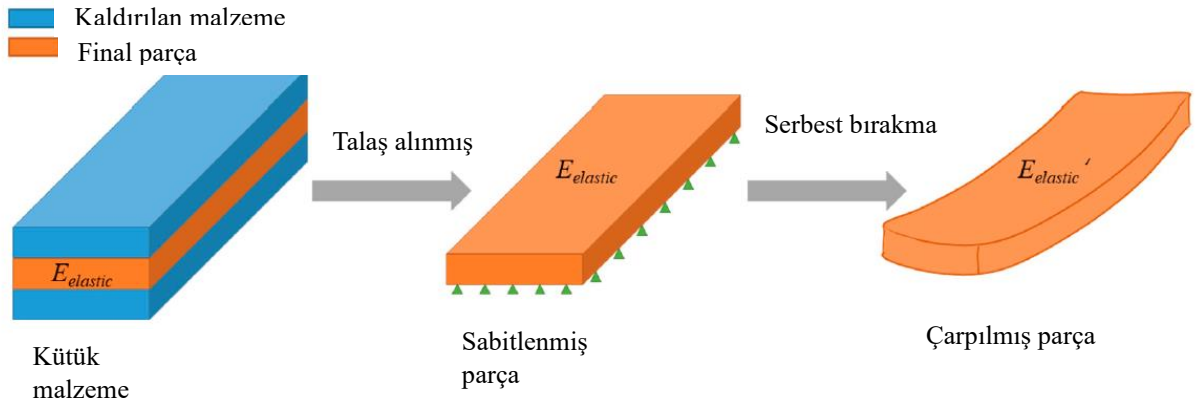
## 2- İNCE CİDARLI HAVACILIK PARÇALARINDA ÇARPILMAYI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Havacılıkta ince cidarlı parçalar, ağırlık tasarrufu ve yüksek mukavemet gereksinimlerini karşılamada hayati bir rol oynar. Bu parçalar, özellikle hafiflik ve dayanıklılık gerektiren uçak ve uzay araçlarının yapısal tasarımlarında kritik bir yere sahiptir.

İnce Cidarlı Parçaların Önemi:

1. Hafiflik ve Verimlilik:
    - Havacılıkta ağırlık, yakıt verimliliğini, performansı ve taşıma kapasitesini doğrudan etkiler. İnce cidarlı parçalar, yapı ağırlığını minimumda tutarak bu hedeflere ulaşmayı sağlar.
    - Hafif yapılar hem ekonomik hem de çevresel açıdan avantajlıdır.
2. Yüksek Mukavemet / Ağırlık Oranı:
    - İnce cidarlı parçalar, yapısal dayanıklılığı korurken ağırlığı azaltır. Bu, uçakların ve uzay araçlarının operasyonel güvenliğini artırır.
    - Malzeme seçimi ve tasarımı sayesinde ince cidarlı parçalar, burkulma, eğilme ve titreşim gibi yapısal zorlanmalara dayanabilir.
3. Aerodinamik Performans:
    - İnce cidarlı yüzeyler, aerodinamik tasarımlarla uyumludur ve sürüklenmeyi azaltarak uçakların enerji verimliliğini artırır.
    - Bu parçalar, hava akışını optimize edecek şekilde tasarlanabilir.

Çarpılma, parçaların ideal geometrisi ve boyutlarında meydana gelen sapmalar olarak ifade edilir. Meydana gelen sapmaların temel kaynağı parçaya uygulanan termal ve mekanik kuvvetler olarak bilinmektedir. İmalat süreçleri sonucunda üretilen parçalarda oluşan elastik gerilmeler, "kalıntı gerilme" olarak adlandırılır.




Görsel 1. Talaşlı imalatta çarpılma

Kaynak, talaşlı imalat, döküm, ısıl işlem gibi işlemler sırasında meydana gelen plastik deformasyonlar ve sıcaklık değişimleri, malzemenin iç yapısında kalıntı gerilmelerin oluşmasına yol açar. Bu gerilmelerin malzeme içerisindeki dağılımı, yönü, malzeme türüne ve uygulanan işlem koşullarına bağlı olarak farklılık gösterir [1]. Artık gerilmelerin en yüksek değeri, ilgili malzemenin akma gerilmesiyle sınırlı olacaktır [2]. Kalıntı gerilmenin kaynağının tespiti ve kontrol altına alınması, geometrik veya mukavemetsel olarak hedeflenen sonuca ulaşılmasına önemli ölçüde katkı sağlar. [3]. İnce cidarlı geometrilerde yapılan çalışmalarda kalıntı gerilmenin etkisi daha net ortaya konulmuştur. Literatürdeki çalışmalarda, artık veya kalıntı gerilmenin ince cidarlı parçalardaki etkisinin ilerleme hızı, ısıl deformasyon ve az miktarda da olsa iş mili devriyle oluşabildiğini ortaya koymuştur. Literatür çalışmaları incelendiğinde, Zhou'nun talaşlı imalat üzerine yaptığı çalışmada, ince cidarlı parçalarda oluşan deformasyon analiz etmiştir. Çalışma sonucunda, kesme derinliği ve iş mili devrinin kalıntı gerilme dağılımına düşük düzeyde etkisi olduğunu, buna karşın ilerleme hızının belirgin bir etki yarattığı tespit edilmiştir [4]. Cui'nin çalışmasında, 7050-T7451 alüminyum alaşımının talaşlı imalatı sırasında ortaya çıkan ısının deformasyona etkisi, Taguchi yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Çalışma, ısıyı etkileyen temel parametrenin ilerleme hızı olduğunu ortaya koymuştur [5]. Sridhar ve Ramesh birim zamandaki talaş kaldırma hacmini sabit tutarak farklı çaplardaki kesici takımlar ile deneysel çalışmalar yapmıştır. Çalışmanın sonucunda, kesici takım çapı ile kalıntı gerilim arasında paralel bir artış olduğu ve bunun sonucuda çarpılmanın arttığı sonucuna ulaşmıştır [6]

| Kesici Takım Çapı (mm) | Çarpılma (mm) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Numune 1 | Numune 2 | Numune 3 | Maksimum |
| 6 | 0.26 | 0.28 | 0.28 | 0.28 |
| 8 | 0.35 | 0.34 | 0.35 | 0.35 |
| 10 | 0.39 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 12 | 0.44 | 0.45 | 0.45 | 0.45 |
| 14 | 0.45 | 0.46 | 0.46 | 0.46 |
| 16 | 0.48 | 0.47 | 0.48 | 0.48 |

Çizelge 1. Kesici takım çapının çarpılmaya etkisi [6]

Jung Jong-Yun, Taguchi yöntemiyle gerçekleştirdiği deneysel çalışmada, TiN kaplamalı karbür parmak freze kullanarak 7050-T7451 alüminyum alaşımı üzerinde analiz yapmıştır. Çalışma sonucunda, kesme hızının azalmasıyla ısıl deformasyonun azaldığını ve kesme parametrelerinin parça geometrisine uygun şekilde belirlenmesi gerektiğini tespit etmiştir [7]. Song ve Liu, yaptıkları çalışmada, tırlamanın ve dolayısıyla kalıntı gerilmelerin, çarpılma üzerinde önemli bir rol oynadığını belirlemişlerdir. Çalışmada, kararlı kesme koşullarında hem talaşlı imalat kaynaklı çarpılmanın hem de zamana bağlı çarpılmanın oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşılık, kararsız kesme koşullarında talaşlı imalat kaynaklı çarpılmanın az, ancak zamana bağlı çarpılmanın oldukça fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, tırlamanın ince duvarlı parçalarda meydana gelen çarpılma üzerindeki etkisinin önemli derecede yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır [8]. Talaşlı imalat yöntemiyle üretilmek üzere tasarlanan parçaların boyutları, mikro ve makro boyutlar arasında büyük farklılıklar gösterebilir. Havacılık yapısal parçaları ise metrelerce uzunlukta olabilmektedir. Wei ve Wang, yaptıkları çalışmada, ham malzeme içerisindeki boylamsal ve enlemsel kalıntı gerilmelerini incelemişlerdir. Ardından, basit geometrili bir parçayı işleyerek talaşlı imalat sonrası çarpılmayı gözlemlemişlerdir. Çalışma, iş parçasının boyu ile eninin uzunluğu arttıkça, boylamsal kalıntı gerilmenin çarpılma üzerindeki etkisinin daha baskın hale geleceği sonucuna ulaşmıştır [9].



Görsel 2. Talaşlı imalat kaynaklı stres dağılımı [9]

Talaşlı imalat sürecinde, parçaya uygulanan kuvvetlerin homojen olması, parça içerisinde oluşan kalıntı gerilmelerin de homojen bir şekilde yayılmasına katkı sağlar. Bu nedenle, üretilecek parçanın geometrisi, işlem sırasında uygulanan kuvvetlerin düzgün dağılabilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Asimetrik tasarımlar yerine simetrik parça tasarımlarının tercih edilmesi, çarpılmanın en aza indirilmesine yardımcı olacaktır. Tang, yaptığı çalışmada, ham malzeme içerisindeki kalıntı gerilmeleri ve talaşlı imalat kaynaklı deformasyonları göz önünde bulundurarak deneysel incelemelerde bulunmuştur. Çalışma, proses sıralamasının talaşlı imalat kaynaklı deformasyon üzerinde etkili olduğunu ve iki yönlü simetrik geometrili parçaların daha az çarpıldığını ortaya koymuştur [10]. Kalıntı gerilme, çeşitli imalat yöntemleri sonrasında parçada kalan elastik gerilmelerdir. Kaynaklı imalat, talaşlı imalat, döküm ve ısıl işlemler gibi süreçler sonucunda malzeme içerisinde homojen olarak dağılmadan kalan plastik şekil değişimleri ve sıcaklık değişimleri, kalıntı gerilmelerin oluşumunun başlıca sebeplerindendir. Kalıntı gerilmelerin büyüklüğü ve doğrultusu, yükleme koşulları, malzeme özellikleri ve ortam koşullarına bağlı olarak farklı imalat süreçlerinde değişiklik gösterir. Literatürde yapılan araştırmalar incelendiğinde, talaşlı imalat kaynaklı kalıntı gerilmelerinin

hem deneysel hem de sonlu elemanlar analizi yöntemleriyle kapsamlı bir şekilde incelendiği görülmektedir. Düzensiz plastik deformasyon sonucu ortaya çıkan kalıntı gerilmeler, genellikle mekanik veya termal yüklemeler sonucu malzemede meydana gelen düzensiz gerilmelerdir. Kalıntı gerilme ölçümüne başlamadan önce, gerilmenin kaynağının araştırılması gereklidir. Kalıntı gerilme ölçüm yöntemleri genel olarak üç ana kategoriye ayrılmaktadır: tahribatsız yöntemler, yarı tahribatlı yöntemler ve tahribatlı yöntemler [11]. Tahribatlı, yani mekanik ölçüm yöntemleri, malzeme üzerinden talaş kaldırılarak uygulanır. Bu yöntemler arasında delik delme, derin delik delme, halka çekirdeği, kesitlere ayırma ve kontur yöntemleri yer alır. Tahribatsız yöntemler ise X-ışını kırınımı, nötron ışınımı kırınımı, ultrasonik yöntemler ve Barkhausen gürültüsü gibi teknikleri içerir [12]. Bu yöntemler, kalıntı gerilmelerin oluşumu veya mevcut gerilmenin gevşetilmesi aşamalarında yapılan ölçümlerle uygulanır. Ölçüm süreci, dikkatli ve yavaş bir şekilde yapılır ve malzemede meydana gelen deformasyon değişiklikleri izlenerek değerlendirilir.

## 3-SONUÇ VE ÖNERİLER:

Havacılıkta ince cidarlı parçalar, yapısal hafiflik ile dayanıklılık arasında ideal bir denge sağlar. Bu parçaların geliştirilmesi ve optimize edilmesi, havacılık endüstrisinin daha güvenli, verimli ve çevre dostu araçlar üretmesinde temel bir unsurdur. İnce cidarlı parçaların geometrik tasarımı, çarpılma miktarını önemli ölçüde etkiler. Simetrik ve optimize edilmiş tasarımlar, kalıntı gerilmelerin homojen dağılmasını sağlayarak çarpılma eğilimini azaltmaktadır. Parça boyutlarının (uzunluk, genişlik ve kalınlık oranları) tasarım sırasında dikkatlice belirlenmesi gerekmektedir. Talaşlı imalat sırasında ilerleme hızı, kesme derinliği ve kullanılan kesici takım özelliklerinin çarpılma üzerinde belirleyici etkileri olduğu tespit edilmiştir. İlerleme hızının optimize edilmesi, özellikle ısıl deformasyonu minimize etmektedir. Kalıntı gerilmelerin kontrolü için proses sıralaması ve işlem sırasında uygulanacak stres giderme yöntemleri kritik öneme sahiptir. Alüminyum alaşımları gibi hafif malzemelerde, talaşlı imalat sırasında ortaya çıkan kalıntı gerilmelerin kontrol edilmesi gerekmektedir. Sıcaklık değişimleri ve dinamik yükler gibi imalat işlemleri sırasında oluşan çevresel faktörlerin, ince cidarlı parçalarda çarpılmayı artırdığı görülmüştür. Bu nedenle, çalışma koşulları önceden analiz edilerek tasarım ve üretim süreçlerine dahil edilmelidir. Havacılık yapısalları için yeni nesil malzemelerin (örneğin, kompozitler) kullanımının yaygınlaştırılması, çarpılma ve ağırlık optimizasyonunda etkili olabilir. Çarpılmayı minimize etmek için tasarım sürecinde çok disiplinli bir yaklaşım benimsenmeli ve sonlu elemanlar yöntemi (FEA) gibi ileri simülasyon teknikleri geliştirilerek çarpılma yönelimi tahminlenmelidir. Havacılık yapısalları için yeni nesil malzemelerin (örneğin, kompozitler) kullanımının yaygınlaştırılması, çarpılma ve ağırlık optimizasyonunda etkili olabilir. Talaşlı imalat sırasında kullanılan parametrelerin etkisi deneysel çalışmalarla desteklenmeli ve üretim süreci boyunca izlenebilirlik sağlanmalıdır.

**KAYNAKÇA:**

[1] Akdeniz, Y., Taşlama Sonrası Kalın Camsı Metalde Oluşan Kalıntı Gerilmenin Delik Delme Yöntemiyle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.

[2] Subaşı, M., Kafkas, F., Karataş, Ç., AISI 4140 Çeliğinde Sertlik ve Kalıntı Gerilme İlişkisi, 2.Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, Balıkesir, 2010.

[3] Stephens, I., R., Fatemi A., Stephens, R. R., Fuchs, O. H., Metal Fatique in Engineering, John Wiley&Sons, New York, 243-266, 2000.

[4] Zhou, Zebin, Jianguo Yang, and Beizhi Li., Machining Simulation and Deformation Prediction in the Processing for Thin-Walled Parts. In Systems and Control in Aeronautics and Astronautics (ISSCAA), 3rd International Symposium on, pp. 256-261. IEEE, 2010.

[5] Cui, Hengbo, Jong-Yun Jung, and Dug-Hee Moon. The Selection of Machining Parameters to Minimize Deformation Caused by Heat. In Proceedings of the Fall Conference of Society of Korea Industrial and Systems Engineering, 2005.

[6] Sridhar, G., and P. Babu Ramesh. Effect of a milling cutter diameter on distortion due to the machining of thin wall thin floor components." Advances in Production Engineering & Management 10, no. 3: 140, 2015.

[7] Jung, Jong-Yun, Heng-Bo Cui, Dug-Hee Moon, and Choon-Man Lee, Parameter Selection for the Milling of Thin Wall, Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering, 2007.

[8] Qinghua Song, Zhanqiang Liu, and Xing Ai, Influence of Chatter on Machining Distortion for Thin-Walled Component Peripheral Milling, Ministry of Education, School of Mechanical Engineering, Shandong University, China, 2014.

[9] Wei, Yu, and X. W. Wang. "Computer simulation and experimental study of machining deflection due to original residual stress of aerospace thin-walled parts." The international journal of advanced manufacturing technology 33, no.: 260-2653 (2007).

[10] Tang, Zhi Tao, Zhan Qiang Liu, and Li Qiang Xu. Effect of Process Routing on Machining Deformation for Multi-Frame Double Sided Monolithic Components. In Advanced Materials Research, vol. 97, pp. 2894-2897. Trans Tech Publications, 2010.

[11] Ekmekci B., Theoretical and Experimental Investigation of Residual Stresses in Electric Discharge Machining, Doktora Tezi, The Middle East Technical Univesity, Ankara, 2004.

# GESTASYONEL TROFOBLASTİK HASTALIKLAR

**Öğr. Gör. Serpil TOKER**

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, serpil.toker@gop.edu.tr, 0000-0001-6809-6342

**Dr. Öğr. Üyesi Gizem ÇITAK**

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, gizem.citak@gop.edu.tr, 0000-0002-5484-2233

## ÖZET

Hidatiform mol vakalarında tedavi, genellikle cerrahi uterus boşaltılması ve human koryonik gonadotropin (hCG) izlemine dayanmaktadır. Fertiliteyi korumak istemeyen hastalar için histerektomi, geçerli bir tedavi seçeneği olarak öne çıkmaktadır. Malign gestasyonel trofoblastik neoplazilerde, kemoterapinin etkinliği bilinse de, özellikle tedaviye dirençli vakalarda, kanama gelişen durumlarda ve toplam kemoterapi dozunun düşürülmesi gerektiğinde, histerektomi ve ekstirpasyon yöntemleri tedavi stratejilerinde önemli bir yer tutmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Acil Obstetri, Erken gebelik kanamaları, Gestasyonel trofoblastik hastalık,

## ABSTRACT

In cases of hydatidiform mole, treatment primarily involves surgical uterine evacuation and monitoring of human chorionic gonadotropin (hCG) levels. Hysterectomy emerges as a viable treatment option, particularly for patients who do not wish to preserve fertility. Although chemotherapy is effective in managing malignant gestational trophoblastic neoplasms, hysterectomy and extirpation play a crucial role in treatment strategies, especially in cases with chemotherapy resistance, hemorrhagic complications, or the need to reduce the total chemotherapy dose.

**Keywords:** Emergency obstetrics, Early pregnancy bleeding, Gestational trophoblastic disease

## GİRİŞ

Gestasyonel trofoblastik hastalık (GTH), histopatolojik açıdan tam veya kısmi mol, invaziv mol, plasental bölge trofoblastik tümör ve gestasyonel koryokarsinom gibi alt gruplara ayrılmaktadır (Çakmak ve ark., 2015). GTH' ye yatkınlık oluşturan faktörler arasında menarş yaşı, doğum sayısı, ilk gebelik yaşı, geçmişte mol gebelik yaşayıp yaşamadığı, doğum sıklığı, genetik yapı, yetersiz beslenme, viral enfeksiyonlar ve sosyoekonomik düzey yer almaktadır (Ghaemmaghami ve Ashraf-Ganjooie, 2006). Hastalığın etiyolojisi tam olarak belirlenmemiş olmakla birlikte, gamet hücrelerinin anormal bölünmesi, döllenme ve trofoblastik dokunun malign değişikliği süreçleriyle ilişkilendirilmektedir.

### Gestasyonel Trofoblastik Hastalıklar

Gestasyonel trofoblastik hastalıklar (GTH), normal olmayan döllenme sonucu ortaya çıkan ve trofoblastların bölünerek aşırı artması ile karakterize olan bir hastalık grubudur. Bu hastalık, plasenta kaynaklı olup, metastaz yapabilen bir tümör olarak maternal dokudan çok, plasenta dokusundan köken almaktadır (Sato ve ark., 2019; Özgen ve Adanas, 2020). Hastalığın görülme sıklığı, bölgelere ve ırklara göre farklılık göstermektedir. GTH, genel olarak 1-2/1000 doğumda görülmekle birlikte, bazı etnik gruplarda daha yüksek insidans rapor edilmiştir (Acil Obstetrik Bakım Hemşire Katılımcı Kitabı, 2014). Türkiye'de 1000 gebelikte izlenen insidans oranı 0,3-16 arasında değişirken, Avrupa ve Kuzey Amerika'da bu oran 0,6-1,2, Orta Doğu ülkelerinde ise 3,2-5,8 arasında bildirilmiştir (Alemdar ve Gülücü, 2022).

Gestasyonel trofoblastik hastalıkların gelişiminde etkili olduğu belirlenen predispozan faktörler arasında erken menarş, doğum sayısı, ilk gebelik yaşı, geçmişte mol gebelik yaşayıp yaşamadığı, doğum sıklığı, genetik yapı, sağlıksız beslenme, viral enfeksiyonlar, gelir seviyesinin düşük olması ve Asya kökeni yer almaktadır. Ayrıca, erken gebelik yaşı ve ileri anne yaşı, anormal fertilizasyon ile ilişkilidir ve bu durum, komple mol hidatiformaya yol açabilmektedir (Karateke ve ark., 2014; Özgen ve Adanas, 2020).

Mol hidatiform, genellikle ağrısız olan, aralıklı veya sürekli kanama ile seyreden bir durumdur. Kanama genellikle kahverengi renkte olup, molar doku uterustan ayrılmaya başladığında parlak kırmızı renkli ve üzüm benzeri parçalar içerebilir. Uterus, olması gerekenden daha büyük ve yumuşak olabilir. Bu duruma şiddetli mide bulantısı, kusma ve tansiyon yükselmesi gibi belirtiler de eşlik edebilir (Acil Obstetrik Bakım Hemşire Katılımcı Kitabı, 2014).

Mol hidatiform, komplete ve inkomplete olmak üzere iki ana şekilde görülmektedir. Komplete molhidatiformda, embriyo veya fetüs ile ilişkili yapılar ve ekleri bulunmaz. Ultrasonografiyle,

koryonik villusların tipik "kar yağdı" görüntüsünü verdiği gözlemlenir. İnkomplete molhidatiformda ise, genellikle multipl konjenital anomalilere sahip bir embriyo/fetüs ve amniyotik kese mevcuttur (Acil Obstetrik Bakım Hemşire Katılımcı Kitabı, 2014).

Molhidatiform, myometriuma ve çevre dokulara penetre olursa invaziv mol olarak tanımlanır. Ayrıca, trofoblastik hücrelerden kaynaklanan saf bir epitelyal tümör olan koryokarsinom gelişme olasılığı oldukça yüksektir (Acil Obstetrik Bakım Hemşire Katılımcı Kitabı, 2014).

**Tanı**

Ultrasonografi ile yapılan değerlendirmede, tipik olarak "kar yağdı" veya "ekmek içi" görüntüsü saptanabilir. Bu duruma özgü olarak, fetal parçalara rastlanmaz, plasentada bal peteği benzeri bir görünüm ve spontan abortusa benzer şekilde deforme olmuş bir gebelik kesesi gözlemlenir (Kurt ve Aksoy, 2022).

**Yönetimi**

Tedavi için en güvenilir yöntem vakum aspirasyonu olarak kabul edilmektedir; ancak, ileri yaş ve tekrar gebelik düşünmeyen kadınlarda histerektomi de bir seçenek olabilir. Bu işlemler sonrasında, takip eden üç hafta boyunca haftalık β-hCG izlemleri yapılmalı ve değerlerin normale inip inmediği izlenmelidir. Değerler normalleştiğinde, 6-12 ay boyunca her ay β-hCG takibi devam etmelidir. Ayrıca, hastaya bir yıl boyunca oral kontraseptif kullanımı önerilmeli ve kontrasepsiyon konusunda mutlaka bilgi verilmelidir (Gezginç ve Dalkılıç, 2011).

Komplete mol olgularında ısrarcı hastalık riski genellikle %15-20 civarındadır. Israrcı hastalık gelişmesi durumunda ileri muayene ve tetkikler kullanılarak uterus dışı yayılımın olup olmadığı belirlenmelidir. Tedavi olarak tek ajanlı kemoterapi tercih edilmektedir; metotreksat, aktinomisin D ve 5-FU bu bağlamda sıklıkla kullanılan ajanlardır. Metastaz tespit edildiğinde, düşük riskli hastalar için tek ajanlı kemoterapi uygulanırken, yüksek riskli hastalarda kombine kemoterapi rejimleri (MAC veya EMA-CO) tercih edilmektedir (Gezginç ve Dalkılıç, 2011).

Bu tedavilerin yanı sıra, kanama riski uterus boyutuyla orantılı olarak arttığı için, kan transfüzyonu için kan temin edilmelidir. Ayrıca, Rh negatif kadınlara, molar boşaltma sırasında anti-D immünglobulini verilmelidir (Kurt ve Aksoy, 2022).

## KAYNAKLAR

Acil Obstetrik Bakım Hemşire Katılımcı Kitabı .(2014). Sağlık Bakanlığı, Ankara.

Alemdar, T., & Gülücü, S. (2022). Gestasyonel Trofoblastik Hastalık Tanısı Alan Olguların Değerlendirilmesi. *Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *9*(3), 349-354.

Çakmak, B., Toprak, M., Nacar, M. C., Köseoğlu, R. D., & Güneri, N. (2014). Incidence of gestational trophoblastic disease in Tokat province, Turkey. *Journal of the Turkish German Gynecological Association*, *15*(1), 22.

Gezginç, K., & Dalkiliç, E. U. (2011). Obstetrik Acillere Yaklasim/Management of Obstetric Emergencies. *Eurasian Journal of Emergency Medicine*, *10*(3), 128.

Ghaemmaghami, F., & Ashraf-Ganjooıe, T. (2006). Gestational trophoblastic neoplasia. *Asia-Pacific Journal of Clinical Oncology*, *2*(1), 9-21.

Karateke, A., Kurt, R., Dede, M., Gül, A., Kılıç, Ç., & Özkaya, D. (2014). Kliniğimize başvuran mol gebelik olgularinin retrospektif incelenmesi: 5 Yillik Klinik Deneyim. *The Medical Journal of Mustafa Kemal University*, *5*(17), 18-23.

Kurt, B., & Aksoy, H. (2022). Gebelik ve Postpartum dönemde kanama ve yönetimi. İçinde G. Demirel ve ark., (Ed.), *Obstetrik Aciller ve Yönetimi* (s.131-141), Akademisyen Kitapevi, Ankara.

Özgen, G., & Adanas, G. (2020). Gestasyonel trofoblastik hastalıkların kliniğimizde retrospektif olarak değerlendirilmesi: orta dönem sonuçlarımız. *Zeynep Kamil Tıp Bülteni*, *51*(1), 1-4.

Sato, A., Usui, H., & Shozu, M. (2019). Comparison between vacuum aspiration and forceps plus blunt curettage for the evacuation of complete hydatidiform moles. *Taiwanese Journal of Obstetrics and Gynecology*, *58*(5), 650-655.

# ABLASYO PLASENTA (PLASENTA ABRUPTİO)

**Öğr. Gör. Serpil TOKER**

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, serpil.toker@gop.edu.tr, 0000-0001-6809-6342

**Dr. Öğr. Üyesi Gizem ÇITAK**

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, gizem.citak@gop.edu.tr, 0000-0002-5484-2233

## ÖZET

Plasentanın fetüsün doğumundan önce erken ayrılması olarak tanımlanan plasenta dekolmanı (PA), yüksek perinatal mortalite ile ilişkili nadir bir obstetrik komplikasyondur. Plasenta dekolmanının görülme sıklığı tüm gebeliklerin %0,4 ila %1'i arasında değişir ve farklı popülasyonlarda biraz değişir. Plasenta dekolmanı için en güçlü risk faktörleri preeklampsi, sigara kullanımı ve daha önce plasenta dekolmanı öyküsüdür. Şiddetli plasenta dekolmanındaki tipik klinik bulgular vajinal kanama, abdominal ağrı ve fetal sıkıntıdır. Ultrason değerlendirmesi düşük duyarlılığa sahiptir ancak plasenta previa ile ayırıcı tanıda değerli olabilir. PA, maternal ve perinatal morbidite ve mortalitenin en önemli nedenleri arasında yer alır. Maternal riskler arasında obstetrik kanama, kan transfüzyonu ihtiyacı, acil histerektomi, yaygın intravasküler pıhtılaşma ve böbrek yetmezliği bulunur. Perinatal komplikasyonlar arasında preterm doğum, asfiksi, ölü doğum ve perinatal ölüm bulunur. Çoğu durumda, şiddetli plasenta dekolmanının yönetimi maternal hemodinamik durumun dikkatli bir şekilde izlenmesini ve acil sezaryen doğumunu gerektirir. PA, preterm doğumların yaklaşık %10'unun ve tüm perinatal ölümlerin %10 ila %20'sinin ana nedeni olarak kabul edilir.

**Anahtar Kelimeler:** Acil Obstetri, Geç gebelik kanamaları, Ablasyo plasenta

## ABSTRACT

Placental abruption (PA), defined as the premature separation of the placenta before the delivery of the fetus, is a rare obstetric complication associated with high perinatal mortality. The incidence of placental abruption ranges from 0.4% to 1% of all pregnancies, with slight variations across different populations. The strongest risk factors for placental abruption include preeclampsia, smoking, and a history of prior placental abruption. The typical clinical findings in severe placental abruption include vaginal bleeding, abdominal pain, and fetal distress. Ultrasound evaluation has low sensitivity but can be valuable in the differential

diagnosis of placenta previa. PA is among the leading causes of maternal and perinatal morbidity and mortality. Maternal risks include obstetric hemorrhage, the need for blood transfusion, emergency hysterectomy, disseminated intravascular coagulation, and renal failure. Perinatal complications include preterm birth, asphyxia, stillbirth, and perinatal death. In most cases, the management of severe placental abruption requires careful monitoring of maternal hemodynamic status and urgent cesarean delivery. PA is considered a leading cause of approximately 10% of preterm births and 10% to 20% of all perinatal deaths**.**

**Keywords:** Abruptio placenta, Emergency obstetrics, Late pregnancy bleeding

## GİRİŞ

Ablasyo plasenta, gebeliklerin %0,5 ile %1,8'i arasında görülmektedir (Adalı ve ark., 2009). Maternal kronik hipertansiyon, preeklampsi, sigara kullanımı, ileri yaş, grandmultiparite, çoğul gebelikler, trombofili ve polihidramnios, bu durumun bilinen risk faktörleri arasında yer almaktadır (Hladky ve ark., 2002). Ablasyo plasenta, hem maternal hem de perinatal morbidite ve mortalite riskini artırmaktadır. Bu nedenle, erken tanı koyulması kritik öneme sahiptir (Keskin, 2009). Dekolman plasenta, sıklıkla massif kan transfüzyonuna ihtiyaç duyulması, hemorajik şok, akut böbrek yetmezliği ve Dissemine İntravasküler Koagülasyon (DİK) gibi ciddi maternal komplikasyonlara yol açabilir. Prematüre doğum ve buna bağlı sorunlar, fetal hipoksi ve fetal ölüm ise en yaygın perinatal komplikasyonlar arasında yer almaktadır (Yılmaz ve ark., 2013).

### Ablasyo Plasenta

Plasental abrupsiyon (PA), gebeliklerin %0,3-1'ini etkileyen doğum öncesi kanamanın önemli bir nedenidir (Ananth ve ark., 2015; Özkavak ve ark., 2024). Plasentanın rahim duvarından erken ayrılması olarak tanımlanan PA, genellikle gebeliğin 24. haftası ile doğum arasında herhangi bir uyarı vermeden ortaya çıkar (RCOG, 2014) ve desidual damarların yırtılması ve plasenta yatağında kanama nedeniyle oluşur (Anderson ve ark., 2020). Abrupsiyon, vajinal kanama ile ortaya çıkarılabilir veya kanamanın plasentanın arkasında olması durumunda gizlenebilir. Etiyolojisi bilinmemektedir ve muhtemelen kusurlu derin plasentasyonla ilişkili altta yatan vasküler patolojinin neden olduğu daha geniş bir plasental sendromun kaynaklanır (Anderson, 2020). Ablasyo plasenta sırasında fetüse oksijen sağlanması tehlikeye girer ve annede önemli miktarda kan kaybı olabilir. Hızlı fetal izleme, annenin hemodinamik stabilizasyonu (RCOG, 2014) ve genellikle sezaryenle (%90) doğum, abrupsiyondan sonraki 24 saat içinde endikedir. PA, doğum öncesi fetal ölüme ve yaygın intravasküler koagülopatiye

yol açabilir, ancak iyi sağlık hizmetlerine erişim durumunda anne ölümü nadirdir (Boisrame ve ark., 2014).

PA, karın travmasıyla tetiklenebilse de çoğu vakanın öncesinde açık bir hazırlayıcı olay yaşanmaz. Sosyodemografik risk faktörleri arasında annenin ırkı/etnik geçmişi, BKİ, sosyal sınıf, medeni durum ve aşırı anne yaşı yer alır ( Anderson, 2020; Tikkanen ve ark., 2011). Davranışsal risk faktörleri arasında sigara içme, kokain kullanımı, alkol ve kısa gebelik aralığı yer alır. Sigara içmek, belirlenmiş en güçlü risk faktörlerinden biridir ve bir doz-yanıt ilişkisi sergiler (Anderson ve ark., 2020). Diyabet ve preeklampsi gibi hipertansif hastalıklar, altta yatan mikrovasküler fonksiyon bozukluğunu ağırlaştırabilir, dolayısıyla abrupsiyona neden olabilir. Gebelikte vajinal kanama, plasenta previa ve erken membran rüptürü (EMR) de ölü doğum veya daha önceki gebelikte ani ölüm gibi önemli risk faktörleridir. PA, genetiktir ve kalıtsal trombofililerle ilişkisi vardır (Anderson ve ark., 2020).

Akut PA, anne kanaması ve hipovolemik şok, yaygın damar içi pıhtılaşma (DIC), kan ürünü transfüzyonu gerekliliği, yoğun bakım ünitesine (YBÜ) yatış ve akut böbrek hasarı (AKI) gibi ciddi anne komplikasyonlarıyla ilişkilidir (Ananth, 2016) . Ayrıca fetal sıkıntı, erken doğum ve ilgili sorunlar ve fetal ölüm gibi kötü fetal-neonatal etkilere yol açabilir (Özkavak ve ark., 2024).

## Yönetimi

Kanama değerlendirilir.

- Ciddi miktarda ve ani kanama varsa,
    - Dilatasyon tamsa vakum yardımıyla normal doğum
    - Açıklık tam değilse, acil sezaryen
- Kanama hafif ve fetal kalp hızı normal ise;
    - Travayda sıkı izlem
    - Kontraksiyon zayıfsa amniyotomi ve oksitosin tedavisi
    - Serviks kapalı ise, sezaryen doğum
- Kanama hafif fakat fetal kalp atım hızı bozulmuşsa;
    - Dilatasyon tamsa vakum yardımıyla normal doğum

- Açıklık tam değilse, acil sezaryen

Postpartum kanama açısından kadın yakından takip edilmeli ve hazırlıklar yapılmalıdır (Acil Obstetrik Bakım Hemşire Katılımcı Kitabı, 2014).

## KAYNAKLAR

Acil Obstetrik Bakım Hemşire Katılımcı Kitabı. (2014). Sağlık Bakanlığı, Ankara.

Adalı E, Yıldızhan R, Kolusarı A, Kurdoglu M, Cim N, Özgökce C. Dekolman plasenta olgularının retrospektif olarak değerlendirilmesi. Van Tıp Dergisi 2009; 16 :14-18.

Ananth, C. V., Keyes, K. M., Hamilton, A., Gissler, M., Wu, C., Liu, S., ... & Cnattingius, S. (2015). An international contrast of rates of placental abruption: an age-period-cohort analysis. *PloS one*, *10*(5), e0125246.

Anderson, E., Raja, EA, Shetty, A., Gissler, M., Gatt, M., Bhattacharya, S. ve Bhattacharya, S. (2020). Plasentanın ayrılmasına ilişkin risk faktörlerinin değiştirilmesi: Finlandiya, Malta ve Aberdeen'den rutin olarak toplanan verileri kullanan çapraz bir vaka çalışması. *PloS bir* , *15* (6), e0233641.

Boisramé, T., Sananès, N., Fritz, G., Boudier, E., Aissi, G., Favre, R., & Langer, B. (2014). Placental abruption: risk factors, management and maternal–fetal prognosis. Cohort study over 10 years. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, *179*, 100-104.

Hladky K, Yankowitz J, Hansen WF. Placental abruption. Obstet Gynecol Surv 2002; 57:299-305.

Keskin N. Preterm Plasenta Previa ve Ablasyo Plasenta Vakalarında Sezaryen Endikasyonlarının Tartışılması. Düzce Tıp Fakültesi Dergisi 2009;11:54-58.

Özkavak, O. O., Tanacan, A., Haksever, M., Sahin, R., Ersak, D. T., Iskefiyeli, E., & Sahin, D. (2024). A novel predictive marker for placental abruption with composite adverse outcomes: creatinine–fibrinogen ratio. *Archives of Gynecology and Obstetrics*, 1-6.

Royal College of Obstetricians and Gynaecology (2011, updated 2014), Antepartum Haemorrhage, Green-top Guideline no. 63

Tikkanen, M. (2011). Placental abruption: epidemiology, risk factors and consequences. *Acta obstetricia et gynecologica Scandinavica*, *90*(2), 140-149.

Yılmaz M, Isaoglu U, Delibas IB ve ark. Dekolman Plasenta: Epidemiyoloji, Risk Faktörlerinin Analizi, Fetal ve Maternal Sonuçlar. Sakaryamj 2013;3:126-130.

# GEBELİKTE BESLENME

**Dr. Öğr. Üyesi Gizem ÇITAK**
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Ebelik Anabilim Dalı
gizem.citak@gop.edu.tr -ORCID ID: 0000-0002-5484-2233
**Öğr. Gör. Serpil TOKER**
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Ebelik Anabilim Dalı
serpil.toker@gop.edu.tr – ORCID: 0000-0001-6809-6342

## ÖZET

Gebelikte fetüsün büyüme ve gelişmesi annenin günlük aldığı besinlerin plasenta yoluyla fetüse iletilmesiyle gerçekleşir. Gebenin enerji gereksinimi normal yaşamsal faaliyetleri ve fiziksel aktivite düzeyine ilaveten fetüsün büyümesi için gereken enerji toplamı kadardır. Diyetle önerilen alım miktarlarına göre gebenin ikinci trimestere kadar enerji gereksinmesi gebe olmayan kadının tahmini enerji gereksinmesinden fazla değildir. Gebelik döneminde makro ve mikro besin ögelerinin yeterli düzeyde alınması fetusun sağlığı açısından çok önemlidir. Birçok vitaminin (A, E, D, K vb) gebelikte eksikliği fetal anomalilere ve gelişimsel bozukluklara neden olmaktadır. Ülkemizde Ana ve Çocuk Beslenmesi Programı, Anne Sütünün Özendirilmesi, Sürdürülmesi, Desteklenmesi Programı, Emzirmenin Korunması, Özendirilmesi, Desteklenmesi ile Demir Yetersizliği Anemisinin Önlenmesi ve Kontrolü Programı "Demir Gibi Türkiye", Bebeklerde D Vitamini Yetersizliğinin Önlenmesi ve Kemik Sağlığının Geliştirilmesi Programı, İyot Yetersizliğinin Önlenmesi ve Tuzun İyotlanması Programı, Gebelikte Demir Destek Programı, Gebelere D-vit Destek Programı gibi beslenmeye yönelik pek çok sağlık politikası yer almaktadır. Ebelerin beslenmeyle ilgili olarak gebeye ve topluma beslenme eğitimi verme, beslenme bilgisi açısından kendini geliştirme ve gerektiğinde danışmanlık yapma gibi sorumlulukları vardır.

**Anahtar Kelimeler: Gebe, Beslenme, Ebe.**

# NUTRITION IN PREGNANCY

## ABSTRACT

The growth and development of the fetus during pregnancy occurs through the delivery of the mother's daily nutrients to the fetus through the placenta. The energy requirement of the pregnant woman is the sum of the energy required for the growth of the fetus in addition to her normal vital activities and physical activity level. According to the recommended dietary intake, the energy requirement of the pregnant woman until the second trimester is no more than the estimated energy requirement of the non-pregnant woman. Adequate intake of macro- and micronutrients during pregnancy is very important for fetal health. Deficiency of many vitamins (A, E, D, K, etc.) during pregnancy causes fetal anomalies and developmental disorders. In our country, there are many health policies related to nutrition such as Mother and Child Nutrition Program, Encouragement, Maintenance and Support of Breastfeeding Program, Protection, Encouragement and Support of Breastfeeding and Prevention and Control of Iron

Deficiency Anemia Program “Turkey Like Iron”, Prevention of Vitamin D Deficiency in Infants and Improvement of Bone Health Program, Prevention of Iodine Deficiency and Iodization of Salt Program, Iron Support Program in Pregnancy, D-vit Support Program for Pregnant Women. Midwives have responsibilities such as providing nutrition education to pregnant women and the community, improving themselves in terms of nutrition knowledge and providing counseling when necessary.

**Keywords: Pregnant, Nutrition, Midwife.**

## 1. GEBELİKTE BESLENME

Gebelikte alınan besinler, hem anne hem de yenidoğan sağlığı üzerinde önemli ve kalıcı etkiler yaratabilir. Gebelik sırasında meydana gelen fizyolojik değişiklikler, yetersiz veya aşırı besin alımının kısa ve uzun vadede fetusta epigenetik değişikliklere neden olabileceğini göstermektedir (Koenig, 2017). Bu nedenle, gebelik ve emzirme dönemi boyunca enerji ve besin alımının yeterli olması, fetusun sağlıklı bir yaşam sürdürmesi ve yetişkinlikte karşılaşılan hastalıklardan korunması için büyük önem taşır (Ersoy ve ark., 2015).
Gebelikte enerji ve kilo alımı, beslenmenin önemli göstergeleri olsa da, dengeli ve yeterli beslenme, kalori alımından daha fazla önem taşır (Özalper, 2014). Kadının yaşı, gebelik öncesi vücut ağırlığı, besin depolarının yeterliliği ve fiziksel aktivite durumu gibi faktörler, gebelik ve emzirme dönemindeki günlük enerji ve besin öğeleri gereksinimlerini etkileyebilir (Ersoy ve ark., 2015). Gebelerde, günlük 200-300 kcal ek enerji gereksinimi varken, vitamin ve mineral ihtiyacı %20-100 oranında artış gösterebilir (Coşkun ve Özdemir, 2009).
Anne ve bebek sağlığını korumak adına, gebelik öncesi ve gebelik dönemlerinde beslenme düzeyinin en üst seviyeye çıkarılması ve gerekli besin öğelerinin temin edilmesi büyük önem taşır. Bu derlemenin amacı, gebelikte beslenme desteğini uluslararası kanıtlara dayalı uygulama yönergeleri doğrultusunda ele alarak güncel yaklaşımları sunmaktır. Güncel bilgilere ulaşmak için Pubmed, Cochrane ve National Guideline Clearinghouse gibi veri tabanları taranmış; American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG), Royal College of Obstetricians and Gynaecologists (RCOG), Institute of Medicine (IOM), Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ/WHO) ve Sağlık Bakanlığı'nın siteleri gözden geçirilmiştir. Ulaşılan yönergelerde, konuyla ilgili yeterli sayıda randomize kontrollü çalışmaya rastlanmamış olup, kanıtlar genellikle uzman görüşü düzeyinde sunulmuş; DSÖ'nün yönergesinde uygulamalara ilişkin öneriler ve duruma özgü yönlendirmeler belirtilmiştir (Güler ve ark., 2019).

**Gebelikte Karbonhidratlar:** Gebelikte alınan enerjinin %50-60'ı karbonhidratlardan sağlanmalıdır. Karbonhidrat alımının büyük bir kısmı kompleks karbonhidratlardan yapılmalı, basit şekerlerin tüketimi sınırlanmalıdır (Uzdil ve Özenoğlu, 2015).

**Gebelikte Proteinler:** Proteinler, vücudun yapı taşlarıdır ve fetüsün büyümesi için gereklidir. Günlük enerjinin %12-15'ini karşılamalıdır. Protein kaynağının en az %60'ı biyolojik değeri yüksek kaynaklardan temin edilmelidir. Yetersiz protein alımı, negatif azot dengesi ile sonuçlanabilir. Gebelikte günlük protein ihtiyacı 60 g olarak önerilmektedir; vejetaryen ve

bitkisel ağırlıklı beslenen gebelere ise ek olarak 20 g/gün ilave edilmesi tavsiye edilmektedir (Uzdil ve Özenoğlu, 2015).

**Gebelikte Yağlar:** Enerjinin %25-30'u yağlardan sağlanmalıdır. Gebelikte özellikle çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) ve dokozahekzanoik asit (DHA) içeren besinler, fetüsün sinir sistemi gelişimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri (LCPUFA), ekozapentanoik asit (EPA), DHA ve araşidonik asit (AA) çocuğun büyüme ve gelişimi için kritik öneme sahiptir. Nishimura ve arkadaşlarının yaptığı bir araştırmada, gebeliğin ikinci ve üçüncü trimesterlerinde diyetin EPA ve DHA içeriği, olgun anne sütünün PUFA bileşimini etkileyebileceği bulunmuştur (Nishimura, 2014).

**Gebelikte A Vitamini:** A vitamini, görme fonksiyonu, fetüsün büyümesi, bağışıklık sistemi ve epitel dokuların bütünlüğü için gereklidir (Uzdil ve Özenoğlu, 2015). HIV enfekte kadınlardan doğan çocukların doğum ağırlığı ve büyümelerinin, A vitamini desteği ile arttığı ancak aşırı kullanımından kaçınılması gerektiği bilinmektedir (Hovdenak ve Haram, 2012).

**Gebelikte D Vitamini:** Gebelikte D vitamini alımının, hem anne hem de fetüs üzerindeki tam etkisi henüz netleşmemiştir. Düşük doğum ağırlığı gibi bazı gebelik komplikasyonlarına karşı koruyucu etkileri olsa da, D vitamini takviyesinin gerekliliği, güvenliği ve etkinliği konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Bununla birlikte, D vitamini kemik sağlığı, glukoz düzenlemesi, bağışıklık fonksiyonu ve doğum sırasında rahim kasılmaları için önemli bir rol oynamaktadır (Barger, 2010).

**Gebelikte Folik Asit:** Gebelikte folik asit eksikliği, nöral tüp defekti, orfasiyal yarıklar, kalp anomalileri, düşük doğum ağırlığı, anemi ve preeklempsi gibi sağlık sorunlarına yol açabilir. Nöral tüp defektine karşı koruyucu etkisi nedeniyle, gebelik öncesi ve süresince yeterli alımı önemlidir. Gebelere, tüm besinlerden günlük 600 µg diyet folat eşdeğeri almaları önerilmektedir.

**Gebelikte Kalsiyum:** Gebelikte kalsiyum eksikliği, preeklemsi ve fetüsün büyümesinin kısıtlanması ile ilişkilidir. Kalsiyum takviyeleri, preeklempsi riskini azaltabilir (Barger, 2010). Yeterli kalsiyum alımı sağlanmadığında, bu gereksinim vücutta kemiklerden kalsiyum çekilerek karşılanır. Sık doğumlar, yetersiz fiziksel aktivite ve güneş ışığından yeterince faydalanamama, kemik yumuşaması ve diş çürüklerine neden olabilir. Kalsiyumun emiliminin artırılması için D vitamini takviyesi de gereklidir. Gebelik boyunca yeterli kalsiyum alımı, hem anne hem de bebek sağlığı için kritik öneme sahiptir. Eğer diyetle yeterli kalsiyum alınamıyorsa, takviye kullanılması önerilir (Uzdil ve Özenoğlu, 2015).

**Gebelikte Demir:** Demir eksikliği, gebelikte anemiye yol açan en yaygın mikro besin öğesi eksikliğidir. Özellikle gebeliğin ilk iki trimesterinde, demir eksikliği erken doğum, düşük doğum ağırlığı ve bebek ölümlerinin artmasına neden olabilir. Gebelerde, artan plazma hacmi, fetüsün artan demir ihtiyacı, demir emilimini engelleyen fitat içeren tahılların fazla tüketimi, bağırsak parazitleri, sık doğumlar ve aşırı çay ve kahve tüketimi, demir eksikliği anemisinin

gelişmesine zemin hazırlar. 2010 yılında Türkiye'nin doğusunda yapılan bir araştırmada, gebelerin %4.5'inde anemi, %40.3'ünde demir eksikliği ve %10.9'unda ise hem demir hem de B12 vitamini eksikliği tespit edilmiştir (Karabulut ve ark, 2011).

**Gebelikte İyot:** İyot, normal beyin gelişimi ve büyüme için gereklidir. Ciddi iyot eksiklikleri, kısırlık, düşük doğum, ölü doğumlar, bilişsel fonksiyon bozuklukları ve düşük doğum ağırlığına neden olabilir. İdrarda 50-150 µg/gün iyot saptanması, orta düzeyde iyot eksikliğini gösterir ve bu durum hem anne hem de fetüs için guatr riskini artırır. İspanya'da düzenlenen bir seminerde, gebe ve emzikli kadınların iyot gereksinimlerini karşılayacak düzeyde iyodinat tuzu, süt ve süt ürünlerinin tüketilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Donnay ve ark, 2014).

**Gebelikte Probiyotikler:** Probiyotikler, yaşayan canlı mikroorganizmalardır ve genellikle Bifidobacterium ve Lactobacillus türlerini içerirler. Bu mikroorganizmalar, besinlerde doğal olarak bulunabilir veya besin takviyeleri olarak diyete eklenebilirler. Gebelikte yapılan bir çalışmada, doğumdan iki ay önce başlanıp emzirme dönemi boyunca devam eden probiyotik desteği ile plasebo verilen gruplar arasında yapılan karşılaştırmada (Facchinetti ve ark., 2014), Lactobacillus rhamnosus + Bifidobacterium longum ve Lactobacillus paracasei + Bifidobacterium longum takviyesi alan gebe gruplarının çocuklarında doğumdan itibaren 24 ay süreyle egzema gelişimi karşısında koruma sağlanmıştır.

**Gebelikte Makro ve Mikro Besin Öğelerinin Önemi:** Gebelik süresince, fetüsün sağlıklı gelişimi için yeterli makro ve mikro besin öğeleri almak kritik önem taşır. Özellikle D vitamini yetersizliği, çocukta rikets, kemik gelişiminde gecikme ve hipokalsemiye yol açabilir (Noğay, 2011). Ayrıca, nükleik asit sentezinde rol oynayan folik asit eksikliği, nöral tüp defekti, erken doğum ve düşük doğum ağırlığı risklerini artırabilir ve intrauterin büyüme geriliğine neden olabilir (Noğay, 2011). Gebelikte demir eksikliği anemisi de erken doğum ve düşük doğum ağırlığına yol açabilir (Noğay, 2011).
Gebeliğin üçüncü trimesterinde yapılan bir çalışmada, 49 gebe kadının besin tüketimi incelenmiş ve ağırlık kazanımı düşük olan 7 kadının (36. haftada 8 kg'dan az) besin alımlarının çoğunun düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu kadınların enerji (1170 kalori), C vitamini (47.4 mg/gün), D vitamini (2.18 mcg/gün), kalsiyum (980 mg/gün) ve demir (10.5 mg/gün) alımları tavsiye edilen düzeylerin altındadır (Noğay, 2011). Çalışmada, gebelerin %55.7'sinin B6 vitamini, %100'ünün folik asit, %85.7'sinin demir, %90'ının ise D vitamini alımları, RDA'nın günlük önerilen miktarlarının %50'sinden daha azdır. Bunun yanında, gebelerin günlük protein, karbonhidrat, A vitamini, riboflavin, niasin, C vitamini, kalsiyum, fosfor, çinko ve B12 vitamini alımları ise RDA'nın önerdiği miktarlarının %50'sinden daha fazla olmuştur. Başka bir çalışmada, yaşları 18 ve daha fazla olan toplam 283 gebe kadının besin tüketimi incelenmiş ve gebelerin %19.3'ünün kalori alımları, %99'unun folik asit alımları, %86.2'sinin çinko alımları, %75.4'ünün demir alımları ve %3.9'unun magnezyum alımları, RDA'nın önerdiği miktarın %50'sinden daha düşük bulunmuştur (Noğay, 2011).

## 1.1. TÜRKİYEDE GEBELİK, DOĞUM VE DOĞUM SONU DÖNEM BESLENME POLİTİKALARI

- Ana ve Çocuk Beslenmesi Programı
- Anne Sütünün Özendirilmesi, Sürdürülmesi, Desteklenmesi ve Bebek Dostu Sağlık Kuruluşları Programı
-Emzirmenin Korunması, Özendirilmesi, Desteklenmesi ile Demir Yetersizliği Anemisinin Önlenmesi ve Kontrolü Programı "Demir Gibi Türkiye"
- Bebeklerde D Vitamini Yetersizliğinin Önlenmesi ve Kemik Sağlığının Geliştirilmesi Programı
- İyot Yetersizliğinin Önlenmesi ve Tuzun İyotlanması Programı
-"Tamamlayıcı Beslenme"
- Gebelikte Demir Destek Program
- Gebelere D-vit Destek Programı

## 2. GEBELİKTE BESLENMEDE EBELERİN ROLÜ

**Gebelikte Beslenme ve Sağlık Eğitimi:** Ülkemizde, gebelik döneminde beslenme alışkanlıkları, alkol ve sigara kullanımı ile bu alışkanlıkların anne ve yenidoğan sağlığı üzerindeki etkileri üzerine yapılan çalışmalar yeterli düzeyde değildir. Bu eksikliklerin giderilmesi amacıyla, gebelere yönelik eğitim programları düzenlenmeli ve özellikle ebeler tarafından bilgilendirme yapılmalıdır. Eğitimlerde, gebelikte beslenmenin bebeğin sağlığı üzerindeki etkileri hakkında farkındalık yaratılmalı, anne adayları beslenme konusunda doğru bilgilendirilmelidir (Pekçen Akça ve ark., 2016).

Gebelik döneminde sağlıklı beslenme, anne ve fetüs için kritik önem taşır. Bu nedenle, beslenme eğitimi, kitle iletişim araçları, kitaplar ve broşürler gibi eğitim materyalleriyle desteklenmelidir. Gebelerin besin gereksinimlerinin doğru bir şekilde belirlenmesi için yaş, fiziksel aktivite düzeyi, gebelik başlangıcındaki ağırlık durumu ve besin depolarının yeterliliği gibi birçok faktör dikkate alınmalıdır. Ayrıca, sigara ve alkol gibi zararlı maddeleri kullanan gebeler için bu maddelerin anne ve bebek üzerinde yaratabileceği sağlık sorunları hakkında bilinçlendirici çalışmalar yapılmalı, erken teşhis ve müdahale için kontrol sıklığı artırılmalıdır. Gebelere yönelik danışmanlık hizmetleri düzenlenmeli ve destek sağlanmalıdır.

## KAYNAKÇA

Barger Mk. Maternal Nutrition And Perinatal Outcomes. Journal Of Midwifery & Women's Health. 2010;55:502-511.

Coşkun A, Özdemir Ö. Gebelikte Vitamin Ve Mineral Kullanımı Ve Beslenmenin İrdelenmesi. Türkiye Jinekoloji Ve Obstetri Derneği Dergisi 2009;6 (3):155-70.

Donnay S, Arena J, Lucas A, Velasco I, Ares S. Iodine Supplementation During Pregnancy And Lactation. Position Statement Of The Working Group On Disorders Related To Iodine Deficiency And Thyroid Dysfunction Of The Spanish Society Of Endocrinology And Nutrition. Endocrinol Nutr. 2014;61:27-34.

Ersoy G, Rakıcıoğlu N, Karabudak E, Gökmen Özel H, Köksal E, Özer E, Et Al. Yaşam Sürecinde Beslenmenin Önemi Ve Enerji Dengesi. Pekcan A. G., Şanlıer N., Baş M. (Ed.), Türkiye Beslenme Rehberi 2015, Ankara, Türkiye: T.C. Sağlık Bakanlığı 2016;1031:102-105.

Facchinetti F, Dante G, Petrella E, Neri I. Dietary Interventions, Lifestyle Changes,And Dietary Supplements İn Preventing Gestational Diabetes Mellitus: A Literature Review. Obstetrical And Gynecological Survey. 2014;69(11):669-680.

Güler, B., Bilgiç, D., Okumuş, H., Yağcan, H. (2019). Gebelikte Beslenme Desteğine İlişkin Güncel Rehberlerin İncelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi, 12(2), 143-151.

Hovdenak N,Haram K. Influence Of Mineral And Vitamin Supplements On Pregnancy Outcome. European Journal Of Obstetrics & Gynecology And Reproductive Biology. 2012;164:127–132.

Koenig, Md. Nutrient İntake During Pregnancy. Journal Of Obstetric, Gynecologic & Neonatal Nursing 2017;46 (3):120-2. Doi: 10.1016/J.Jogn.2016.11.004.

Nishimura Ry, Castro Gs, Jordao Aa Jr, Perdona Gda S, Sartorelli Ds. Dietary Polyunsaturated Fatty Acid İntake During Late Pregnancy Affects Fatty Acid Composition Of Mature Breast Milk. Nutrition. 2014:30:685–689.

Noğay, N.H. Gebe Kadınların Beslenme Durumlarının Değerlendirilmesi. Electronic Journal Of Vocational Colleges. December/Aralık 2011.

Özalper B. Gebelikte Beslenme. Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 2014;2 (2):270-8.

Pekşen Akça, R., Akgül, H., Tekgöz, M. Gebe Kadınların Beslenme Alışkanlıklarının Belirlenmesi.The Journal Of Social Sciences, 2016; 3(9), 332-339.

Uzdil, Z., Özenoğlu, A. (2015). Gebelikte Çeşitli Besin Öğeleri Tüketiminin Bebek Sağlığı Üzerine Etkileri. Balikesir Saglik Bil Derg Cilt:4 Sayı:2

# ANNELİK ROLÜNÜN KAZANILMASI: RAMONA MERCER

**Dr. Öğr. Üyesi Gizem ÇITAK**
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Ebelik Anabilim Dalı
gizem.citak@gop.edu.tr -ORCID ID: 0000-0002-5484-2233

**Öğr. Gör. Serpil TOKER**
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Ebelik Anabilim Dalı
serpil.toker@gop.edu.tr – ORCID: 0000-0001-6809-6342

## ÖZET

Mercer doğum süreci ve annelik rolü ile ilgili çalışmaları olan hemşirelik konusunda önde gelen teorisyenlerdendir. Annelik bakımı alanında teori oluşturma, araştırma yapma ve araştırma bulgularının uygulamaya konulması üzerine odaklanmıştır. Mercer ve arkadaşları, doğum öncesi stresin aile içindeki bireylerin ikili ilişkileri ve sağlık durumu üzerindeki etkilerini bir bütün olarak anlamaya çalışmıştır. Doğum öncesi stresi ve aile ilişkilerini beş değişkenle açıklamıştır. Bunlar hakimiyet duygusu, sosyal destek, anksiyete, özsaygı ve depresyondur. Mercer'in çalışmalarındaki temel endişe, annelik rolünün kazanılması ile ilgilidir. Yeni bir kimliğe sahip olmak, her şeyi yeni baştan enine boyuna düşünmeyi ve kendini yeniden tanımlamayı gerektirir. Annelik kimliğinin şekillenmesi, doğan her çocukla birlikte ortaya çıkar ve beklentiler safhası, formal safha, informal safha, kişisel safha olmak üzere dört evrede gerçekleşir. Ebe ve hemşireler Mercer'in çalışmalarını, kadınların önemine dikkat ederek bilmekten faydalanabilir. Çoğunlukla hem anne hem de çocuk etkileşimlerini görürler ve belki de anne babaların rollerini veya kimliklerini nasıl değiştirdikleri veya etmedikleri üzerinde etkili olan aile dinamiklerinin ve faktörlerin farkında olabilirler. Bu teori, hemşirelerin ve ebelerin annelerin ve çocukların bakımını değerlendirmesine, planlamasına, uygulamasına ve değerlendirmesine yardımcı olur.

**Anahtar Kelimeler: Ebe, Hemşire, Teori, Annelik rolü**

# ACQUIRING THE ROLE OF MOTHERHOOD: RAMONA MERCER

## ABSTRACT

Mercer is one of the leading theoreticians in nursing who studied the birth process and the role of motherhood. She focused on theorizing, researching and putting research findings into practice in the field of maternity care. Mercer et al. tried to understand the effects of prenatal stress on the dyadic relationships and health status of individuals in the family as a whole. They explained prenatal stress and family relationships with five variables. These are sense of dominance, social support, anxiety, self-esteem and depression. The main concern in Mercer's work is related to the acquisition of the role of motherhood. Having a new identity requires rethinking everything and redefining oneself. The shaping of maternal identity occurs with each child born and takes place in four phases: the phase of expectations, the formal phase, the informal phase and the personal phase. Midwives and nurses can benefit from knowing Mercer's work with attention to the importance of women. They often see both mother and child interactions and may perhaps be aware of family dynamics and factors that influence how parents do or do not change their roles or identities. This theory helps nurses and midwives to assess, plan, implement and evaluate the care of mothers and children.

**Keywords: Midwife, Nurse, Theory, Maternal Role**

## 1. RAMONA T. MERCER

### 1.1.RAMONA T. MERCER KİMDİR?

1929 yılında doğan Mercer, 1950'li yıllarda profesyonel kariyerine adım atmıştır. 1960 yılında pediatri ve obstetriklere olan ilgisini daha derinlemesine keşfetmiş ve 1964'te New Mexico Üniversitesi'nde anne-çocuk sağlığı üzerine yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır (Meighan, 2010). Annelik hemşireliğine olan tutkusu yıllar boyunca devam etmiş ve 1973 yılında Pittsburgh Üniversitesi'nde doktorasını tamamlamıştır. Ardından Kaliforniya'ya taşınan Dr. Mercer, 1987'de emekli olana kadar Kaliforniya Üniversitesi'nde yardımcı profesör olarak görev yapmıştır. Kariyeri boyunca, anne ve çocuk bakımı alanındaki çalışmalarını genişletmiş ve bu konuda kitaplar yazmıştır.

1. Ergen Sağlığı Konusunda Perspektifler.
2. Bir Kadının Yaşamındaki Geçişler
3. Risk Altında Ebeveynler (Ramona Mercer, 2006)

Altı kitapçık ve birçok dergi makalesinin yanı sıra toplamda altı kitap yayımlayan Dr. Mercer, kariyeri boyunca pek çok ödül kazanmış ve çeşitli meslek kuruluşları ile ulusal komitelerin aktif üyesi olmuştur (Meighan, 2010).

Dr. Mercer'in geliştirdiği annelik rol kazanımı teorisi, Reva Rubin'in 1978'deki annelik rol kazanımı teorisinden türetilmiştir. Ayrıca bu teori, Turner, Mead, Thornton ve Bronfenbrenner gibi önemli gelişimsel kuramcıların fikirlerinden de beslenmektedir. Hemşirelik, psikoloji ve sosyoloji gibi disiplinlerde yaygın bir şekilde kabul görmüştür (Alligood & Tomey, 2010). Mercer'in teorisinin temelinde, maternal rolü etkileyen birçok farklı faktör yer almaktadır. Bu faktörler, kadınların nasıl bir rol üstlendiklerini, kendilerini bu rolde nasıl algıladıklarını ve bu rolü nasıl geliştirdiklerini belirler. Bu faktörlerin tümü, anne ve çocuk arasındaki bağlanmayı etkileyerek kadının, çocuğun ve ailenin genel sağlığını da şekillendirir.

### 1.2. RAMONA T. MERCER: DOĞUM ÖNCESİ STRES (ANTEPARTUM STRESS) VE ANNELİK ROLÜ EDİNME (MATERNAL ROLE ATTAİNMENT) TEORİLERİ - ANNE OLMA

Mercer, doğum sürecini anlamaya yönelik çalışmalarıyla hemşirelik alanındaki önde gelen teorisyenler arasında yer alırken, bu konuda yoğunlaşan tek teorisyen olarak dikkat çekmektedir (Meighan, 2010). Mercer, akademik kariyerine dair açıklamalarında, annelik bakımı alanında teori geliştirme, araştırmalar yapma ve bu araştırmaların bulgularını uygulamaya koyma üzerine odaklandığını belirtmiştir. Çalışmaları, annelik hemşireliği alanında profesörlük yapan Rubin'den büyük ölçüde etkilenmiş ve bu etki, Mercer'ın doktora eğitimini aldığı üniversitedeki çalışmalarına da yansımıştır (Mercer, 1995). 1988 itibarıyla Mercer, dört kitap ve 55'ten fazla makale ile rapor yayımlamıştır. Bu yayınlar, çocuk sahibi olacak ailelerin bakımında yer alan hemşire ve ebeler tarafından geliştirilen teorilerin varlığını ortaya koymaktadır.

Mercer, diğer araştırmacılar tarafından yaygın olarak kullanılan bir dizi ölçme aracı geliştirmiştir (Mercer, 1981). Ayrıca, araştırma bulgularının ve teorilerin uygulamaya konulmasına yönelik önemli bir vurgu yapmıştır. Mercer, teorize ettiği kavramların birçok obstetrik ders kitabında yer aldığını ve bu kavramların hemşirelik alanındaki uygulamalara büyük katkı sağladığını belirtmiştir. Bununla birlikte, Mercer'in Rubin'in çalışmalarını sıkça referans alıp, bu çalışmaların kullanım alanlarını genişlettiği de ifade edilmektedir. Mercer'in teorisi, uygulama odaklı bir yaklaşımı benimsemiştir (Mercer, 1981). Mercer'in bu teorik yaklaşıma olan ilgisi, 1985'te yayımladığı *First-Time Motherhood* (İlk Kez Annelik) adlı kitabında ve *The Nurse and Maternal Tasks of the Early Postpartum* (Doğum Sonrası Erken Dönem Hemşirelik ve Annelik Görevleri) adlı makalesinde de açıkça görülmektedir.

Örneğin, Mercer, bu makalesinde doğum sonrası ilk günlerde kadınların yerine getirmeleri gereken görevleri tartışmış ve bu görevlerin bebeğe "bağlanmanın" çok ötesinde bir anlam taşıdığına dikkat çekmiştir (Mercer, 1985). Bu görevlerden biri, doğum deneyimlerinin birbirine entegre edilmesi olup, teorik olarak belirlenmiş ve araştırma gözlemleriyle doğrulanmış bir uygulamadır. Hemşire 'Gebeliğin ve doğumun nasıldı?' diye sorması, kadının yanıt verdiğinde gerçekten ne söylediğini duyup anlayacak şekilde yaratıcı dinlemeyi gerektirir. 'Kayıp parçaları' bulup birbiriyle denkleştirmenin ve doğumun buna entegre edilmesinin bir yolu da gebelik ve doğum sırasında yanında olan hemşire ile birlikte gebelik ve doğumun gözden geçirilmesidir (Mercer, 1985).

Mercer'in çalışmalarının bir başka dikkat çekici yönü, ABD'deki pek çok teorisyen için geçerli olmasının yanı sıra, Mercer'in denetlediği çok sayıda lisansüstü öğrencisinin bu çalışmalardan faydalanarak kendi araştırmalarını bu temele dayandırmış olmalarıdır (Alligood & Tomey, 2010). Bu tür bir sürekli araştırma programı, teorinin uygulanabilirliğine dair daha fazla kanıt sağlamakla birlikte, teorinin revize edilmesine yol açabilecek yeni bilgiler de sunmaktadır (Alligood & Tomey, 2010).

## 2. DOĞUM ÖNCESİ STRESİN AİLE ÜZERİNE ETKİSİ

Mercer'in araştırmaları, doğum öncesi stresin, aile biriminin işlevselliği üzerindeki etkilerini incelemektedir. Mercer ve çalışma arkadaşları, doğum öncesi stresin, ailenin genel işleyişi ve aile üyelerinin arasındaki ilişkiler ile sağlık durumu üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde anlamayı amaçlamıştır. Mercer ve arkadaşları (1985), kendi araştırmalarına ve literatürdeki sağlık durumu, ikili ilişkiler ve aile işleyişine dair bulgulara dayanarak, bu etkilere dair altı önemli değişken belirlemişlerdir.

- doğum öncesi stres
- hakimiyet duygusu
- sosyal destek
- anksiyete
- özsaygı
- depresyon

Mercer (1985), bağımlı değişkenler olarak sağlık durumu gibi unsurları tanımlamıştır. Örneğin, "sağlık durumu" anne ve babanın önceki sağlık algısı, mevcut sağlık algısı, sağlık görünümü algısı, hastalığa karşı direnç gösterme ya da hastalığa yakalanma algısı, sağlık kaygıları algısı, hastalık yönelimi algısı ve hastalık rolünün reddi algısı gibi faktörler üzerinden açıklanmıştır. Bağımsız değişkenlerin her biri, örneğin sosyal destek ve özsaygı, tanımlanmış ve bu değişkenlerin teorik temelleri ele alınmıştır. Ardından, bu değişkenler arasında, sağlık durumu, ikili ilişkiler ve aile işleyişiyle ilgili bağımlı ve bağımsız değişkenlerin ilişkilerini gösteren üç farklı model sunulmuştur. Bu modeller, doğum öncesi stresin birey, çift ve aile fonksiyonları üzerindeki etkilerini incelemektedir (Alligood & Tomey, 2010).

Mercer ve çalışma arkadaşları (1988), doğum öncesi stresle ilgili bu üç modelden birini test eden bir çalışmanın sonuçlarını yayımlamıştır. Bu çalışma, doğum öncesi stresin aile fonksiyonları üzerindeki etkilerine odaklanmıştır. Modelde yer alan değişkenlerin aile fonksiyonu üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkiler yaratabileceği belirtilmiştir (Alligood & Tomey, 2010).

Özellikle, olumsuz yaşam olayları ve gebelik riskinden kaynaklanan stresin özsaygı ve sağlık durumu üzerinde doğrudan olumsuz etkiler yarattığı, bunun yanı sıra özsaygı, sağlık durumu ve sosyal desteğin hakimiyet duygusu üzerinde doğrudan olumlu etkiler oluşturduğu, hakimiyet duygusunun ise anksiyete ve depresyon üzerinde doğrudan olumsuz etkiler yaratacağı ve nihayetinde aile işleyişi üzerinde olumsuz sonuçlar doğuracağı öngörülmüştür (Mercer, 1995).Bu modeldeki ilişkiler, yüksek riskli gebelik tanısıyla hastaneye başvuran kadınlar üzerinde yapılan bir çalışmada test edilmiştir. Bu kadınlar, düşük riskli gebeliği olan başka bir grup kadınla karşılaştırıldı. Ayrıca, her iki gruptaki kadınların yarısının eşleri ile de görüşülmüştür. Mercer *ve ark.* (1985), gebelik üzerine yapılan araştırmaların çoğunun kadının bakış açısına göre yapıldığını ve aile işleyişinin erkek eşin görüş açısına göre de incelenmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Veriler, genel sağlık indeksi ve sosyal destek ölçümlerini de içeren çeşitli veri toplama araçları kullanılarak, altı bağımsız değişkenin her biri için toplanmıştır. Aile işleyişi bağımlı değişkeni, aile işleyişi ölçüm aleti kullanılarak ölçüldü. Veriler, kadınlar 24 ila 34 haftalık gebe iken toplandı (Alligood & Tomey, 2010).

Veriler daha sonra çalışmanın hipotezlerini test etmek için bir dizi istatistiksel test

kullanılarak analiz edildi:

*Hipotez 1:*

Doğum öncesi hastanede yatan yüksek riskli kadınlar ve eşleri, düşük riskli kadınlar ve eşlerine göre aile işleyişini daha az tatminkâr olarak bildirecektir.

*Hipotez 2:*

Eşleri gebe olanlar da aile işleyişini benzer şekilde bildirecektir (Mercer,1995).

Çalışmanın bulguları, ilk hipotezi desteklerken, düşük riskli kadınların eşleriyle ilgili ikinci hipotezi doğrulamamıştır. Araştırmacılar, her bir değişkenin aile işleyişi üzerindeki etkilerini ortaya koymuş ve hem düşük riskli hem de yüksek riskli gruptaki kadınlar için farklı değişkenlere dair tahminler sunmuşlardır. Bu durum, araştırmacıların doğum öncesi stresin aile işleyişi üzerindeki etkisiyle ilgili modellerini gözden geçirip yeniden şekillendirmelerine olanak sağlamıştır. Elde edilen verilere göre, düşük riskli kadınlar ve yüksek riskli kadınlar için değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren iki ayrı model ortaya çıkmıştır (Mercer, 1995). Bu modeller, daha ileri düzeyde test edilebilir ve modifiye edilebilir. Doğum öncesi stresi ve bunun aile işleyişi üzerindeki etkilerini tahmin etme konusunda önemli bir rol oynayan ve değişkenleri bir arada inceleyen bu modelin test edilmesi, aynı zamanda ebelerin doğum öncesi bakımda hangi alanlara öncelik vermeleri gerektiği konusunda karar almalarına yardımcı olabilir (Mercer, 1995).

### 2.1. ANNELİK ROLÜNÜN KAZANILMASI

Mercer'in çalışmalarının odak noktası, annelik rolünün kazanılmasıyla ilgilidir: Anne olmak, bireyin yeni bir kimlik kazanması anlamına gelir. Bu yeni kimlik, her şeyi baştan düşünmeyi ve kişiyi yeniden tanımlamayı gerektirir (Mercer, 1995). Amerikalı hemşireler ve ebeler için annelik rolünün edinilmesine duyulan ilgi belirgindir. Ancak Mercer, bazı kadınların bu rolü kabullenmekte zorluk çektiğini ve bu durumun önemine dikkat çekmektedir. Mercer'e göre, annelik rolünde zorlanan kadınların çocukları üzerinde bazı olumsuz etkiler ortaya çıkabilir: "Çoğu kadın bu rolü başarılı bir şekilde yerine getirirken, istismara uğrayan ya da ihmal edilen çocukların sayısının da gösterdiği gibi, ABD'de yaklaşık bir ila iki milyon anne bu rolü yerine getirmekte zorlanmaktadır" (Mercer, 1985).

Mercer (tıpkı Rubin gibi), bireylerin yeni roller kazandığı süreci etkileşimci bir bakış açısıyla

anlamaya çalışır. Etkileşimci yaklaşıma göre, bir kişinin belirli bir rolü üstlenme ve yerine getirme biçimi, o kişi ile çevresindekiler — eşi, bebeği, ailesi ve diğer insanlar — arasındaki etkileşimlere ve reaksiyonlara bağlıdır (Mercer, 1995).

Annelik kimliğinin oluşumu, her yeni doğan çocukla birlikte şekillenir ve bu süreç dört aşamada gerçekleşir: beklentiler safhası, formal safha, informal safha ve kişisel safha (Mercer, 2006; Meighan ve ark., 2006).

Beklentiler safhası: Bu safha, gebelik döneminde başlar ve gebeliğe uyumun psikolojik ve sosyal başlangıcını kapsar. Bu aşamada, kadın annelik rolü için çeşitli modelleri izler. Özellikle kendi annesi, "nasıl bir anne olunması gerektiği" konusunda önemli bir örnek teşkil eder (Özkan ve Polat, 2011; Mercer, 2004).

Formal-biçimsel safha: Bebek doğduğunda başlar ve anne, çevresinin kendisinden beklediği şekilde davranmaya çalışır. Bu dönemde, annenin bebek bakımını düzenlerken aynı zamanda kendi bakımına da özen göstermesi büyük önem taşır (Özkan ve Polat, 2011; Mercer, 2004).

İnformal safha: Bu safhada kadın, formal evrede edindiği deneyimlere dayanarak kendi annelik stilini geliştirmeye başlar. Yeni rolünü nasıl uygulayacağına ve nasıl bir anne olacağına karar verirken, bu aşama daha esnek ve kişisel seçimler içerir (Özkan ve Polat, 2011; Mercer, 2004).

**Kişisel safha:** Annelik rolü tam olarak kazanılmıştır. Anne, artık bir anne olmanın rahatlığına erişmiş ve bu role dair kendi fikirlerini ve davranışlarını geliştirmiştir. Anne, anne-bebek ilişkisini keyifle yaşamayı öğrenmiştir (Özkan ve Polat, 2011; Mercer, 2004).
Rubin, annelik rolünün üstlenilmesiyle ilgili etkinliklerin çoğunun gebelik sırasında ve doğumdan sonraki altı ay içinde gerçekleştiğini belirtirken (Meighan ve ark., 2006), Mercer'in teoriye dayalı modeline göre, rol üstlenme süreçlerinin çoğu doğumdan sonra gerçekleşir ve annelik rolünün kazanılması doğumdan sonraki üçüncü ile onuncu aylar arasında tamamlanır (Meighan ve ark., 2006). Mercer, bu modeli, 15 ile 42 yaşları arasındaki 242 kadınla yaptığı longitudinal çalışmada incelemiştir (Mercer, 1985). Araştırmanın temel amacı, yaşın annelik rolünü kazanma üzerindeki etkisini değerlendirmekti. İkincil amaç ise, diğer değişkenlerin annelik rolü üzerindeki etkilerini

tek tek ya da bir arada ele alarak belirlemek ve toplanan veriler ışığında annelik rolünü etkileyebilecek başka faktörleri tespit etmekti (Meighan ve ark., 2006). Çalışmanın verileri, doğum sonrası dönemde başlayıp ilk yılın sonuna kadar devam eden süre zarfında, beş farklı vakanın örnekleminden toplanmıştır (Özkan ve Polat, 2011).

## 2.2. ANNELİK ROLÜNÜN KAZANILMASINA İLİŞKİN MERCER TARAFINDAN BELİRLENEN DEĞİŞKENLER (Özkan ve Polat, 2011)

| ANNEYE İLİŞKİN DEĞİŞKENLER | BEBEĞE İLİŞKİN DEĞİŞKENLER | DİĞER DEĞİŞKENLER |
|---|---|---|
| İlk doğumda anne yaşı | Mizaç | Etnik köken |
| Doğum deneyimini algılayışı | Bebeğin sağlığı | Evlilik durumu |
| Erken anne- bebek ayrışması | | Sosyoekonomik durum |
| Sosyal stres | | |
| Benlik kavramı | | |
| Kişisel özellikleri | | |
| Çocuk yetiştirme tutumları | | |
| Annenin sağlık durumu | | |

Mercer (1985), adaptasyonun dört aşamasını üç düzeyde birleştirerek annelik rolüne uyum modelini sunmuştur. Bu modeldeki dört aşama şunlardır: doğum sonrası birinci ayda fiziksel iyileşme evresi, ikinci aydan dördüncü ya da beşinci aya kadar süren başarı evresi, altıncı aydan sekizinci aya kadar süren bozulma evresi ve sekizinci aydan on ikinci aya kadar devam eden yeniden yapılanma evresi (Mercer, 1985).

Adaptasyon süreci, biyolojik, psikolojik ve sosyal olmak üzere üç düzeyde gerçekleşir. Biyolojik düzey, kadının fiziksel iyileşmesi ve bebeğinin büyüme sürecine uyum sağlamasını kapsar. Psikolojik düzey, kadının anne olma durumuna verdiği tepki ve bu role dair algılarını içerir. Sosyal düzey ise, kadının yaşamındaki ve sosyal ilişkilerindeki değişikliklerle ilgilidir (Özkan ve Polat, 2011). Fiziksel iyileşme evresinde biyolojik düzey öne çıkarken, sonraki evrelerde sosyal ve psikolojik düzeyler daha fazla etkilidir. Eğer önceki evrelerde çözülemeyen sorunlar varsa, bu durum sonraki evrelerdeki adaptasyonu zorlaştırabilir. Örneğin, başarı evresinde yaşanan sağlık problemleri, sonraki psikolojik ve

sosyal başarıları sınırlayabilir (Özkan ve Polat, 2011). Bu bulguların uygulamaya yansımaları vardır. Mercer (1985), kadınlar başarı evresinde fiziksel ya da psikolojik bir sorun yaşadığında, onlara muayene olmalarını tavsiye etmektedir. Yapılan araştırmalar, doğum sonrası dördüncü ayda, birinci aya kıyasla daha fazla kadının sağlık sorunu bildirdiğini göstermiştir: kadınların %66'sı sağlık sorunu bildirirken, bunların %44'ü bir sorun, %22'si ise iki sorun bildirmiştir.

## 2.3.MERCER'İN TEORİSİNİN ÖNEMİ VE KAZANDIRDIKLARI

Mercer'in teorisi, hem sosyal hem de kültürel açıdan önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle ergen anneler, ilk kez annelik yapan kadınlar, tıbbi açıdan hassas bebeklerin anneleri ve farklı yaş gruplarındaki anneler üzerinde yapılan çalışmalar, bu teorinin kapsamını genişletmektedir. Örneğin, Copeland ve Harbaugh'un (2004) "Evli ve Tek Annelerin Anne ve Babalarının Erken Çocukluk Döneminde Geçişi" başlıklı araştırmaları, evli ve bekar annelerin annelik rolü kimliğini incelemektedir.

Mercer'in teorisi, hemşirelik pratiği açısından da büyük bir önem taşımaktadır. Fenwick ve arkadaşları (2008), yeni doğan bebeklerin annelerinin, tıbbi durumları nedeniyle bebeklerine fiziksel olarak yakın olamayacak olsa da, bu annelerin geçişlerini sağlamak ve annelik rollerini üstlenmelerine yardımcı olmak için hemşirelik uygulamalarını vurgulamaktadır. Bu bağlamda, Mercer'in teorisi, farklı hemşirelik alanlarında uygulanabilirliği sayesinde sosyal ve kültürel açıdan da geçerliliğini korumaktadır (Mercer, 2006).

Ramona Mercer ve diğer hemşirelik teorisyenlerinin çalışmaları, hemşireliğin disiplin olarak kabul edilmesi yolunda önemli adımlar atılmasını sağlamıştır. Hemşirelik teorileri, hemşirelik pratiğini şekillendirecek bilgi temelleri oluşturur. Anne rolü kazanımı teorisi ve diğer hemşirelik kuramları, hemşirelerin yeni anneler, gebe kadınlar ya da doğum yapmış kadınların geçiş süreçlerine nasıl yardımcı olabileceklerine dair bilgi sunar. Bu teoriler, hemşirelerin anneler ve çocukların bakımını değerlendirmelerine, planlamalarına, uygulamalarına ve sonuçları gözden geçirmelerine yardımcı olur (Mercer, 2006).

Ebe ve hemşireler, Mercer'in teorilerinden faydalanarak, kadınların deneyimlerine daha dikkatle yaklaşabilirler. Bu profesyoneller, anne ve çocuk arasındaki etkileşimlere odaklanarak, aile dinamiklerinin ve faktörlerinin anne-baba kimliklerinin şekillenmesi üzerindeki etkilerini gözlemleyebilirler. Ayrıca, annelikle ilgili zorluklar yaşayan kadınları tanımak ve doğum sonrası depresyon gibi durumlarla başa çıkmak için gerekli müdahaleleri uygulamak için bu

bilgileri kullanabilirler. Hemşirelikte teori ve bilimsel bilgi, hemşirelik pratiği ve disiplininin gelecekteki gelişimine katkı sağlamak için kritik bir öneme sahiptir (Katz ve ark., 2010).

## KAYNAKÇA

Alligood, M. R., & Tomey, A. M. Chapter 27: Ramona T. Mercer. In *Nursing theorists and their work* (7th ed., pp. 581-598). Maryland Heights, MO: Mosby Elsevier, 2010.

Copeland, D. B., & Harbaugh, B. L. Transition of maternal competence of married and single mothers in early parenthood. *The Journal of Perinatal Education*, *13*, 3-9. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1595220/, 2004.

Fenwick, J. Barclay, L. & Schmied, V. Craving closeness: A grounded theory analysis of women's experiences of mothering in the Special Care Nursery. *Women and Birth*, 2008; 21, 71–85.

Katz VL. Prenatal Bakım. In: Danforth's Obstetric ve Jinekoloji. Eds: Gibbs SR, Karlan YB, Haney FA, Nygonard I. Çeviren: Ayhan A. İstanbul ,Güneş Tıp Kitabevleri, 2010.

Meighan M., Ramona T., Mercer: Maternal Role Attainment-Becoming A Mother. In: Tomey AM, and Alligood MR. Nursing the orists and their work. 6th Edition, Mosby, 2006; 605–622.

Mercer R. Nursing support of the process of becoming a mother. Journal of Obstetric,Gynecologic, & Neonatal Nursing, 2006;35: 649-651.

Mercer RT. Becoming a mother versus maternal role attainment. J Nurs Scholarshıp, 2004, 36: 226-232.

Mercer, R. A Tribute to Reva Rubin. MCN, 20, 1995.

Mercer, RT. Theoredical framework for studying factors that impact on the maternal role, Nursing Research, 1981; 30(2): 73-77.

Mercer, RT. The process of maternal role attainment over the first year, Nursing Research, 1985; 34:198-204.

Özkan H, Polat S. Annelik davranışını öğrenme süreci ve hemşirelik desteği. Bozok Tıp Dergisi, 2011, 1: 35-39.

# AİLE DİNAMİKLERİ VE ÇOCUK SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: HEMŞİRELERİN AİLE ODAKLI BAKIM UYGULAMALARI

# THE EFFECTS OF FAMİLY DYNAMİCS ON CHİLD HEALTH: NURSES' FAMİLY-CENTERED CARE PRACTİCES.

**Yazar Dr. Öğr. Üyesi HAKAN AVAN**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, hakanavan@gmail.com- ORCID ID: 0000-0003-2494-3671),

## Özet

Hemşirelik pratiğinde aile odaklı bakım uygulamaları, bu dinamiklerin sağlık hizmetleri üzerindeki etkilerini anlamak ve bu etkilere uygun yanıtlar geliştirmek açısından büyük bir öneme sahiptir. Aile odaklı yaklaşımlar, çocukların sağlık bakım süreçlerinde daha etkili sonuçlar elde edilmesine katkıda bulunmakta ve ebeveynlerin çocuklarının bakımına yönelik becerilerini geliştirmelerine olanak tanımaktadır. Ailede bakım verenlerin mental sağlık durumları, sosyal destek sistemleri ve sağlık bilgisi erişimi gibi faktörler, çocukların sağlık durumlarını doğrudan etkileyebilir. Hemşirelerin aile odaklı bakım uygulamalarını benimsemeleri, çocukların sağlık durumları üzerinde önemli etkilere sahip olabilir. Ailelerin bakım süreçlerine aktif katılımı, çocukların iyilik halleri üzerinde olumlu sonuçlar doğurabilir. Hemşirelerin bu yaklaşımı benimsemeleri, sadece çocukların sağlık durumlarını değil, aynı zamanda ailelerin psikolojik ve sosyal durumlarını da olumlu yönde etkileyebilir. Hemşirelerin stres düzeylerini azaltmak ve aile odaklı bakım uygulamalarını artırmak için bilgi yönetimi, teknolojik çözümler ve eğitim gibi stratejilerin benimsenmesi gerekmektedir. Bu stratejiler, hemşirelerin iş yükünü hafifletirken, ailelerin bakım süreçlerine daha etkin bir şekilde katılmalarını sağlayabilir.

Bu makalede, aile dinamiklerinin çocuk sağlığı üzerindeki etkileri incelenecek ve bu etkilerin hemşirelik uygulamalarında nasıl dikkate alınması gerektiği tartışılacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Aile, Çocuk, Sağlık, Hemşirelik, Bakım

## Abstract

Family-centered care practices in nursing are of great importance in understanding the effects of these dynamics on healthcare services and developing appropriate responses to these effects. Family-centered approaches contribute to achieving more effective outcomes in children's healthcare processes and provide opportunities for parents to enhance their skills in caring for their children. Factors such as the mental health status of family caregivers, social support systems, and access to health information can directly affect the health status of children. Nurses' adoption of family-centered care practices can have significant effects on children's health. Active participation of families in care processes can lead to positive outcomes in children's well-being. The adoption of this approach by nurses can positively affect not only children's health but also the psychological and social conditions of families. To reduce stress levels and increase the implementation of family-centered care practices, strategies such as

information management, technological solutions, and education need to be adopted. These strategies can lighten the nurses' workload while enabling families to participate more effectively in care processes. This article will examine the effects of family dynamics on child health and discuss how these effects should be considered in nursing practices.

**Keywords**: Family, Child, Health, Nursing, Care

## Giriş

Aile, çocuk sağlığının geliştirilmesi ve korunmasında kritik bir rol oynamaktadır. Aile dinamikleri, çocukların fiziksel, duygusal ve sosyal gelişimlerini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Aile yapısının, ebeveynlerin tutumlarının ve aile içindeki iletişim biçimlerinin, çocukların sağlığı üzerindeki etkileri gözlemlenmiştir. Hemşirelik pratiğinde aile odaklı bakım uygulamaları, bu dinamiklerin sağlık hizmetleri üzerindeki etkilerini anlamak ve bu etkilere uygun yanıtlar geliştirmek açısından büyük bir öneme sahiptir. Aile odaklı bakım, çocukların sağlık durumlarının iyileştirilmesi ve ailelerin bu süreçte aktif bir şekilde yer alması için gerekli bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda, hemşirelerin ailelerle iş birliği yapabilmesi, aile üyelerinin ihtiyaçlarını ve beklentilerini dikkate alarak sağlık hizmeti sunabilmesi için kritik bir gereklilik haline gelmektedir. Aile odaklı yaklaşımlar, çocukların sağlık bakım süreçlerinde daha etkili sonuçlar elde edilmesine katkıda bulunmakta ve ebeveynlerin çocuklarının bakımına yönelik becerilerini geliştirmelerine olanak tanımaktadır. Dolayısıyla, aile dinamiklerinin dikkate alınması, çocuk sağlığını artırma hedefleri doğrultusunda önemli bir strateji oluşturmaktadır (Ratnasari & Dwi Fitriyanti, 2023; Seniwati et al., 2023).

Aile odaklı bakım, sağlık profesyonellerinin ailelerin çocuklarının sağlık ve iyilik halleri üzerindeki etkilerini tanımasını gerektirir. Bu bağlamda, ailelerin çocuklarının bakımında aktif rol alması hem çocukların hem de ailelerin stres seviyelerini azaltmakta ve iyileşme süreçlerini hızlandırmaktadır (Aykanat & Gözen, 2014; Seniwati et al., 2023). Ailelerin sürece dahil edilmesi, yalnızca duygusal destek sağlamakla kalmaz, aynı zamanda çocukların tedavi ve bakım süreçlerine dair bilgilenmelerini ve katılımlarını artırır. Bu durum, ailelerin çocuklarının sağlık durumları üzerinde daha fazla söz sahibi olmalarına olanak tanırken, aynı zamanda tedavi sonuçlarını da olumlu yönde etkilemektedir (Aykanat & Gözen, 2014). Hemşirelerin, ailelerin beklentilerini anlaması ve bu beklentilere uygun sağlık hizmetleri sunması, ailelerin hastanede kalma süreleri boyunca kendilerini daha güvende hissetmelerine yardımcı olmaktadır (Aykanat & Gözen, 2014). Bu güven duygusu, ailelerin stresle başa çıkmalarını kolaylaştırırken, sağlık profesyonelleriyle olan iletişimlerini de güçlendirmektedir. Dolayısıyla, aile odaklı bakım uygulamaları, hemşirelik pratiğinde kritik bir rol oynamakta ve sağlık hizmetleri kalitesini artırmaktadır (Aykanat & Gözen, 2014; Ratnasari & Dwi Fitriyanti, 2023).

Aile odaklı bakım uygulamalarının başarılı bir şekilde yürütülmesi için sağlık ekibinin, çocuk ve aile ile iş birliği yapabilme becerisine sahip olması gerekmektedir. Etkili iletişim, bu iş birliğinin anahtarıdır ve aileler ile sağlık profesyonelleri arasındaki iletişimi kolaylaştırmaktadır (Ratnasari & Dwi Fitriyanti, 2023). Hemşirelerin, ailelerin çocuklarının sağlık durumları hakkında bilgilendirilmesi ve bakım süreçlerine katılımlarının teşvik edilmesi, ailelerin sağlık hizmetlerine olan güvenini artırmaktadır (Aykanat & Gözen, 2014).

Aile dinamiklerinin çocuk sağlığı üzerindeki etkileri, hemşirelerin aile odaklı bakım uygulamaları ile doğrudan ilişkilidir. Ailelerin çocuklarının yanında kalma, bakım süreçlerine aktif katılım sağlama ve çocuklarının durumu hakkında bilgi alma gereksinimleri, hemşirelerin bu süreçte nasıl bir rol üstlenmesi gerektiğini belirlemektedir (Aykanat & Gözen, 2014; Gafni-Lachter & Ben-Sasson, 2022). Hemşireler, ailelerin bu ihtiyaçlarını karşılayarak, çocukların hastanede geçirdiği süre boyunca ailelerin stres seviyelerini azaltabilir ve bakım süreçlerine daha etkin bir şekilde katılmalarını sağlayabilirler. Özellikle, ailelerin çocuklarının sağlık durumu hakkında bilgi edinme talepleri, hemşirelerin bilgi akışını sağlama ve ailenin duygusal destek sunma konusundaki kritik rollerini vurgular. Hemşireler, aile üyelerini tedavi süreçlerine dahil ederek, onların endişelerini dinleyebilir ve bu sayede çocukların iyileşme süreçlerine olumlu katkılarda bulunabilirler. Ayrıca, aile odaklı bakım yaklaşımları, hemşirelerin ailelerle güçlü bir iletişim kurmasını ve bu sayede çocukların bakımında bütünsel bir yaklaşım benimsemelerini teşvik eder. Bu durum hem ailelerin hem de çocukların hastanede yaşadıkları deneyimi iyileştirirken, sağlık hizmetlerinin kalitesini artırma potansiyeline de sahiptir.

Covid-19 pandemisi sürecinde, aile odaklı bakım uygulamalarında önemli değişiklikler yaşanmıştır. Pandemi nedeniyle alınan önlemler, ailelerin yoğun bakım ünitelerinde çocuklarıyla birlikte olmasını zorlaştırmış ve bu durum ailelerin stres seviyelerini artırmıştır (Ceylan, 2024). Ailelerin sosyal desteklerinin azalması, ebeveynlik becerilerinin gelişimini olumsuz etkilemiş ve bakım süreçlerine katılımda sorunlar yaşanmasına neden olmuştur (Ceylan, 2024). Sağlık hizmetleri, özellikle yoğun bakım ortamında, ailelerin çocuklarıyla olan etkileşimlerini kısıtlayarak, ailenin bütünlüğünü ve çocukların duygusal ihtiyaçlarını karşılamada zorluklara yol açmıştır. Bu bağlamda, hemşirelerin aile odaklı bakım uygulamalarını sürdürmeleri ve ailelerin ihtiyaçlarına yönelik destek sunmaları, pandeminin olumsuz etkilerini azaltmak için kritik bir öneme sahiptir. Hemşireler, ailelerle etkili bir iletişim kurarak, onların endişelerini anlamak ve duygusal destek sağlamak suretiyle bakım süreçlerine aktif katılımlarını teşvik edebilirler. Ayrıca, ailelerin psikososyal ihtiyaçlarını karşılamak için uygun kaynakları yönlendirmek, hemşirelerin rolünün önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Bu tür yaklaşımlar hem ailenin hem de çocuğun iyilik halini desteklemekte, aynı zamanda sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmaktadır.

Aile odaklı bakımın uygulanması, hemşirelerin çocukların sağlık durumlarını iyileştirmek için ailelerle iş birliği yapmalarını gerektirir. Hemşireler, ailelerin çocuklarının bakımında aktif rol almasını teşvik ederek, çocukların iyilik hallerini artırabilirler (Gafni-Lachter & Ben-Sasson, 2022; Ratnasari & Dwi Fitriyanti, 2023). Ailelerin çocuklarının sağlık durumları hakkında bilgi sahibi olmaları, hemşirelerin sağladığı destekle mümkün hale gelir. Bu nedenle, hemşirelerin aile odaklı bakım uygulamalarını benimsemeleri ve ailelerin ihtiyaçlarını dikkate almaları, çocuk sağlığının geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Aile dinamikleri ve çocuk sağlığı arasındaki ilişki, hemşirelerin aile odaklı bakım uygulamaları ile doğrudan bağlantılıdır. Hemşirelerin, ailelerin beklentilerini anlaması ve bu beklentilere uygun sağlık hizmetleri sunması, çocukların sağlık durumlarının iyileştirilmesi için kritik bir rol oynamaktadır. Aile odaklı bakım uygulamaları, çocukların iyilik hallerini artırmak ve ailelerin stres seviyelerini azaltmak için etkili bir yöntemdir. Bu nedenle, hemşirelerin aile

odaklı bakım uygulamalarını benimsemeleri ve ailelerin ihtiyaçlarına yönelik destek sunmaları, çocuk sağlığının geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu makalede, aile dinamiklerinin çocuk sağlığı üzerindeki etkileri incelenecek ve bu etkilerin hemşirelik uygulamalarında nasıl dikkate alınması gerektiği tartışılacaktır.

**Aile dinamiklerinin çocuk sağlığı üzerindeki etkileri nelerdir ve bu etkiler hemşirelik uygulamalarında nasıl dikkate alınmalıdır?**

Aile dinamikleri, çocuk sağlığı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Aile, çocukların gelişiminde ve sağlık durumlarında kritik bir rol oynayan temel bir sosyal birimdir. Aile içindeki etkileşimler, çocukların fiziksel, zihinsel ve duygusal sağlıklarını doğrudan etkileyebilir. Bu bağlamda, hemşirelik uygulamalarında aile dinamiklerinin dikkate alınması, çocuk sağlığının iyileştirilmesi için hayati öneme sahiptir.

Aile içindeki etkileşimlerin çocuk sağlığı üzerindeki etkileri, bakım verici yükü ve mental sağlık ile doğrudan ilişkilidir. Chang ve arkadaşları (2010) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, "mental sağlık ve bakım verici yükünün aile bakım verenlerin fiziksel sağlığı üzerindeki etkileri" ele alınmıştır. Bu kapsamda, araştırma, aile bakım verenlerinin mental sağlık durumlarının, çocukların fiziksel sağlıkları üzerinde dolaylı bir etkisi olduğunu vurgulamaktadır. Özellikle, yüksek bakım verme süreleri, düşük duygusal destek ve zayıf mental sağlık arasında güçlü bir bağlantı olduğu tespit edilmiştir (Chang et al., 2010). Bu bulgular, aile dinamiklerinin, özellikle bakım verenlerin ruhsal durumlarının çocuk sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini gözler önüne sermektedir. Aile üyeleri arasındaki iletişim ve destek mekanizmalarının gücü, bakım verenlerin psikolojik iyi olma halini doğrudan etkileyebilir; bu da çocukların sağlığı üzerinde uzun vadeli sonuçlar doğurabilir. Hemşirelik uygulamalarında, aile üyelerinin mental sağlık durumlarının sistematik bir şekilde değerlendirilmesi, çocukların sağlık durumlarının iyileştirilmesi açısından önemli bir adım teşkil edebilir. Ayrıca, bu değerlendirme süreci, bakım verenlerin yaşadığı stresin yönetilmesine yönelik stratejilerin geliştirilmesine de katkı sağlayabilir. Dolayısıyla, bakım verenlerin ruhsal durumlarına dair yapılan bu tür analizler, yalnızca bireysel sağlık için değil, aynı zamanda çocukların genel sağlık ve gelişim süreçleri için de kritik öneme sahiptir.

Aile dinamiklerinin çocuk sağlığı üzerindeki etkileri, sosyal destek sistemleri ile güçlü bir ilişki içindedir. Aile yapıları ve içindeki etkileşimler, çocukların fiziksel ve mental sağlıklarını doğrudan etkileyebilir. Kritsanaphuti ve arkadaşları (2017) tarafından geliştirilen Sağlık Risk Analiz Sistemi, aile bakım verenlerin sağlık durumlarını değerlendirmek için yenilikçi bir araç sunmaktadır. Bu sistem, aile üyelerinin mental, fiziksel ve sosyal sağlık durumlarını kapsamlı bir şekilde analiz ederek, olası sağlık risklerini belirlemekte ve buna dayalı olarak müdahale önerileri sunmaktadır (Kritsanaphuti et al., 2017). Hemşirelik uygulamalarında, bu tür sistemlerin kullanılması, aile dinamiklerinin ve sosyal destek sistemlerinin çocuk sağlığı üzerindeki etkilerini daha derinlemesine anlamak için son derece faydalı olabilir. Özellikle, aile içindeki iletişim ve destek düzeyinin, çocukların gelişimsel süreçleri üzerindeki olumlu veya olumsuz etkileri üzerinde durulması gereken önemli bir konudur. Bu bağlamda, sağlık profesyonellerinin aile dinamiklerini göz önünde bulundurarak, bireysel ve toplumsal sağlık stratejileri geliştirmeleri, çocukların sağlığını artırmak adına kritik bir adım olacaktır.

Ayrıca, internet kullanımı ve sağlık bilgisi erişimi de aile dinamiklerinin çocuk sağlığı üzerindeki etkilerini şekillendirebilir. Choudhury ve arkadaşları (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, internet kullanımının mental sağlık üzerindeki olumsuz etkileri vurgulanmıştır. İnternet üzerinden sağlık bilgisi arayışının, özellikle genç bireylerin mental sağlık durumlarını olumsuz etkileyebileceği belirtilmiştir (Choudhury et al., 2022). Bu durum, ailelerin çocuklarının sağlık bilgilerine erişim şekillerinin, çocukların sağlık durumları üzerinde önemli bir etkisi olabileceğini göstermektedir. Hemşirelik uygulamalarında, ailelerin sağlık bilgisine erişim yollarının değerlendirilmesi, çocuk sağlığının iyileştirilmesi için kritik bir unsur olabilir.

Aile dinamikleri, çocuk sağlığı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve bu etkilerin hemşirelik uygulamalarında dikkate alınması gerekmektedir. Aile bakım verenlerin mental sağlık durumları, sosyal destek sistemleri ve sağlık bilgisi erişimi gibi faktörler, çocukların sağlık durumlarını doğrudan etkileyebilir. Hemşirelik uygulamalarında, bu dinamiklerin değerlendirilmesi ve ailelerin desteklenmesi, çocuk sağlığının iyileştirilmesi için kritik bir adım olacaktır.

**Hemşirelerin aile odaklı bakım uygulamalarını benimsemeleri, çocukların sağlık durumlarını nasıl etkiler?**

Aile odaklı bakım, pediatrik hemşirelik uygulamalarının temel felsefelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu yaklaşım, çocukların sağlık durumlarını iyileştirmek ve ailelerin bakım süreçlerine aktif katılımını sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Hemşirelerin aile odaklı bakım uygulamalarını benimsemesi, çocukların sağlık durumları üzerinde önemli etkilere sahip olabilir. Bu bağlamda, aile odaklı bakımın hemşirelik uygulamalarındaki yeri ve çocukların sağlık durumları üzerindeki etkileri, multidisipliner bir bakış açısıyla ele alınmalıdır.

Aile odaklı bakım, sağlık profesyonellerinin ailelerin çocukların sağlık ve iyilik halleri üzerindeki kritik rolünü tanıdığı bir yaklaşımdır. Pediatride aile odaklı bakımı uygulayan sağlık ekibi üyeleri; çocukların sağlık ya da iyilik haline ulaşmasında ailelerin yaşamsal rol oynadığını kabul ederler. Bu anlayış, hemşirelerin aileleri bakım sürecine dahil etme çabalarını artırmakta ve ailelerin çocuklarının sağlık durumlarına olan etkilerini göz önünde bulundurmaktadır. Hemşirelerin aile odaklı bakım uygulamalarını benimsemesi, ailelerin çocuklarıyla olan ilişkilerini güçlendirirken, aynı zamanda çocukların sağlık durumlarını da olumlu yönde etkileyebilir (Gafni-Lachter & Ben-Sasson, 2022; Ratnasari & Dwi Fitriyanti, 2023; Seniwati et al., 2023).

Jung'un çalışmasında, pediatri hemşirelerinin aile odaklı bakım konusundaki algıları incelenmiştir. Araştırma, aile odaklı bakımın tam olarak uygulanmadığını göstermektedir. Hemşirelerin ailelerle olan etkileşimlerinde, "çocuğun ailesine saygı gösterme", "çocuğun ailesiyle birlikte bakım verme" ve "ailelerin çocuk bakımına katılımını sağlama" gibi temalar öne çıkmaktadır (Jung, 2018). Bu durum, hemşirelerin aile odaklı bakım uygulamalarını benimsemeleri durumunda, ailelerin çocuklarının sağlık durumlarına daha fazla katkıda bulunabileceklerini göstermektedir. Ailelerin bakım süreçlerine aktif katılımı, çocukların iyilik halleri üzerinde olumlu etkiler yaratabilir.

Yılmaz ve Kökcü Doğan (2021) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, pediatri ünitelerinde aile odaklı bakım ile ebeveynlere sağlanan destek düzeyi arasındaki ilişki incelenmiştir.

Araştırma sonuçları, hemşirelerin aile odaklı bakım uygulamalarından memnun olduklarını ve ebeveynlere sağlanan destek düzeyinin arttıkça ebeveynlerin aile odaklı bakıma katılımının da arttığını ortaya koymaktadır (Yılmaz & Kökçü Doğan, 2021). Bu durum, hemşirelerin aile odaklı bakım uygulamalarını benimsemelerinin, çocukların sağlık durumları üzerinde dolaylı bir etki yaratabileceğini göstermektedir. Ebeveynlerin desteklenmesi, çocukların hastanede geçirdiği süre boyunca sağlık durumlarının iyileşmesine katkıda bulunabilir.

Ceylan'ın çalışmasında, Covid-19 pandemisinin yenidoğan yoğun bakım ünitelerinde aile odaklı bakım uygulamaları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Pandemi sürecinde uygulanan kısıtlamaların, ailelerin bakım süreçlerine katılımını azalttığı ve dolayısıyla çocukların sağlık durumlarını olumsuz etkilediği belirtilmektedir (Ceylan, 2024). Bu durum, hemşirelerin aile odaklı bakım uygulamalarını benimsemelerinin önemini bir kez daha vurgulamaktadır. Ailelerin sosyal desteklerinin azalması, çocukların sağlık durumlarını doğrudan etkileyebilir. Dolayısıyla, hemşirelerin aile odaklı bakım uygulamalarını benimsemeleri, sadece çocukların sağlık durumları için değil, aynı zamanda ailelerin psikolojik durumları için de kritik bir öneme sahiptir.

Harrison'ın araştırmasında, aile odaklı pediatrik bakımın gelişimi ve mevcut durumu ele alınmıştır. Çalışma, aile odaklı bakımın tutarlı bir şekilde sağlanmadığını ve bu alanda daha fazla araştırma yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır (Harrison, 2010). Hemşirelerin aile odaklı bakım uygulamalarını benimsemeleri, bu alandaki bilgi eksikliklerini gidermek ve çocukların sağlık durumlarını iyileştirmek için gereklidir. Hemşirelerin bu felsefeyi benimsemeleri, çocukların sağlık hizmetlerinden daha iyi yararlanmalarını sağlayabilir.

Hemşirelerin aile odaklı bakım uygulamalarını benimsemeleri, çocukların sağlık durumları üzerinde önemli etkilere sahip olabilir. Ailelerin bakım süreçlerine aktif katılımı, çocukların iyilik halleri üzerinde olumlu sonuçlar doğurabilir. Hemşirelerin bu yaklaşımı benimsemeleri, sadece çocukların sağlık durumlarını değil, aynı zamanda ailelerin psikolojik ve sosyal durumlarını da olumlu yönde etkileyebilir. Bu nedenle, aile odaklı bakım uygulamalarının güçlendirilmesi ve hemşirelerin bu konuda eğitilmesi, pediatrik sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmak için kritik bir öneme sahiptir.

**Ailelerin çocuklarının bakım süreçlerine katılımını arttıracak iletişim yöntemleri nelerdir?**

Ailelerin çocuklarının bakım süreçlerine katılımı, çocukların gelişiminde kritik bir rol oynamaktadır. Aile katılımı, çocukların akademik, sosyal ve duygusal gelişimlerini olumlu yönde etkileyen önemli bir faktördür. Özellikle, ailelerin eğitime aktif bir şekilde dahil olmaları, çocukların öğrenme motivasyonunu artırmakta ve akademik başarılarını olumlu yönde etkilemektedir. Bunun yanı sıra, güçlü aile-çocuk etkileşimleri, çocukların sosyal becerilerini geliştirmelerine, duygusal zekalarını artırmalarına ve genel psikolojik sağlıklarını iyileştirmelerine katkıda bulunmaktadır. Ancak, ailelerin bu süreçteki katılımlarını artırmak için etkili iletişim yöntemlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, ailelerin çocuklarının eğitimine ve bakım süreçlerine katılımını artıracak iletişim yöntemleri üzerine yapılan araştırmalar hem eğitimciler hem de aileler için önemli bilgiler sunmaktadır. Eğitimcilerin, ailelerle kurduğu etkili iletişim stratejileri, ailelerin çocuklarının gelişim süreçlerine daha aktif

bir şekilde dahil olmalarını sağlamaktadır. Ayrıca, bu stratejilerin uygulanması, ailelerin eğitim sistemine olan güvenini artırmakta ve bu güven, çocukların eğitimine olan katkılarını da güçlendirmektedir. Dolayısıyla, aile katılımının teşvik edilmesi, çocukların genel gelişimlerini desteklemek adına kritik bir öneme sahiptir.

Aile katılımını artırmanın önündeki engellerin belirlenmesi, etkili iletişim yöntemlerinin geliştirilmesi açısından kritik bir adımdır. Çalışkan (2022) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, "okul temelli aile katılımı kapsamında; katılımın daha çok veli toplantıları ile özel gün ve hafta etkinlikleri yoluyla yapıldığı, yapılan bu etkinliklerin aileler tarafından yetersiz bulunduğu" ifade edilmektedir (Çalışkan, 2022). Bu bulgu, ailelerin etkinliklere katılımını artırmak için daha çeşitli ve düzenli iletişim yöntemlerinin benimsenmesi gerektiğini göstermektedir.

Ayrıca, Aktaş Arnas ve Günay Bilaloğlu (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, "ebeveynlerin okulla iletişim kurmaya ve çocuklarının eğitimlerine katılmaya istekli oldukları ancak nasıl katılımda bulunabilecekleri hakkında bilgilerinin olmadığı" belirtilmektedir (Aktaş Arnas & Günay Bilaloğlu, 2018). Bu durum, ailelerin katılımını artırmak için bilgilendirici iletişim yöntemlerinin önemini ortaya koymaktadır. Eğitim kurumlarının, ailelere çocuklarının eğitim süreçlerine nasıl katılabilecekleri konusunda rehberlik etmesi, iletişim yöntemlerinin etkinliğini artıracaktır.

Baba katılımının önemi de bu bağlamda dikkate alınmalıdır. Karabulut (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, "baba katılımı kavramının okul öncesi döneme hitap eden resimli çocuk kitaplarına nasıl yansıdığını" incelemektedir (Karabulut, 2024). Bu tür kaynakların kullanılması, ailelerin çocuklarıyla olan etkileşimlerini artıracak iletişim yöntemlerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Özellikle, babaların çocuklarının eğitim süreçlerine katılımını teşvik eden materyallerin ve etkinliklerin oluşturulması, ailelerin iletişim kurma becerilerini geliştirebilir.

Ailelerin çocuklarının bakım süreçlerine katılımını artıracak iletişim yöntemleri arasında, öğretmen-ebeveyn iletişiminin güçlendirilmesi de önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle, etkili iletişim stratejileri, ailelerin eğitim süreçlerine aktif bir şekilde dahil olmalarını sağlamakta ve çocukların gelişimlerine olumlu katkılar sunmaktadır. Kocayırok (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, "anne ile birlikte babanın rolünün ve katılımının da önemli bir etkiye sahip olduğunu vurgulamaktadır" (Balkis & Duru, 2009). Bu durum, ailelerin çocuklarının gelişim süreçlerine daha etkin bir şekilde katılmalarını sağlamak için öğretmenlerin ailelerle olan iletişimlerini güçlendirmeleri gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, öğretmenlerin ailelere yönelik düzenleyecekleri bilgilendirme toplantıları, bireysel görüşmeler ve yazılı iletişim araçları gibi çeşitli yöntemler, ailelerin eğitim süreçlerine katılımını artırmak için etkili birer araç olarak değerlendirilebilir. Bu tür iletişim yöntemleri, ailelerin çocuklarının ihtiyaçlarını daha iyi anlamalarına, öğrenme süreçlerine daha fazla dahil olmalarına ve eğitim ortamında iş birliği yapmalarına olanak tanır. Dolayısıyla, öğretmen-ebeveyn iletişiminin güçlendirilmesi, çocukların genel gelişim ve başarı düzeyini iyileştirmek açısından kritik bir öneme sahiptir.

Ailelerin çocuklarının bakım süreçlerine katılımını artıracak iletişim yöntemleri, eğitimciler ve aileler arasında etkili bir iş birliği sağlamak için kritik öneme sahiptir. Ailelerin katılımını

artırmak için bilgilendirici, destekleyici ve teşvik edici iletişim yöntemlerinin benimsenmesi gerekmektedir. Eğitim kurumlarının, ailelere yönelik düzenli bilgilendirme ve rehberlik hizmetleri sunması, ailelerin çocuklarının eğitim süreçlerine daha aktif bir şekilde katılmalarını sağlayacaktır. Bu bağlamda, aile katılımını artırmaya yönelik stratejilerin geliştirilmesi, çocukların gelişiminde olumlu etkiler yaratacaktır.

**Aile odaklı bakımın stres düzeyleri üzerindeki etkileri ve bu etkiyi arttıracak hemşirelik uygulamaları nelerdir?**

Aile odaklı bakım, sağlık hizmetlerinde önemli bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Bu yaklaşım, hastaların tedavi süreçlerinde aile üyelerinin aktif bir şekilde yer almasını teşvik ederek hem hastaların hem de ailelerin psikolojik ve fiziksel iyilik hallerini artırmayı amaçlamaktadır. Aile odaklı bakım, yalnızca hastanın fiziksel sağlık durumunu iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda aile dinamiklerini güçlendirerek, hastaların iyileşme süreçlerini olumlu yönde etkileyen bir çerçeve sunar. Ancak, aile odaklı bakım uygulamalarının etkili bir şekilde hayata geçirilmesi, sağlık profesyonellerinin stres düzeyleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Sağlık profesyonellerinin, hasta ve aileleriyle olan etkileşimlerinde karşılaştıkları duygusal zorluklar, iş yükleri ve aile odaklı bakımın gerektirdiği ek sorumluluklar, onların genel stres seviyelerini artırabilir. Bu bağlamda, aile odaklı bakımın stres düzeyleri üzerindeki etkileri ve bu etkiyi artıracak hemşirelik uygulamaları üzerine yapılan araştırmalar, hemşirelik pratiği ve hasta bakım kalitesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu tür araştırmalar, hemşirelerin iş ortamlarını daha destekleyici hale getirmek ve hasta bakımının kalitesini artırmak için gerekli stratejilerin geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Dolayısıyla, aile odaklı bakımın daha geniş kapsamlı etkileri, sağlık hizmetleri sisteminin genel verimliliği ve etkinliği bakımından da dikkate alınmalıdır.

Aile odaklı bakımın, sağlık profesyonellerinin stres düzeyleri üzerindeki etkileri, özellikle yoğun bakım ünitelerinde (YBU) çalışan hemşireler arasında belirgin bir şekilde gözlemlenmektedir. Vittner ve arkadaşlarının (2022) yaptığı araştırmada, Neonatal Yoğun Bakım Ünitesi'nde (NICU) çalışan sağlık profesyonellerinin stres düzeyleri ile aile odaklı bakım inançları arasında negatif bir ilişki olduğu bulunmuştur. Katılımcılar, yüksek düzeyde stres yaşadıklarını ve bu durumun aile odaklı bakım uygulamalarını olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir (Vittner et al., 2022). Bu bulgular, hemşirelerin yoğun bakım ortamında karşılaştıkları yoğun duygusal ve fiziksel taleplerin, aile odaklı bakımın etkin bir şekilde sunulmasında önemli bir engel oluşturduğunu göstermektedir. Ayrıca, aile odaklı bakımın sağlanmasında karşılaşılan zorlukların, hemşirelerin psikolojik durumları üzerinde olumsuz bir etki yarattığını ortaya koymaktadır. Yoğun bakım ünitelerinde çalışan hemşirelerin, ailelerin ihtiyaçlarını karşılamak için gereken zamanı ve kaynakları bulmakta zorlandıkları, bu durumun ise hemşirelerin tükenmişlik hissi yaşamalarına neden olduğu ifade edilmektedir. Dolayısıyla, aile odaklı bakım uygulamalarının etkinliği, hemşirelerin stres düzeylerinin yönetimi ile doğrudan ilişkilidir ve bu durum hem hasta bakım kalitesini hem de sağlık profesyonellerinin genel iyilik hallerini etkileyebilmektedir.

Aile odaklı bakımın uygulanması, hemşirelerin iş yükünü artırabilir ve bu da stres seviyelerini yükseltebilir. Faiola ve arkadaşları tarafından önerilen ICUsmartCARE teknolojisi, ailelerin hasta verilerine erişimini artırarak, hemşirelerin üzerindeki bilgi paylaşım yükünü azaltmayı

hedeflemektedir (Faiola et al., 2016). Bu tür teknolojik çözümler, hemşirelerin ailelerle daha etkili bir şekilde iletişim kurmalarını sağlarken, aynı zamanda stres düzeylerini de azaltabilir. Ailelerin bakım sürecine daha fazla dahil edilmesi, hemşirelerin iş yükünü hafifletebilir ve bu da stres düzeylerini olumlu yönde etkileyebilir.

Aile odaklı bakımın etkili bir şekilde uygulanabilmesi için hemşirelik pratiğinde bazı stratejilerin benimsenmesi gerekmektedir. Ajanaku tarafından yapılan bir çalışmada, bilgi yönetimi altyapısının hemşirelik bakımının etkinliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışma, hemşirelerin bilgiye erişimlerinin artırılmasının, bakım kalitesini ve dolayısıyla hemşirelerin iş tatminini artırabileceğini göstermektedir (Ajanaku, 2018). Bilgi yönetimi uygulamaları, hemşirelerin aile odaklı bakım süreçlerinde daha bilinçli ve etkili kararlar almalarına yardımcı olabilir.

Aile odaklı bakımın uygulanmasında karşılaşılan zorluklar, hemşirelerin stres düzeylerini artıran bir diğer önemli faktör olarak öne çıkmaktadır. Alabdulaziz ve Cruz tarafından gerçekleştirilen bir araştırma, Suudi Arabistan'daki hemşirelik öğrencilerinin aile odaklı bakım konusundaki algılarını derinlemesine incelemiştir. Bu çalışmada, öğrencilerin klinik uygulamalar sırasında aile odaklı bakımın yeterince uygulanmadığı yönündeki görüşleri, hemşirelik pratiğinde kaydedilen zorlukları açıkça ortaya koymaktadır. Öğrenciler, aile odaklı bakımın sağlanmaması durumunun, hasta bakım kalitesinde düşüşe neden olabileceğini ve hemşirelerin iş yükünü artırabileceğini ifade etmişlerdir (Alabdulaziz & Cruz, 2020). Bu durum, hemşirelik eğitiminde aile odaklı bakımın önemi ve gerekliliği konusunda daha fazla vurgu yapılması gerektiğini göstermektedir. Aile odaklı yaklaşımların, hemşirelik eğitim müfredatına entegre edilmesi, öğrencilerin bu konuda yetkinlik kazanmalarını sağlayacak ve sonuç olarak, hemşirelik pratiğinin kalitesini artırarak hasta sonuçlarını iyileştirecektir.

Aile odaklı bakımın stres düzeyleri üzerindeki etkileri, hemşirelik pratiği açısından önemli bir konudur. Hemşirelerin stres düzeylerini azaltmak ve aile odaklı bakım uygulamalarını artırmak için bilgi yönetimi, teknolojik çözümler ve eğitim gibi stratejilerin benimsenmesi gerekmektedir. Bu stratejiler, hemşirelerin iş yükünü hafifletirken, ailelerin bakım süreçlerine daha etkin bir şekilde katılmalarını sağlayabilir. Bu bağlamda, aile odaklı bakımın hemşirelik pratiği üzerindeki etkilerini anlamak ve bu etkiyi artıracak uygulamaları geliştirmek, sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmak için kritik bir adımdır.

## Kaynaklar

Ajanaku, O. J. (2018). Knowledge management infrastructure and processes on effectiveness of nursing care. *2018 12th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/RCIS.2018.8406664

Aktaş Arnas, Y., & Günay Bilaloğlu, R. (2018). Okul Öncesi Eğitimde Aile Katılımı Engelleri ve Süreçte Karşılaşılan Sorunlar. *Hacettepe University Journal of Education*, 1–20. https://doi.org/10.16986/HUJE.2018043536

Alabdulaziz, H., & Cruz, J. P. (2020). Perceptions of female Saudi undergraduate nursing students toward family-centered care. *Nurse Education Today*, *89*, 104421. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104421

Aykanat, B., & Gözen, D. (2014). Çocuk Sağlığı Hemşireliğinde Aile Merkezli Bakım Yaklaşımı. In *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi /Gümüşhane University Journal of Health Sciences* (Vol. 3, Issue 1).

Balkis, M., & Duru, E. (2009). Journal of Theory and Practice in Education Articles /Makaleler. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, *5*(1), 18–32. http://eku.comu.edu.tr/index/5/1/mbalkis_eduru.pdf

Çalışkan, E. F. (2022). İlkokulda aile katılımı: Veliler ne düşünüyor? *RumeliDE Dil ve Edebiyat Araştırmaları Dergisi*, *31*, 328–347. https://doi.org/10.29000/rumelide.1221587

Ceylan, S. S. (2024). Yenidoğan Yoğun Bakım Ünitelerinde Koronovirüs Pandemisinin Aile Merkezli Bakım Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. *Afet ve Risk Dergisi*, *7*(1), 303–318. https://doi.org/10.35341/afet.1245890

Chang, H.-Y., Chiou, C.-J., & Chen, N.-S. (2010). Impact of mental health and caregiver burden on family caregivers' physical health. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *50*(3), 267–271. https://doi.org/10.1016/j.archger.2009.04.006

Choudhury, A., Asan, O., & Alelyani, T. (2022). Exploring the Role of the Internet, Care Quality and Communication in Shaping Mental Health: Analysis of the Health Information National Trends Survey. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, *26*(1), 468–477. https://doi.org/10.1109/JBHI.2021.3087083

Faiola, A., Papautsky, E. L., & Joo, M. (2016). Supporting Patient Healing through ICUsmartCARE: Technologies that Enable Family Collaboration, Presence, and Information Flow. *2016 IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI)*, 297–300. https://doi.org/10.1109/ICHI.2016.42

Gafni-Lachter, L., & Ben-Sasson, A. (2022). Promoting Family-Centered Care: A Provider Training Effectiveness Study. *The American Journal of Occupational Therapy*, *76*(3). https://doi.org/10.5014/ajot.2022.044891

Harrison, T. M. (2010). Family-Centered Pediatric Nursing Care: State of the Science. *Journal of Pediatric Nursing*, *25*(5), 335–343. https://doi.org/10.1016/j.pedn.2009.01.006

Jung, S. Y. (2018). Health Care Providers' Perceptions of Family-centered Care in Pediatrics. *Child Health Nursing Research*, *24*(4), 465–474. https://doi.org/10.4094/chnr.2018.24.4.465

Karabulut, H. (2024). Resimli Çocuk Kitaplarında Baba Katılımı Kavramının İncelenmesi. *HUMANITAS - Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, *12*(23), 273–286. https://doi.org/10.20304/humanitas.1386558

Kritsanaphuti, C., Lawang, W., Suksawatchon, U., & Suksawatchon, J. (2017). Health risk analysis system for family caregiver of disabled person. *2017 2nd International Conference on Information Technology (INCIT)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/INCIT.2017.8257871

Özkan, Ö., & Çatiker, A. (2006). AİLE SAĞLIĞI HEMŞİRELİĞİ: SAĞLIK HİZMETLERİNDEKİ ÖZELLEŞTİRMENİN HEMŞİRELİK MESLEĞİNDEKİ GÖRÜNÜMÜ. *Atatürk Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Dergisi*, *10*(4), 91–104.

Ratnasari, & Dwi Fitriyanti. (2023). APPLICATION OF FAMILY CENTERED CARE (FCC). *Nurse and Health: Jurnal Keperawatan*, *12*(1), 15–19. https://doi.org/10.36720/nhjk.v12i1.375

Seniwati, T., Wanda, D., & Nurhaeni, N. (2023). Effects of Patient and Family-Centered Care on Quality of Care in Pediatric Patients: A Systematic Review. *Nurse Media Journal of Nursing*, *13*(1), 68–84. https://doi.org/10.14710/nmjn.v13i1.48114

Vittner, D., Young, H., & D'Agata, A. (2022). Stress and burnout influence NICU healthcare professionals' decision-making on family-centered care delivery: An international survey. *Journal of Neonatal Nursing*, *28*(6), 430–436. https://doi.org/10.1016/j.jnn.2021.12.001

Yılmaz, H., & Kökçü Doğan, A. (2021). Pediatri Ünitelerinde Aile Merkezli Bakım ile Ebeveynlere Sağlanan Destek Düzeyi Arasındaki İlişki. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tıp Dergisi*, *12*(43), 119–130. https://doi.org/10.17944/mkutfd.872386

# PEDİATRİ HEMŞİRELİĞİNDE ERKEN MÜDAHALE VE GELİŞİMSEL DESTEK: ETKİNLİK VE UYGULAMA YÖNTEMLERİ

# EARLY INTERVENTİON AND DEVELOPMENTAL SUPPORT İN PEDİATRİC NURSİNG: TECHNİQUES AND IMPLEMENTATİON METHODS

**Yazar Dr. Öğr. Üyesi HAKAN AVAN**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, hakanavan@gmail.com- ORCID ID: 0000-0003-2494-3671),

## Özet

Erken müdahale, çocukların gelişimsel potansiyellerini en üst düzeye çıkarmak için kritik bir süreçtir ve hemşirelerin bu süreçteki rolleri büyük öneme sahiptir. Aile merkezli bakım ve teknoloji destekli yaklaşımlar, çocukların gelişimsel ihtiyaçlarına daha etkili bir şekilde cevap vermeyi sağlar. Erken müdahale programları, pediatrik hemşirelikte gelişimsel süreçleri, aile merkezli bakım felsefesi ve yenilikçi eğitim yöntemleriyle desteklemektedir. Teknolojinin entegrasyonu, hemşirelerin rollerini güçlendirmek için önemlidir. Yapay zeka, sanal ebeveyn uygulamaları, e-öğrenme ve ciddi oyunlar gibi yenilikçi yöntemler, hemşirelik eğitiminde etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Simülasyon teknikleri ise öğrencilerin klinik becerilerini geliştirmeleri ve memnuniyeti artırmaları açısından önemlidir. Ancak, simülasyonun etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için daha fazla araştırma gereklidir. Bu makale, pediatri hemşireliğinde erken müdahale ve gelişimsel destek uygulamalarının etkinliğini ve yöntemlerini inceleyecektir.

**Anahtar kelimeler:** Pediatri, Hemşire, Gelişim, Uygulama

## Abstract

Early intervention is a critical process for maximizing children's developmental potential, and the roles of nurses in this process are of great importance. Family-centered care and technology-supported approaches enable a more effective response to children's developmental needs. Early intervention programs support developmental processes in pediatric nursing through family-centered care philosophy and innovative educational methods. The integration of technology is crucial for strengthening the roles of nurses. Innovative methods such as artificial intelligence, virtual parent applications, e-learning, and serious games are being effectively used in nursing education. Simulation techniques are also important for developing students' clinical skills and increasing satisfaction. However, more research is needed to better understand the effects of simulation. This article will examine the effectiveness and methods of early intervention and developmental support practices in pediatric nursing.

**Keywords**: Pediatrics, Nurse, Development, Practice

## Giriş

Pediatri hemşireliği, çocukların sağlık ihtiyaçlarını karşılamak ve gelişimlerini desteklemek amacıyla özel bilgi ve beceriler gerektiren bir alandır. Bu bağlamda, erken müdahale ve

gelişimsel destek, pediatrik hemşirelik uygulamalarının temel bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Erken müdahale, çocukların gelişimsel potansiyellerini en üst düzeye çıkarmak için kritik bir süreçtir ve hemşirelerin bu süreçteki rolleri oldukça önemlidir. Bu makalede, pediatri hemşireliğinde erken müdahale ve gelişimsel destek uygulamalarının etkinliği ve yöntemleri ele alınacaktır.

Pediatrik hemato-onkoloji hemşireliği, çocuklarda kanser tanısı konulmasıyla birlikte önemli değişiklikler yaşamaktadır. Toruner ve Altay'ın çalışmasında belirtildiği gibi, artan çocuk kanseri vakaları ve hayatta kalanların sayısı, hemşirelik bakımında yeni yaklaşımların benimsenmesine yol açmıştır (Toruner & Altay, 2018). Bu yeni yaklaşımlar arasında aile merkezli bakım, teknoloji destekli bakım ve gelişimsel destek yer almaktadır. Aile merkezli bakım, çocukların tedavi süreçlerinde ailelerin aktif bir şekilde yer almasını sağlarken, gelişimsel destek ise çocukların fiziksel, duygusal ve sosyal gelişimlerini desteklemeyi amaçlamaktadır.

Ayrıca, Ju ve Lee'nin çalışmasında, pediatrik hemşirelik pratiği sırasında öğrenci hemşirelerin memnuniyetinin ve klinik yeterliliklerinin incelendiği bir araştırma yer almaktadır. Bu araştırma, klinik pratiğin farklı türlerinin öğrenci memnuniyeti üzerindeki etkilerini ortaya koymakta ve alternatif uygulama yöntemlerinin, özellikle simülasyon gibi, gelişimsel destek açısından önemini vurgulamaktadır (Ju & Lee, 2024). Erken müdahale programlarının etkinliği, hemşirelerin bu tür uygulamalara olan memnuniyeti ile doğrudan ilişkilidir. Öğrencilerin, simülasyon gibi alternatif yöntemlerle elde ettikleri deneyimlerin, gerçek klinik ortamlarda daha etkili müdahaleler yapmalarına olanak tanıdığı görülmektedir.

Erken müdahale ve gelişimsel destek, çocukların sağlıklı bir gelişim süreci geçirmeleri için kritik öneme sahiptir. Lee ve Choi'nin çalışmasında, hemşirelik öğrencilerinin çocuk haklarını tanıma ve çocuk istismarını algılama yeteneklerinin, çocuk istismarını raporlama niyetleri üzerindeki etkileri incelenmiştir (H.-S. Lee & Choi, 2024). Bu çalışma, hemşirelerin çocukların haklarını tanıma ve koruma konusundaki farkındalıklarının artırılmasının, çocukların gelişimsel destek süreçlerinde nasıl bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Hemşirelerin, çocukların haklarını tanıyarak ve istismar durumlarını algılayarak, erken müdahale süreçlerinde daha etkin olmaları sağlanabilir.

Ayrıca, He ve arkadaşlarının çalışmasında, yapay zeka teknolojisinin hemşirelik eğitimine entegrasyonu ele alınmıştır. Bu çalışma, yapay zeka destekli öğretim yöntemlerinin, hemşirelik öğrencilerinin öğrenme süreçlerine olan etkisini incelemektedir (He et al., 2024). Yapay zeka uygulamaları, pediatrik hemşirelikte erken müdahale ve gelişimsel destek süreçlerini daha etkili hale getirebilir. Öğrencilerin, yapay zeka ile desteklenen eğitim yöntemlerine olan olumlu yaklaşımları, gelecekte bu tür teknolojilerin pediatri hemşireliğinde nasıl kullanılabileceğine dair önemli ipuçları sunmaktadır.

Pediatri hemşireliğinde erken müdahale ve gelişimsel destek, çocukların sağlıklı gelişim süreçlerini desteklemek için kritik bir öneme sahiptir. Hemşirelerin, aile merkezli bakım ve teknoloji destekli yaklaşımlar gibi yeni yöntemleri benimsemeleri, çocukların gelişimsel ihtiyaçlarını karşılamada daha etkili olmalarını sağlayacaktır. Bu bağlamda, hemşirelik

eğitiminde yapay zeka ve simülasyon gibi modern teknolojilerin entegrasyonu, gelecekte pediatrik hemşirelik uygulamalarının kalitesini artırma potansiyeline sahiptir.

**Erken müdahale programlarının pediatri hemşireliğinde çocukların gelişim süreçlerine olan etkisi nedir?**

Erken müdahale programları, çocukların gelişim süreçlerini desteklemek amacıyla tasarlanmış stratejilerdir ve pediatrik hemşirelik pratiğinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu programlar, çocukların fiziksel, bilişsel, sosyal ve duygusal gelişimlerini destekleyerek, sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmayı hedefler. Pediatrik hemşirelikte erken müdahale uygulamalarının etkileri hem çocukların bireysel gelişim süreçleri hem de ailelerin bu süreçteki rolleri açısından kritik öneme sahiptir.

Aile merkezli bakım felsefesi, pediatrik hemşirelikte erken müdahale programlarının temelini oluşturmaktadır. Bu felsefe, ailenin çocuğun yaşamındaki sürekli bir unsur olduğunu vurgular ve hemşirelerin aile ile iş birliği yaparak en iyi bakım planını geliştirmelerini gerektirir. Aile, çocuğun ana destek kaynağıdır ve sağlıkla ilgili prosedürler sırasında ailenin varlığı hem çocuğun hem de ebeveynin kaygısını önemli ölçüde azaltabilir. Bu bağlamda, erken müdahale programları, ailelerin çocuklarıyla olan etkileşimlerini güçlendirerek, çocukların gelişim süreçlerine olumlu katkılarda bulunabilir (Guz et al., 2020; Laws et al., 2019).

Erken müdahale programlarının etkileri, çocukların gelişimsel aşamalarını değerlendiren çeşitli modellerle de desteklenmektedir. Mudannayake ve arkadaşlarının (2022) çalışmasında, "Çocukların gelişimsel gecikmelerini değerlendirmek için tasarlanan modellerin uygulanması" ele alınmıştır (Mudannayake et al., 2022). Bu tür değerlendirmeler, pediatrik hemşirelerin çocukların gelişimsel ihtiyaçlarını belirlemelerine ve uygun müdahale stratejileri geliştirmelerine olanak tanır. Erken müdahale programları, bu tür değerlendirmelerin sonuçlarına dayanarak, çocukların gelişimsel hedeflerine ulaşmalarını sağlamak için kritik bir rol oynar.

Pediatrik hemşirelikte, çocukların gelişim süreçlerine yönelik yapılan araştırmalar, aile merkezli bakımın önemini de ortaya koymaktadır. Harrison (2010), aile merkezli pediatrik bakımın gelişimini ve mevcut araştırma durumunu özetleyerek, "Aile merkezli pediatrik bakımın tutarlı bir şekilde sağlanmasının eksik olduğunu" belirtmektedir (Harrison, 2010). Bu durum, hemşirelerin ailelerle iş birliği yaparak çocukların gelişim süreçlerini desteklemeleri gerektiğini göstermektedir. Erken müdahale programları, bu iş birliğini güçlendirerek, hemşirelerin çocukların gelişimsel ihtiyaçlarını daha iyi anlamalarına yardımcı olur.

Ayrıca, Nam ve arkadaşlarının (2022) çalışmasında, "Duygusal olarak duyarlı sanal ebeveyn" uygulaması ile hemşirelik eğitiminde kullanılan sanal gerçeklik sisteminin etkileri incelenmiştir (Nam et al., 2022). Bu tür yenilikçi eğitim yöntemleri, hemşirelerin çocukların ve ailelerinin duygusal ihtiyaçlarını daha iyi anlamalarına ve karşılamalarına yardımcı olabilir. Erken müdahale programları, hemşirelerin bu tür eğitimlerle donatılması durumunda, çocukların gelişim süreçlerine daha etkili bir şekilde katkıda bulunabilir.

Erken müdahale programlarının pediatrik hemşirelikte çocukların gelişim süreçlerine olan etkisi, aile merkezli bakım felsefesi, gelişimsel değerlendirme modelleri ve yenilikçi eğitim yöntemleri ile desteklenmektedir. Bu programlar, hemşirelerin çocukların ve ailelerinin

ihtiyaçlarını daha iyi anlamalarına ve karşılamalarına olanak tanırken, çocukların gelişimsel hedeflerine ulaşmalarını sağlamak için kritik bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, pediatrik hemşirelik pratiğinde erken müdahale programlarının etkinliğini artırmak için daha fazla araştırma ve uygulama yapılması gerekmektedir.

**Aile merkezli bakım ve teknoloji destekli yaklaşımlar, pediatri hemşireliği uygulamalarında nasıl entegre edilebilir?**

Pediatri hemşireliği, çocukların sağlık ihtiyaçlarını karşılamak için aile merkezli bir bakım felsefesi benimsemektedir. Aile merkezli bakım, çocukların tedavi süreçlerinde ailelerin aktif birer katılımcı olarak yer almasını sağlamaktadır. Bu yaklaşım hem çocukların hem de ailelerin psikolojik ve duygusal iyilik hallerini artırmakta önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, günümüzde teknolojinin gelişimiyle birlikte, bu bakım felsefesinin nasıl daha etkili bir şekilde entegre edilebileceği sorusu gündeme gelmektedir. Teknoloji destekli yaklaşımlar, pediatri hemşireliği uygulamalarında aile merkezli bakımın etkinliğini artırmak için önemli fırsatlar sunmaktadır.

Aile merkezli bakımın pediatri hemşireliğindeki önemi, bu bakım modelinin çocukların tedavi süreçlerine olan etkisiyle doğrudan ilişkilidir. Araştırmalar, aile merkezli bakımın çocuklar, aileler ve sağlık çalışanları üzerindeki olumlu katkılarını ortaya koymaktadır. Özellikle, ailelerin çocuklarıyla olan etkileşimlerinin artırılması hem çocukların hem de ailelerin tedavi süreçlerine daha fazla katılım göstermelerini sağlamaktadır. Bu bağlamda, teknolojinin entegrasyonu, ailelerin sağlık süreçlerine daha aktif bir şekilde katılmalarını destekleyebilir (Gafni-Lachter & Ben-Sasson, 2022; Laws et al., 2019; Ratnasari & Dwi Fitriyanti, 2023).

Teknoloji destekli yaklaşımlar, hemşirelik eğitiminde ve uygulamalarında önemli bir yer tutmaktadır. Örneğin, Nam ve arkadaşlarının (2022) çalışmasında, sanal gerçeklik (VR) simülasyonlarının pediatri hemşireliği eğitiminde nasıl kullanılabileceği ele alınmaktadır. Bu çalışma, hemşire adaylarının ebeveynlerin duygusal tepkilerini tanıma ve bu tepkilere uygun bir şekilde yanıt verme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olabilecek bir eğitim sistemi geliştirmiştir (Nam et al., 2022). Bu tür teknolojik yaklaşımlar, hemşirelerin aile merkezli bakım felsefesini uygulama yeteneklerini artırabilir ve ailelerin tedavi süreçlerine daha fazla dahil olmalarını sağlayabilir.

Aile merkezli bakımın uygulanabilirliği üzerine yapılan araştırmalar, bu yaklaşımın hemşirelik pratiğinde nasıl daha iyi entegre edilebileceğine dair önemli ipuçları sunmaktadır. Harrison (2010) tarafından yapılan bir literatür taraması, aile merkezli pediatrik bakımın sağlanmasında tutarlılığın eksik olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, hemşirelerin bu felsefeyi uygulama konusunda yeterli bilgi ve deneyime sahip olmadığını göstermektedir (Harrison, 2010). Dolayısıyla, hemşirelik eğitiminde aile merkezli bakımın daha fazla yer alması ve teknolojik araçların bu süreçte nasıl kullanılabileceği üzerine daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Kavramsal analiz, hastanede yatan pediatrik hastalar için aile merkezli bakımın bileşenlerini ve önemini vurgulamaktadır. Araştırma, aile merkezli bakımın temel özelliklerinin net bir şekilde tanımlanmadığını ve bu nedenle uygulamada zorluklar yaşandığını belirtmektedir. Teknoloji destekli yaklaşımlar, bu kavramın daha iyi anlaşılmasına ve uygulanmasına yardımcı olabilir

(Franck et al., 2019; Halper et al., 2022). Örneğin, sanal simülasyonlar ve diğer dijital araçlar, hemşirelerin aile merkezli bakımın temel ilkelerini uygulama becerilerini geliştirmelerine olanak tanıyabilir.

Aile merkezli bakım ve teknoloji destekli yaklaşımlar, pediatri hemşireliği uygulamalarında birbirini tamamlayıcı unsurlar olarak değerlendirilebilir. Ailelerin tedavi süreçlerine daha fazla katılımını sağlamak ve hemşirelerin bu süreçteki rollerini güçlendirmek için teknolojinin entegrasyonu kritik bir öneme sahiptir. Hemşirelik eğitiminde bu iki alanın bir arada ele alınması, gelecekte daha etkili ve kapsamlı bir pediatrik bakım modeli oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

**Yapay zeka teknolojisinin pediatrik hemşirelik eğitimine entegrasyonu, öğrenci hemşirelerin klinik yeterliliklerini nasıl etkiler?**

Son yıllarda, yapay zeka (YZ) teknolojilerinin sağlık alanında, özellikle hemşirelik eğitiminde entegrasyonu giderek önem kazanmaktadır. YZ uygulamaları, hemşirelik öğrencilerinin klinik yeterliliklerini artırma potansiyeline sahip olup, bu durum eğitim süreçlerini dönüştürmektedir. Özellikle pediatrik hemşirelik eğitimi, çocukların özel ihtiyaçları ve ebeveynlerinin duygusal tepkileri ile başa çıkabilme yeteneği gerektirdiğinden, YZ'nin bu alandaki etkileri daha da belirgin hale gelmektedir. Bu bağlamda, YZ teknolojilerinin pediatrik hemşirelik eğitimine entegrasyonunun öğrenci hemşirelerin klinik yeterlilikleri üzerindeki etkilerini incelemek hem eğitimciler hem de sağlık profesyonelleri için kritik bir öneme sahiptir.

Yapay zeka teknolojilerinin hemşirelik eğitimine entegrasyonu, öğrencilerin klinik becerilerini geliştirmek için yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Örneğin, Nam ve arkadaşları (2022) tarafından geliştirilen duygusal olarak yanıt veren sanal bir ebeveyn, pediatrik hemşirelik eğitiminde öğrencilerin ebeveynlerin duygusal tepkilerini tanıma ve bu tepkilerle başa çıkma becerilerini geliştirmeyi hedeflemektedir. Bu çalışmada, sanal ebeveynin etkisi, öğrencilerin hemşirelik performansını değerlendirmek için kullanılan bir çerçeve ile analiz edilmiştir. Sonuçlar, duygusal olarak yanıt veren sanal ebeveynin, eğitim aracı olarak etkili olduğunu göstermektedir (Nam et al., 2022). Bu tür uygulamalar, öğrenci hemşirelerin klinik yeterliliklerini artırmak için önemli bir fırsat sunmaktadır.

Ayrıca, yapay zeka teknolojilerinin eğitimdeki rolü, öğrencilerin öğrenme süreçlerini daha etkileşimli ve kişiselleştirilmiş hale getirmektedir. Wenxia He ve arkadaşlarının (2024) çalışmasında, geleneksel Çin tıbbı anayasası tanıma robotunun hemşirelik informatik müfredatına entegrasyonu incelenmiştir. Öğrencilerin YZ teknolojisine olan kabulü, eğitim sürecinin başlangıcında sınırlı bilgiye sahip olmalarına rağmen, ders sonrası %98'inin YZ öğretim modelinden memnun kalması, YZ'nin eğitimdeki potansiyelini ortaya koymaktadır (He et al., 2024). Bu tür yenilikçi uygulamalar, öğrencilerin hemşirelik pratiğine olan güvenlerini artırmakta ve klinik yeterliliklerini geliştirmektedir.

E-öğrenme ve sanal simülasyonlar gibi YZ tabanlı eğitim yöntemleri, hemşirelik öğrencilerinin bağımsız öğrenme becerilerini geliştirmelerine olanak tanımaktadır. Totok Harjanto ve arkadaşları (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, e-öğrenmenin klinik rotasyon hemşirelik eğitimine entegrasyonu, öğrencilerin öğrenme fırsatlarını artırmakta ve geleneksel eğitim yöntemlerine göre daha esnek bir öğrenme ortamı sunmaktadır (Harjanto et al., 2018). Bu tür

bir eğitim modeli, öğrencilerin klinik becerilerini geliştirmelerine yardımcı olurken, aynı zamanda öğretim üyelerinin denetimindeki sınırlamaları da aşmalarına olanak tanımaktadır.

Eğitim, öğretim, terapi, simülasyon veya problem çözme gibi ciddi amaçlara hizmet eden oyunlar, hemşirelik eğitiminde YZ'nin bir başka uygulama alanıdır. Tan ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan bir incelemede, ciddi oyunların hemşirelik eğitiminde beceri gelişimini desteklediği belirtilmiştir. Bu oyunlar, öğrencilerin prosedürel beceriler, sağlık değerlendirme becerileri, iletişim becerileri ve klinik akıl yürütme becerileri gibi temel yetkinliklerini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır (Tan et al., 2017). Bu tür interaktif öğrenme yöntemleri, öğrencilerin klinik yeterliliklerini artırmak için etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır.

Yapay zeka teknolojilerinin pediatrik hemşirelik eğitimine entegrasyonu, öğrenci hemşirelerin klinik yeterliliklerini artırma potansiyeline sahiptir. Duygusal olarak yanıt veren sanal ebeveyn uygulamaları, e-öğrenme ve ciddi oyunlar gibi yenilikçi eğitim yöntemleri, hemşirelik eğitiminde YZ'nin etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, hemşirelik eğitiminin geleceği, YZ teknolojilerinin entegrasyonu ile şekillenecek gibi görünmektedir.

**Simülasyon tekniklerinin pediatri hemşireliği eğitimindeki rolü ve öğrenci memnuniyeti üzerindeki etkileri nelerdir?**

Simülasyon teknikleri, hemşirelik eğitiminde önemli bir yer tutmakta ve özellikle pediatri hemşireliği alanında öğrenci memnuniyetini artırma potansiyeline sahip bir eğitim yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, simülasyon eğitimlerinin etkileri, hemşirelik öğrencilerinin klinik becerileri ve genel öğrenme deneyimleri üzerinde belirgin bir etki yaratmaktadır. Simülasyon, öğrencilerin teorik bilgilerini pratikte uygulama fırsatı bulmalarını sağlarken, aynı zamanda duygusal ve bilişsel gelişimlerini de desteklemektedir.

Pediatri hemşireliği eğitiminde simülasyon tekniklerinin rolü, öğrencilerin klinik becerilerini geliştirmekteki etkisi ile doğrudan ilişkilidir. Dağ ve arkadaşlarının (2023) çalışmasında, simülasyon eğitiminin pediatri dersi alan hemşirelik öğrencilerinin klinik becerilerine olan etkisi incelenmiştir. Araştırma sonuçları, simülasyon eğitimi alan öğrencilerin, simülasyon tasarım ölçeği ve öğrenmede öğrenci memnuniyeti ile özgüven ölçeği puanlarının yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum, simülasyonun öğrenci memnuniyetini artırma potansiyelini ortaya koymaktadır (Dağ et al., 2023). Öğrencilerin, simülasyon uygulamaları sonrasında hissettikleri memnuniyet, eğitim süreçlerinin kalitesini artırmakta ve öğrencilerin öğrenme motivasyonlarını yükseltmektedir.

Simülasyon tekniklerinin etkili bir şekilde uygulanması, öğrencilerin öğrenme süreçlerini zenginleştirmekte ve onların klinik ortamlarda daha fazla güven duymalarını sağlamaktadır. Lee ve arkadaşlarının (2019) yaptığı bir çalışmada, simülasyon tabanlı öğrenmenin hemşirelik öğrencilerinin yetkinlikleri ve klinik performansları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma, simülasyon tabanlı öğrenmenin öğrencilerin yetkinlik algılarında olumlu değişiklikler yarattığını, ancak klinik performansları arasında anlamlı bir fark bulunmadığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, simülasyonun öğrenme süreçlerinde önemli bir araç olduğunu, ancak klinik uygulama aşamasında daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir (B.-O. Lee et al., 2019).

Eğitimde simülasyonun kullanımı, öğrencilerin duygusal ve sosyal gelişimlerini de desteklemektedir. Obara ve arkadaşları (2021), sanat temelli pedagojinin hemşirelik eğitiminde duygusal alan sonuçlarını artırmada nasıl bir rol oynadığını incelemişlerdir. Sanat temelli pedagojinin, öğrencilerin sosyal-duygusal öğrenmelerini ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirdiği vurgulanmıştır. Bu bağlamda, simülasyon tekniklerinin de benzer şekilde öğrencilerin duygusal gelişimlerine katkıda bulunduğu söylenebilir (Obara et al., 2022).

Simülasyon teknikleri pediatri hemşireliği eğitiminde önemli bir rol oynamakta ve öğrenci memnuniyetini artırma potansiyeline sahip bir eğitim yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Hemşirelik öğrencilerinin klinik becerilerini geliştirmeleri, duygusal ve sosyal gelişimlerini desteklemeleri açısından simülasyon uygulamaları kritik bir öneme sahiptir. Ancak, simülasyonun etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, simülasyon tekniklerinin eğitimdeki yeri ve önemi, hemşirelik eğitiminde kalitenin artırılması açısından dikkate alınması gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

## Kaynaklar

Franck, L. S., Kriz, R. M., Bisgaard, R., Cormier, D. M., Joe, P., Miller, P. S., Kim, J. H., Lin, C., & Sun, Y. (2019). Comparison of family centered care with family integrated care and mobile technology (mFICare) on preterm infant and family outcomes: a multi-site quasi-experimental clinical trial protocol. *BMC Pediatrics*, *19*(1), 469. https://doi.org/10.1186/s12887-019-1838-3

Gafni-Lachter, L., & Ben-Sasson, A. (2022). Promoting Family-Centered Care: A Provider Training Effectiveness Study. *The American Journal of Occupational Therapy*, *76*(3). https://doi.org/10.5014/ajot.2022.044891

Guz, E., Brodowicz-Król, M., Kulbaka, E., Bartoszuk-Popko, M., & Lutomski, P. (2020). Parents' attitudes towards a difficult situation resulting from the chronic disease of their child. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, *27*(3), 476–480. https://doi.org/10.26444/aaem/119085

Halper, J. B., Yazel, L. G., El Mikati, H., Hatton, A., Tully, J., Li, X., Carroll, A. E., & Hannon, T. S. (2022). Patient and Parent Well-Being and Satisfaction With Diabetes Care During a Comparative Trial of Mobile Self-Monitoring Blood Glucose Technology and Family-Centered Goal Setting. *Frontiers in Clinical Diabetes and Healthcare*, *3*. https://doi.org/10.3389/fcdhc.2022.769116

Harjanto, T., Sumunar, D. S. E. W., & Putri, K. A. K. (2018). E-Learning Implementation on Clinical Rotation Nursing Education: a Case Report of Universitas Gadjah Mada. *2018 4th International Conference on Science and Technology (ICST)*, 1–5. https://doi.org/10.1109/ICSTC.2018.8528612

Harrison, T. M. (2010). Family-Centered Pediatric Nursing Care: State of the Science. *Journal of Pediatric Nursing*, *25*(5), 335–343. https://doi.org/10.1016/j.pedn.2009.01.006

He, W., Qiu, X., & Liao, J. (2024). *Integration of Traditional Chinese Medicine Constitution Identification Robot into Nursing Informatics Curriculum: A Case Study at Xiangnan University*. https://doi.org/10.3233/FAIA240249

Ju, H. O., & Lee, J. H. (2024). Nursing students' satisfaction and clinical competence by type of pediatric nursing practicum during the COVID-19 pandemic. *The Journal of Korean Academic Society of Nursing Education*, *30*(1), 29–38. https://doi.org/10.5977/jkasne.2024.30.1.29

Laws, R., Walsh, A. D., Hesketh, K. D., Downing, K. L., Kuswara, K., & Campbell, K. J. (2019). Differences Between Mothers and Fathers of Young Children in Their Use of the Internet to Support Healthy Family Lifestyle Behaviors: Cross-Sectional Study. *Journal of Medical Internet Research*, *21*(1), e11454. https://doi.org/10.2196/11454

Lee, B.-O., Liang, H.-F., Chu, T.-P., & Hung, C.-C. (2019). Effects of simulation-based learning on nursing student competences and clinical performance. *Nurse Education in Practice*, *41*, 102646. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2019.102646

Lee, H.-S., & Choi, H. (2024). Effects of nursing students' ability to empathize, recognize children's rights, and perceive child abuse on their intention to report child abuse. *The Journal of Korean Academic Society of Nursing Education*, *30*(1), 61–70. https://doi.org/10.5977/jkasne.2024.30.1.61

Mudannayake, M., Kumari, G., Abeygunawardana, S., Amaranayake, N., Samarasinghe, P., Mohottala, S., & Wijethunga, S. (2022). Model Development for Child Developmental Milestone Assessment. *2022 4th International Conference on Advancements in Computing (ICAC)*, 399–404. https://doi.org/10.1109/ICAC57685.2022.10025170

Nam, H., Kim, C., Kim, K., Yeo, J.-Y., & Park, J.-I. (2022). An Emotionally Responsive Virtual Parent for Pediatric Nursing Education: A Framework for Multimodal Momentary and Accumulated Interventions. *2022 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, 365–374. https://doi.org/10.1109/ISMAR55827.2022.00052

Obara, S., Perry, B., Janzen, K. J., & Edwards, M. (2022). Using arts-based pedagogy to enrich nursing education. *Teaching and Learning in Nursing*, *17*(1), 113–120. https://doi.org/10.1016/j.teln.2021.09.003

Ratnasari, & Dwi Fitriyanti. (2023). APPLICATION OF FAMILY CENTERED CARE (FCC). *Nurse and Health: Jurnal Keperawatan*, *12*(1), 15–19. https://doi.org/10.36720/nhjk.v12i1.375

Suna Dağ, Y., Yayan, E. H., Yıldırım, M., & Sülün, A. A. (2023). Simülasyon eğitiminin pediatri dersi alan hemşirelik öğrencilerinin klinik becerilerine etkisi. *Anatolian Journal of Health Research*, *Volume 4 Issue 1*(Volume 4 Issue 1), 25–29. https://doi.org/10.29228/anatoljhr.63282

Tan, A. J. Q., Lau, C. C. S., & Liaw, S. Y. (2017). Paper title: Serious games in nursing education: An integrative review. *2017 9th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)*, 187–188. https://doi.org/10.1109/VS-GAMES.2017.8056599

Toruner, E. K., & Altay, N. (2018). New Trends and Recent Care Approaches in Pediatric Oncology Nursing. *Asia-Pacific Journal of Oncology Nursing*, *5*(2), 156–164. https://doi.org/10.4103/apjon.apjon_3_18

# ORGAN BAĞIŞI ARTTIRMADA SOSYAL MEDYA ETKİLİ OLABİLİR Mİ?

# CAN SOCIAL MEDIA BE EFFECTIVE IN INCREASING ORGAN DONATION?

**[1]Doç. Dr. Gürkan KAPIKIRAN**

[1]Malatya Turgut Özal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü. ORCID ID:0000-0002-3242-1059

**[2]Doç. Dr. Ramazan BAYER**

[2]Malatya Turgut Özal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü. ORCID ID:0000-0002-2161-5886

**[3]Dr. Öğr. Üyesi Mert KARTAL**

[3]Malatya Turgut Özal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü. ORCID ID:0000-0001-7840-7554

## ÖZET

Organ nakli son evre organ yetmezliklerinin başarılı bir şekilde tedavi edilmesi olarak bilinmektedir. Son yıllarda artan hastalık prevalansı, yaşlanan nüfus organ nakline olan talebin artmasına yol açmıştır. Ancak organ nakli merkezlerinin sayısının artması ve organ nakli başarılarında gelişmeler yaşanmasına rağmen organ bağışında hala önemli sorunlar yaşanmaktadır. Organ bağışı sağlıklı insanların ihtiyacı olan bireylerin tedavisi için gönüllü olarak dokularını veya organlarını vermesidir. Organ bağışının yeterince olmaması son evre organ yetmezliği olan çok sayıda hastada hayat kurtarıcı organ naklinin önündeki en önemli engel olmakta ve hala binlerce hasta organ nakli için sıra beklemektedir. Organ nakli bekleyen hasta sayısındaki artışa rağmen, bağışlanan organlar talebe karşılık verememekte ve önemli bir halk sağlığı sorunu olmaya devam etmektedir. Organ bağışının yetersiz olduğu toplumlarda politika yapıcıların, ilgili makamların nakil listesinde bekleyen vatandaşları için organ bağışını arttıracak stratejiler geliştirmeleri hayati önem taşımaktadır. Birçok ülkede, bağış örgütleri organ bağışını toplumsal olarak hoş karşılanan bir eylem olarak çerçevelemek için video klipler, web siteleri ve reklam panoları kullanır. Bu örgütler, öncelikli olarak bağış yapmak istemeyen veya hala kararsız olan hedef kitlelerin davranışlarını değiştirmek için milyonlarca kullanıcıya ulaşan Instagram, Facebook, X gibi önde gelen sosyal medya (Some) platformlarının gücü kullanılarak farkındalık ve eğitim sağlayabilir ve genel nüfus arasında organ bağışına yönelik karamsarlığı iyileştirebilir.

**Anahtar kelimeler:** Organ nakli, organ bağışı, sosyal medya, nakil bekleyen hasta

## ABSTRACT

Organ transplantation is known as the successful treatment of end-stage irreversible organ failure and giving patients a second chance of life. In recent years, increasing disease prevalence and ageing population have led to an increase in the demand for organ transplantation. However, despite the increase in the number of organ transplant centres and improvements in organ transplantation success, there are still significant problems in organ donation. Organ donation is the voluntary donation of tissues or organs by healthy people for the treatment of individuals in need. Insufficient organ donation is the most important obstacle to life-saving organ transplantation in many patients with end-stage organ failure and thousands of patients are still waiting for organ transplantation. Despite the increase in the number of patients waiting for organ transplantation, donated organs do not meet the demand and continue to be an important public health problem. In societies where organ donation is inadequate, it is vital that policy makers develop strategies to increase organ donation for citizens waiting on the transplant list of the relevant authorities. In many countries, donor organisations use video clips, websites and billboards to frame organ donation as a socially welcomed act. These organisations can use the power of leading social media platforms such as Instagram, Facebook and X, which reach millions of users, to provide awareness and education and improve pessimism towards organ donation among the general population, primarily by using the power of leading social media platforms such as Instagram, Facebook and X to change the behaviour of target audiences who are unwilling or still undecided to donate.

**Keywords:** Organ transplantation, organ donation, social media, patient waiting for transplantation

## 1. GİRİŞ

Organ nakli son evre geri dönüşü olmayan organ yetmezliklerinin başarılı bir şekilde tedavi edilmesi ve hastalara ikinci bir yaşam şansı verilmesi olarak tanımlanmaktadır (Tam ve ark., 2012; Adenwalla ve ark., 2012). Son yıllarda artan hastalık prevalansı, yaşlanan nüfus organ nakline olan talebin artmasına yol açmıştır (White ve ark., 2014). Ancak organ nakli merkezlerinin sayısının artması ve organ nakli başarılarında gelişmeler yaşanmasına rağmen organ bağışında hala önemli sorunlar yaşanmaktadır. Organ bağışı sağlıklı insanların ihtiyacı olan bireylerin tedavisi için gönüllü olarak dokularını veya organlarını vermesidir (Tam ve ark., 2012; Adenwalla ve ark., 2012). Organ bağışının yeterince olmaması son evre organ yetmezliği olan çok sayıda hastada hayat kurtarıcı organ naklinin önündeki en önemli engel olmaktadır. Nitekim sağlık bakanlığı verilerine göre 2023 kasım ayı itibariyle organ nakli bekleyen hasta sayısı 2.600 karaciğer, 24.449 böbrek, 1.422 kalp, 204 akciğer, 4.119 kornea nakli ve 277 pankreas nakli bekleyen hasta bulunmaktadır (Sağlık Bakanlığı, 2024). Son verilerle görüldüğü üzere organ nakli bekleyen hasta sayısındaki artışa rağmen, bağışlanan organlar talebe karşılık verememekte ve önemli bir halk sağlığı sorunu olmaya devam etmektedir (Kose ve ark., 2015). Organ bağışının yetersiz olduğu toplumlarda politika yapıcıların, ilgili makamların nakil

listesinde bekleyen vatandaşları için organ bağışını arttıracak stratejiler geliştirmeleri hayati önem taşımaktadır (Meena ve ark., 2023). Birçok ülkede, bağış örgütleri organ bağışını toplumsal olarak hoş karşılanan bir eylem olarak çerçevelemek için video klipler, web siteleri ve reklam panoları kullanır. Bu örgütler, öncelikli olarak bağış yapmak istemeyen veya hala kararsız olan hedef kitlelerin davranışlarını değiştirmek için milyonlarca kullanıcıya ulaşan Instagram, Facebook, X gibi önde gelen sosyal medya platformlarının gücü kullanılarak farkındalık ve eğitim sağlayabilir ve genel nüfus arasında organ bağışına yönelik karamsarlığı iyileştirebilir (Meena ve ark., 2023; Hansen ve ark., 2021).

## 2. Organ Naklinin Tarihçesi

Milattan önce 300'lü yıllarda kangren sonucu kesilen bir bacağın yerine ölü bedenden alınan bacağın nakledilmesi sözü edilen hastanın sağlığında olumlu sonuçlar alınması dünyada yapılan nakilin ilk örneği olarak bilinmektedir. Tarihsel olarak çeşitli ülkelerde çeşitli denemeler yapılmış ancak organ ve dokuların iyi korunma yöntemleri, doku uyumluluk tekniklerindeki gelişmeler, cerrahi yöntemlerde yenilikler ve immünosupresif ajanların gelişimi ile transplantasyonlar gelişmişlik seviyesine ulaşmıştır (Starzl, 2000). 1900'lü yılların başında deneysel olarak başlayan organ ve doku nakilleri, 1916 yılında M. Jaboulay tarafından hayvan organı kullanarak nakil denemesi yapmış ve başarısız olmuştur. 1940'lı yıllarda deri transplantasyonu denemeleri yapılmıştır. 1954'te Joseph Murray tek yumurta ikizleri arasında ilk başarılı böbrek naklini gerçekleştirmiştir (Bakar, 2014). İlk kemik iliği nakli 1957'de, ilk başarılı akciğer nakli 1963'te, 1966'da ilk pankreas nakli, ilk karaciğer nakli 1967'de, yine aynı yılda ilk başarılı kalp nakli, 1981'de ilk başarılı kalp-akciğer nakli, ilk uterus nakli 2000 yılında gerçekleştirilmiştir (Ün & Erbaş, 2018; Hatipoğlu ve ark., 2017; Büyükkale ve ark., 2015; Rane ve ark., 2015; Yağdı ve ark., 2014). Ülkemizde ilk kornea nakli 1940 yılında, 1968 yılında ilk başarılı kalp nakli, ilk başarılı böbrek nakli canlı donörden 1975 yılında, kadavradan ise 1978 yılında, ilk karaciğer nakli kadavradan 1988 yılında, canlı donörden ise 1990 yılında, 1989 yılında ilk pankreas nakli ve yine aynı yılda ilk başarılı kalp nakli, ilk çift ön kol nakli 2010, ilk uterus nakli 2011 ve ilk yüz nakli 2012 yılında gerçekleştirilmiştir (Akyolcu % Kula Şahin, 2021; Bostancıoğlu ve ark., 2017; Hatipoğlu ve ark., 2017; Süren, 2007; Örer & Oto, 1999).

## 3. Kadavra Organ Bağışı ve Engeller

Dünya genelinde nakil edilecek organlar ülkeler düzeyinde farklılık göstermekle beraber genellikle kadavradan donörlerden elde edilmektedir. Ancak ihtiyacı karşılayacak organ bulunamamakta ve gün geçtikçe organ nakli için bekleyen hasta sayısındaki artış devam etmektedir (Black ve ark., 2018; Gruessner ve ark., 2018). Ülkelerin yıllık organ nakli faaliyet raporlarının karşılaştırmalı olarak analizinde bağışçı ve alıcı arasında önemli bir fark olduğu görülmektedir (Schladt & Israni, 2023; Organ and Tissue Donation and Transplantation Activity Report 2023; Australian Donation and Transplantation Activity Report, 2022). Örneğin Amerika Birleşik Devletleri organ nakli ve bağışı raporlarına bakıldığında 105.593 organ nakli bekleyen hasta varken 13.862 kadavra bağışçı olduğu görülmektedir (Schladt & Israni, 2023).

Benzer dönemlerde birleşik krallık organ nakli ve bağışı raporlarına bakıldığında nakil bekleyen hasta sayısı 6.959 iken kadavra organ bağışı sayısının ise 1.429 olduğu görülmüştür (Organ and Tissue Donation and Transplantation Activity Report, 2023). Ülkemizde 2023 yılı verilerine göre 32.038 hasta organ nakli için organ bağışı beklemektedir. Aynı yıl verilerine göre ise toplam kadavra donör sayısı ise 305 olarak kayıtlara geçmiştir (Tonv, 2023). Bu verilere bakıldığında küresel olarak organ nakline ihtiyaç duyan hasta sayısı büyük bir hızla artarken kadavra organ sayısının bunu karşılayacak sayıda olmadığı söylenebilir (Muco ve ark., 2023). Organ bağışı konusunda çok sayıda engel bulunmaktadır. Bu engelleri ortadan kaldırarak, kadavradan organ bağışının arttırılmasında organ ve doku bağışı konusunda yanlış anlaşılmaları ortadan kaldıracak ailelere doğru bilgiler sağlanmasına yönelik sağlık çalışanlarına eğitim verilebilir (Da Silva & Frontera, 2015). Sağlık kurumlarında sağlık çalışanları, organ ve doku bağış sürecini mümkün olduğunda verimli hale getirmek ve organ bağılında bulunan ailelerin üzerindeki duygusal etkiyi en aza indirmek için deneyimli bir ekip sağlamalıdırlar. Ekip üyeleri klinik doktorları, hemşireleri, sosyal hizmet görevlisi, din görevlisi gibi çok boyutlu bir şekilde düşünülerek oluşturulmalıdır (Mathur ve ark., 2020; Sharma ve ark., 2020; Da Silva & Frontera, 2015). Dünyada milyon başına düşen kadavra donör sayısı en fazla olan ülke 48.9 donör sayısı ile İspanya'dır. Türkiye'de ise milyon başına düşen kadavra donör sayısı 7.54 olarak saptanmıştır (Gürler & Hançer, 2020). Avrupa ülkeleri dikkate alındığında donörlerin %20'si canlı donör, %80'i kadavra donör iken Türkiye'de ise tam tersine %75 canlı donör, %25'i ise kadavra donör'dür (Yaşar ve ark., 2008). Bu görülen farklılıklar sadece ülkeler bazında olmayıp ülkenin farklı bölgelerinde yer alan illerde bile değişiklik göstermektedir. Organ bağışında bulunmada dini inanç, kültürel özellikler, değer yargıları, geleneksel yaşayışı, eğitim düzeyi, toplumun bilinçli ve bilgili olmaması gibi etkenler bağış oranları üzerinde etkileri olmaktadır (Yaşar ve ark., 2008). Birçok engel boyutu olan organ bağışının temel gündemi tıbbi gereklilikten daha fazlasına dayanmaktadır. Organ bağışı farkındalık eksikliği, etik kaygılar ve sisteme güvensizlik organ bağışı konusunda arz talep dengesizliğini azaltmada zorluklara yol açmaktadır. Bu görülen organ bağışı konusundaki dengesizliği azaltarak bağışçı havuzunu arttırma, tüm bağışçıların ve alıcıların güvenliğini sağlamak, organ bağışının önündeki engelleri kaldırmada bir seçenek olabilir (Lewis ve ark., 2021).

## 4. Organ Bağışının Arttırılmasında Sosyal Medya Kullanımı

Sosyal medya her ülkede kullanımı farklılık göstermekle beraber bireylerin günlük rutininin ve kişisel hayatlarının vazgeçilmez bir parçası olup bilgi edinmenin başlıca yolları arasında yer almaktadır (Liu ve ark., 2022). Günümüzde dünyada 5.04 milyar sosyal medya kullanıcısı vardır ve her geçen saniye yaklaşık 8 kişinin yeni sosyal medya kullanıcısı olarak sosyal medya platformlarına adım attığı bilinmektedir (Digital 2024 Raporu, 2024). Sosyal medya aracılığıyla erişilen bilgiler bireyler arasında karar alma süreçlerinde önem arz etmekle birlikte, bireylerin psikolojilerini ve davranışlarını yönlendirebilmektedir. Sosyal medya aracılığıyla elde edilen büyük miktardaki bilginin etkisi ile inanç ve tutumları kademeli olarak değişmekte ve buda davranışsal kararları etkiliyor (Mitchell ve ark., 2014). Sosyal medya uygulamaları arasında olan ve en yaygın kullanılan platformlar YouTube, Instagram, WhatsApp, Facebook'dur. Bir diğer sosyal medya uygulaması olan X (Twitter) ayda yaklaşık 350 milyondan fazla aktif

kullanıcı ile etkileşim kurmaktadır (Digital 2024 Raporu, 2024). Haber kanalları, akademisyenler, bilim adamları, çeşitli profesyoneller örgütler ve birçok siyasi lider halk ile bağlantı kurmak için X (Twitter) uygulamasını kullanmaktadır. Sosyal medya platformları arkadaş ve akrabalarla iletişim kurmanın kolay bir yolu olmaktan, organ bağışı ve nakli gibi acil sağlık sorunları konusunda topluma erişilebilen, topluma etki eden platformlara doğru evrildi (Meena ve ark., 2023). Organ nakli ve bağışı bağlamında kadavra bağışçıların arttırılmasını teşvik etmek, bilgi yaymak ve iletişimleri arttırmak ve farkındalık sağlamak için sosyal medya platformlarının kullanılmaktadır. Nakil merkezleri nakil programlarının reklamını arttırmak için sosyal medya platformlarından yararlanmaktadır (Pena, 2016). Organ bağışının arttırılması ve kamuya açık bir şekilde talep edilmesi sosyal medya platformları aracılığıyla, ilan panolarında, kişisel bloglarda yapılabilir. Bu şekilde daha fazla bağışçıya ulaşma hedefi organ bağışındaki yetersizlikleri bir sonucudur. Ancak kamuya açık sosyal medya platformlarından organ bağışına yönelik adımların atılması ülkelerin sağlık politikaları tarafından düzenlenmesine ihtiyaç vardır. Bu süreçte bağışın bekleme listesinde yer alan alıcıya değil de belirlenen alıcıya yapılması konusunda adil olmadığı yönünde de sosyal medya platformlarının kullanılmasına eleştirilerde bulunmaktadır (Meena ve ark., 2023). Sosyal medya ve organ bağışının olumlu yönleri kadar olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Sosyal medya ve organ bağışı konusunda artılar ve eksiler şekil 4.1'de gösterilmiştir.

**Şekil 4.1.** Sosyal medya ve organ bağışı: Artıları ve Eksileri (Meena ve ark., 2023)

| **Artıları** | **Eksileri** |
|---|---|
| Farkındalık yaratmak | Bağışçı gizliliğini ve mahremiyetini tehlikeye atmak |
| Bağışçı kayıtlarını teşvik etmek | Alıcı gizliliğini ve mahremiyetini tehlikeye atmak |
| Organ bağışı hakkında olumlu tutumu teşvik etmek | Yanlış bilgi paylaşma olasılığı |
| İletişimi teşvik etmek | Etkileme ve zorlama |
| Nakil ile ilgili araştırma bulgularını yayarak eğitimi kolaylaştırmak | Bilgilendirilmiş onamla ilgili sorunlar |
| Kitlesel Erişilebilirlik | Olumsuz algı |
| Uygun maliyet | Organ ticareti ve finansal dolandırıcılıklar |

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Küresel çapta organ nakline olan ihtiyaç, arzı büyük ölçüde geride bırakmaktadır. Organ naklindeki talep-arz dengesini sağlayabilmek ve arasındaki uyumsuzluğu gidermek için yeni stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır. YouTube, Instagram, WhatsApp, Facebook ve X (Twitter) gibi sosyal medya platformlarının nakil merkezleri, nakil bekleyen adaylar ve potansiyel organ bağışçıları arasında etkili bir iletişim aracı olduğu söylenebilir. Organ nakli konusundaki tüm gelişmeleri ve alanda yapılan son araştırmaların tüm insanlığa ulaşması ve yayılması ile organ

nakli bekleme listesindeki adayların ve potansiyel organ bağışçılarının iyi bir şekilde bilgilendirilmiş bir karar almalarına yardımcı olmak için sosyal medya platformları kullanılabilir. Ancak organ bağışı konusunda yapılan olumsuz yayınlarında küresel çapta tüm ülkelerde organ nakline karşı olumlu tutumu olumsuz yönde etkileyebilir. Bu açıdan bakıldığında etik hususlar göz ardı edilmeden ve düzenleyici yönergeleri ihlal etmeden kullanılan sosyal medya platformlarının canlı ve kadavra organ bağışı konusunda önemli bir farkındalık yaratacağı söylenebilir.

## KAYNAKÇA

Adenwalla, H.S., Bhattacharya, S. Joseph, Murray. (2012). *Indian J Plast Surg,* 45(3), 596-597.

Akyolcu N, Kula Şahin S. (2021). Organ naklinin tarihsel gelişimi. Özbaş A, editör. Organ Nakilleri ve Hemşirelik Bakımı. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; p.1-5.

Australian Donation and Transplantation Activity Report 2022. Erişim Adresi: https://www.donatelife.gov.au/sites/default/files/2023-02/OTA_2022Activity%20Report_Data%20Summary_Factsheet_FINAL.pdf. (Erişim Tarihi: Aralık 2024).

Bakar, N. (2014). Hemşirelerin Doku/Organ Nakli ve Bağışına Yönelik Bilgi ve Tutumları (Bursa Muammer Ağım Gemlik Devlet Hastanesi Hemşireleri Örneği). Beykent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Yönetimi Anabilim Dalı, Hastane ve Sağlık Kurumlar Yönetimi Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Black, C.K, Termaini, K.M, Aguirre, O, Hawksworth, J.S, Sosin M. (2018). Solid organ transplantation in the 21st century, *Annals of Translational Medicine,* 6(20), 409.

Bostancıoğlu, D., Saraçoğlu, G. V., & Öztürk, M. (2017). Yüksekokul öğrencilerinin organ bağışı konusundaki bilgi düzeylerinin ve tutumlarının araştırılması. *Genel Tip Dergisi*, *27*(4).

Büyükkale, S., Elevli, M. G., Sayar, A. (2015). Kalp-Akciğer Nakli. *Türkiye Klinikleri J Thor Surg-Special Topics,* 6(3), 61-5.

Da Silva, I. R., & Frontera, J. A. (2015). Worldwide barriers to organ donation. *JAMA neurology*, *72*(1), 112–118. https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2014.3083

Digital 2024 Raporu, Available from: https://wearesocial.com/uk/blog/2024/01/digital-2024 (Erişim Tarihi: 03.12.2024)

Gruessner, R. W. G., & Gruessner, A. C. (2018). Solid-organ Transplants From Living Donors: Cumulative United States Experience on 140,156 Living Donor Transplants Over 28 Years. *Transplantation proceedings*, *50*(10), 3025–3035. https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2018.07.024

Hansen, S. L., Pfaller, L., & Schicktanz, S. (2021). Critical analysis of communication strategies in public health promotion: An empirical-ethical study on organ donation in Germany. *Bioethics*, *35*(2), 161–172. https://doi.org/10.1111/bioe.12774

Hatipoğlu, S., Karayurt, Ö., Ordin, Y. S., & İşeri, Ö. P. (2017). Past, Present and Future of Organ Transplant Nursing in Turkey. *Florence Nightingale Journal of Nursing*, *25*(1), 49-58.

Gürler, H., Topal Hançer, A. (2020). Bir Aile Sağlığı Merkezine Başvuran Bireylerin Organ Bağışı Konusundaki Tutumları. *Turkiye Klinikleri Journal of Medical Ethics-Law and History*, 28/1, 90-98.

https://www.saglik.gov.tr/TR-100600/turkiyede-organ-bagisi-bilinci-ve-nakil-sayilari-umudu-artiyor.html (Erişim Tarihi: 27.08.2024)

Kose, O.O., Onsuz, M.F., Topuzoglu, A. (2015). Knowledge levels of and attitudes to organ donation and transplantation among university students. *North Clin Istanb,* 2(1), 19-25.

Lewis, A., Koukoura, A., Tsianos, G. I., Gargavanis, A. A., Nielsen, A. A., & Vassiliadis, E. (2021). Organ donation in the US and Europe: The supply vs demand imbalance. *Transplantation reviews (Orlando, Fla.)*, *35*(2), 100585.

Liu Y, Zhu J, He J. (2022). Can selfies trigger social anxiety? A study on the relationship between social media selfie behavior and social anxiety in Chinese youth group. Front Psychol 13:13.

Mathur, A. K., Stewart Lewis, Z. A., Warren, P. H., Walters, M. C., Gifford, K. A., Xing, J., Goodrich, N. P., Bennett, R., Brownson, A., Ellefson, J., Felan, G., Gray, B., Hays, R. E., Klein-Glover, C., Lagreco, S., Metzler, N., Provencher, K., Walz, E., Warmke, K., Merion, R. M., … Ojo, A. O. (2020). Best practices to optimize utilization of the National Living Donor Assistance Center for the financial assistance of living organ donors. *American journal of transplantation : official journal of the American Society of Transplantation and the American Society of Transplant Surgeons*, *20*(1), 25–33.

Meena, P., Kute, V. B., Bhargava, V., Mondal, R., & Agarwal, S. K. (2023). Social Media and Organ Donation: Pros and Cons. *Indian journal of nephrology*, *33*(1), 4–11.

Mitchell KJ, Wells M, Priebe G, Ybarra ML. (2014). Exposure to websites that encourage self-harm and suicide: prevalence rates and association with actual thoughts of self-harm and thoughts of suicide in the United States. J Adolesc 37:1335–44. doi: 10.1016/j.adolescence.2014.09.011,

Muco, E., Yarrarapu, S. N. S., Douedi, H., & Burns, B. (2023). Tissue and Organ Donation. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.

Organ and Tissue Donation and Transplantation Activity Report 2022/23. Erişim Adresi: https://nhsbtdbe.blob.core.windows.net/umbraco-assets-corp/30188/activity-report-2022-2023-final.pdf. (Erişim Tarihi: Aralık 2024).

Organ nakli sayıları 2023, https://www.tonv.org.tr/, (Erişim tarihi: 28.09.2024).

Örer, A., & Oto, Ö. (1999). Dünden bugüne kalp cerrahisi. *GKDC dergisi*, *7*, 1-6.

Peña A. (2016). Wanted: Living Organ Donor. *Transplantation*, *100*(11), 2239–2241.

Rana, A., Gruessner, A., Agopian, V. G., Khalpey, Z., Riaz, I. B., Kaplan, B., Halazun, K. J., Busuttil, R. W., & Gruessner, R. W. (2015). Survival benefit of solid-organ transplant in the United States. *JAMA surgery*, *150*(3), 252–259.

Schladt, D. P., & Israni, A. K. (2023). OPTN/SRTR 2021 Annual Data Report: Introduction. *American journal of transplantation : official journal of the American Society of Transplantation and the American Society of Transplant Surgeons*, *23*(2 Suppl 1), S12–S20.

Sharma, V., Roy, R., Piscoran, O., Summers, A., van Dellen, D., & Augustine, T. (2020). Living donor kidney transplantation: Let's talk about it. *Clinical medicine (London, England)*, *20*(3), 346–348.

Starzl, T. E. (2000). History of clinical transplantation. *World journal of surgery*, *24*(7), 759-782.

Süren, Ö. K. (2007). Organ ve doku naklinin yasal ve etik açıdan incelenmesi. *Tbb Dergisi*, *73*, 175-195

Tam, W. W., Suen, L. K., & Chan, H. Y. (2012). Knowledge, attitudes and commitment toward organ donation among nursing students in Hong Kong. *Transplantation proceedings*, *44*(5), 1196–1200. https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2012.01.108

Ün, M., & Erbaş, O. (2018). Uterus nakli. *İstanbul Bilim Üniversitesi Florence Nightingale Transplantasyon Dergisi*, *3*(1-2), 42-46.

White SL, Hirth R, Mahíllo B, Domínguez-Gil B, Delmonico FL, Noel L, Chapman J, Matesanz R, Carmona M, Alvarez M, Núñez JR, Leichtman A. The global diffusion of organ transplantation: trends, drivers and policy implications. Bull World Health Organ. 2014 Nov 1;92(11):826-35.

Yağdı, T., Engin, Ç., & Özbaran, M. (2014). Türkiye'de kalp transplantasyonunun güncel durumu. Türk Kardiyol Dern Arş - Arch Turk Soc Cardiol 2014;42(8):771-778.

Yaşar, M., Oğur, R., Uçar, M., Göçgeldi, E., Yaren, H., Tekbaş, Ö. F. ve Korkmaz, A. (2008). Bir Sağlık Meslek Yüksekokulu son sınıf öğrencilerinin organ bağışı konusundaki tutumları ve tutumlarına etki eden faktörler. Genel Tıp Dergisi, 18(1), 33-37.

# NOMOFOBİ VE SAĞLIK BAKIM PROFESYONELLERİ

# NOMOPHOBİA AND HEALTH CARE PROFESSİONALS

**Doç. Dr. Gürkan KAPIKIRAN**[1]

[1]Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü,
Mail: gurkankpkrn@gmail.com- ORCID:0000-0002-3242-1059.

**Doç. Dr. Ramazan BAYER**[2]

[2]Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü,
Mail: ramazan.bayer@ozal.edu.tr-ORCID:0000-0002-2161-5886.

**Dr. Öğr. Üyesi Mert KARTAL**[3]

[3]Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü,
Mail: mert.kartal@ozal.edu.tr - ORCID ID:0000-0001-7840-7554.

## ÖZET

Nomofobi kavramı "cep telefonu olmadan evden ayrılamama korkusu" olarak tanımlanır. Nomofobi, İngilizce "no-mobile-phone-phobia" sözcüğünün kısaltması olarak literatüre kazandırılmış bir kavramdır. Akıllı telefonların özel hayatın yanı sıra çalışma ortamlarında bağımlılık düzeyinde kabul edilebilecek kadar fazla kullanımı nomofobi ile ilişkilendirilir ve sosyal bir hastalık olarak karşımıza çıkar. Sosyal medya hizmetlerinin ilgi çekiciliği, çevrimiçi veya çevrimdışı sosyal aktivitelere fırsat sunması çoğu kişi tarafından cazip karşılanmaktadır. Ancak insanlar ile sosyal medya ve internet etkileşiminin bir limiti veya dozunun olmaması "nomofobi" kavramının oluşmasına zemin hazırlamıştır. Çocuktan yetişkine kadar her yaş grubunu etkilemesine karşın zararlı etkilerine hakkında farkındalık zayıftır. Nomofobi sağlık profesyonellerinde de görülmeye başlamıştır ve nomofobiye çoğu zaman gelişmeleri kaçırma ve onları kaybetme korkusu eşlik eder. Nomofobi her şeyden önce, hastalar ile yanlış anlaşılmalara yol açarak sağlık çalışanları ile hastaların etkili iletişim kurmasını önler, iş kalitesini düşürerek birim zamana düşen iş miktarını azaltır. Nomofobiyi yararlarından çok zararları olan bir davranış bozukluğu/olayı/sorunu olarak ifade etmek mümkündür. Sağlık çalışanlarının içinde bu sorunu yaşayan sağlık profesyonellerin olması, bu durumun bir sorun olduğuna ilişkin farkındalığının tam olarak gelişmemiş olması, kurumların mücadele etmek için bir politika geliştirmemesi, henüz tam olarak önleyici girişimlerin ve yönetiminin saptanamamış olması büyük risk teşkil etmektedir. Sağlık profesyonellerinin nomofobiye iten faktörlerin detaylandırılması, konuya ilişkin farkındalığının geliştirilmesi, öz-yönetiminin desteklenmesi ile bireylerin nomofobik davranışlarını azaltmak çözümcül yaklaşımlar olacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Nomofobi, sağlık çalışanı, akıllı telefon, sosyal medya.

## ABSTRACT

Nomophobia is defined as 'the fear of not being able to leave home without a mobile phone'. Nomophobia is a concept introduced to the literature as an abbreviation of the English word 'no-mobile-phone-phobia'. The excessive use of smartphones in private life as well as in working environments, which can be considered addictive, is associated with nomophobia and appears as a social disease. The attractiveness of social media services and the opportunity for online or offline social activities are considered attractive by many people. However, the lack of a limit or dose of social media and internet interaction with people has paved the way for the formation of the concept of 'nomophobia'. Although it affects all age groups from children to adults, awareness of its harmful effects is weak. Nomophobia has also started to be seen in health professionals, and nomophobia is often accompanied by the fear of missing developments and losing them. Above all, nomophobia leads to misunderstandings with patients, prevents effective communication between healthcare professionals and patients, reduces the quality of work and reduces the amount of work per unit time. It is possible to express nomophobia as a behavioural disorder/event/problem that has more harms than benefits. The fact that there are health professionals who have this problem among health professionals, that the awareness of this situation as a problem is not fully developed, that the institutions have not developed a policy to combat it, and that preventive initiatives and management have not yet been fully determined constitute a great risk. Elaborating the factors that lead health professionals to nomophobia, improving their awareness of the issue, supporting their self-management and reducing nomophobic behaviours of individuals will be solution approaches.

**Key words:** Nomophobia, health worker, smartphone, social media.

## 1. NOMOFOBİ KAVRAMI

Nomofobi kavramı "cep telefonu olmadan evden ayrılamama korkusu" olarak tanımlanır (Kuss & Griffiths, 2017; Arpaci, 2017; Yıldırım & Correia, 2015; Secure Envoy, 2012; Qulasvirta ve ark., 2012; Griffiths, 2005). Nomofobi, İngilizce "no-mobile-phone-phobia" sözcüğünün kısaltmasıdır (Yıldırım & Correia, 2015; Secure Envoy, 2012). Cep telefonu hayatımızın birçok alanında yaygın olarak kullanıldığı için bir davranış bozukluğunu beraberinde getirmiştir (Kuss & Griffiths, 2017), bu davranış bozukluğu anksiyete, duygusal dengesizlik, saldırganlık, konsantrasyon zorlukları olarak belirti vermektedir (King ve ark., 2014). Bu sorunun nasıl yönetileceği hakkında çalışmalar yapılmaktadır (Kuss & Griffiths, 2017).

Cep telefonu kullanımı son yıllarda katlanarak artmakta, 2024 yılı verilerine bakıldığında küresel çapta yaklaşık 5,4 milyar internet kullanıcısı bulunmakta olup yaklaşık olarak küresel nüfusun yaklaşık olarak %66'sına tekabül etmektedir (We are Social, 2024). Kullanım alanları çoğunlukla sosyal medya, alış-veriş siteleri, e-posta, mesajlaşma, internet amaçlı, oyun oynama olarak sıralanabilir (Cho & Lee, 2016; McBride, 2015; Gill ve ark., 2012). Cep telefonu

kullanımının "öğrenme"yi artırdığı saptanmıştır (Sebri ve ark., 2016; Mobasheri ve ark., 2015), ancak sürekli ve zorlayıcı bir alışkanlığa dönüşmesi, kullanılmadığı takdirde "yoksunluk hissi ve memnuniyetsizlik" yaratması, aile hayatını tehlikeye atması ve böylece günlük yaşamı olumsuz etkilemesi bilinen zararları arasındadır (Qulasvirta ve ark., 2012; Griffiths, 2005).

İngiltere'de yapılmış bir araştırmaya göre, akıllı telefon kullanıcılarının %66'sının nomofobiden acı çektiği, 18-24 yaş aralığındaki gençlerin eğiliminin daha yüksek olduğu, 25-34 yaş aralığında kadınlarda erkeklere oranla daha sık görüldüğü tespit edilmiştir (Secure Envoy, 2012). Başka bir araştırmada üniversite öğrencilerinde nomofobi görülme oranının %42.6 olduğu saptanmıştır (Yıldırım ve ark., 2016). Hemşirelerin %75'i çalışırken kişisel iletişim için akıllı telefon kullandığını belirtmiştir (McBride ve ark., 2015). Hemşirelerin akıllı telefon kullanımındaki yüksek oranın nomofobi ile ilgili olduğunu düşünülmektedir (Kaur & Sharma, 2015).

Bu derlemenin amacı; nomofobiyi tanımlamak, önemine dikkat çekmek, nomofobinin olumsuz etkilerine karşı sağlık çalışanlarında farkındalık geliştirmektir.

## 2. NOMOFOBİNİN OLUMSUZ ETKİLERİ

### 2.1. Nomofobi ve Kaybetme Korkusunun İlişkilendirilmesi

Sosyal medya hizmetlerinin, ilgi çekiciliği, çevrimiçi veya çevrimdışı sosyal aktivitelere fırsat sunması çoğu kişi tarafından cazip karşılanmaktadır. Ancak insanlar ile sosyal medya ve internet etkileşiminin bir limiti veya dozunun olmaması "nomofobi" kavramının oluşmasına zemin hazırlamıştır (Yıldırım & Correia, 2015; Secure Envoy, 2012). İnternete erişim kolay ve ucuzdur, beklentiyi karşılama olasılığı oldukça yüksektir, seçenekler fazladır. İnternet kullanımı ile sosyal kaynaklara erişebilmenin yanı sıra paylaşımda bulunmak sosyal medyanın iki yönlü doğasını ortaya koyar (Przybylski ve ark., 2013). Bu iki özelliğin bir arada olması kullanıcılarda sosyal platformların bir parçası olma hissini uyandırır. Süresi bilinmeksizin sosyal platformdan uzak kalınması kullanıcılara "kaybetme korkusu" yaşatır. Kaybetme korkusu İngilizce Fear of Missing Out- FOMO sözcüklerinin Türkçe'ye uyarlanmasıdır (Przybylski ve ark., 2013). Kaybetme korkusu, sosyal medya kullanıcılarında kendisinin deneyimleyemediği şeylerin başkaları tarafından deneyimlendiği korkusu uyandırır, diğer kişilerin kendisinden farklı deneyimler yaşadığına inandırır, bu yüzden sosyal medya ile sürekli bağlantıda kalma arzusu yaşatır (Przybylski ve ark., 2013). Bu arzu tatmin olmadığında motivasyon, psikolojik rahatlık, iyilik hali bozulur, mutsuzluk ve yoksunluk başlar (Przybylski ve ark., 2013). Dolayısıyla kaybetme korkusu sosyal medya kullanıcılarını nomofobiye iter.

### 2.2. Nomofobinin Sağlık Bakım Kalitesine Olumsuz Etkileri

Bilgi ve İletişim Teknolojileri hayatımızın önemli bir bölümünü oluşturur. Birçok insan, özellikle de genç kuşaklar, birçok aktivitenin yanı sıra çalışmak için yeni teknolojileri kullanır (Cho & Lee, 2016). Bilgi ve iletişim teknolojileri ilişki kurmak için farklı yöntemlerin

deneyimlenmesini sağlar. Bu sayede "sosyalleşme" gerçekleşir (Gutiérrez-Puertas ve ark., 2019). Ancak bilgi ve iletişim teknolojilerinin kötüye kullanımı olumsuz etkilerin ortaya çıkmasına zemin hazırlar. Nitekim üniversite öğrencilerinin internet bağımlılığı bilgi ve iletişim teknolojisinin kötüye kullanımına iyi bir örnektir (Mei ve ark., 2018; Bae, 2017; Gökçearslan ve ark., 2016). Şu anda, günlük yaşamda, özel hayat veya toplum içinde, önemli sayıda çocuk, ergen, genç ve yetişkinler internet bağımlılığı olarak tanımlanabilecek davranışlar sergilemekteler (Kuss & Griffiths, 2017). Dahası, iş ortamında, çalışanlar giderek artan sayıda sosyal ağlara zaman ayırmakta ve yapmakla yükümlü olduğu işlerini ihmal etmekteler (Gutiérrez-Puertas ve ark., 2019). Bu durum çalışma ortamlarında istihdam kaybına neden olur, iş kalitesini düşürür ve daha az iş yapılmasına neden olur (Vanden ve ark., 2016; Cho & Lee, 2016).

Sağlık çalışanlarının çalışma ortamlarında klinik ile ilişkili olmayan nedenlerden dolayı cep telefonu kullanımında artış olduğu gözlemlenmiştir (Sebri ve ark., 2016; Yıldırım ve ark., 2016; Cho & Lee, 2016). Hemşirelerde nomofobi sağlık bakımı ve tıbbi yardım sırasında dikkat dağıtıcı bir etken olarak risk teşkil etmektedir (McBride, 2015; Gill ve ark., 2012; Griffiths, 2005). Çünkü dikkat dağınıklığı önemli bilgilerin o anda hafızadan çıkmasına neden olabilir, gerekli bilgiler kaybolur, hasta-hemşire arasındaki iletişim bozulur veya farklı bir boyut kazanır (Ayar ve ark., 2018; Junco, 2012). Cep telefonlarının kötüye kullanımın insan ilişkilerinin kalitesini olumsuz etkiler ve iletişimde kopmaya neden olur (Habuchi ve ark., 2005).

Nomofobi hasta güvenliğini ve sağlık bakım kalitesini tehdit eden, kişisel verilerin açığa çıkmasına zemin hazırlayan bir davranış sorunudur; bu bağlamda bazı akıllı telefonların fotoğraf kalitesinin yüksek olması ve ses kaydetme özelliğinin bulunması nomofobinin zararlı etkilerine olanak tanır (Ayar ve ark., 2018; Barton ve ark., 2015; Kung & Oh, 2014; Habuchi ve ark., 2005). Buradaki en önemli unsur sağlık çalışanının nomofobinin zararlı etkilerinin çoğu zaman farkında olmamasıdır, aslında bahsedilen olay klinik bilgilerin kaçırılmasıdır (Kung & Oh, 2014). Hemşirelik öğrencileri üzerinde yapılmış bir araştırma akıllı telefon kullanımının öğrenmeyi artırdığını saptamıştır (Sebri ve ark., 2016; McBride, 2015; Mobasheri ve ark., 2015; Gill ve ark., 2012). Buna paralel hemşirelik öğrencilerinin akademik gelişimini olumsuz etkilediği, öğrenme performansını düşürdüğü, dikkat dağınıklığı yarattığını (Cohen ve ark., 2018; Lee ve ark., 2017; Cho & Lee, 2015; Junco, 2012) ve bazı öğrencilerin bu durumun farkında olduğunu saptayan çalışmalar bulunmaktadır (Cho & Lee, 2016).

## 3. TARTIŞMA

Nomofobi sosyal ağların neden olduğu bir tür bağımlılıktır (Kuss & Griffiths, 2017). Son yıllarda cep telefonlarının kullanım sıklığının ve süresinin artmış olmasında internetin zor durumlarda başvurulan bir bilgi edinme yöntemi olarak kullanımı dikkat çekmektedir. Hemşirelik öğrencileri üzerinde yapılmış bir araştırma, internet kullanımının öğrencilerin kendilerini güvende hissetmelerine katkı sağladığını saptamıştır (Aguilera-Manrique ve ark., 2018). Bu bağlamda hemşirelerin akıllı telefonları ne ölçüde kullandığı, yararları ve hangi durumlarda zararlı bir boyut kazandığının iyi araştırılması gerekir (Bautista & Tin, 2016;

McBride ve ark., 2015). Çünkü akıllı telefon kullanımının duygusal stresi azalttığını savunan çalışmalar bulunmaktadır. Nitekim uykusuzluk veya sık vardiya değişimine bağlı olarak kalitesiz uyku uyuma, iş yorgunluğu, yüksek hasta talepleri hemşireler için birer stresör olma özelliği taşımaktadır (Huck-Flynn ve ark., 2018; McBride ve ark., 2015; Lin ve ark., 2013). Akıllı telefonların dikkat dağıtma özelliği stresi hafifletmede iyi bir yöntem olarak kabul edilebilir (Cho & Lee, 2015). Buna paralel bir araştırma hemşirelerin akıllı telefonların dikkat dağıtma özelliği olduğunu kabullenmediği yönündedir (Ayar ve ark., 2018; McBride ve ark., 2015). Bir başka çalışma ise, bu tür bir kullanımın "kaybedilme korkusundan" kaynaklanabileceğini belirlemiştir ve sosyal kaygılarını hafifletmek için sosyal medyaya bağlı kalmaları gerektiği vurgulanmıştır (Cho & Lee, 2015).

Literatür incelemeleri; hemşirelerde nomofobinin, kişisel gereksinimlerini karşılamak için yeterince zaman bulamamaktan kaynaklandığını göstermektedir (Huck-Flynn ve ark., 2018; McBride ve ark., 2015; Lin ve ark., 2013). Nomofobinin neden olduğu dikkat dağınıklığı hasta ve çalışan güvenliğinin ihlal edilmesinde büyük risk teşkil eder, bunun için kişisel gereksinimlerin karşılanmasında hemşirelere zaman tanınması önemli bir gerekliliktir (Aguilera-Manrique ve ark., 2018). Ayrıca akıllı telefon kullanımı sırasında hemşirelerin hata ve eksikliklerinin farkında olmadıklarını ya da akıllı telefonların dikkat dağıttığını düşünmediklerini bildirmişlerdir (Ayar ve ark., 2018; McBride ve ark., 2015).

Nomofobinin önlenmesi ve acı çeken insanların bu davranış sorununu yönetmesinde iki temel parametre vardır: Bunlardan birincisi akıllı telefonların "oyaladığı" gerçeğinin çalışanlar tarafından kabul edilmesidir (Cohen ve ark., 2018). İkincisi ise bireysel ve mesleki anlamda yararlarının ve zararlarının neler olduğu hakkında farkındalık geliştirilmesidir.

## 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Nomofobiyi yararlarından çok zararları olan bir davranış bozukluğu/olayı/sorunu olarak ifade etmek mümkündür. Sağlık çalışanlarının içinde bu sorunu yaşayan profesyonellerin olması, bu durumun bir sorun olduğuna ilişkin farkındalığının tam olarak gelişmemiş olması, kurumların mücadele etmek için bir politika geliştirmemesi, henüz tam olarak önleyici girişimlerin ve yönetiminin saptanamamış olması büyük risk teşkil etmektedir. Hemşireleri nomofobiye iten faktörlerin detaylandırılması, konuya ilişkin farkındalığının geliştirilmesi, öz-yönetiminin desteklenmesi çözümcül yaklaşımlardır.

## 5. KAYNAKÇA

1. SecurEnvoy. 66% of the population suffer from nomophobia the fear of being without their phone. Erişim Adresi: https://www.securenvoy.com/blog/2012/02/16/66-of-the-population-sufferfrom-nomophobia-the fear-of-being-without-their-phone/. (Erişim Tarihi: 05.12.2024)

2. Yildirim, C., Correia, A. Exploring the dimensions of nomophobia: development and validation of a selfreported questionnaire, Comput Hum Behav, 49, 130–137, 2015. https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.02. 059
3. Kuss, D.J., Griffiths, M.D. Social networking sites and addiction: ten lessons learned. Int. J. Environ. Res, Publ. Health, 14 (3), 311–322, 2017.
4. Arpaci I. Culture and nomophobia: The role of vertical versus horizontal collectivism in predicting nomophobia, Inform Dev, 1–11, 2017. https://doi.org/10.1177/0266666917730119
5. Oulasvirta, A., Rattenbury, T., Ma, L., Raita, E. Habits make smartphone use more pervasive. Pers Ubiquit Comput, 16:105–114, 2012. https://doi.org/10.1007/s00779-011-0412-2
6. Griffiths, M.A 'components' model of addiction within a biopsychosocial framework. J Subst Use, 10, 191–197, 2005. https://doi.org/10.1080/14659890500114359
7. King, A.L.S., Valencia, A.M., Silva, A.C., Sancassiani, F., Machado, S., Nardi, A.E. "Nomophobia": Impact of cell phone use interfering with symptoms and emotions of individuals with panic disorder compared with a control group, Clin Pract Epidemiol Ment Health, 10,28–35, 2014. https://doi.org/10.2174/ 1745017901410010028 PMID: 24669231
8. İnternet kullanım oranları, https://www.wpbeginner.com/tr/research/internet-usage-statistics-and-latest-trends/ (Erişim Tarihi: 01.12.2024)
9. Cho, S., Lee, E. Distraction by smartphone use during clinical practice and opinions about smartphone restriction policies: a cross-sectional descriptive study of nursing students, Nurse Educ Today, 40, 128–133, 2016. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2016.02.021 PMID: 27125162
10. Gill, P.S., Kamath, A., Gill, T.S. Distraction: an assessment of smartphone usage in health care work settings, Risk Management and Healthcare Policy, 5,105–114, 2012. https://doi.org/10.2147/RMHP. S34813 PMID: 22969308
11. McBride, D.L. Distraction of clinicians by smartphones in hospitals: a concept analysis. J Adv Nurs. 71(9):2020–2030, 2015. https://doi.org/10.1111/jan.12674 PMID: 25898861
12. Mobasheri, M.H., King, D., Johnston, M., Gautama, S., Purkayastha, S., Darzi, A. The ownership and clinical use of smartphones by doctors and nurses in the UK: a multicentre survey study, BMJ Innovations, 1, 174–181, 2015, https://doi.org/10.1136/bmjinnov-2015-000062
13. Sebri, I., Bartier, J.C., Pelaccia, T. How do nursing students use digital tools during lectures?, PLoS One, 11:e0165714, 2016. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165714 PMID: 27812170
14. Yildirim, C., Sumuer, E., Adnan, M., Yildirim, S.A. Growing fear prevalence of nomophobia among Turkish college students, Inform Dev, 32(5), 1322–1331, 2016. https://doi.org/10.1177/0266666915599025
15. McBride, D.L., LeVasseur, S.A., Li, D. Non-work-related use of personal mobile phones by hospital registered Nurses, JMIR mHealth and uHealth, 3(1), e3, 2015. https://doi.org/10.2196/mhealth.4001 PMID: 25586982

16. Kaur, A., Sharma, P. A descriptive study to assess the risk of developing nomophobia among students of selected nursing colleges Ludhiana, Punjab, Int J Psych Nurs, 1(2), 1–6, 2015. https://doi.org/10.5958/ 2395-180X.2015.00051.1
17. Przybylski, A.K., Murayama, K., DeHaan, C.R., Gladwell, V. Motivational, emotional, and behavioral correlates of fear of missing out, Comput Hum Behav, 29(4), 1841–1848, 2013. https://doi.org/10.1016/j.chb. 2013.02.014
18. Gutiérrez-Puertas, L., Márquez-Hernández, V. V., São-Romão-Preto, L., Granados-Gámez, G., Gutiérrez-Puertas, V., & Aguilera-Manrique, G. Comparative study of nomophobia among Spanish and Portuguese nursing students. Nurse education in practice, 34, 79-84, 2019.
19. Bae, S.M. The relationship between the type of smartphone use and smartphone dependence of Korean adolescents: National survey study, Child. Youth Serv. Rev., 81, 207–211, 2017.
20. Mei, S., Chai, J., Wang, S.B., Ng, C.H., Ungvari, G.S., Xiang, Y.T. Mobile phone dependence, social support and impulsivity in Chinese university students. Int. J. Environ. Res. Publ. Health. 15 (3), 504–510, 2018.
21. Gökçearslan, Ş., Mumcu, F.K., Haşlaman, T., Çevik, Y.D. Modelling smartphone addiction: the role of smartphone usage, self-regulation, general self-efficacy and cyberloafing in university students. Comput. Hum. Behav, 63, 639–649, 2016.
22. Vanden, Abeele, M.M., Antheunis, M.L., Schouten, A.P. The effect of mobile messaging during a conversation on impression formation and interaction quality. Comput. Hum. Behav, 62, 562–569, 2016.
23. Junco, R. In-class multitasking and academic performance. Comput Hum Behav, 28(6), 2236– 2243, 2012. https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.06.031
24. Ayar, D., Özalp Gerçeker, G., Özdemir, E. Z., & Bektaş, M. The Effect of Problematic Internet Use, Social Appearance Anxiety, and Social Media Use on Nursing Students' Nomophobia Levels, *Computers, informatics, nursing : CIN*, *36*(12), 589–595, 2018. https://doi.org/10.1097/CIN.0000000000000458
25. Habuchi, I. Accelerating reflexivity. In: Ito, M., Okabe, D., Matsuda, M. (Eds.), Personal, Portable, Pedestrian Mobile Phones in Japanese Life. Cambridge MIT Press, London, pp. 165–182, 2005.
26. Barton A.J. The regulation of mobile health applications, BMC Med, 10(1):46–50, 2012. https://doi.org/ 10.1186/1741-7015-10-46 PMID: 22569114
27. Kung, Y.M., Oh, S. Characteristics of nurses who use social media, CIN-Comput Inform Nu, 32 (2), 64–72, 2014. https://doi.org/10.1097/CIN.0000000000000033 PMID: 24419089
28. Cho, S., Lee, E. Development of a brief instrument to measure smartphone addiction among nursing students, CIN-Comput Inform Nu. 33:216–224, 2015. https://doi.org/10.1097/CIN.0000000000000132 PMID: 25636040
29. Lee, S., Kim, M.W., McDonough I.M., Mendoza J.S., Kim M.S. The effects of cell phone use and emotion-regulation style on college students' learning, Appl Cognitive Psych, 31(3),360–366, 2017. https://doi.org/ 10.1002/acp.3323

30. Cohen, T.N., Shappell, S.A., Reeves, S.T., Boquet, A.J. Distracted doctoring: the role of personal electronic devices in the operating room, Perioper Care Operat Room Manage, 10,10–13, 2018. https://doi.org/ 10.1016/j.pcorm.2017.12.001
31. Aguilera-Manrique, G., Márquez-Hernández, V. V., Alcaraz-Córdoba, T., Granados-Gámez, G., Gutiérrez-Puertas, V., & Gutiérrez-Puertas, L. The relationship between nomophobia and the distraction associated with smartphone use among nursing students in their clinical practicum, PloS one, 13(8), e0202953, 2018.
32. Bautista, J.R., Lin, T.T.C. Sociotechnical analysis of nurses' use of personal mobile phones at work, Int J Med Inform, 95,71–80, 2016. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2016.09.002 PMID: 27697234
33. Lin, S., Tsai, K., Chen, M., Koo, M. Association between fatigue and internet addiction in female hospital Nurses, J Adv Nurs, 69(2),374–383, 2013. https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2012.06016.x PMID: 22515191
34. Huck-Flynn, G.A.H., Polivka, B., Herron-Behr, J. Smartphone use by nurses in acute care settings, CINComput Inform Nu, 36(3), 120–126, 2018. https://doi.org/10.1097/CIN.0000000000000400 PMID: 29251648

# YABANCI UYRUKLU HEMŞİRE ÖĞRENCİLERİNİN UYGULAMA DENEYİMLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER. BİR SİSTEMATİK DERLEME ÇALIŞMASI

**1.Dr.Öğr. Üyesi. Arzu TİMUÇİN**
Harran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelikte Yönetim Anabilm Dalı
63040 Haliliye/ Şanlıurfa/ Turkey
e-mail: timucinarzu@gmail.com ORCİD ID: 0000-0001-9318-6630
**2. Prof. Dr. Selma KAHRAMAN**
Harran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Halk Sağlığı Hemşireliği Anabilim Dalı
63040 Haliliye/ Şanlıurfa/ Turkey
e-mail: skahraman1308@gmail.com ORCİD ID:0000-0002-4486-6629

## ÖZET

**Amaç:** Bu sistematik derlemenin amacı, son 10 yılda sayısı oldukça artan yabancı uyruklu hemşirelerin uygulama deneyimlerini etkileyen faktörlerini inceleyen araştırmaların, sistematik biçimde değerlendirmek ve bu konuya ilişkin mevcut en iyi kanıtları bir araya getirmektir.

**Metot:** Sistematik derlemede, PRISMA-P bildirgesi rehber alınmıştır. Araştırma stratejisinde altı elektronik veri tabanı kullanılmıştır: PUBMED, CINAHL, EMBASE (OVID), Web Of Science, Googler Scholler, Dergipark. Veri tabanları 01/01/2010- 31/09/2024 tarihleri arasında, İngilizce ve Türkçe dilinde taranmıştır. Taramalarda, "yabancı uyruklu hemşire öğrencisi veya uluslararası hemşire öğrencisi ve uygulama veya klinik deneyim veya klinik uygulama anahtar kelimeleri kullanılmıştır.

**Bulgular:** Bu konuda 11 tane çalışma bulunmuştur. Çalışmaların hepsi niteliksel çalışmalardan oluşmaktadır. Çalışmalar hemen hemen hepsi öğrencilerin ifadelerine göre olumlu ve olumsuz temalar belirlemiştir.

**Sonuç:** Farklı bir ülkede hemşirelik eğitimi alma ve yaşama deneyimi, kendi kendine yetebilmeleri, yeteneklerini öğrenmeleri ve kültürel ve eğitimsel beklentilere uyum sağlamaları açısından dönüştürücü olmaktadır.

**Anahtar Kelimeler**: Yabancı uyruklu hemşire öğrenci, Uygulama, Deneyim, Eğitim, Hemşirelik

## FACTORS AFFECTING THE PRACTICE EXPERIENCES OF FOREIGN NURSING STUDENTS. A SYSTEMATIC REVIEW STUDY

### ABSTRACT

**Aims:** The aim of this systematic review is to systematically evaluate the studies examining the factors affecting the practice experiences of foreign national nurses, which have increased considerably in the last 10 years, and to bring together the best available evidence on this issue.

**Method:** The systematic review was guided by the PRISMA-P statement. Six electronic databases were used in the research strategy: PUBMED, CINAHL, EMBASE (OVID), Web Of Science, Googler Scholler, Dergipark. The databases were searched in English and Turkish between 01/01/2010- 31/09/2024. The keywords 'foreign national nurse student or international nurse student and practice or clinical experience or clinical practice' were used in the searches.

**Results:** Eleven studies were found on this subject. All of the studies were qualitative studies. Almost all of the studies identified positive and negative themes according to the students' statements.

**Conclusion:** The experience of studying and living in a different country is transformative in terms of self-sufficiency, learning their abilities and adapting to cultural and educational expectations.

**Key Words:** Foreign National Nurse Student, Practice, Experience, Education, Nursing

## GİRİŞ

Hemşirelik mesleği ve eğitimi uluslararası alanda önemli bir toplumsal öneme sahiptir ve örgün yükseköğrenim bu mesleğin bir yeterliliğidir. (1,2,3). Türkiye'de hemşirelik eğitimi üniversite

lisans düzeyindeki programlarda uygulanmaktadır. Türkiye hemşirelik eğitimi 240 AKTS kredisinden oluşan 4 yıllık bir programdır ve Avrupa Birliği Konseyi Direktiflerinde belirtilen kriterleri karşılayan toplam 1530 saati içeren klinik/saha uygulamalarından oluşur. (1-3). Profesyonel hemşireliğin temel değerleri dünya çapında benzer olmasına rağmen, hemşireliğin nasıl uygulanacağı toplumsal ve kültürel farklılıklardan etkilenmektedir. (4-6). Türkiye'de özellikle son 10 yılda yabancı uyruklu birey sayılarının ciddi oranda artması toplumda yeni sağlık ihtiyaçlarını oluşturmuş ve özellikle hemşirelik mesleğinde kültürel farklılıklara ortaya koyan yeni bilgilere, deneyimlere ihtiyaç duyulmasına yol açmıştır (7-16).

Beklenildiği gibi yabancı uyruklu öğrencilerin farklı bir ülkede, kültürde eğitim almaları ve yaşamlarını sürdürmeleri, onların öz kültürü ile yaşadıkları toplumun kültürü arasında bir ikilemde bırakabilmektedir (9,13-16). Hemşirelikte kültürel yeterlilik bütüncül bakım vermede hemşirelerin kararlarını, uygulamalarını ve sonucunda hemşirelik bakımının kalitesini etkilemektedir. Bu nedenle yabancı uyruklu hemşirelerin uygulamaları sırasında öğrencilerin deneyimlerini etkileyen faktörleri belirlemek, farklılıkları ortaya çıkarmak ve kültürel etkileşimler sırasında dinamiklerin farkında olmak için bilgilere ihtiyaç vardır (4,9,16).

Yabancı uyruklu öğrenci hemşirelerin uygulama deneyimlerine yönelik kanıtlar son on yılda önemli ölçüde artmıştır; ancak bulgular ve çalışmaların kendileri birçok boyutta heterojendir. Bu programlar, zamanlamaları ve yoğunlukları, ziyaretçilerin becerileri, deneyimleri, eğitimi ve etkilemeye çalıştıkları nüfus ve sonuçlar açısından önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu çeşitli kanıt temelinden sonuç çıkarmak, program geliştiriciler ve fon sağlayıcılar için bir zorluk teşkil etmektedir. Bu araştırmaların kalitesindeki farklılıklara rağmen, yüksek kaliteli denemeler yoluyla bulunan olumlu etki yönü, genellikle daha zayıf değerlendirmelerin sonuçlarıyla desteklenmektedir. Bununla birlikte, toplumun sağlık yükünü azaltmak için daha fazla halk sağlığı stratejisi planlamak, sunmak ve belirlenen güçlüklere dikkat çekilerek çözüm önerilerinin hayata geçirilmesine ve profesyonel hemşirelerin yetişmesine imkân vermektedir.

**Çalışmanın Sorusu**

Yabancı uyruklu hemşire öğrencilerin deneyimlerin etkileyen faktörlere ilişkin etki büyüklükleri nedir?

**Gereç ve Yöntem**

Bu çalışma, sistematik derleme ve meta analiz çalışmaların sunumunu geliştirmede yazarlara rehberlik etmek için kullanılan PRISMA-P (Preferred Reporting Items for Systematic review and Meta-AnalysisProtocols) kılavuzuna göre hazırlanmıştır (17).

**Arama stratejisi**

Çalışma kapsamına alınacak makaleler; Pubmed, Cınahl, Embase (Ovıd), Web Of Science, Googler Scholler, Dergipark veri tabanlarında taranmıştır. Veri tabanları, 1 Ocak-2010 ile 31 eylül 2024 tarihleri arasında taranmıştır. Taramalarda, "yabancı uyruklu hemşire öğrencisi veya uluslararası hemşire öğrencisi ve uygulama veya klinik deneyim veya klinik uygulama anahtar kelimeleri kullanılmıştır.

**Dahil edilme kriterleri**

Yapılan sistematik derlemede dahil edilme kriterleri PICOS'ya göre tanımlanmıştır**:**

**Population-katılımcılar**: Yabancı uyruklu hemşire öğrencisi

**İnterventions- Müdahale**: uygulama deneyimini ortaya koyan çalışmalar

**Comparisons-karşılaştırma grupları:** uygulama deneyimi ortaya koymayan çalışmalar

**Outcomes- Sonuçlar**: deneyimler, etkileyen faktörler

**Study designs-Çalışma Deseni**: RKÇ, yarı deneysel çalışmalar, gözlemsel (kesitsel, vaka-kontrol, kohort) çalışmalar.

**Dahil Edilmeme Kriterleri**

- Tam metnine (Full- text) ulaşılmayan makaleler
- Dili İngilizce ve Türkçe olmayan çalışmalar
- Yabancı uyruklu öğrenci hemşire olmayan çalışmalar
- 2010-2024 tarihleri dışında yayınlanan makaleler
- Kalite değerlendirme aracından "zayıf" puan alanlar

**Çalışmaların Seçimi**

İlk aşamada, veri tabanlarında araştırmacılar tarafından belirlenen anahtar terimleri ile başlıklar, özetler taranmıştır. Farklı veri tabanlarında ulaşılan ve tekrar eden çalışmalar silinmiştir. Birinci araştırmacı geriye kalan çalışmalarda olası çalışmalara ulaşmak için makalelerin başlıkları ve özetlerini incelemiştir. İkinci araştırmacı da ulaşılan makalelerin başlık ve özetlerini ayrıca okuyup değerlendirmiştir. İki araştırmacı tarafından 11 çalışmanın tam metinleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Tarama sonucu ulaşılan 6809 çalışmanın, sistematik derlemeye dahil edilen 11 çalışmaya nasıl indirgendiğini gösteren akış diyagramı (PRISMA 2009 Flow Diagram) Şekil 1.'de gösterilmiştir.

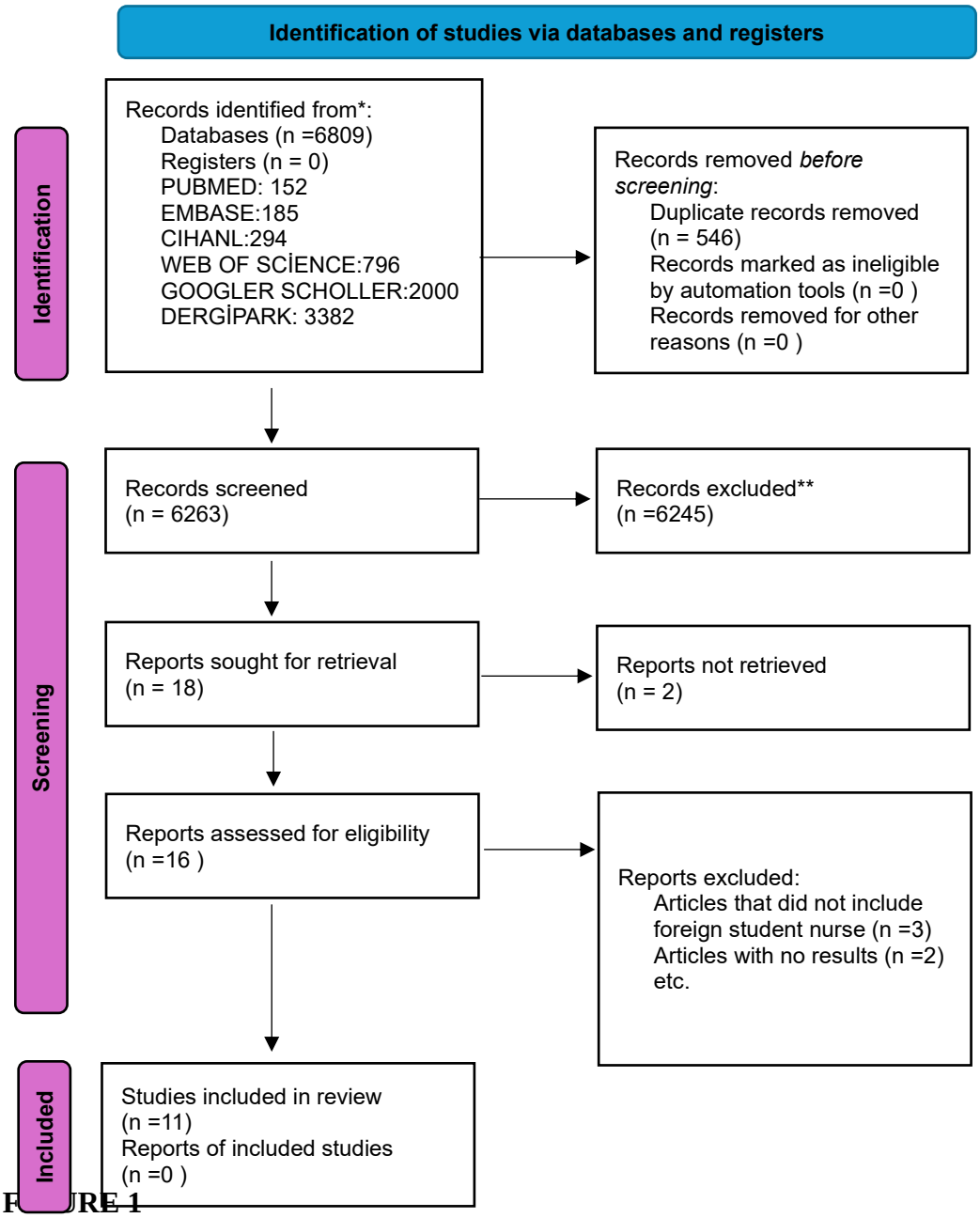



**FIGURE 1**

The PRISMA flow diagram.

## Kalite Değerlendirme

Araştırmaya dâhil edilen çalışmaların metodolojik kalite değerlendirmesi, iki bağımsız araştırmacı tarafından, seçilen araştırma türlerine göre Joanna Briggs Enstitüsü (JBI) eleştirel değerlendirme listelerine göre yapılmıştır. Nahcivan ve Seçginli (18) tarafından Türkçe geçerlilik ve güvenirliliği yapılan JBI kalite değerlendirme araçlarının ve kontrol listelerinin Cronbach's alfa katsayısı orta düzeyde bulunmuştur. Toplam puanın yüksekliği araştırmanın metodolojik kalitesinin yüksekliğine işaret eder. Bu çalışmada kodlayıcılar arası uyum %94 olarak bulunmuştur. Güvenirlik analizinde Cohen's kappa 0,87 olarak bulunmuştur.

## BULGULAR

Bu konuda 11 tane çalışma bulunmuştur. Çalışmaların hepsi niteliksel çalışmalardan oluşmaktadır. Çalışmalar hemen hemen hepsi öğrencilerin ifadelerine göre olumlu ve olumsuz temalar belirlemiştir. Çalışmalardan saptanan olumlu ortak temalar şunlardır; "Kültürel zenginlik", "akran desteği", "dil geliştirme" olarak gruplandırırken, olumsuz ortak temalar ise; "kültürel önyargı", "ayrımcılık", "damgalanma" "akran zorbalığı", "dil ve iletişim sorunları", "hastalara bakım müdahaleleri uygulama konusunda zorluklar" olarak tanımlanmıştır. Öğrenciler çalışmalarda daha çok olumsuz deneyimlerini ifade etmişlerdir.

Yapılan 11 çalışmanın sonuçları olarak; yabancı uyruklu hemşirelik öğrencilerinin bakım kültürünü teşvik etmeye yönelik öneriler arasında akran gruplarının etkili kullanımı, öğrencilerin ihtiyaçlarına göre uyarlanmış bir oryantasyon programı, farklı ulusal etnik kökenlere ve kültürlere eğitim verilmesi, klinik uygulamalarda akran desteği, ırkçılıktan ve ayrımcılıktan kaçınmak için kültüre duyarlı bir müfredatın faydalı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca yabancı uyruklu öğrencilerin dil, kültür ve inanç farklılıklarından dolayı yaşadıkları sorunlar öğrenim süreçlerine olumsuz şekilde yansımaktadır. Öğrencilerin bulundukları ülkeye uyum sağlamaları için dil eğitiminin arttırılması ve öğrencilerin sosyalleşmesine aracılık edilmesi önerilmektedir.

## TARTIŞMA

Dünyanın dört bir yanındaki eğitimciler ve araştırmacılar, tüm öğrencilere yüksek kalitede eğitim sağlama çabasıyla, bu tür çeşitliliğin neden olduğu zorlukların üstesinden gelmek için stratejiler geliştirmeye çalışmaktadır. (6-16). Bu yüzden yabancı uyruklu hemşirelik öğrencilerinin ulusal ve uluslararası alanda etkili sosyal, ekonomik ve kültürel ilişkiler kurabilmeleri ve gelecekte öğrencilerin mesleki ve toplumsal uyumunu arttırabilmeleri, sağlık sistemine, hemşirelik eğitimine ve hasta bakım uygulamalarına ve dolayısıyla sağlık sistemine entegre olabilmeleri için görüş ve deneyimlerinin belirlenmesi önemlidir. (10-16).

Yabancı uyruklu öğrenci hemşirelerle ilgili yapılan çalışmaların hemen hemen hepsi kısa süreli olarak başka ülkelere giden öğrenci hemşirelerin deneyimlerine odaklanmıştır. Bu çalışma

sonuçları yabancı uyruklu öğrencilerin kendilerini klinikte yalnız, güvensiz ve dışlanmış hissettiklerini, dil ve kültür farklılıklarından dolayı klinik uygulama deneyimleri esnasında teorik eğitim sürecinde yaşadıklarından daha fazla zorluk yaşadıklarını belirtmişlerdir (6-16). Ayrıca araştırmalarda yabancı uyruklu hemşirelik öğrencilerinin hemşirelik mesleki yeterlilik kapsamında hasta bakım uygulamalarına yönelik görüş ve deneyimlerinin araştırması, yaşanan sıkıntıların belirlenmesi hemşirelik mesleğinin başarılı bir şekilde sunulması, bakım kalitesinin arttırılması, dolayısıyla da toplumun sağlık düzeyinin yükseltilmesi açısından önemlidir. Öğrenci hemşirelerle ilgili yapılan çalışmaların çoğunda öğrencilerin olumsuz deneyimleri olarak dil problemleri ön plana çıkmıştır. (6-16).

Yabancı uyruklu öğrencilerin farklı bir dine mensup olması ya da farklı görünmeleri nedeniyle hastaların bakım almak istememesi öğrencilerin motivasyonunu ve akademik başarısını olumsuz etkileyeceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada öğrenciler olumlu faktörler olarak, hasta bakım uygulamaları sırasında, hastalar ve sağlık personelleriyle iletişim halinde olmanın kimlik ve kültür farklılıkları konusunda farkındalık kazandırdığını, eğitimci, hasta ve sağlık personelinin yabancı uyruklu hasta ve hemşirelik öğrencilerine karşı olumsuz tutumlarını değiştirme konusunda sorumluluk hissettiklerini ve bu konuda umutlu olduklarını bildirmişlerdir. Hemşirelik öğrencilerinin olumlu deneyimleri üzerine çalışmaların çoğunlukla mesleki etkilerinden ziyade bireysel etkilerine odaklandıkları saptanmıştır (6-16).

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Öğrenciler, klinik uygulama sırasında hasta bakım uygulamalarını etkileyen faktörler olduğunu, hasta bakım uygulamaları sırasında bazı gereksinimlerinin olduğunu, bu uygulamalar sırasındaki deneyimlerinin kendilerine birçok konuda fırsat sağladığını ifade etmişlerdir. Ayrıca öğrencilerin, bu uygulamalar sırasında yaşadıkları olumsuz durumlar sonucu, kendilerine ve bakım uygulamalarına ilişkin görüş ve deneyimlerini metaforlarla anlattıkları belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, yabancı uyruklu öğrenci hemşirelere daha geniş bir perspektiften bakmanın önemini vurgulamaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Göktuna, G., Arslan, G. G., & Özden, D. (2020). Türkiye'de hemşirelik bilişimi üzerine yapılan araştırmalar: Bir literatür incelemesi. Medical Sciences, 15(4), 99-110.

2. EU Directive. (2005/2013). EU Directive 2005/36/EF and Directive 2013/55/EU. https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2013/55/oj
3. Kocaman, G., & YÜRÜMEZOĞlU, H. A. (2015). Türkiye'de hemşirelik eğitiminin durum analizi: Sayılarla hemşirelik eğitimi 1996-2015. Yükseköğretim ve Bilim Dergisi, (3), 255-262.
4. Göktuna, G., Arslan, G. G., & Özden, D. (2020). Türkiye'de hemşirelik bilişimi üzerine yapılan araştırmalar: Bir literatür incelemesi. Medical Sciences, 15(4), 99-110.
5. Toyin-Thomas P, Ikhurionan P, Omoyibo EE, et al. Drivers of health workers' migration, intention to migrate and non-migration from low/middle-income countries, 1970–2022: a systematic review. BMJ Global Health 2023;8:e012338. doi:10.1136/bmjgh-2023-012338.
6. Shali M, Bakhshi F, Hasanpour M. Culture of patient care among international nursing students: a focused ethnographic study. BMC Nurs. 2024 Mar 6;23(1):163. doi: 10.1186/s12912-024-01807-1. PMID: 38448913; PMCID: PMC10916181.
7. Kılıç SP, Karadağ G, Kılıç N, Demirel C. Difficulties and Expectations of Foreign Nursing Students in the Clinic. (2021). Journal of Comparative & International Higher Education, 13(1), 114-132. https://doi.org/10.32674/jcihe.v13i1.1684
8. Narouz, L. (2018). Challenges and culture shock symptoms among international nursing students at Cairo University. IOSR Journal of Nursing and Health Science (IOSR-JNHS), 7(4), 58-66. DOI: 10.9790/1959-0704055866
9. Tanrikulu, F., Öner, Ö., B. Gürçay, & Akgül, E. (2024). A qualitative study of foreign nursing students' experiences of educational process. Journal of Qualitative Research in Education, 1-18. Doi: 10.14689/enad.39.1732
10. Adamson, E. Culture, courage and compassion: exploring the experience of student nurses on placement abroad. J of Compassionate Health Care 5, 5 (2018). https://doi.org/10.1186/s40639-018-0048-4
11. Özaslan, Z. Z., Yalçın, S. U., Alptekin, H. M., Şahin, E. Ş., Erdoğan, B., & Er, R. A. (2019). Hemşirelik Bölümü Yabancı Uyruklu Öğrencilerin Öğrenim Süreci Deneyimleri. Anadolu Hemşirelik Ve Sağlık Bilimleri Dergisi, 22(3), 170-178.
12. McDermott-Levy, R. (2011). Going alone: The lived experience of female Arab-Muslim nursing students living and studying in the United States. Nursing outlook, 59(5), 266-277.
13. Mattila, L. R., Pitkäjärvi, M., & Eriksson, E. (2010). International student nurses' experiences of clinical practice in the Finnish health care system. Nurse Education in Practice, 10(3), 153-157.

14. Pitkajarvi, M., Eriksson, E., & Pitkala, K. (2013). Culturally diverse health care students' experiences with teaching strategies in Finland: a national survey. Nurse education today, 33(6), 590-595.
15. Mikkonen K, Elo S, Miettunen J, Saarikoski M, Kääriäinen M. Clinical learning environment and supervision of international nursing students: A cross-sectional study. Nurse Educ Today. 2017 May;52:73-80. doi: 10.1016/j.nedt.2017.02.017. Epub 2017 Feb 27. PMID: 28273526.
16. Kahraman, S., Kaçkin, Ö., & Timuçin, A. (2024). Opinions and Experiences of Foreign Student Nurses Regarding Patient Care Practices in Türkiye: A Qualitative Study. Teaching and Learning in Medicine, 1–12. https://doi.org/10.1080/10401334.2024.2370921
17. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n71. doi:10.1136/bmj.n71.
18. Nahcivan N, Secginli S. How are the methodological quality of quantitative studies included in systematic review? Turkiye Klinikleri Journal Public Health Nursing-Special Topics. 2017;3(1):10-19. Accessed November 12, 2023.

# KLİNİK SORUMLU HEMŞİRELERİNİN LİDERLİK TARZININ HEMŞİRELERİN İŞ MOTİVASYONUNA ETKİSİ: ŞANLIURFA HARRAN ÜNİVERSİTESİ HASTANESİ ÖRNEĞİ

# THE EFFECT OF THE LEADERSHIP STYLE OF CLINICAL CHARGE NURSES ON THE WORK MOTIVATION OF NURSES: EXAMPLE OF ŞANLIURFA HARRAN UNIVERSITY HOSPITAL

**Uzman Hemşire Serap Arıcan**

Akdeniz üniversitesi Hemşirelikte Yönetim doktora öğrencisi

s_r_p_3@hotmail.com

ORCİD ID: 0000-0003-0731-8858

**Dr. Öğretim Üyesi Arzu Timuçin**

Harran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelikte Yönetim Anabilm Dalı

63040 Haliliye/ Şanlıurfa/ Turkey

e-mail: timucinarzu@gmail.com ORCİD ID: 0000-0001-9318-6630

## Özet

Çalışma klinik sorumlu hemşirelerinin liderlik tarzlarını belirlemek ve çalışan hemşirelerin iş motivasyonuna etkisini incelemek amacıyla yapılmıştır. Araştırmanın evrenini Şanlıurfa Harran Üniversitesi Hastanesi'nde çalışan 384 hemşire oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemini, evrende yer alan ve araştırmaya katılmayı kabul eden, aktif olarak çalışan ve en az altı aydır aynı sorumlu hemşire ile çalışmış olan 176 hemşire oluşturmuştur. Eylül 2020 – Temmuz 2021 tarihleri arasında yürütülmüştür. Araştırma bir üniversite hastanesinde çeşitli kliniklere giderek, dağıtılan anketler aracılığıyla veriler toplanmıştır. Anketin birinci bölümünde araştırmacı tarafından derlenmiş olan Kişisel Bilgi Formu, ikinci bölümünde Liderlik Tarzı Ölçeği ve son bölümde ise Çok Boyutlu İş Motivasyonu Ölçeği kullanılmıştır. Araştırma için bir üniversite hastanesinin etik kurulundan, kurumdan ve katılımcılardan izin alınmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde medyan (min.-maks.), frekans (n) ve yüzde (%), Kolmogorov Smirnov testi, Mann–Whitney-U testi, Kruskal-Wallis ve Spearman (Spearman's rho) korelasyon analizi kullanılmıştır. Bütün analizlerde IBM SPSS.23 programı kullanılmış ve anlamlılık düzeyi olarak $p< 0.05$ değeri kabul edilmiştir. Serbest bırakıcı liderliğin motive

olamamayı negatif yönde (p=.020) etkilediği görülmüştür. Otokratik liderlik kişisel düzenlemeyi pozitif yönde (p=.006) etkilemektedir. Serbest bırakıcı liderlik içe yansıtılan düzenlemeyi pozitif yönde (p<.001) yönde etkilemektedir. Son olarak otokratik liderlik motivasyon toplam puanını pozitif yönde (p=.030) anlamlı bir şekilde etkilemektedir. Sonuç olarak, sorumlu hemşirelerin liderlik tarzının iş motivasyonunu etkilediği tespit edilmiştir. Bu nedenle klinik sorumlu hemşirelerinin sergiledikleri liderlik tarzının çalışanların iş motivasyonunu etkilediğinin farkına varmaları ve bu konuda eğitim almaları önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Sorumlu Hemşire, Liderlik, İş Motivasyonu, Hemşire

## Abstract

The study was conducted to determine the leadership style of the clinical charge nurses and to examine its impact on the motivation of working nurses. The population of the study is comprised of 384 nurses working at the Şanlıurfa Harran University Hospital. Without any sample selection in the study, 176 nurses, who are actively working and have been working for at least six months under the same clinical charge nurse and accepted to take part in the study, comprised the study group. The data was collected between December 2020 and March 2021. The study was conducted by visiting various clinics in the Şanlıurfa Harran Hospital and the data were obtained via surveys. The Personal Information Form compiled by the researcher was used in the first section of the survey, the Leadership Style Scale in the second and the Multi Dimensional Work Motivation Scale was used in the final part. Permission was obtained from the Harran University Medical Faculty Board of Ethics, the institution and the participants of the study. Median (min-max.) along with average and standard deviation values were given in definitive statistics of constant variables and frequency (n) and percentage (%) values were given in the definition of categoric variables in the process of evaluating data. The normality assumptions of variables were examined with the Kolmogorov Smirnov test while the Mann-Whitney test was used in comparative studies between the two groups of constant variables that did not show the normal distribution and the Kruskal-Wallis test was used in the comparisons of groups that were three and over. If a significant difference was achieved in the Kruskal-Wallis test results, the Bonferroni corrected Mann-Whitney test was done to determine which groups the difference was generated from. The relations between constant variables were studied through the Spearman (Spearman's rho) correlation analysis. In all of the analyses, the IBM SPSS23 program was used and the significance level was accepted as $p < 0.05$. It was observed that the laissez-faire leadership style impacts inability to be motivated in a negative

(p=020) way. Autocratic leadership impacts personal regulation in a positive (p=.006) way. The laissez-faire leadership style impacts introjected regulation in a positive (p<.001) way. Finally, autocratic leadership impacts the total motivation score significantly in a positive way (p=.030) to a significant degree. In conclusion, it has been determined that the leadership style of clinical charge nurses impacts work motivation. Therefore, it may be recommended that clinical charge nurses be aware that the leadership style they present impacts work motivation and they should receive training in this subject.

**Key Words:** Clinical Charge Nurse, Leadership, Work Motivation, Nurse

## 1.GİRİŞ

Liderlik, kelimesi liderin görevini ve önderlik kelimesini ifade eder (1). İnsanlar doğası gereği toplum içinde yaşar ve bunun sonucunda toplulukları oluştururlar. Ve bu toplumları yönetecek, kişilerin taleplerini karşılayacak, değişen şartlara uyum sağlayabilecek liderlere ihtiyaç duyarlar. İnsanlar kişisel ve toplumsal hedeflerine ulaşmayı sağlayacak liderlerle yürümek isterler. Liderliği bir süreç olarak değerlendirirsek tarihin, insanlığın her çağda ve her alanda ihtiyaç duyduğu bir unsur olduğunu görebiliriz (2).

Bir insan grubunun belirli hedeflere doğru yöneltilmesi ayrı bir ikna kabiliyeti ve beceri gerektirir. O halde liderlik için birçok tanım yapılıyor olmasına rağmen liderliği, bir grup insanı belli hedefler etrafında toplayabilme ve bu hedefleri gerçekleştirebilmek amacıyla insanları harekete geçime bilgi ve yeteneğinin toplamı olarak ifade edilebilir (3). Liderlik sadece yönetim alanı ile alakalı olmayıp ekonomi, sosyal ve siyasi pek çok alanda kullanılabilen bir kavram olarak karşımıza çıkar. Bu noktada liderliğin bir alana mal olamayacağı gibi tek bir tanımının olması da mümkün değildir (2). Liderlik süreci, her kademede ve hatta kademeye bağlı olmaksızın gerçekleşebilir (4).

Liderlerin davranışları ve bu davranışların çalışanlar üzerindeki etkisi organizasyonun bütün fonksiyonlarını etkilemektedir (5).Liderler organizasyonu değişen koşullara uydurabilmeli ve bireylerin ihtiyaçlarını asgari düzeyde karşılayabilmelidir. (6). Değişim dinamik bir süreçtir ve her zaman aynı çözümler geçerli değildir. Bu sebeple talepler, ihtiyaçlar ve koşullar değiştikçe bunları karşılamak üzere liderlik tarzları değişmektedir (2).

İnsanlar ancak yaptıkları işten ve iş çevresinden memnun oldukları zaman daha verimli çalışırlar (7). İnsanı çalışmaya teşvik etmenin yolları yıllar boyunca araştırılmıştır. Toplumsal

ilerleme sağlandıkça artık otomasyona kayılması ve kitle üretimlerine gidiliyor olması, işçinin işinden elde ettiği tatmini azaltıcı bir etki yapmıştır. İşçiler artık bir iş yaratma ya da bir işi tamamlama ihtiyacını tatmin edememektedir. Bu sebepler yöneticileri daha fazla motivasyon araçları aramaya yöneltmiştir (3).

Motivasyon bireylerin belirli bir amacı geçekleştirmek için kendi istek ve arzuları ile davranmaları olarak ifade edilebilir. Organizasyonun hangi kademesindeki yönetici olursa olsun çalışanların motivasyonları ile yakından ilgilenmelidir. (4). Yöneticinin başarısı, çalışanın motivasyonuna bağlıdır. Motive olmayan personel yeterli performansı gösteremez, elde tutulamaz ve bu da organizasyonun başarısını olumsuz olarak etkiler. Yani motivasyon ve performans kavramları fazlasıyla birbiri ile ilişkilidir (8).

Hemşireler, tüm sağlık çalışanları arasında oldukça kalabalık bir meslek grubudur. Ve hemşirelerin motivasyonu yüksek bir şekilde çalışması gerek hasta memnuniyeti gerek kurum performansı ve verimliliği için önemlidir. Klinik sorumlu hemşireleri, kliniklerinin yönetsel işleri ile ilgilenirken aynı zamanda çalışanların motivasyonunu arttırıcı faaliyetlerde bulunmalıdır. Bu çalışma klinik sorumlu hemşirelerin sergilemiş oldukları liderlik tarzının, hemşirelerin iş motivasyonunu etkileyip etkilemediğini araştırmak üzere yapılmıştır.

## GEREÇ VE YÖNTEM

### Araştırmanın tipi

Araştırma tanımlayıcı ve ilişki arayıcı tipte bir çalışmadır. Çalışma klinik sorumlu hemşirelerinin liderlik tarzlarını belirlenmek ve sorumlu hemşirenin liderlik tarzının çalışan hemşirelerin iş motivasyonuna etkisini incelemek amacıyla yapılmıştır.

### Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Araştırmanın evrenini hastanede çalışan 384 hemşire oluşturmaktadır. Araştırmada örneklem seçimine gidilmeden, evrende yer alan ve araştırmaya katılmayı kabul etmiş, araştırma esnasında aktif olarak çalışan ve en az altı aydır aynı sorumlu hemşireyle çalışmış hemşireler ile anketler yapılarak veriler elde edilmiştir. Çalışmaya katılmak istemeyen kişilere hiç anket başlanmamış olup, anket doldurma esnasında acil işi çıkması nedeniyle bölünün anketler, ilgili servise daha sonra tekrar gidilerek doldurulmaya çalışmacı eşliğinde doldurulmaya devam edilmiştir. 6 adet anket yarım kalması nedeniyle çalışmaya dâhil edilmemiş olup toplam 176 hemşire örneklemini oluşturmuştur.

**Araştırmanın Etik Boyutu**

Harran Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun, çalışmanın yapılmasında etik açıdan sakınca olmadığına dair, 21.12.20 tarih, 22 numaralı oturum ve HRU/20.22.17 sayılı onayı ile başlanmıştır. Çalışmanın yapıldığı Harran Üniversitesi Hastanesi Başhekimliği'nden 22.09.2020 tarihli ve 36315 sayılı kurum izni alınmıştır. Ayrıca Çalışmaya katılan hemşirelerden onam alınmıştır (EK-3).Ankette bulunan Liderlik Tarzı Ölçeği'nin kullanım izni alınmıştır. Yine ankette bulunan Çok Boyutlu İş Motivasyonu Ölçeği'nin kullanım izni alınmıştır.

**Veri Toplama Aracı**

Araştırmanın verileri, Aralık 2020 - Mart 2021 tarihleri arasında toplanmıştır. Anketin birinci bölümünde araştırmacı tarafından derlenmiş olan Kişisel Bilgi Formu, ikinci bölümünde Liderlik Tarzı Ölçeği (EK-7) ve son bölümde ise Çok Boyutlu İş Motivasyonu Ölçeği kullanılmıştır.

Araştırmacı tarafından, ilgili bölümler ziyaret edildi. Veri toplama sırasında anket formları, araştırmacı kendini tanıttıktan sonra, çalışmayı ve amacını anlatarak ve gönüllülük esasına uygun olarak, katılmayı kabul eden hemşirelere verildi. Anketlerin tüm sorular okunup eksiksiz olarak doldurulmasını sağlamak için anketler araştırmacı eşliğinde doldurulması sağlandı. Anket esnasında acil işi çıkan hemşirelerin servisleri tekrar ziyaret edilerek tam doldurulmuş bir şekilde teslim alındı. Yarım kalmış olan 6 adet anket çalışmaya dâhil edilmedi.

**Kişisel Bilgi Formu**

Kişisel Bilgi Formu literatür doğrultusunda araştırmacı tarafından geliştirilen 4 adet sosyodemografik özellikleri içeren (yaş, cinsiyet, eğitim durumu, medeni durum) ve 6 adet iş yaşamına ilişkin (çalıştığı birim, mesleki deneyim, şuan ki birimdeki çalışma süresi, mesleğini isteyerek seçip seçmediği, kadro durumu ve çalışma şekli) toplam on sorudan oluşmaktadır

**Liderlik Tarzı Ölçeği**

Liderlik Tarzı Ölçeği (Leadership Styles Survey), 1998 yılında Clark tarafından geliştirilmiş olup, ölçek Bakan vd. (2013) çalışmasında Türkçe diline uyarlanarak kullanılmıştır (9). Ölçek, katılımcılardan sorumlu hemşirelerini düşünerek doldurmaları istenen 30 adet sorudan oluşmaktadır. Ölçek puanlaması "1=Hiçbir Zaman", "5= Her Zaman" olmak üzere 5'li likert tipte değerlendirilmektedir. Anket 3 alt boyuttan oluşmaktadır. Ölçekteki ilk 10 madde

otokratik liderlik (Örnek madde: İşyerinde, son kararlar alınırken yöneticim otoriteyi daima elinde tutar.), daha sonraki 10 madde demokratik liderlik (Örnek madde: Yöneticim çalışanların fikirlerini ve gelecekteki plan ve projelerini sorar.) ve son kalan 10 madde ise serbest bırakıcı liderlik (Örnek madde: Yöneticim çalışanların kendi başlarına liderlik yapabileceklerine inanır.) özelliklerini ölçmektedir. Ölçeğin güvenirlik değeri olan Cronbach Alpha değeri otokratik liderlik için 0,97; demokratik liderlik için 0,94 ve serbest bırakıcı liderlik için 0,97 olarak bulunmuştur. Bu araştırmada Liderlik Tarzı Ölçeği'nin otokratik liderlik alt boyutu için 0,622; demokratik liderlik alt boyutu için 0,903; serbest bırakıcı liderlik alt boyutu için 0,914 ve son olarak bütün ölçek maddeleri için ise 0,929 olarak bulunmuştur.

**Çok Boyutlu İş Motivasyonu Ölçeği**

Çok Boyutlu İş Motivasyon Ölçeği: Gagné, Forest, Gilbert, Aubé, Morin ve Malorni tarafından 2010 yılında geliştirilen Çok Boyutlu İş Motivasyonu Ölçeği (ÇBİMÖ) Likert tip olup, 19 maddeden oluşmaktadır. Her bir maddeye ilişkin cevaplama 7 derece üzerinden hiç uygun değil (1), çoğunlukla uygun değil (2), uygun değil (3), orta (4), uygun (5), oldukça uygun (6) ve tamamen uygun (7) arasında yapılmaktadır. Ölçek orijinalinde altı alt boyuttan oluşmaktadır. Ölçeğin alt boyutları; motive olmama (1., 3. ve 5. maddeler), dışsal düzenleme-sosyal (7., 9. ve 11. maddeler), dışsal düzenleme-maddesel (13., 15 ve 17. maddeler), içe yansıtılan düzenleme (14., 16. ve 18. maddeler), kişisel düzenleme (8., 10. Ve 12. maddeler) ve içsel motivasyondan (2., 4. ve 6. Maddeler) oluşur. Çok Boyutlu İş Motivasyonu Ölçeğini ((10). Türk kültürüne uyarladığı çalışmasından alınarak kullanılmıştır. Cronbach alfa katsayılarının motive olmama alt ölçeği için 0,72 içsel motivasyon alt ölçeği için 0,73, dışsal düzenleme-sosyal alt ölçeği için 0,78, kişisel düzenleme alt ölçeği için 0,76, dışsal düzenleme-maddesel alt ölçeği için 0,80 ve içe yansıtılan düzenleme alt ölçeği için 0,73 olduğu belirlenmiştir. Bu araştırmada 'Çok Boyutlu İş Motivasyonu Ölçeği'nin motive olmama alt boyutu için 0,768; içsel motivasyon için 0,756; dışsal düzenleme-sosyal için 0,758; kişisel düzenleme için 0,805; dışsal düzenleme-maddesel için 0,569; içe yansıtılan düzenleme için 0,671 ve son olarak bütün ölçek maddeleri için ise 0,797 olarak bulunmuştur.

**Araştırmanın Değişkenleri**

**Bağımlı değişkenler:** Çalışma da yer alan otokratik liderlik alt boyutu, serbest bırakıcı liderlik alt boyutu, demokratik liderlik alt boyutu, motive olmama, dışsal düzenleme-sosyal,

dışsal düzenleme-maddesel, içe yansıtılan düzenleme, kişisel düzenleme ve içsel motivasyon alt boyutları bağımlı değişkenlerdir.

**Bağımsız değişkenler:** Araştırmanın bağımsız değişkenleri ise yaş, cinsiyet, eğitim durumu, medeni durum, çalıştığı birim, mesleki deneyim, şuan ki birimdeki deneyim, mesleği isteyerek seçip seçmediği, kadro durumu ve çalışma şeklidir.

### Verilerin Değerlendirilmesi

Sürekli değişkenlerin tanımlayıcı istatistiklerinde ortalama ve standart sapma değerleri ile birlikte medyan (min.-maks.), kategorik değişkenlerin tanımlanmasında ise frekans (n) ve yüzde (%) değerleri verilmiştir. Sürekli değişkenlerin normallik varsayımları Kolmogorov Smirnov testi ile incelenmiş ve normal dağılım göstermeyen sürekli değişkenlerin iki grup arasında karşılaştırılmasında Mann–Whitney testi, üç ve üzeri gruplar arasında karşılaştırılmasında ise Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Kruskal-Wallis testi sonucunda anlamlı bir farklılığın elde edilmesi durumunda farkın hangi gruplar arasından kaynaklandığını belirlemek amacıyla ise Bonferroni düzeltmeli Mann-Whitney testi yapılmıştır. Sürekli değişkenler arasındaki ilişkiler ise Spearman (Spearman's rho) korelasyon analizi ile incelenmiştir. Bütün analizlerde IBM SPSS.23 programı kullanılmış ve anlamlılık düzeyi olarak $p< 0.05$ değeri kabul edilmiştir.

## Bulgular

Araştırmaya yaş aralığı 19 ile 51 arasında değişen (27.86 ± 6.18) toplam 176 hemşire katılmıştır. Tablo 4.1'de gösterildiği gibi, hemşirelerin 96'sı (%54.5) dâhili birimlerde çalışmaktaydı ve 113'ü (%64.2) kadındı. Eğitim durumları incelendiğinde 84'ü (%47.7) lisans mezunuydu ve 104'ü (%59.1) sözleşmeli olarak çalışmaktaydı. Toplam ve şu anda çalıştıkları birimdeki çalışma süreleri incelendiğinde ise 76'sının (%43.2) toplam çalışma süresi 1-5 yıl arasındayken, 82'sinin (%46.6) şu anki birimde çalışma süresi 1-5 yıl arasındaydı. 90'ı (%51.1) bekârdı, 110'u (%62.5) mesleği isteyerek seçmişti ve son olarak 115'i gündüz gece karışık çalışmaktaydı. Ayrıca sadece 2 katılımcı gece çalıştığını belirtmiştir ve analizler sırasında söz konusu 2 katılımcı gündüz gece karışık çalışan gruba dâhil edilmiştir.

**Tablo 1.** 'Liderlik Tarzı Ölçeği' ve 'Çok Boyutlu İş Motivasyonu Ölçeği' Puanlarının Minimum, Maksimum, Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

| Değişkenler | Minimum | Maksimum | Ort±Ss |
|---|---|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| Otokratik liderlik | 10.00 | 50.00 | 34.39 ± 5.88 |
| Demokratik liderlik | 10.00 | 50.00 | 35.42 ± 9.30 |
| Serbest bırakıcı liderlik | 10.00 | 50.00 | 35.81 ± 9.60 |
| Liderlik toplam puan | 30.00 | 150.00 | 105.62 ± 21.69 |
| Motive olamama | 1.00 | 7.00 | 2.06 ± 1.42 |
| İçsel motivasyon | 1.00 | 7.00 | 4.08 ± 1.74 |
| Dışsal düzenleme sosyal | 1.00 | 7.00 | 3.49 ± 1.79 |
| Kişisel düzenleme | 1.00 | 7.00 | 5.41 ± 1.56 |
| Dışsal düzenleme maddesel | 1.00 | 7.00 | 3.32 ± 1.57 |
| İçe yansıtılan düzenleme | 1.33 | 7.00 | 5.56 ± 1.38 |
| Motivasyon toplam puan | 8.67 | 41.33 | 23.92 ± 5.61 |

Tablo 1'de gösterildiği gibi Liderlik tarzı ölçeğinden en yüksek puan ortalamasına alt boyut serbest bırakıcı liderlik iken, 'Çok Boyutlu İş Motivasyonu Ölçeği'nden en yüksek puan ortalamasına alt boyut içe yansıtılan düzenleme alt boyutudur.

**Tablo 2.** İş motivasyonu alt boyutları ve toplam puanı için çok değişkenli regresyon analizi sonuçları

| | B | SE B | β | p | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **Motive olamama** | | | | | .034 |
| Sabit (Constant) | 2.620 | .431 | - | <.001 | |
| Demokratik liderlik | .031 | .020 | .204 | .127 | |
| Serbest bırakıcı liderlik | -.046 | .020 | -.313 | .020 | |
| **İçsel motivasyon** | | | | | .044 |
| Sabit (Constant) | 2.035 | .787 | - | .011 | |
| Demokratik liderlik | .014 | .027 | .075 | .599 | |
| Serbest bırakıcı liderlik | .010 | .024 | .053 | .691 | |
| Otokratik liderlik | .035 | .026 | .119 | .182 | |
| **Kişisel düzenleme** | | | | | .116 |
| Sabit (Constant) | 2.321 | .681 | - | .001 | |
| Demokratik liderlik | -.008 | .023 | -.047 | .730 | |
| Serbest bırakıcı liderlik | .034 | .021 | .208 | .105 | |
| Otokratik liderlik | .063 | .023 | .236 | .006 | |
| **Dışsal düzenleme maddesel** | | | | | .043 |
| Sabit (Constant) | 2.037 | .476 | - | <.001 | |
| Demokratik liderlik | .028 | .022 | .163 | .221 | |
| Serbest bırakıcı liderlik | .009 | .022 | .052 | .695 | |
| **İçe yansıtılan düzenleme** | | | | | .147 |
| Sabit (Constant) | 3.402 | .590 | - | <.001 | |
| Demokratik liderlik | -.020 | .020 | -.138 | .307 | |
| Serbest bırakıcı liderlik | .066 | .018 | .462 | <.001 | |
| Otokratik liderlik | .015 | .020 | .063 | .455 | |
| **Motivasyon toplam puan** | | | | | .096 |
| Sabit (Constant) | 14.026 | 2.471 | - | <.001 | |
| Demokratik liderlik | .033 | .083 | .056 | .688 | |
| Serbest bırakıcı liderlik | .070 | .075 | .121 | .351 | |
| Otokratik liderlik | .180 | .082 | .189 | .030 | |

Liderlik tarzının iş motivasyonu üzerindeki etkisini incelemek amacıyla liderlik tarzı alt boyutları ve toplam puanın her bir iş motivasyonu alt boyutu üzerindeki etkisi çok değişkenli regresyon analizi (multivariate regression analyses) ile ayrı ayrı incelenmiş ve elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur. Söz konusu analizlerde çoklu doğrusallık (multicollinearity) varsayımı göz önüne alınmış ve aralarında çok yüksek düzeyde ilişki bulunan değişkenler analizlerden çıkarılmıştır. Ayrıca, korelasyon analizinde (Tablo 11), iş motivasyonu alt

boyutları ile anlamlı bir şekilde ilişkili bulunmayan liderlik tarzı ölçeği alt boyutları bağımsız değişken (independent variable) olarak modele eklenmemiştir.

Tablo 2'de gösterildiği gibi, serbest bırakıcı liderlik motive olamamayı negatif yönde (p=.020), otokratik liderlik kişisel düzenlemeyi pozitif yönde (p=.006), serbest bırakıcı liderlik içe yansıtılan düzenlemeyi pozitif yönde (p<.001) ve son olarak otokratik liderlik motivasyon toplam puanını pozitif yönde (p=.030) anlamlı bir şekilde öngörmektedir (predicted).

**Tartışma**

Araştırma nicel tarama modelinde tanımlayıcı ve ilişki arayıcı tipte bir çalışmadır. Çalışma klinik sorumlu hemşirelerinin liderlik tarzının belirlenmesi ve çalışan hemşirelerin iş motivasyonuna etkisini incelemek amacıyla 176 hemşire ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilmiş olan bulgular literatür doğrultusunda tartışılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçların; hemşirelerin motivasyonlarının yükseltilmesi için klinik sorumlu hemşirelerinin hangi liderlik tarzının desteklenmesi gerektiğine ilişkin bilgiler sunması aracılıyla alana katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Araştırmaya yaş aralığı 19 ile 51 arasında değişen toplam 176 hemşire katılmıştır. Hemşirelerin yarısından fazlası dâhili birimlerde çalışmaktaydı ve kadındı. Eğitim durumları incelendiğinde yaklaşık olarak yarısı lisans mezunuydu ve yarısından fazlası sözleşmeli olarak çalışmaktaydı. Toplam ve şu anda çalıştıkları birimdeki çalışma süreleri incelendiğinde ise %43.2 toplam çalışma süresi 1-5 yıl arasındayken, yaklaşık yarısının şu anki birimde çalışma süresi 1-5 yıl arasındaydı. Yaklaşık yarısı bekârdı, çoğunluğu mesleği isteyerek seçmişti ve son olarak çoğunluğu gündüz gece karışık olarak vardiyalarda çalışmaktaydı.

Ardil (11) tarafından yapılmış olan çalışmaya göre hemşirelerin sorumlularını en fazla otokratik lider, ikinci olarak serbest bırakıcı lider en az olarak ise demokratik lider olarak değerlendirdikleri görülmüştür. Karaca (12) yaptığı çalışmasında sağlık yöneticileri en fazla otokratik en az ise demokratik tarzda olarak değerlendirilmiştir. Yazıcı (13) tarafından yapılan çalışmaya göre yönetici hemşirelerin en fazla dönüşümcü liderlik gösterdikleri belirlenmiştir. Sayın (14) ve Yıldırım (15) tarafından yapılan çalışmada hemşireler tarafından yönetici hemşireler en az olarak serbestlik tanıyan lider tarzı sergiliyor olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada ise klinik sorumlu hemşirelerinin en fazla serbestlik tanıyıcı liderlik sergiledikleri ve en az ise otokratik liderlik sergiledikleri görülmüştür.

Akman (16) ve Doğru (17) tarafından yapılan çalışmada hemşirelerin en çok içsel motivasyon ile motive oldukları, en az ise içgüdüsel motivasyon ile motive oldukları

görülmüştür. Arabacı'nın (18) çalışmasında hemşirelerin iç kaynaklı motivasyonun daha yüksek olduğu yine Ardil (19), Gülyaka (20) ve Kurt (21) çalışmasında da içsel motivasyonun daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu çalışmada ise hemşirelerin en çok içe yansıtılan düzenleme ile motive oldukları belirlenmiştir. Bu noktada çalışanların utanç, gurur gibi içsel kaynaklı duygulardan daha çok motive olduğu gösterilmiş olup, literatürdeki diğer çalışmalarla paralellik gösterdiği söylenebilir.

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### Sonuçlar

Klinik sorumlu hemşirelerinin liderlik tarzının hemşirelerin iş motivasyonunu etkilediği tespit edilmiştir. Otokratik liderlik tarzının toplam iş motivasyonunu arttırdığı tespit edilmiştir. Yoğun bakımda çalışan hemşirelerin toplam motivasyonlarının daha yüksek olduğu, erkek hemşirelerin iş motivasyonu daha yüksek olduğu ve hemşirelerin kadro durumunun, sorumlu hemşirelerinin liderlik tarzını algılamaları etkilemediği görülmüştür. 1-5 yıl mesleki tecrübeye sahip hemşirelerin işin motivasyonunun yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

### Öneriler

Klinik sorumlu hemşirelerin liderlik tarzının çalışan hemşirelerin iş motivasyonu etkileyip etkilemediğine dair çalışmaların başka üniversite, özel ve kamu hastanelerinde ve farklı coğrafyalarda da aynı sonuçları gösterip göstermeyeceğini belirlemek adına yapılabilir. Yine ileriki bir çalışmada sorumlu hemşirelere liderlik eğitimi verilebilir. Eğitimden önce ve eğitimden sonra çalışan iş motivasyonları değerlendirilebilir. Böylece sorumlu hemşirelere liderlik eğitimi vermenin önemi ortaya konulabilir.

## Kaynaklar

1. Türk Dil Kurumu. Güncel Türkçe Sözlük; 2021(Erişim Tarihi:20.01.21). URL:https://sozluk.gov.tr/
2. Kılıç Özkaynar G. Tarihte Öne Çıkan Türk Lider Örnekleri Üzerine Bir İnceleme 2017 Aralık; 1(1): 10-31.
3. Eren E. Yönetim ve Organizasyon. İstanbul: Beta Yayıncılık; 2019.

4. Koçel T. İşletme Yöneticiliği. İstanbul: Beta Yayıncılık; 2018.

5. G. Cummings, H. Lee, T. Macgregor, M. Davey, C. Wong, L. Paul, E.Stafford. Hemşirelik liderliğine katkıda bulunan faktörler: Sistematik bir inceleme Journal Of Health Services Research & Policy 13 (4) (2008), 10.1258/jhsrp.2008.007154

6. Khairunnisa, P., & Nadjib, M. (2019). Liderlik tarzının hastane hemşireleri arasında hizmet kalitesi ve iş memnuniyeti üzerindeki etkisi: Sistematik bir inceleme, 6. Uluslararası Halk Sağlığı Konferansı 2019'da sunulan bildiri. 2019.

7. A. Adams, D. Chamberlain, T.M. Giles. Yoğun bakım ünitesi hemşirelerinin refahını desteklemede hemşire birimi yöneticisinin algılanan ve deneyimli rolü: Bütünleştirici bir literatür taraması. Australian Critical Care : Official Journal Of The Confederation Of Australian Critical Care Nurses, 32 (4) (2019), 10.1016/j.aucc.2018.06.003

8. Ghawadra SF, Abdullah KL, Choo WY, Phang CK (2019). Psikolojik sıkıntı ve bir eğitim hastanesindeki hemşireler arasındaki iş tatminiyle ilişkisi. Journal of Nursing and Health Science,, 28(21-22), https://doi.org/10.9790/1959-0802105764

9. Bakan İ, Büyükbeşe, T, Erşahan B, Kefe İ. Kadın Çalışanların Yöneticilere İlişkin Algıları: Bir Alan Çalışması. Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 2013 Eylül; 3(2):71-84.

10. Çivilidağ A, Şekercioğlu G. Çok Boyutlu İş Motivasyonu Ölçeğinin Türk Kültürüne Uyarlanması. Mediterranean Journal of Humanities 2017 Nisan; 7(1); 143-156.

11. Ardil U. Liderlik Stillerinin Çalışan Hemşirelerin Motivasyonuna Etkisi: Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Uygulaması. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İzmir, 2019.

12. Karaca ÖF. Sağlık Kuruluşlarında Yöneticilerin Otoriter Ve Demokratik Liderlik Davranışlarının Çalışanların Motivasyonu Üzerindeki Etkileri. İstanbul Medipol Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, 2017.

13. Yazıcı E. Yönetici Hemşirelerin Liderlik Tarzı İle Hemşirelerin Örgütsel Bağlılığı Arasındaki İlişki. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale, 2020.

14. Sayın Ç. Yönetici Hemşirelerde Algılanan Liderlik Tarzlarının Hemşirelerin Örgütsel Bağlılıkları Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi. Haliç Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, 2008

15. Yıldırım Ö. Yönetici Hemşirelerin Algılanan Liderlik Tarzlarının Yetki Devretme Düzeylerine Etkisi. Haliç Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, 2013.

16. Akman F. Sağlık Kurumlarında Hemşirelerin Örgütsel Adalet Algıları Ve Örgütsel Adaletin İş Motivasyonuna Etkisi; Özel Hastaneler Alan Araştırması. Marmara Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, 2017.

17. Doğru E. İstanbul İlinde Özel Bir Hastane Grubunda Çalışan Yoğun Bakım Hemşirelerinin Motivasyon Düzeylerinin Belirlenmesi. Haliç Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, 2010.

18. Arabacı S. Yoğun Bakımlarda Görevli Hemşire Yöneticilerin Liderlik Davranışlarının Hemşirelerin Motivasyonu Üzerine Etkisi. Haliç Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, 2012.

19. Arabacı S. Yoğun Bakımlarda Görevli Hemşire Yöneticilerin Liderlik Davranışlarının Hemşirelerin Motivasyonu Üzerine Etkisi. Haliç Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, 2012.

20. Gülyaka G. Servis Sorumlu Hemşirelerinin Transformasyonel Liderlik Davranışları Ve Birlikte Çalıştıkları Hemşirelerin Motivasyon Durumları. Hacettepe Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Ankara, 2012.

21. Kurt IZ. Kalite Yönetimi Uygulayan Hastanelerde Çalışan Hemşirelerin Motivasyon Düzeyinin Belirlenmesi. Haliç Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, 2007.

# MEME CERRAHI SONRASI LENFÖDEM ÖNLEME: AĞRI YÖNETIMI VE HEMŞIRELIK BAKIMI

**Hemşire Hamıda RAHIMOGLU[1], Doç. Dr. Şenay KARADAĞ ARLI [2]**

## Özet

Bu çalışmada amaç; Meme cerrahi sonrası lenfödem önleme, ağrı yönetimi ve hemşirelik bakımıdır. Bu araştırmada lenfödemde yeni yöntemleri ele almak ve ağrı yönetiminde farklı uygulamalarla lenfödem ağrısını gidermekle beraberinde hemşirelik bakımının primer ve sekonder lenfödemini önlemedeki önemi vurgulamıştır. Bu makale sistematik bir derleme olup PubMed, Scopus ve Google Akademik arama metotlarını kullanarak son beş yılda yayınlanan güncel araştırmalardan elde edilmiştir. Meme cerrahisi sonrası hastalarda sıkça meydana gelen lenfödeminin tanımı ve buna bağlı tedavi girişimleri ile lenfödeminde yaşanılan ağrıyı gidermede uygulanan farmakolojik ve non-farmakolojik alternatif tıp olarak bilinen yöntemler anlatılmaktadır. Çalışmada incelenecek genel hususlar lenfödemin epidemiyolojisi, lenfödem tanımı, lenfödemde hastaya yönelik risk faktörler, lenfödemde hastalıkla ilgili nedenler, tedavi ile ilgili faktörler, lenfödem belirti ve bulguları, lenfödemin evrelendirilmesi, lenfödemde dikkat edilmesi gerekenler, meme cerrahi sonrası lenfödem önleme, egzersiz programı, lenfödemde ağrı tedavileri ve evde bakım gibi başlıklarla ele alınmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Meme Kanseri, Lenfödem, Lenfödemde Ağrı, Lenfödem Egzersizi, Hemşirelik Bakımı

**Disiplin:** Cerrahi Hastalıkları Hemşireliği

## GİRİŞ

2022'de dünya üzerinde 2,3 milyon kadına meme kanseri teşhisi kondu ve 670.000 ölüm yaşandı. Ayriyeten tüm kanser türleri ölüm verileri içinde meme kanseri beşinci sırada (571.000) olduğu belirtilmektedir. Bu verilere dayanarak kadınlarda meme kanseri ve erkeklerde akciğer kanseri en sık görülen kanser türü olarak listenin başında yerini almakta. Kanser ölümlerinin %30 ila %50'si, temel risk faktörlerini değiştirerek veya bunlardan uzak durarak ve mevcut kanıta dayalı önleme stratejileri uygulanarak önlenebilir [1].

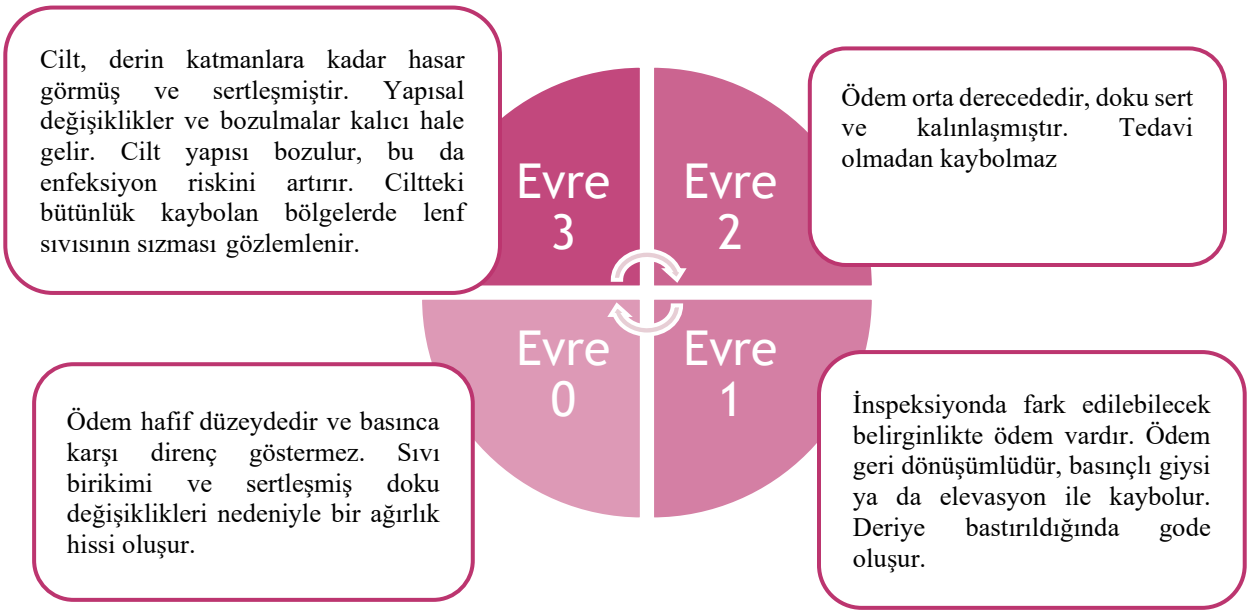
Lenfödem; lenfatik dolaşım sisteminde malformasyon, edinsel bozukluklara veya gelişme geriliğine bağlı ortaya çıkan, (intertisyel) hücre arasında proteinden zengin sıvının

[1] *Hemşire Hamida RAHIMOGLU, Ondokuz Mayıs üniversitesi* hamidarahimoglu@gmail.com – 0009-0004-5479-7710

[2] *Doç. Dr. Şenay KARADAĞ ARLI, Ondokuz Mayıs üniversitesi* senay1981@yahoo.com – 0000-0002-8231-3857

birikmesi sonucunda ortaya çıkar. Lenfödem mastektomi sonrası gelişen bir komplikasyon olup %15-20 görülme oranına sahiptir. 20-30 civarı lenf nodu aksillada bulunmaktadır. Aksillar lenf nodlarının çıkartılması (diseksiyonu) sonucunda lenfatik akış bozulur. Çıkartılan lenf nodu sayısı ve ameliyat tipine göre lenfödem gelişme olasılığı artar. Meme kanseri nedeniyle tedavi olan her dört kadından birini (%25) etki eden ciddi bir komplikasyon olup erken evre meme kanseri hastalarında azalırken Evre IV'de artmaktadır [2] ( Tablo 1).

Tablo 1. Lenfödemin Evrelendirilmesi




## 1. MEME CERRAHİ SONRASI LENFÖDEMİNDE ÖNLEM

Lenfödemin en etkili tedavisi lenfödemin oluşumunu önlenmesidir. Hemşireler lenfödemi önlemesine ve yönetmesine ilişkin kadınları eğitmeli uygulamalı olarak göstermelidir. Postoperatif dönemde hafif egzersizler drenler çıkarıldıktan sonra aktif egzersizlerine başlanmalıdır. Drenaj miktarının artmaması ve seroma oluşumunun artmaması için, drenler çekilene kadar sadece parmaklar, el bileği ve dirsek bölgesine yönelik egzersizler yapılmalıdır. Bu egzersizler, örneğin topu sıkma, yumruk yapıp açma ya da el bileğini fleksiyon ve ekstansiyon hareketleriyle çalıştırma gibi hareketler, her saat birkaç kez tekrarlanarak el egzersizlerine başlanmalıdır. Ardından, dirseğe yönelik egzersizler uygulanır ve zamanla omuz eklemini her yönde hareket ettiren, kol, göğüs ve sırt kaslarını çalıştıran egzersizlere geçilir. Bu egzersizler, lenfatik akımı hızlandırmak için önemlidir.

Drenler çekildikten sonra egzersizler yavaşça arttırılarak devam edilir (saç tarama, duvara tırmanma gibi.). Bu egzersizlerin günde birkaç kez tekrarlanması, iyileşme süreci için faydalıdır. Ayriyeten egzersizler kol lateral lenfatik damarların gelişimini sağlayarak lenfödemi

önler. Düzenli egzersiz programları, lenfödem riskini azaltmada etkilidir. Özellikle direnç ve aerobik egzersizlerin, lenfatik drenajı destekleyerek lenfödem gelişimini önlediği gösterilmiştir [3, 4].

## 2. MEME CERRAHİ SONRASI AĞRI YÖNETİMİ

Koltuk altı lenf nodlarının çıkarıldığı aksiller diseksiyonu takiben kadınların %25-70'i ağrıyı deneyimlemektedir. İnsizyon bölgesinde cerrahi tramvayla başlayan ağrıya yanma, gerginlik, çekilme eşlik edebilir. Torasik ve interkostal sinirlerin zarar görmesi veya kesilmesi sonucu, ilgili bölgelerde duyusuzluk, karıncalanma, göğüs duvarında aşırı hassasiyet gibi rahatsızlıklar ortaya çıkabilmekte. Ağrı ameliyattan kısa süre sonra başlamakta ve en az 3-6 ay devam etmektedir. Son zamanlarda Danimarkalı araştırmacılar, **McGill Pain Assessment Scale (MSAS)** için literatürde tedavilerinde antidepresanlar, antiepileptik, topikal kapsaisin ve otolog yağ grefti kullanıldığını belirtmişlerdir. Hastanın ağrısının giderilmesinde sıklıkla parasetamol, NSAİ, şiddetli ağrılarda opioidler yanısıra lokal anesteziler ve nöropatik ağrı tedavisi kullanılmıştır. Non-Farmakolojik Yöntemler: Akupunktur, mindfulness, soğuk/ısı terapileri, masaj, müzik, pozisyon verme, akupresör, TENS, biofeedbeck, hipnoz, yoga gibi uygulamalar da ağrıyı azaltmada etkili olabilir. Kadınların çoğunda taburcu olurken ağrının geçtiği ya da çok az kaldığı bilinirken %25-60'ında MSAS kronik bir nevropatik ağrı gelişmektedir [5, 6].

Aromaterapi, kanser hastalarının semptomlarını hafifletmek ve yaşam kalitelerini artırmak amacıyla yapılan tedavi destekleyici uygulamalardan biridir. Yapılan çalışmalarda, aromaterapi uygulamalarının, kanser hastalarının tedavi öncesi ve sonrası semptomlarını azalttığı ve yaşam kalitelerini iyileştirdiği belirtilmiştir. [7] tarafından yapılan bir çalışmada, operasyon öncesi dönemde olan meme kanseri hastalarına aromaterapi ve masaj uygulamaları yapılmış ve bu yöntemlerin ağrı ve anksiyeteyi azaltma üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, aromaterapi ve masaj uygulamalarının, kontrol grubuna kıyasla ağrı ve anksiyete üzerinde anlamlı bir azalma sağladığını ($p<0.05$) göstermiştir. Bu bulgular, aromaterapi ve masajın kanser hastalarının operasyon öncesi dönemdeki semptomlarını azaltmada etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer bir çalışmada ise **284 meme kanseri hastası** üzerinde yapılan araştırmada, aromaterapinin çeşitli semptomlar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu semptomlar arasında ağrı, anksiyete, depresyon, duygusal tepkiler, uykusuzluk, bulantı/kusma ve baş etme yeteneği yer almaktadır. Aromaterapi grubunda, altı haftalık bir süre zarfında, duygusal işlevsellik, yorgunluk ve depresyon düzeylerinde iyileşmeler gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, aromaterapinin kanser hastalarında semptom yönetiminde değerli bir araç olabileceğini ve genel yaşam kalitesini iyileştirebileceğini

göstermektedir. Bu çalışmalar, aromaterapinin meme kanseri hastalarının tedavi sürecinde semptomları azaltma ve yaşam kalitesini artırma açısından etkili bir tamamlayıcı tedavi yöntemi olabileceğini ortaya koymaktadır [8].

## 3. EVDE BAKIM VE TABURCULUK

Lenfödem tedavisinde evde bakım, tedavi sürecinin önemli bir parçasıdır. Hastaların taburculuk sonrası bakımını düzgün bir şekilde yapması, tedaviye uyum sağlaması ve uzmanlardan alınan eğitimle semptomları yönetmesi, hastaların yaşam kalitesini artırır ve hastalığın ilerlemesini engeller. Lenfödem, kronik bir durum olduğundan, tedavi ve bakım sürecinin yaşam boyu devam etmesi gerekebilir. Bu nedenle, hastaların bilgilendirilmesi, eğitimle desteklenmesi ve uygun takiplerle tedavi sürecine katılımı sağlanmalıdır [9].

Mastektomi sonrası hasta eğitiminde, en önemli konulardan biri, kanserin yeniden ortaya çıkma riski ve erken tanının nasıl yapılması gerektiğidir. Bu bağlamda, hastanın erken tanı için yapılması gerekenler konusunda bilgilendirilmesi büyük önem taşır. Mastektomi sonrası izleme süreci, tedaviden sonraki ilk 3 yıl boyunca her 3-4 ayda bir, daha sonraki 2 yıl boyunca her 6 ayda bir ve tanıdan 5 yıl sonra ise her 2 yılda bir düzenli olarak yapılmalıdır. Diğer taraftaki memenin takibi için ise, ilk 6 ayda bir mamografi çekilmesi, sonrasında ise yılda bir kez tekrarlanması önerilmektedir. Bu izleme protokolleri, hastaların olası kanser nükslerini erken aşamada tespit etmek ve tedavi sürecini daha etkili yönetebilmek adına kritik bir rol oynamaktadır. Erken tanı ve düzenli izlem, kanserin tekrar etme riskine karşı hastaların sağlığını koruma ve yaşam kalitesini artırma açısından önemli bir stratejidir. [2, 10]

## SONUÇ

Literatür çalışmalara dayanarak her bir yöntemin tek başına kesin çözüm sağlamadığı kombine tedavi sürdürülmesi durumunda gözle görülür bir farkla yan etkilerinin azaltılarak tedavi mümkün olduğu görülmektedir. Lenfödem tedavisinde kök hücre nakli, biyomühendislik, yapay zekâ ve robotik cerrahi gibi yenilikçi teknolojiler hastaların yaşam kalitesini iyileştirebilir ve tedavi sürecinde önemli gelişmeler sağlayabilir. Bu süreçte meme cerrahisi ameliyatı öncesi ameliyat ve ameliyat sonrası hemşirelerin bakımı büyük önem arz etmektedir. Hasta eğitimi ve danışmanlık yaparak hemşirelerin, hastalara lenfödem önleme, ağrı yöntemi ve postoperatif bakım konularında eğitim vermesi, komplikasyonların önlenmesinde kritik bir rol oynar. Bu eğitimler, hastaların kendi bakımını üstlenmesini ve yaşam kalitesini artırmasını sağlar.

## KAYNAKÇA

1. (World Health Organization-DSÖ. *World Heald Organization-DSÖ*. 2024; Available from: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer.
2. Akyolcu, N., Y. Özhanlı, and D. Kandemir, *Meme kanserinde güncel gelişmeler.* Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi, 2019. **6**(3): p. 583-594.
3. Basha, M.A., et al., *Effect of exercise mode on physical function and quality of life in breast cancer–related lymphedema: a randomized trial.* Supportive Care in Cancer, 2022: p. 1-10.
4. Yılmaz, R.C., *Sağkalım dönemi meme kanserli hastalarda aerobik egzersize dayalı telerehabilitasyon programının üst ekstremite fonksiyonelliği, kognitif durum ve yaşam kalitesine etkisi.* 2024.
5. Burton, G., Y.A. Masannat, and P. Forget, *Non-surgical site pain in women following breast cancer surgery: a systematic review and meta-analysis.* Breast Care, 2023. **18**(5): p. 399-411.
6. Uzkeser, H., *MASTEKTOMİ SONRASI GELİŞEN LENFÖDEM VE TEDAVİ YAKLAŞIMI.* Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Cerrahi Tıp Bilimleri Dergisi, 2022. **1**(1): p. 13-18.
7. Xiao, Y., et al., *Effects of aroma therapy and music intervention on pain and anxious for breast cancer patients in the perioperative period.* Zhong nan da xue xue bao. Yi xue ban= Journal of Central South University. Medical Sciences, 2018. **43**(6): p. 656-661.
8. Ovayolu, Ö., et al., *The effect of aromatherapy and massage administered in different ways to women with breast cancer on their symptoms and quality of life.* International journal of nursing practice, 2014. **20**(4): p. 408-417.
9. Hou, S., Y. Li, and Z. Lu, *The Importance of Specialist Nurses for the Support of Breast Cancer Patients.* Clinical and Experimental Obstetrics & Gynecology, 2023. **50**(4): p. 79.
10. Salık Asar, A., *Meme Kanseri Cerrahisi Geçiren Hastaya Uzaktan Görüntülü Görüşme ve Telefonla İzleme Yöntemleriyle Uygulanan Ameliyat Sonrası Hemşirelik Bakımının Ağrı, Yaşam Kalitesi, Kol, Omuz, El Hareketliliği ve Ameliyat Sonrası Komplikasyon Gelişimine Etkisi: Randomize Kontrollü Çalışma.* 2024.

# ANTALYA İLİ KORKUTELİ İLÇESİ YEMEKLİK KÜLTÜR MANTARI YETİŞTİRİCİLİĞİNDEKİ ÜRETİM SORUNLARININ BELİRLENMESİ VE BİTKİ KORUMA UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

**Prof. Dr. Esin BASIM**[1]
0000-0001-9188-6609
esinbasim@akdeniz.edu.tr
[1]Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Organik Tarım Programı, Antalya, Türkiye.
**Prof. Dr. Hüseyin BASIM**[2]
0000-0002-8059-3680
hbasim@akdeniz.edu.tr
[2]Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Antalya, Türkiye

## ÖZET

Bu çalışmada, Antalya ili Korkuteli ilçesinde yemeklik kültür mantarı üretimi yapan üreticilerin mantar üretimi sırasında ortaya çıkan üretim sorunları ile yetiştiricilik sırasında ortaya çıkan bitki koruma sorunlarının neler olduğu belirlenmiştir. Tesadüfü olarak seçilen toplam 60 üreticilerin üretim alanlarına sörveyler yapılmış ve üreticilerin sorunları yerlerinde tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre üreticilerin yemeklik kültür mantarı yetiştirme konusunda çoğunun bilgi sahibi olduğu ancak 60 üreticinin sadece 20 tanesinin bitki koruma bilgileri bakımından yeterince bilgiye sahip olmadıkları belirlenmiştir. Üreticilerin çoğunluğu üretim sırasında işçilik ücretlerinin, üretim sırasında kullandıkları kompost ve örtü toprağının, ısıtmada kullanılan elektrik fiyatlarının çok pahalı bulduklarını belirtmişlerdir. Bitki Koruma sorunlarının en büyük kısmını mantar üretim alanlarında görülen hastalık ve zararlı etmenleri oluşturmuştur.

Üreticilerin hemen hemen hepsi hastalıkla ve zararlılarla mücadelenin zor olduğunu, her iki etmenle mücadelede yoğun ilaç kullanmalarına rağmen hastalık etmenlerini ve zararlı etmenlerini durduramadıkları belirtmişlerdir. Üretim alanlarında en fazla görülen hastalık etmenleri *Mycogene perniciosa*, *Verticillium fungicola* ve *Pseudomonas tolaasii* , zararlılardan ise en fazla mantar sinekleri belirlenmiştir. Üreticilerin çoğu fazla emek harcamaları ve girdilerin pahalı olması gibi nedenlerle mantar üretiminin artık karlı bir üretim olamayacağını düşündüklerini belirtmişlerdir. Yapılan araştırma sonuçlarına göre, üreticilerin büyük çoğunluğunun bitki koruma uygulamaları konusunda özellikle hastalık etmenleri ile mücadele

ve ilaç kullanımı konusunda bilgilendirilmek istediklerini, organik içerikli ilaçların kullanımının yaygınlaştırılmasını, özellikle mantar üretimine Tarım Bakanlığı tarafından desteklerinin arttırılmasını, girdi fiyatlarının düşürülmesini (işçilik, elektrik, kompost vb) istedikleri tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yemeklik Kültür Mantarı, Bitki Koruma, Korkuteli, Antalya

## DETERMINATION OF PRODUCTION PROBLEMS IN EDIBLE CULTURAL MUSHROOM CULTIVATION AND EVALUATION OF PLANT PROTECTION PRACTICES IN KORKUTELI DISTRICT OF ANTALYA PROVINCE

**Abstract**

This study aimed to identify the production challenges faced by edible mushroom producers in the Korkuteli district of Antalya province, as well as the plant protection issues that arise during cultivation. Surveys were conducted in the production areas of a total of 60 randomly selected producers to assess their specific problems on site. The research findings revealed that while most producers were knowledgeable about growing edible mushrooms, only 20 out of the 60 lacked sufficient knowledge regarding plant protection. Additionally, a majority of the producers expressed concerns about high costs related to labor during production, the compost and cover soil used, and the electricity expenses incurred for heating. The primary challenges in plant protection related to mushroom production stem from diseases and harmful factors present in the growing areas. Nearly all producers reported difficulties in combating diseases and pests, expressing frustration over their inability to eliminate these threats despite the use of intensive pesticides. The most prevalent disease agents identified in production areas include *Mycogene perniciosa*, *Verticillium fungicola*, and *Pseudomonas tolaasii*, while fungus flies were noted as the most common pests. Many producers voiced concerns that mushroom cultivation may no longer be a profitable venture due to high labor costs and expensive inputs. The research results indicate that most producers wish to receive more information about plant protection practices, particularly regarding disease management and the use of agricultural products. They are interested in expanding the use of organic medicines and would like to see increased support from the Ministry of Agriculture, especially for mushroom production. Additionally, they aim to reduce input costs such as labor, electricity, and compost.

**Key Words:** Edible Cultivated Mushroom, Plant Protection, Korkuteli, Antalya

## GİRİŞ

*Agaricus bisporus* dünyadaki hem en popüler hem de en çok üretimi yapılan ve aynı zamanda tüketimi en fazla olan yenilebilir bir mantar türüdür. *A. bisporus* antioksidan, antibakteriyel, antiinflamatuar, antitümör ve immünomodülatör aktiviteye de sahiptir. Bu nedenle sağlık alanında özellikle kolestrolü yüksek kişilerin kolestrolünü düşürmede de önemli aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir.

Dünya' da mantar üretim miktarı 44.207.117,25 ton tondur (FAO 2023). Türkiye'de ise yemeklik kültür mantarı üretim miktarı yaklaşık 61460 ton civarındadır (FAO,2023). Antalya ili Korkuteli ilçesi Türkiye'nin kültür mantarı ve kompost üretim merkezi durumunda olup, 18.500 ton ile en fazla mantar üretiminin yapıldığı ilçedir (Eren ve Pekşen, 2016). Korkuteli kültür mantarının %53' ünü, kompostun ise %70'ini karşılamakta ve ilçede çok sayıda üretici, kompost tesisi ve işletme ile mantar hali yer almaktadır (Basım, 2004; Basım ve Basım,2015)

Akdeniz Bölgesi, ülkemiz toplam mantar üretim miktarının %61.5' ini, Antalya ili ise Türkiye kültür mantar üretiminin %74'ünü karşılamaktadır (Eren ve Pekşen, 2016) . Yemeklik kültür mantarı üretiminde önemli bir yere sahip olan Antalya ili Korkuteli ilçesindeki üretim alanlarında üreticiler farklı sorunlarla zaman zaman karşı karşıya kalabilmektedirler. Üreticilerin karşılaştıkları sorunların başında da hastalık ve zararlı etmenleri gelmektedir. Bu çalışmanın amacı, üreticilerin yemeklik kültür mantarı üretimi sırasında ortaya çıkan üretim sorunları ile yetiştiricilik sırasında görülen bitki koruma konusundaki bilgi durumlarının ne olduğunu belirlemek ve bilgi durumlarını değerlendirmektir. Bu amaçla, 2023-2024 yılları arasında Antalya ili Korkuteli ilçesi yemeklik kültür mantarı yetiştiriciliği yapılan yerlere ziyaretler yapılarak tesadüfü olarak seçilen 60 üretici ile görüşmeler yapılmıştır.

## MATERYAL VE METOT

Araştırmanın ana materyalini, örneğe çıkılan yemeklik kültür mantarı üretimi yapan üreticilere uygulanan anket metodu ile elde edilen bilgiler oluşturmuştur. Antalya ili Korkuteli ilçesinde toplam 60 üretici ile 2023-2024 yılları arasında birebir yüz yüze tesadüfü örnekleme yöntemi ile anket çalışması yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada üreticilere kültür mantarı üretimi ile ilgili sorular yöneltilmiştir. Üretim sırasında en çok karşılaştıkları hastalık ve zararlıların hangileri olduğu, bunlarla karşılaştıklarında hangi ilaçları kullanıp kullanmadıkları ile ilgili sorular, insan ve çevre sağlığı ile ilgili sorular, gıda üzerine olan pestisitlerin etkileri ile ilgili sorular yöneltilmiştir. Korkuteli ilçesinde incelemelerin yapıldığı yerler Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Korkuteli ilçesinde farklı üretim alanlarının incelendiği yerler ve kişi sayıları

| **Örnekleme alanları** | **Üretimi yapılan türler** | **İncelenen yer sayısı (Adet)** |
|---|---|---|
| Merkez | *Agaricus bisporus* | 35 |
| Yelten | *Agaricus bisporus* | 15 |

| | | |
|---|---|---|
| Yazır | *Agaricus bisporus* | 10 |
| **Toplam** | | 60 |

Üreticiler ile yüz yüze yapılan görüşmelerde kültür mantarı üreticilerinin özellikle hangi konularda alışkanlıklarını devam ettirdikleri, mücadelede en sıklıkla hangi pestisitleri kullandıkları, üretim sırasında kullandıkları kompost, örtü toprağı, işçilik, ısıtma ve soğutma masrafları vb. gibi sorular sorulmuş ve bilgi düzeyleri değerlendirilmeye çalışılmıştır.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Antalya ili Korkuteli ilçesi yemeklik kültür mantarı üretim alanlarında üretim yapan üreticilere ilişkin soru ve cevaplar Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 2. Antalya İli Korkuteli ilçesi yemeklik kültür mantar üretiminde üreticilere ilişkin sorular ve cevapları

| Üreticilere ilişkin sorular | İncelenen üretim Sayıları (adet) | Üreticilerin cevapları |
|---|---|---|
| Kaç yıldır üretim yapıyorsunuz? | 25 | 15 yıl |
| | 25 | 10 yıl |
| | 10 | 5 yıl |
| Kompost alırken fiyatı nasıl buluyorsunuz? | 45 | Pahalı |
| | 10 | Kısmen pahalı |
| | 5 | Normal |
| Kazancınızdan memnun musunuz? | 15 | Evet |
| | 45 | Hayır |
| Üretimi karlı buluyor musunuz? | 48 | Karlı bulmuyorum |
| | 12 | Karlı buluyorum |
| Elektrik fiyatlarını nasıl buluyorsunuz? | 55 | Pahalı |
| | 5 | Kısmen pahalı |
| İşçilik fiyatı sizce nesil? | 50 | Pahalı |
| | 5 | Bilemiyorum |
| | 5 | Biraz pahalı |

Çizelge 2 incelendiğinde, üreticilerin 10-15 yıldır mantar üretiminde bulundukları, üretim sırasında kullandıkları kompostu pahalıya satın aldıkları, aynı zamanda üretim sırasında kullanılan elektrik, su vb. girdilerin pahalı olduğu, işçilik fiyatını da pahalı buldukları bu nedenlerle de üretimi karlı bulmadıkları görülmektedir.

Antalya İli yemeklik mantar üreticilerinin en çok karşılaştıkları hastalık ve zararlılar ile bunlara karşı kullandıkları pestisitlerle ilgili soru ve cevapları da Çizelge 3'te verilmiştir. Buna göre, üreticilerin en fazla zorlandıkları hususların hastalık etmenleri ile zararlılar olduğu, ürettikleri ürünlerin sağlıklı olduğunu ancak organik ürünler olmadığını düşündükleri görülmektedir.

Çizelge 3. Antalya İli Korkuteli ilçesi yemeklik kültür mantar üretiminde üreticilerin en fazla karşılaştıkları hastalık ve zararlılara ilişkin soru ve cevapları

| Hastalık ve zararlılarla ilgili bilgiler | En çok karşılaşılan etmenleri | En çok karşılaşılan zararlılar | Cevaplayan üretici Sayısı (Adet) |
|---|---|---|---|
| Üretimde sizi en fazla zorlayan nedir? | Hastalık etmenleri | Mantar sinekleri | 35 |
| | Zararlılar | Hastalık etmenleri | 20 |
| | İşçilik | Pestisitlerin pahalılığı | 5 |
| Mantar üretimi boyunca yetiştirilen ürünler sizce sağlıklı mı? | Evet | 30 | 30 |
| | Hayır | 5 | 15 |
| | Sağlıklı olduğunu kısmen düşünüyorum | 10 | 15 |
| Tüketiciye sunulan ürünlerin organik ürün olduğunu düşünüyor musunuz? | Evet | 2 | 2 |
| | Hayır | 58 | 58 |

Çizelge 4. Antalya İli Korkuteli ilçesi yemeklik kültür mantar üretiminde üreticilerin en fazla karşılaştıkları hastalık ve zararlıları

| Hastalık ve zararlılarla ilgili bilgiler | En çok karşılaştıkları etmenleri | En çok karşılaştıkları zararlılar | Cevaplayan üretici Sayısı (Adet) |
|---|---|---|---|
| Sizi en çok zorlayan hastalık ve zararlılar nelerdir? | *Mycogone perniciosa* | Mantar sinekleri | 35 |
| | *Verticillium fungicola* | | 10 |
| | *Pseudomonas tolaasii* | | 15 |
| Mantar üretimi boyunca yetiştiricilik yaparken kullandığınız ilaçlar etkili midir? | Evet | 55 | 50 |
| | Hayır | 5 | 10 |
| Bitki Koruma bilgilerininizin yeterli olduğunu düşünüyor musunuz? | Evet | | 20 |
| | Hayır | | 40 |

Üreticilerin ü etmenlerinin *Mycogone perniciosa*, *Ver* ve *Pseudomonas tolaasii* ile zararlardan mantar sineklerinin

olduğu belirtilmiştir (Çizelge 4). Üreticilere yöneltilen diğer sorular ise mantar üretimi boyunca yetiştiricilik yaparken kullanılan ilaçların etkili olup olmadığı sorusuna üreticilerin 55 tanesi etkili bulduğunu ifade etmişlerdir. Üreticilerin 40 tanesi Bitki Koruma bilgilerinin yeterli olmadığını ifade etmişlerdi (Çizelge 4).

Çizelge 5. Üreticilerin pestisitlerle ilgili görüşleri

| Pestisitlerle ilgili bilgiler | Uygulama Şekli | Cevaplayan Üretici Sayısı (Adet) |
|---|---|---|
| İlacın tavsiye edildiği yer | **İlaç Bayii** | **52** |
| | Komşu | 8 |
| | | |
| İlaç kullanım zorunluluğu var mıdır? | **Evet** | **58** |
| | Hayır | 2 |
| Artan ilaç kullanımı | Kullanıyorum | 2 |
| | Bazen kullanırım | 10 |
| | **Kullanmıyorum** | **48** |
| Biyolojik İlaç Kullanımı | Evet | 10 |
| | **Hayır** | **45** |
| | Bazen | 5 |
| Organik içerikli ilaçları neden kullanmıyorsunuz? | **Pahalı** | **45** |
| | Satan az | 15 |
| Organik içerikli ilaçlar ucuz olsa kullanırmıydınız? | **Evet** | **58** |
| | Bazen | 2 |
| | | |

Üreticiler, pestisit kullanımının zorunlu olduğunu, artan ilaçları kullanmadığını, organik ilaçların pahalı olması nedeniyle kullanmadıklarını, ucuz olması durumunda kullanabileceklerini belirtmişlerdir (Çizelge 5).

Üreticiler, biyolojik içeriğe sahip ilaçları kullanmadıklarını,organik ilaçların kalıntı bırakmadığını, organik ilaçları kullanmak istedikleri, ilaç kutuları üzerindeki bilgileri okuduklarını ifade etmişlerdir (Çizelge 6).

Organik ilaçların çevreye zarar vermediğini, kalıntı bırakmadığını, insanlara zarar vermediğini belirtmişlerdir (Çizelge 7). Bekleme süresini bilmedikleri, devlet tarafından organik ilaç desteğinin yapılması gerektiğini de ifade etmişlerdir (Çizelge 7).

Çizelge 6. Antalya ili kültür mantarı üreticilerinin pestisit kullanımının insan sağlığı ve gıda üzerine olan düşünceleri

| İnsan, çevre ve gıda üzerine olan etkileri | Uygulama Şekli | Cevaplayan Üretici Sayısı (Adet) |
|---|---|---|
| Biyolojik içerikli ilaç kullanımınız var mıdır? | Hayır | 48 |
| | Evet | 12 |
| Organik ilaçların çevreye zararı olduğunu düşünüyormusunuz? | Evet | 3 |
| | Hayır | 57 |
| Organik içerikli ilaçları kullanmak ister misiniz? | Evet | 45 |
| | Hayır | 15 |
| Biyolojik içerikli ilaçların kalıntı bıraktığını düşünüyor musunuz? | Hayır | 55 |
| | Evet | 5 |

| İnsan, çevre ve gıda üzerine olan etkileri | Uygulama Şekli | Cevaplayan Üretici Sayısı (AHayırdet) |
|---|---|---|
| Kullanılan pestisitler kanserojen etkiye sahip midir? | Evet | 54 |
| | Hayır | 6 |
| Kısa süreli zehirlenme durumu geçirdiniz mi? | Evet | 20 |
| | Hayır | 40 |
| Pestisit kullanırken bunların çevre üzerine etkisi var mıdır? | Evet | 35 |
| | Hayır | 25 |
| İlaç kutuları üzerindeki bilgileri okuyormusunuz? | Evet | 55 |
| | Hayır | 5 |

Çizelge 7. Pestisitlerin etkileri üzerine üreticilerin görüşleri

| İnsan, çevre ve gıda üzerine olan etkileri | Uygulama Şekli | Cevaplayan Üretici Sayısı (Adet) |
|---|---|---|
| Biyolojik içerikli ilaç kullanımınız var mıdır? | Hayır | 48 |
| | Evet | 12 |
| Organik ilaçların çevreye zararı olduğunu düşünüyormusunuz? | Evet | 3 |
| | Hayır | 57 |
| Organik içerikli ilaçları kullanmak ister misiniz? | Evet | 45 |
| | Hayır | 15 |
| Biyolojik içerikli ilaçların kalıntı bıraktığını düşünüyor musunuz? | Hayır | 55 |
| | Evet | 5 |

| İnsan, çevre ve gıda üzerine olan pestisitlerin etkileri | Uygulama Şekli | Cevaplayan Üretici Sayısı (Adet) |
|---|---|---|
| İnsan sağlığı | Nötr | 15 |
| | Kötü | 3 |
| | Daha iyi | 25 |
| | Daha kötü | 10 |
| Bekleme süresi nedir? Biliyormusunuz? | Biliyorum | 25 |
| | Bilmiyorum | 35 |
| Organik ilaç kullanımı desteği sağlanmasını istermiydiniz? | Evet | 60 |
| | Hayır | - |

Yapılan bu çalışmanın sonuçlarına göre, üreticilerin büyük çoğunluğu bitki koruma uygulamaları konusunda bilgi sahibi olmak istediklerini ve bu konuda eğitim almak istediklerini belirtmişlerdir. Ayrıca üreticiler, organik içerikli ilaçların kullanımının yaygınlaştırılmasını, özellikle de yemeklik kültür mantarı üretimine Tarım Bakanlığı tarafından daha fazla destek verilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bunların yanında üreticilerin özellikle girdi fiyatlarının düşürülmesini (işçilik, elektrik, kompost vb) istedikleri tespit edilmiştir. Üreticiler ayrıca organik içerikli ilaçların gıdalar üzerinde kalıntı bırakmadıklarını ve çevre dostu olduğunu düşünmektedirler.

## GENEL SONUÇ

Pestisitler çevre ve insan sağlığı açısından risk taşıdığı için üreticilerin en son tercih edeceği mücadele yöntemi kimyasal mücadele yöntemi olmalı, üreticilerin mutlaka organik içerikli ilaçları kullanması için teşvik olanaklarının arttırılması ve desteklenmesi önemlidir. Ayrıca üretimde bulunan üreticilerin zaman zaman eğitimlere katılmaları, hijyen kurallarının üretim alanlarında çok kısa süre içerisinde sağlanması, bitki korumaya ilişkin özellikle kimyasal mücadelede kullanılan pestisitlerin çoğunluğunun yemeklik kültür mantarlarında ruhsatlı olmaması nedeniyle sık sık kalıntı analizlerinin yapılması önem taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

Basım, E. 2004. "Antalya ili Korkuteli ilçesi kültür mantarı (Agaricus bisporus) üretim alanlarında ortaya çıkan fitopatolojik problemler ve çözüm önerileri," HASAD DERGİSİ , vol.., pp.143-147, 2004)

Basım, E. Basım, H. 2015. "Antalya, Korkuteli yemeklik mantar (Agaricus bisporus (Lange)Sing) yetiştiriciliğinde ortaya çıkan hastalıkların ve çözüm önerilerinin değerlendirilmesi: 2005-2014.," İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım ve Gıda Kongresi, Nevşehir, Turkey, pp.584, 2015.

Eren, E. ve Pekşen, A. (2016). Türkiye'de Kültür Mantarı Sektörünün Durumu ve Geleceğine Bakış. Türk Tarım–Gıda Bilim ve Teknolojisi Dergisi, 4 (3) 189-196.

FAO (Food and Agricultural Organization). 2023. http://www.fao.org, (Erişim tarihi: 18.12.2024).

# ANTALYA İLİNDEKİ FARKLI SUPERMARKETLERDEN ALINAN MEYVE ÖRNEKLERİNDEKİ FUNGAL PATOJENLERİN BELİRLENMESİ

**Prof. Dr. Esin BASIM**[1]
0000-0001-9188-6609
esinbasim@akdeniz.edu.tr
[1]Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Organik Tarım Programı, Antalya, Türkiye.
**Prof. Dr. Hüseyin BASIM**[2]
0000-0002-8059-3680
hbasim@akdeniz.edu.tr
[2]Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Antalya, Türkiye

## ÖZET

Hasat sonrası meyve çürüklüklerine neden olan fungal patojenleri belirlemek amacıyla meyve satışı yapan farklı supermarketlerden alınan hastalıklı ve sağlıklı görünen farklı meyve türlerinden (elma, armut, ayva, nar, portakal, mandarin, kumkat, çilek, üzüm, erik, şeftali, kiraz, vişne, kayısı, muz, incir, trabzon hurması, mavi yemiş) örnekler alınmıştır. Simptomatolojik ve mikroskobik incelemeler sonucunda elma ve armutta en fazla elde edilen patojenlerin *Penicillium* spp., *Botrytis cinerea*, *Monilinia* spp., *Mucor* sp., *Sclerotinia sclerotiorum*, *Venturia inaequalis*, *Venturia pirina*, *Rhizopus* spp. olduğu, ayvada *Monilinia linhartiana* ve *Penicillium* spp., nar, portakal, mandarin ve kumkatta en fazla rastlanan patojenlerin *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., çilekte *Botrytis cinerea* ve *Penicillium* spp., üzümde *Botrytis cinerea,* erikte *Penicillium* spp., şeftali,kayısı, kiraz ve vişnede *Monilinia laxa*, muzda *Alternaria* spp., *Fusarium* spp., *Penicillium* spp., incirde *Aspergillus niger*, trabzon hurmasında *Penicillium* spp., *Colletotrichum* spp., mavi yemişte *Botrytis cinerea*, *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda tüm meyve türlerinde *Penicillium* spp., *Alternaria* spp. ve *Botrytis cinerea*'nın diğer patojenlere göre daha fazla bulunduğu, portakal ve mandarinlerde ise en çok *Penicillium* spp. yaygın olarak bulunduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Antalya, Meyve, Fungus, Hasat sonrası çürüklükler, Supermarket

# DETERMINATION OF FUNGAL PATHOGENS IN FRUIT PURCHASED FROM DIFFERENT SUPERMARKETS IN ANTALYA PROVINCE

## ABSTRACT

To identify the fungal pathogens responsible for post-harvest fruit rot, samples of both diseased and healthy fruits were collected from various supermarkets. The types of fruits included apples, pears, quinces, pomegranates, oranges, mandarins, kumquats, strawberries, grapes, plums, peaches, cherries, sour cherries, apricots, bananas, figs, persimmons, and blueberries. Based on symptomatological and microscopic examinations, the most common pathogens in apple and pear were *Penicillium* spp., *Botrytis cinerea*, *Monilinia* spp., *Mucor* sp., *Sclerotinia sclerotiorum*, *Venturia inaequalis, Venturia pirina, Rhizopus* spp. *Monilinia linhartiana* and *Penicillium* spp. in *quince, Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. in pomegranate, orange, mandarin and kumquat, Botrytis cinerea and *Penicillium* spp. in strawberry, *Botrytis cinerea* in grape, *Penicillium* spp. in plum, peach, apricot, *Monilinia laxa* in cherry and sour cherry, in banana *Alternaria* spp., *Fusarium* spp., *Penicillium* spp., *Aspergillus niger* in fig, *Penicillium* spp., *Colletotrichum* spp. in persimmon, *Botrytis cinerea*, *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. in blueberry. It was determined that *Penicillium* spp. and *Alternaria* spp. were detected in all fruit species studied. Among the pathogens, *Botrytis cinerea* was found to be more common than others, while *Penicillium* spp. emerged as the most prevalent pathogen in oranges and mandarins. Overall, *Penicillium* spp. has been found to be widespread across the examined fruits.

**Key Words:** Antalya, Fruit, Fungus, Post-harvest rots, Supermarket

## GİRİŞ

Fungal patojenler, hasat sonrası meyve kayıplarının en önemli nedenlerinden biridir. Antalya'nın sıcak ve nemli Akdeniz iklimi, bu patojenlerin çoğalması için elverişli koşullar sunar. Depolama ve taşıma süreçlerindeki yetersizlikler, enfeksiyonların yayılmasını hızlandırmaktadır. Hasat sonrası süreçte meydana gelen kayıplar, sadece ekonomik açıdan değil, aynı zamanda gıda güvenliği ve tüketici memnuniyeti açısından da önemli sonuçlar doğurur. Bu çalışmanın amacı, Antalya'daki süpermarketlerde satılan meyve türlerinde en yaygın fungal patojenleri tespit etmek ve etkili yönetim stratejileri için bilimsel veriler sunmaktır. Bu bağlamda, tespit edilen patojenlerin yaygınlığı ve etkileri derinlemesine incelenmiştir.

## MATERYAL VE METOT

### Örnekleme Süreci

Araştırma kapsamında, Antalya genelindeki farklı semtlerden toplam 18 farklı meyve türü (ör. elma, armut, ayva, narenciye, çilek, üzüm) toplanmıştır. Toplama süreci sırasında, meyvelerin satışa sunuldukları ortam koşulları ve taşıma sırasında maruz kaldıkları çevresel faktörler de kaydedilmiştir. Her bir meyve grubu hem sağlıklı hem de hastalıklı örnekleri içermekteydi. Bu yaklaşım, potansiyel patojen spektrumunun kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlamıştır. Ayrıca, örnekler toplanmadan önce simptomların görsel analizi yapılmış ve enfekte bölgelerden örnekler alınmıştır.

### Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları, meyvelerdeki fungal patojenlerin izolasyonu ve tanımlanması üzerine yoğunlaşmıştır. Meyve örneklerinden izole edilen fungal patojenler, patates dekstroz agar (PDA) ortamında inkübe edilmiştir. Kolonilerin gelişimi, 25°C'de 7-14 gün boyunca gözlemlenmiştir. Mikroskobik analizlerle tanımlanan fungal koloniler, tür düzeyinde teşhis edilmiştir. Tanımlama sürecinde, her bir patojenin morfolojik ve mikroskobik özelliklerine odaklanılmıştır.

**Tablo 1.** Antalya ili incelenen süpermarketler ve sayısı

| Örneklerin alındığı yerler | Hastalıklı örnek sayısı (adet) | Örnek alınan süpermarket sayısı (adet) |
|---|---|---|
| **Altınova** | 72 | 3 |
| **Konyaaltı** | 74 | 10 |
| **Kepez** | 190 | 10 |
| **Muratpaşa** | 63 | 13 |
| **Toplam** | 399 | 36 |

**Tablo 2.** Antalya ili süpermarketlerden elde edilen ürünler

| Örneklerin alındığı yerler | Hastalıklı meyve isimleri (adet) | Hastalıklı Örnek sayısı (Adet) |
|---|---|---|
| **Sup1** | Elma, Armut, Ayva, Portakal, Mandalina, Muz, Üzüm, Trabzonhurması, Mavi yemiş | E-8, A-5,P-9,M-3,Mz-2, Th-1,Ü-2,My-5 |
| **Sup2** | Kiraz, Vişne, Erik | K-8, V-5, E-6 |
| **Sup3** | Nar, Kumkat, İncir, Kayısı | N-5, K-8, İ-6, Kay-5 |
| **Sup4** | Çilek, Şeftali, Kayısı, Erik | Ç-9, Ş-3, K-2, E-3 |
| **Toplam** | 19 | 95 |

**Tablo 3.** Antalya ili süpermarketlerden elde edilen hastalıklı örnekler

| Örneklerin alındığı yerler | Hastalıklı meyve isimleri (adet) | Hastalıklı Örnek sayısı (Adet) |
|---|---|---|
| **Sup1** | Elma, Armut, Ayva, Portakal, Mandalina, Muz, Üzüm, Trabzonhurması, Mavi yemiş | E-8, A-5,P-9,M-3,Mz-2, Th-1,Ü-2,My-5 |
| **Sup2** | Kiraz, Vişne, Erik | K-8, V-5, E-6 |
| **Sup3** | Nar, Kumkat, İncir, Kayısı | N-5, K-8, İ-6, Kay-5 |
| **Sup4** | Çilek, Şeftali, Kayısı, Erik | Ç-9, Ş-3, K-2, E-3 |
| **Toplam** | 19 | 95 |

**Tablo 4.** Antalya ili süpermarketlerden elde edilen hastalıklı örnekler

| Örneklerin alındığı yerler | Hastalıklı meyve isimleri (adet) | Hastalıklı Örnek sayısı (Adet) |
|---|---|---|
| **Sup9** | Kiraz, Vişne, Erik | K-4, V-2, E-1, |
| **Sup10** | Mavi yemiş,Nar, Kumkat, Mango | M-1, N-5, Kt-2, Mango-2 |
| **Sup11** | Elma, Armut, Ayva | E-8, A-4, Ay-1 |
| **Sup12** | Çilek, Mango, Papaya | Ç-8, M-2, P-1 |
| **Toplam** | 12 | 41 |

**Tablo 5.** Antalya ili süpermarketlerden elde edilen ürünler

| Örneklerin alındığı yerler | Hastalıklı meyve isimleri (adet) | Hastalıklı Örnek sayısı (Adet) |
|---|---|---|
| **Sup13** | Portakal, Mandalina, Muz | P-10, M-8, M-1, |
| **Sup14** | Nar, Portakal | N-1, P-6 |
| **Sup15** | Elma, Armut, Ayva | E-3, A-2, Ay-1 |
| **Sup16** | Çilek, Mango, Papaya | Ç-1, M-1, P-1 |
| **Toplam** | 10 | 35 |

**Tablo 6.** Antalya ili süpermarketlerden elde edilen ürünler

| Örneklerin alındığı yerler | Hastalıklı meyve isimleri (adet) | Hastalıklı Örnek sayısı (Adet) |
|---|---|---|
| **Sup17** | Portakal, Mandalina, Greyfurt | P-7, M-2, Gr-1, |
| **Sup18** | Mavi yemiş, Trabzonhurması | My-4, Tr-4 |
| **Sup19** | Elma, Armut, Ayva | E-9, A-5, Ay-1 |
| **Sup20** | Çilek, Mango, Papaya | Ç-4, M-1, P-1 |
| **Toplam** | 11 | 39 |

**Tablo 7.** Antalya ili süpermarketlerden elde edilen ürünler

| Örneklerin alındığı yerler | Hastalıklı meyve isimleri (adet) | Hastalıklı Örnek sayısı (Adet) |
|---|---|---|
| **Sup21** | Portakal, Mandalina | P-8, M-4 |
| **Sup22** | Kiraz, Vişne, Kayısı, Erik, Şeftali | Ki-6, V-3,Kay-2, E-3, Şef-3 |
| **Sup23** | Elma, Armut, Ayva | E-5, A-1, Ay-1 |
| **Sup24** | Çilek, Mango, Papaya | Ç-5, M-1, P-1 |
| **Toplam** | 13 | 43 |

**Tablo 8.** Antalya ili süpermarketlerden elde edilen ürünler

| Örneklerin alındığı yerler | Hastalıklı meyve isimleri (adet) | Hastalıklı Örnek sayısı (Adet) |
|---|---|---|
| **Sup9** | Kiraz, Vişne, Erik | K-4, V-2, E-1, |
| **Sup10** | Mavi yemiş,Nar, Kumkat, Mango | M-1, N-5, Kt-2, Mango-2 |
| **Sup11** | Elma, Armut, Ayva | E-8, A-4, Ay-1 |
| **Sup12** | Çilek, Mango, Papaya | Ç-8, M-2, P-1 |
| **Toplam** | 12 | 41 |

**Tablo 9.** Antalya ili süpermarketlerden elde edilen ürünler

| Örneklerin alındığı yerler | Hastalıklı meyve isimleri (adet) | Hastalıklı Örnek sayısı (Adet) |
|---|---|---|
| **Sup29** | Portakal, Mandalina, Greyfurt | P-2, M-1, G-2 |
| **Sup30** | Vişne, Kiraz, İncir | V-2, Ki-5, İ-1 |

**Tablo 10.** Antalya ili süpermarketlerden elde edilen ürünler

| Örneklerin alındığı yerler | Hastalıklı meyve isimleri (adet) | Hastalıklı Örnek sayısı (Adet) |
|---|---|---|
| **Sup9** | Kiraz, Vişne, Erik | K-4, V-2, E-1, |
| **Sup10** | Mavi yemiş,Nar, Kumkat, Mango | M-1, N-5, Kt-2, Mango-2 |
| **Sup11** | Elma, Armut, Ayva | E-8, A-4, Ay-1 |
| **Sup12** | Çilek, Mango, Papaya | Ç-8, M-2, P-1 |
| **Toplam** | 12 | 41 |

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### Meyve Türlerine Göre Patojen Dağılımı

**Elma ve Armut:** Bu meyvelerde en sık rastlanan türler arasında *Penicillium* spp., *Botrytis cinerea*, *Monilinia* spp. ve *Mucor* sp. bulunmuştur. Özellikle, *Monilinia* spp.'nin yoğunluğu, bu meyvelerin olgunlaşma dönemindeki çevresel koşullara bağlı olarak artış göstermektedir.

**Ayva:** *Monilinia linhartiana* ve *Penicillium* spp. baskın patojenlerdir.
**Narenciye (Portakal, Mandalina, Kumkat):** En yaygın patojenler *Penicillium* spp. ve *Aspergillus* spp.'dir.
**Çilek ve Mavi Yemiş:** Bu meyvelerde *Botrytis cinerea* ve *Penicillium* spp. yoğun olarak tespit edilmiştir.
**Muz:** *Alternaria* spp. ve *Fusarium* spp., yaygın patojenler arasındadır.
**İncir ve Trabzon Hurması:** *Aspergillus niger* ve *Colletotrichum* spp. belirgin türlerdir.

*Penicillium* spp., tüm meyve gruplarında en sık görülen patojen olmuştur. Bunun yanında, *Botrytis cinerea* ve *Alternaria* spp. de özellikle çilek ve yumuşak meyvelerde yüksek yaygınlık göstermiştir. İncelenen meyve türleri arasında, narenciye meyvelerinde görülen *Penicillium* spp. yoğunluğu dikkat çekicidir. Çalışma sonuçları, fungal patojenlerin meyvelerin yapısal özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışma, hasat sonrası kayıpları azaltmak için etkili yönetim stratejilerine duyulan ihtiyacı açıkça göstermektedir. *Penicillium* spp.'nin yaygınlığı, özellikle depolama süreçlerindeki hijyen uygulamalarının önemini vurgulamaktadır. Soğuk depolama, kontrollü atmosfer paketleme ve antifungal biyolojik ajanların kullanımı, bu soruna yönelik potansiyel çözümler arasında yer almaktadır. Öte yandan, narenciye ve çilek gibi hassas meyve türleri için daha spesifik kontrol yöntemleri geliştirilmesi gerekmektedir. Antimikrobiyal kaplamalar ve doğal biyolojik ajanlar, bu meyvelerdeki fungal enfeksiyonları azaltmada etkili olabilir.

## GENEL SONUÇ

Bu çalışma, Antalya ilindeki süpermarketlerde satılan meyve türlerinde yaygın fungal patojenlerin kapsamlı bir profilini sunmaktadır. Bulgular, hasat sonrası süreçlerin iyileştirilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. *Penicillium* spp., *Botrytis cinerea* ve *Alternaria* spp. gibi patojenlerin yaygınlığı, depolama ve taşıma süreçlerindeki iyileştirmelerin gerekliliğini vurgulamaktadır. Gelecekte yapılacak araştırmalar, genetik dayanıklılık ve biyolojik kontrol yaklaşımlarına odaklanmalıdır. Bunun yanı sıra, çevresel sürdürülebilirliği arttıracak yenilikçi çözümler geliştirilmelidir. İncelenen yerlerde en fazla hastalıklı örneklerin Antalya ili Kepez ilçesinde yer alan marketlerden, en az hastalıklı örneklerin ise Muratpaşa ve Konyaaltı ilçelerindeki supermarketlerden elde edildiği görülmüştür.

## KAYNAKLAR

1. Agrios, G. N. (2005). Bitki Patolojisi. Academic Press.
2. Snowdon, A. L. (1990). Hasat Sonrası Meyve Hastalıkları. CRC Press.
3. Tuset, J. J., & Hinarejos, C. (2010). Akdeniz Ülkelerinde Narenciye Hastalıkları. Springer.

# SİSTEİNİN KADMİYUM STRESİNDE *SALVİA SCLAREA* L. BİTKİSİNİN SU DEĞİŞİMLERİ VE FOTOSENTETİK PİGMENTLER ÜZERİNE ETKİSİ

**Yüksek Lisans Öğrencisi Seda ŞAHİN**
Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ekoturizm ABD
sedasahin9797@gmail.com - 0000-0001-7123-7417

**Doç. Dr. Hülya TORUN**
Düzce Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü
hulyatorun@duzce.edu.tr - 0000-0002-1118-5130

## ÖZET

Ağır metallerle kirlenmiş topraklar, jeolojik ve antropojenik faaliyetlerin etkisiyle artmaktadır ve bu topraklarda yetişen bitkilerde verim kaybı görülmektedir. Kadmiyum (Cd) ağır metal olup bitkilerde hücresel hasara, fotosentezde azalmaya, büyüme geriliğine, besin maddeleri dengesizliğine ve oksidatif strese neden olarak fizyolojik pek çok süreci olumsuz etkilemektedir. *Salvia sclarea* (misk adaçayı), aromaterapi, kozmetik, baharat ve tıbbi alanlarda kullanılan önemli bir bitkidir. Ayrıca, antiseptik, anti-inflamatuar ve iyileştirici özelliklere sahip olması ile ilaç sektöründe de yeri bulunmaktadır. Bu çalışmada, *Salvia sclarea* bitkisinin Cd stresi altında su durumu ile fotosentetik aygıtın değişimi üzerine dıştan uygulanan sisteinin (Cys) etkilerinin ne olduğunu belirlemek amaçlanmıştır. Sistein kükürt içeren bir amino asit olup, bitkilerde protein sentezi, antioksidan savunma mekanizmaları ve ağır metal stresine karşı direnç gibi önemli işlevlere sahiptir. Tohumdan itibaren 60 gün süre ile yetiştirilen *S. sclarea* bitkileri rasgele seçilerek 4 gruba ayrılmıştır: Kontrol, Cd (1,2 mM), Cys (1 mM) ve Cys+Cd. İki haftalık bitkilerde yaprak boyu, yaprak yaş ve kuru ağırlıkları, bağıl su içeriği, klorofil floresansı, elektrolit sızıntı ve fotosentetik pigment içeriklerinde meydana gelen değişimler toksisitesi altında yetiştirilen *S. sclarea* bitkilerinde iyileştirici etki göstererek su durumu ve fotosentetik pigment içeriklerinde artışa neden olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal stresi, fotosentetik aygıt, kadmiyum, misk adaçayı, sistein

# THE EFFECT of CYSTEINE on WATER CHANGES and PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS of *Salvia sclarea* L. PLANT under CADMIUM STRESS

## ABSTRACT

Soils contaminated with heavy metals are increasing with the effect of geological and anthropogenic activities and yield loss is observed in plants grown in these soils. Cadmium (Cd) is a heavy metal and adversely affects many physiological processes in plants by causing cellular damage, decreased photosynthesis, growth retardation, nutrient imbalance and oxidative stress. *Salvia sclarea* (musk sage) is an important plant used in aromatherapy, cosmetics, spices and medicinal fields. In addition, it has a place in the pharmaceutical sector with its antiseptic, anti-inflammatory and healing properties. In this study, it was aimed to determine the effects of externally applied cysteine (Cys) on the change of water status and photosynthetic apparatus of *Salvia sclarea* under Cd stress. Cysteine is a sulfur-containing amino acid and has important functions in plants such as protein synthesis, antioxidant defence mechanisms and resistance to heavy metal stress. *S. sclarea* plants grown for 60 days from seed were randomly selected and divided into 4 groups: Control, Cd (1.2 mM), Cys (1 mM) and Cys+Cd. Changes in leaf length, leaf wet and dry weights, relative water content, chlorophyll fluorescence, electrolyte leakage and photosynthetic pigment contents were examined in two-week-old plants. The results of the study showed that external application of Cys had ameliorative effect on *S. sclarea* plants grown under Cd toxicity and caused an increase in water status and photosynthetic pigment contents.

**Keywords:** Cadmium, cysteine, heavy metal stress, musk sage, photosynthetic apparatus

## 1. GİRİŞ

Misk adaçayı olarak bilinen *Salvia sclarea* L., *Lamiaceae* familyasına üye, iki veya çok yıllık, otsu ve kserofit bir bitkidir (Kumar vd., 2017; Ceylan vd., 2016; Bouhafsoun vd., 2018). Tıbbi ve aromatik bir bitki olması ile öne çıkan *Salvia sclarea*, geleneksel tıp ve eczacılıkta çok eski dönemlerden beri kullanılmaktadır (Tulukcu, 2006). Bunun beraberinde, bitkinin tamamı, özellikle de çiçek salkımları yoğun miktarda aromatik özelliktedir ve uçucu yağları taze, çiçeksi bir kokudadır (Cai vd., 2006). Gelişen teknoloji ve ihtiyaçlar sonucunda bu bitkinin iyileştirici ve tedavi edici etkileri de bilimsel olarak ortaya konulmuştur. Monoterpen, diterpen, seskiterpen ve flovanoidler gibi çeşitli sekonder metabolitler içermesi *Salvia sclarea*'yı önemli kılmaktadır (Ulubelen vd., 1994). Bu metabolitler, eczacılık, tıp, kozmetik, parfümeri ve gıda sektörleri başta olmak üzere yerine başka bir maddenin konulmasının güç olduğu birçok alanda ekonomik açıdan büyük değer taşımaktadır (Caniard vd., 2012).

Türkiye florasında yaygın görülen, *Salvia sclarea* dünya çapında da birçok ülkede doğal olarak yetişen ve aynı zamanda ticari yetiştiriciliği yapılan ekonomik değeri yüksek bir bitkidir. Özellikle Akdeniz'in kuzey kıyılarında, Orta Asya ve Kuzey Afrika'nın kısmi alanlarında bulunan tür, İtalya genelinde yaygın olarak yetişmektedir. Hem kuru ve engebeli yamaçlarda hem de çalılıklarda gelişim gösterme özelliğine sahipken, Sicilya'da ise çoğunlukla dağlık ve engebeli alanlarda görülmektedir (Pignatti vd., 2017; Lojacono-Pojero, 1888). Yıllık yaklaşık 150 ton uçucu yağ üretimi gerçekleştiren Rusya, Bulgaristan, Fransa ve Fas'ta büyük ölçekte yetiştiriciliği yapılmaktadır (Džamić vd., 2008; Hristova vd., 2013; Yaseen vd., 2015).

Protein sentezinin monomeri olarak kabul edilen amino asitler aynı zamanda çeşitli fizyolojik süreçlere de eşlik etmekte ve öncü madde olarak kullanılmaktadır (Anderson vd., 1983; Kim vd., 2007; Li vd., 2007). Sistein (Cys), yirmi doğal amino asitten biri olup redoks stabilitesini devam ettirmekten, bazı proteinlerin üç boyutlu yapısını sağlamaya kadar çeşitli fonksiyonları bulunmaktadır (Romero vd., 2014). Yan zincirinde tiyol (-SH) grubu içermekte olup $HO_2CCH$ ($NH_2$) $CH_2SH$ şeklinde formüle edilmektedir (Genisel vd., 2015; Ahmad vd., 2010). Cys, tiyol grupları sayesinde metallere bağlanabilmenin yanı sıra, reaktif oksijen türleriyle de kolayca reaksiyona girerek onları nötralize etme yeteneğine sahiptir ve bu sayede bitkileri olası stres koşullarına karşı koruyabilmektedir (Cooper vd., 2011; Genisel vd., 2015). Glutatyon ve hidrojen sülfür ile ağır metal şelatörü görevi gören güçlü bir antioksidandır (Vadas ve Ahner, 2009; Genisel vd., 2015). Bunun yanı sıra, bazı ağır metallerin neden olduğu bitki zararlarının (fitotoksisite) ortadan kaldırılmasını da sağlamaktadır (Aysin vd., 2020; Terzi & Yıldız, 2021; Kim vd., 2022). Ayrıca, piruvat sentezinin ve koenzim A'nın sentezinin kaynağı olan Cys, azot ve kükürt arasındaki yolların koordinasyonunu ve abiyotik stres faktörlerinin altında metabolit sentezini düzenleyerek savunma sistemini geliştirmektedir (Schuller-Levis ve Park, 2004; Khan vd., 2016).

Ağır metal kirliliği, ekosistemi etkisi altına alan yaygın ve büyük bir çevresel sorundur (Hamid vd., 2019). Kadmiyum (Cd), çevredeki en toksik ağır metallerden biri olarak kabul edilmektedir (Zhan vd., 2017). Madencilik, döküm endüstrisi, gübreleme ve atık su ile sulama gibi faaliyetler, giderek artan miktarda kadmiyumun ekilebilir topraklara karışmasına neden olmaktadır (Robson vd., 2014; Atafar vd., 2010; Chen vd., 2013). Kadmiyum, diğer ağır metallere kıyasla daha hareketli bir element olup, bitki kökleri tarafından kolayca emilip toprak üstü bölgelere taşınmaktadır Chang vd., 2019). Bu sebepten, kirli tarım arazilerinde biriken yüksek miktardaki Cd, bitki dokularında ciddi miktarda birikmekte ve bitkinin strese girmesine neden olmaktadır (Nannoni vd., 2016). Aşırı kadmiyum birikimi, bitkilerde anormal büyüme,

fotosentezde ve klorofil üretiminde azalma, su ve besin alımında zorluk, homeostazinin bozulması ve oksidatif hasara yol açarak verim ve kaliteyi düşürmektedir (Hu vd., 2022).
Bu çalışmada, tıbbi ve aromatik bir bitki olması ile geniş kullanım alanı bulunan ve yüksek ekonomik değere sahip olan *Salvia sclarea* bitkisinin Cd toksisitesi altındaki morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimleri üzerine dıştan uygulanan Cys'in etkileri araştırılmıştır. Bu kapsamda kontrol (herhangi bir uygulama yapılmamış bitkiler), Cd (1,2 mM), Cys (1 mM) ve Cys+Cd uygulama grupları oluşturulmuştur. Uygulama sonunda her bir grup birbiri ve kontrolle kıyaslanarak, Cd stresinin ve bu stresin oluşturduğu etkilerin, Cys ile kontrol altına alınıp alınamayacağının belirlenmesi amacıyla, bitkide oluşturduğu morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimler ortaya konmuştur.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. Bitki Materyali

Bu çalışma, Düzce Üniversitesi bünyesinde bulunan kontrollü sera koşullarında, 18-25 °C gece/gündüz sıcaklığında ve yaklaşık %60-70 nem içeren ortamda gerçekleştirilmiştir. *Salvia sclarea* L. (misk adaçayı) tohumları sterilizasyonun ardından torf:perlit (1:1) içeren viyollerde çimlendirilmiştir. İki haftalık büyütmenin ardından 9 cm'lik saksılara aktarılmıştır. İki aylık büyütmenin ardından saksılar kontrol, sistein (Cys), kadmiyum (Cd) ve sistein+kadmiyum (Cys+Cd) olmak üzere 4 gruba ayrılmıştır. Her uygulamaya ait 4 tekerrürlü çalışılmıştır. Cys uygulaması için 3 gün boyunca foliar olarak 1 mM uygulama yapılmıştır. Cys uygulamalarının ardından Cd uygulamaları başlatılmıştır. Kök yüzeyinden 3 günde bir 2 hafta boyunca 1,2 mM Cd sulama suyu olarak bitkilere verilmiştir. Kontrol grubuna ise Cd ile aynı oranda, aynı aralıklarda saf su verilmiştir. Uygulama sonrasında bitkiler fotoğraflanmış ve sonrasına cetvel ile yaprak boyları ölçülmüştür. Yaprakların taze ağırlıkları tartılarak belirlendikten sonra örnekler 70°C'de 72 saat kurumaya bırakılarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Ardından yapraklar sıvı azottan geçirilerek analizler başlayıncaya kadar -80 °C'de muhafaza edilmiştir.

### 2.2. Bağıl Su İçeriği

Bağıl su içeriği (RWC), Smart ve Bingham (1974)'ın yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Kontrol, Cd, Cys ve Cys+Cd uygulama gruplarına ait bitkilerin yapraklarının taze ağırlıkları tartılmış ve yapraklar saf suya konulmuştur. Turgid hale gelen yaprakların ağırlıkları tekrar tartılmış ve 70 °C'de 72 saat bekletilerek kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Elde edilen verilen veriler yöntemde anlatılan formülde yerine konularak hesaplanmıştır.

### 2.3. Klorofil Floresansı

Fotosistem II'nin etkinliğinin belirteçlerinden olan klorofil floresansı florometre cihazı ile cihazın verdiği talimatlar çerçevesinde ölçülmüştür. Yapraklar karanlık aşaması için 20 dk süre ile bekletilmiş ve ardından ölçümler gerçekleştirilerek klorofil floresans değerleri için Fv/Fm değerleri elde edilmiştir.

### 2.4. Elektrolit Sızıntı

Membran stabilitesini belirlemek amacıyla elektrolit sızıntı miktarları Shi vd. (2006)'nin yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Her gruba ait yaprak diskleri saf su içerisine konularak 24 saat boyunca karanlık bir ortamda bekletilmiş ve ilk elektriksel iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Sonrasında yaprakların bulunduğu tüpler otoklavlanarak ikinci elektriksel iletkenlik değerleri

ölçülmüştür. Elde edilen verilen veriler yöntemde anlatılan formülde yerine konularak hesaplanmıştır.

### 2.5. Fotosentetik Pigment İçeriklerinin Belirlenmesi

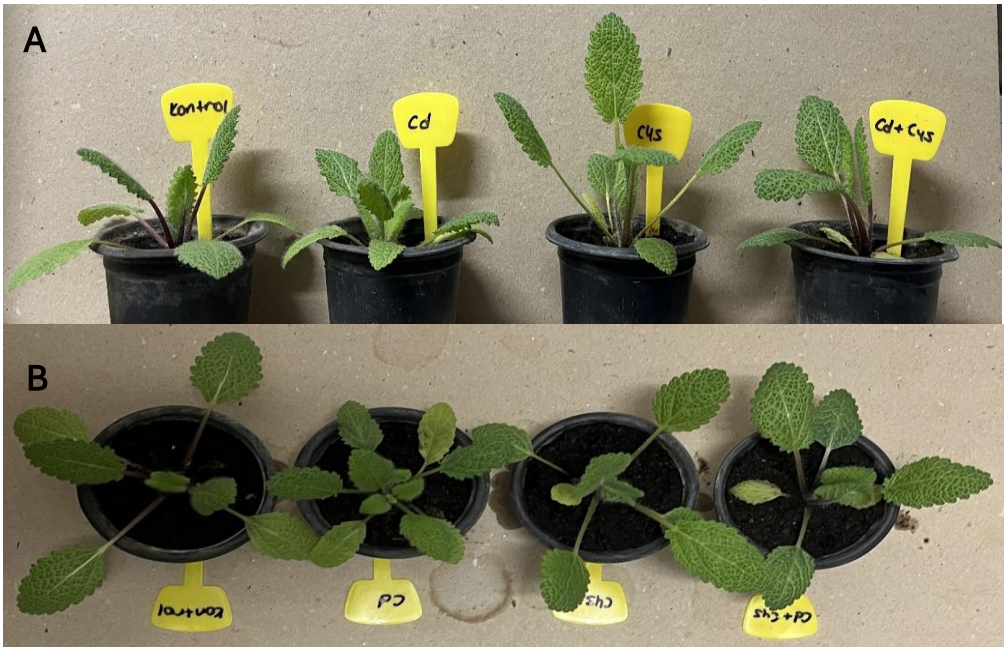
Klorofil ve karotenoid değerleri Arnon (1949) ve Jaspars (1965)'ın yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Taze yaprak örnekleri %80 aseton içerisinde öğütülmüş ve 5000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Elde edilen özüt spektrofotometre cihazıyla 663, 645 ve 450 nm absorbans değerlerinde ölçülerek yöntemde anlatılan formüllerde yerine konularak hesaplanmıştır.

### 2.6. İstatistiksel Analizler

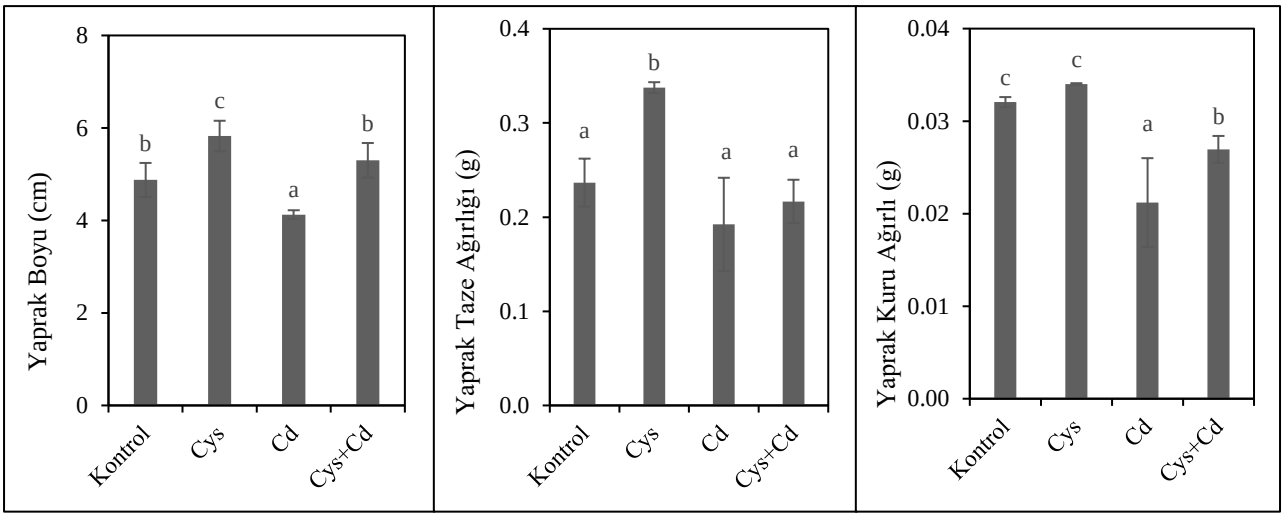
Kontrol, Cys, Cd ve Cys+Cd olmak üzere 4 gruba ayrılan bitkilerden her biri 4 tekerrürden oluşmaktadır. Denemelerden elde edilen bulgular Tek Yönlü Varyans Analizi (One way ANOVA) ile analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Testi ile belirlenmiştir. Uygulamalar arasındaki anlamlılık $p<0,05$ önem düzeyinde ortaya konulmuştur.

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Kadmiyum yüksek toksik etkisiyle tanınan bir ağır metal olup, çevre kirliliğine yol açan bir bileşiktir (Lyons-Alcantara vd., 1996). Suya hızlı bir şekilde karışması ve toprakta yüksek hareketlilikte olması nedeniyle besin zincirine kolayca dahil olabileceğinden canlılar için büyük bir tehlike oluşturur (Haider vd., 2021). Bitki dokularda biriktiğinde metabolizma üzerinde olumsuz etki göstermektedir (Jibril vd., 2017). Bu çalışmada, *Salvia sclarea*'nın Cd stresi altındaki su durumu ve fotosentetik aygıttaki değişimler üzerine dışarıdan uygulanan sisteinin etkileri belirlenmiştir. Cys yapısında bulunan tiyol grubu ağır metal iyonlarına yüksek afinite ile bağlanabilmektedir (Nakai ve Maruyama-Nakashita, 2020). Çalışmamızda, Cd stresi altında yetiştirilen *Salvia sclarea* bitkisine dıştan uygulanan Cys'in bitkide gösterdiği morfolojik değişimler Görsel 1'de verilmiştir.

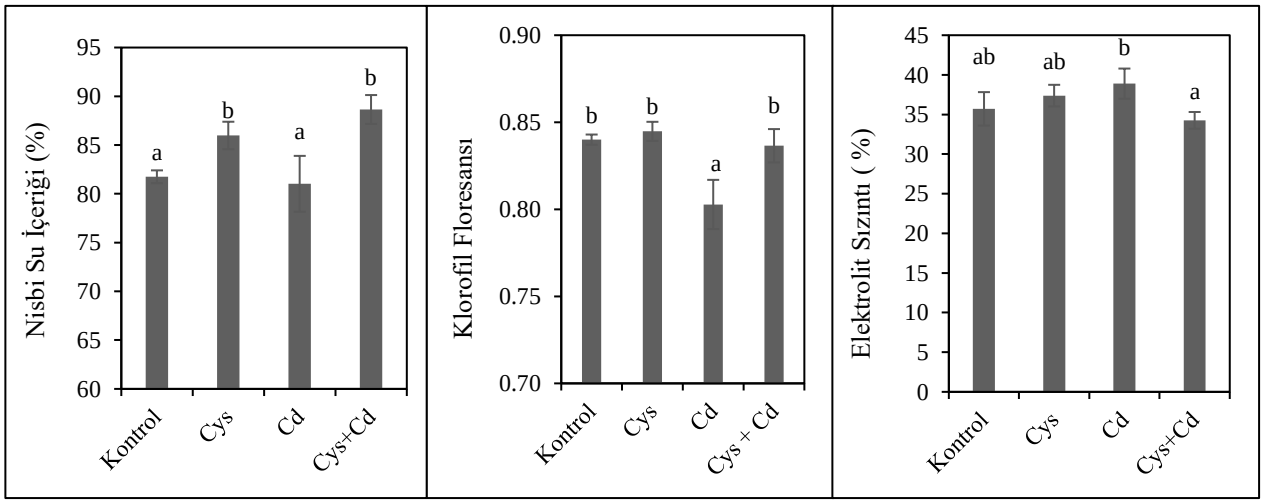



**Görsel 1. Kadmiyum (Cd) stresi altındaki *Salvia sclarea* L. bitkisinde sisteinin (Cys) meydana getirdiği morfolojik değişim**




**Görsel 2. Kadmiyum (Cd) stresi altındaki *Salvia sclarea* L. bitkisinde sisteinin (Cys) yaprak boyu, taze ve kuru ağırlıklarına etkisi**

Yaprak boy, taze ve kuru ağırlıklarına Cd stresi ve dıştan uygulanan Cys'in etkileri Görsel 2'de gösterilmiştir. *Salvia sclarea* bitkisinin yaprak boyu kontrol bitkileri ile kıyaslandığında Cd stresi ile %15,4 oranında azalırken sadece Cys uygulaması boyu %19,5 arttırmıştır. Dıştan Cys uygulaması ise Cd stresi altında boy uzunluğunda olumlu etki göstermiş ve %28,3 arttırmıştır. Çalışmamızla benzer şekilde, *Allium sativum* bitkisine $10^{-6}$ – $10^{-2}$ M konsantrasyon aralığında Cd uygulanan bir çalışmada, Cd sürgün ve yaprak büyümesini olumsuz etkilemiştir (Jiang vd., 2021). Yaprak taze ağırlığına bakıldığında Cd düşüş gösterse de istatistiksel olarak anlamlı ($p$<0,05) fark tespit edilmemiştir. Diğer taraftan sadece Cys uygulaması yaprak taze ağırlığını %42,6 oranında arttırmıştır. *Salvia sclarea* bitkisinin yaprak kuru ağırlığına bakıldığında ise kontrol bitkilerine kıyasla Cd stresi kuru ağırlıkta %34,4 azalma göstermiştir. Cys tek başına uygulandığında kontrol bitkileri ile istatistiksel bir far meydana getirmemiştir. Diğer taraftan, Cd stresi altındaki bitkilere kıyasla Cys uygulaması kuru ağırlığı %28,6 oranında arttırmıştır. Literatür incelendiğinde çalışmamızla benzer şekilde, Cd uygulaması yaprak kuru ağırlığında azalma meydana getirmiştir (Kalınbacak, 2012). Ayrıca, Cys'in çeşitli ağır metallerde yaprak yaş ağırlığı üzerine iyileştirici etkisinin olduğu benzer şekilde rapor edilmiştir (Kumar vd., 2019).

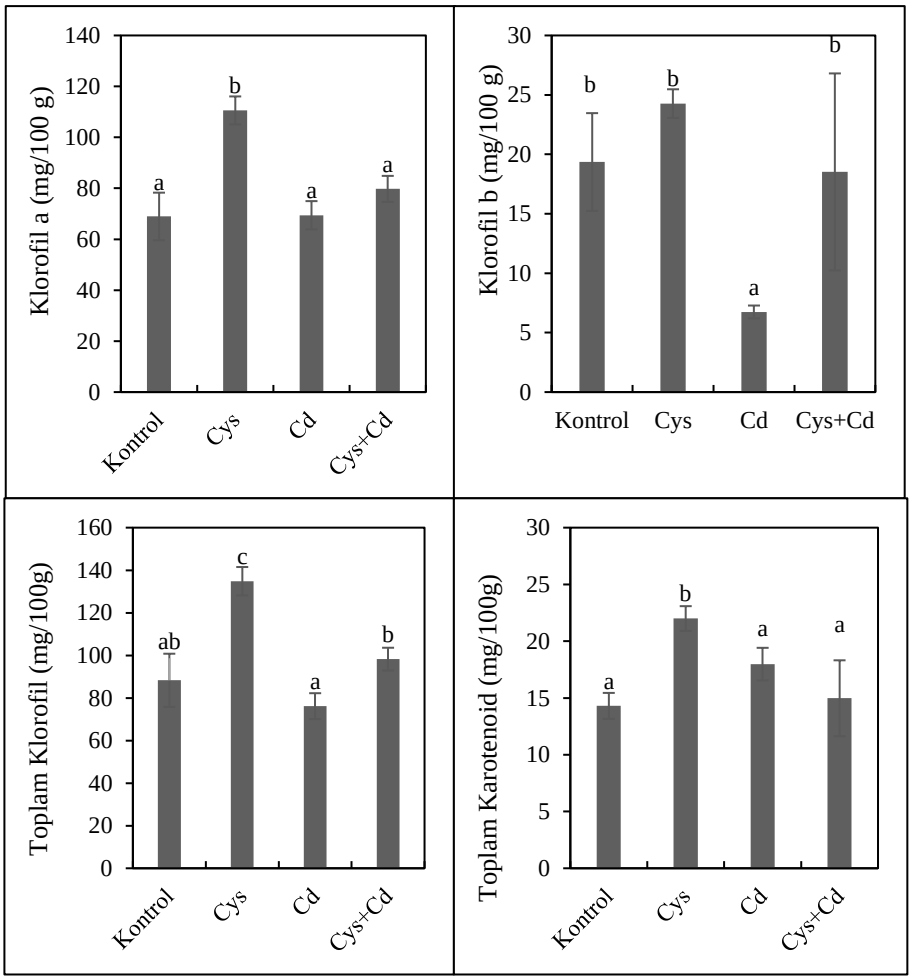



**Görsel 3. Kadmiyum (Cd) stresi altındaki *Salvia sclarea* L. bitkisinde sisteinin (Cys) nisbi su içeriği, klorofil floresansı ve elektrolit sızıntısına etkisi**

Nisbi su içeriği, klorofil floresansı ve elektrolit sızıntısına Cd stresi ve dıştan uygulanan Cys'in etkileri Görsel 3'te gösterilmiştir. Bitkinin su durumu strese dayanıklılığın göstergelerinden biridir. *Salvia sclarea* bitkisi Cd stresi altında kontrol bitkilerine kıyasla su durumunu korumuştur ve istatistiksel olarak anlamlı fark ($p$<0,05) meydana getirmemiştir. Diğer taraftan hem tek başına hem de stresle birlikte Cys uygulaması su içeriğinde artışa neden olmuştur. Tek başına Cys kontrol bitkilerine kıyasla nisbi su içeriğini %5,2 oranında arttırırken, dışran Cys uygulaması uygulama yapılmayan Cd stresi altındaki bitkilere kıyasla yapraklardaki suyu %9,4 oranında arttırmıştır. Literatür incelendiğinde, Cys uygulamasının mısırda (Terzi ve Yıldız, 2020), buğdayda (Elkelish vd., 2021) ve soya fasulyesinde (Igiehon vd., 2021) yaprak nisbi su içeriğini iyileştirici etkiye gösterdiği çalışmalar mevcuttur.

Bitkilerin çeşitli stres koşullarına karşı tolerans düzeylerinin göstergelerinden biri, fotosistem II'nin fotokimyasal verimliliğinin ölçülmesidir (Maxwell ve Johnson 2000). Bu sebeple uygulama gruplarında klorofil floresansı (Fv/Fm) değerleri kaydedilmiştir (Görsel 3). Kontrol grubu ile uygulamalar kıyaslandığında; Cys ve Cys+Cd gruplarında istatistiksel olarak anlamlı fark ($p$<0,05) tespit edilmezken Cd stresi Fv/Fm'yi %4,4 oranında azaltmıştır. Her ne kadar Fv/Fm oranı azalsa da floresans değerleri 0,8'in üzerinde belirlendiği için bitkinin toleransının yüksek olduğu da söylenebilir. Bu veriler, *Salvia sclarea*'nın Cd stresine maruz kaldığında Cys'in etkisi ile fotosistem II'yi koruyabildiğini göstermektedir.

Elektrolit sızıntısı, bitkilerin strese karşı verdiği tepkinin önemli bir göstergesi olup, stres koşullarında membran bütünlüğü ve hücre hasarını tespit etmek için etkili bir parametredir (Demidchik vd., 2014). Cd stresine maruz kalan *Salvia sclerea* bitkisinde foliar olarak gerçekleştirilen Cys uygulamasının gruplar arasında farklılıklar gözlense de istatistiksel olarak anlamlı fark ($p$< 0,05)gözlenmemiştir. Diğer taraftan, dıştan Cys uygulaması Cd stresli bitkilerle kıyaslandığında elektrolit sızıntıyı %11,9 azaltmıştır (Cys+Cd). Çalışmamızda, Fv/Fm miktarında tespit edilenle benzer şekilde, Cys uygulaması Cd stresli bitkilerde hücre membranında iyileştirici etki göstermiştir. Literatür incelendiğinde ölçülen verilerimizle uyumlu olarak Cys varlığında, farklı stres faktörlerine maruz kalan mısır, şeftali, domates ve nohut bitkilerinde de membran hasarının kontrol altında tutulduğu rapor edilmiştir (Kocsy vd., 2004; Gohari vd., 2021; Kovács vd., 2016; Kumar vd., 2021).




**Görsel 4. Kadmiyum (Cd) stresi altındaki *Salvia sclarea* L. bitkisinde sisteinin (Cys) fotosentetik pigment içeriklerine etkisi**

Fotosentetik pigmentler olan klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarlarına Cd stresi ve dıştan uygulanan Cys'in etkileri Görsel 4'te gösterilmiştir. Stres altındaki bitkilerde fotosentetik pigment miktarı bitkinin sağlığını ve fotosentez kapasitesini değerlendirmek için önemli bir göstergedir. Bu bağlamda, Cd stresine maruz kalan *Salvia sclarea* bitkisinde foliar Cys uygulaması klorofil a miktarında kontrol bitkileri ile kıyaslandığında %60,4 oranında bir artış meydana getirmiştir. Ancak Cd stresi için istatistiksel olarak anlamlı fark ($p$<0.05) tespit edilmemiştir. Oysaki klorofil b miktarı Cd stresi altında azalmıştır ve bu düşüş kontrol bitkileri ile kıyaslandığında %65,2 olarak kaydedilmiştir. Çalışmamızla benzer şekilde, Altıntaş (2022), Cd stresi uyguladığı hardal bitkisinde klorofil b içeriğinin azaldığını göstermiştir. Yine aynı şekilde, Cd stresi altında yetiştirilen buğday bitkisinde de pigment içerikleri azalmıştır (Ci vd., 2010).

*Salvia sclerea* bitkisinin toplam klorofil miktarındaki değişime göre Cd stresi altındaki bitkilerde istatistiksel olarak anlamlı fark ($p$<0.05) tespit edilmemiştir. Diğer taraftan, sadece Cys uygulaması kontrol bitkilerine kıyasla toplam klorofil miktarını %52,7 oranında arttırmıştır. Cd stresi kontrole kıyasla toplam klorofil miktarında fark göstermezken dıştan Cys uygulaması Cd stresi altındaki bitkilerde bu miktarda önemli oranda artışa neden olmuştur (%29). Cd stresli bitkilerde oluşan hasar Cys iyileştirici etki göstermiştir. Literatürde, Cd stresi, *Gossipium hirsutum* bitkisinin yapraklarında klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarını azaltmıştır (Karanlık vd, 2013). Toplam karotenoid miktarına bakıldığında ise

kontrol ile kıyaslandığında Cys ile %54 oranında artış meydana gelirken, diğer uygulama gruplarında istatistiksel olarak önemli fark ($p$<0.05) kaydedilmemiştir. Literatürde en düşük karotenoid miktarının ağır metal stresi yaşayan alanlarda olduğunu ifade edilmiştir (Doğanlar ve Atmaca, 2011). Çalışmamızda ortaya konulan fotosentetik pigment içeriği verilerine göre Cys'in iyileştirici etkisi çeşitli literatür çalışmaları ile desteklenmektedir (Lee vd., 2018; Yu vd., 2023; Song vd., 2024).

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, tıbbi ve aromatik bir bitki olan ve geniş kullanım alanına sahip *Salvia sclarea*'nın toksik etki gösteren bir ağır metal Cd stresi altındaki morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal yanıtları incelenmiştir. Ayrıca Cd stresinin bitkide meydana getirdiği değişimler foliar uygulanan Cys ile ne ölçüde etkilendiği de araştırılmıştır. Genel olarak, Cd stresi bitkide olumsuz etkiye neden olsa da bitkinin toleransının yüksek olduğu gözlenmiştir. Cys uygulamasının ise *Salvia sclarea* bitkisi üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. Cys uygulaması, yaprak uzunluğunda belirgin bir artış meydana getirmiştir. Cd stresinin yaprak kuru ağırlığını düşürmesine karşın Cys uygulaması bu olumsuzluğu hafifletmiştir. Ayrıca, Cd stresine maruz kalan bitkide Cys su durumunu iyileştirerek, hücresel dengeyi desteklemiştir. Fotosistem II'nin etkinliği Cd uygulamasıyla azalmış olsa da Cys sayesinde Fv/Fm oranında artış tespit edilmiştir. Benzer şekilde Cys, Cd stresli bitkilerde membran bütünlüğünü koruyarak elektrolit sızıntıyı azaltmıştır. Bunların yanı sıra fotosentetik pigment içerikleri de Cys uygulaması ile artmıştır. Sonuç olarak, dıştan uygulanan Cys, *Salvia sclarea* bitkisi için Cd stresinin meydana getirdiği hasara karşı bitkinin toleransının artmasına katkı sağlamıştır. Bitkilerde Cd stresini iyileştirme çalışmaları, ağır metal toksisitesinin fotosentez, büyüme ve verim üzerindeki olumsuz etkilerini azaltarak tarımsal üretimde ve gıda güvenliğinde kritik öneme sahiptir. Bu nedenle bu çalışma, çevresel kirliliğin zararlarını azaltmak ve Cd stresine dayanıklı bitki çeşitlerini tespit edebilmek için de önem taşımaktadır.

## KAYNAKÇA

Ahmad, M., Pan, C., Zhu, J., Electrochemical determination of L-Cysteine by an elbow shaped, Sb-doped ZnO nanowire-modified electrode, Journal of Materials Chemistry, 20(34), 7169-7174, 2010.

Altıntas, R. *Hardal* (*Brassica juncea L.) Bitkisinin kadmiyum stresi altinda fizyolojik, biyokimyasal ve fitoekstraksiyon etkilerinin incelenmesi* (Doctoral dissertation), 2022.

Anderson, G.H., Johnston, J., *Nutrient control of brain neurotransmitter synthesis and function*, Canadian Journal of Physiolohy and Pharmacology, 61, 271-281. 1983.

Atafar, Z., Mesdaghinia, A., Nouri, J., Homaee, M., Yunesian, M., Ahmadimoghaddam, M., Effect of fertilizer application on soil heavy metal concentration, Environmental Monitoring and Assessment, 160, 83−89, 2010.

Aysin, F., Karaman, A., Yılmaz, A., Aksakal, Ö., Gezgincioğlu, E., Kohnehshahri, S., Exogenous cysteine alleviates mercury stress by promoting antioxidant defence in maize *(Zea mays* L.) *seedlings*, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 44(5), 506-516, 2020.

Bouhafsoun, A., Yilmaz, M. A., Boukeloua, A., Temel, H., Harche, M.K., Simultaneous quantification of phenolic acids and flavonoids in *Chamaerops humilis* L. using LC–ESI-MS/MS, Food Science and Technology, 38(1), 242-247, 2018.

Cai, J., Lin, P., Zhu, X., Su, Q., Comparative analysis of clary sage (*S. sclarea* L.) oil volatiles by GC–FTIR and GC–MS, Food Chemistry, 99(2), 401-407, 2006.

Caniard, A., Zerbe, P., Legrand, S., Cohade, A., Valot, N., Magnard, J. L., Legendre, L. Discovery and functional characterization of two diterpene synthases for sclareol biosynthesis in *Salvia sclarea* (L.) and their relevance for perfume manufacture, BMC Plant Biology, *12*, 1-13, 2012.

Ceylan, R., Katanić, J., Zengin, G., Matić, S., Aktumsek, A., Boroja, T., Yılmaz, M.A., Chemical and biological fingerprints of two Fabaceae species (*Cytisopsis dorycniifolia* and *Ebenus hirsuta*): Are they novel sources of natural agents for pharmaceutical and food formulations?, Industrial Crops and Products, 84, 254-262, 2016.

Chang, C., Yin, R., Zhang, H., Yao, L., Bioaccumulation and health risk assessment of heavy metals in the soile rice system in a typical seleniferous area in central China, Environmental Toxicology and Chemistry, 38, 1577−1584, 2019.

Chen, W., Lu, S., Peng, C., Jiao, W., Wang, M., Accumulation of Cd in agricultural soil under longterm reclaimed water irrigation, Environmental Pollution, 178, 294−299, 2013.

Ci, D., Jiang, D., Wollenweber, B., Dai, T., Jing, Q., Cao, W., Cadmium stress in wheat seedlings: growth, cadmium accumulation and photosynthesis, Acta Physiologiae Plantarum, *32*, 365-373, 2010.

Cooper, A.J., Krasnikov, B.F., Niatsetskaya, Z.V., Pinto, J.T., Callery, P.S., Villar, M.T., Cysteine S−conjugate β−lyases: Important roles in the metabolism of naturally occurring sulfur and Selenium−Containing compounds, xenobiotics and anticancer agents, Amino Acids, 41, 7−27, 2011.

Demidchik, V., Straltsova, D., Medvedev, S. S., Pozhvanov, G. A., Sokolik, A., Yurin, V., Stress-induced electrolyte leakage: the role of $K^+$-permeable channels and involvement in programmed cell death and metabolic adjustment, Journal of Experimental Botany, 65(5), 1259-1270, 2014.

Doğanlar, Z.B., Atmaca, M., Influence of airborne pollution On Cd, Zn, Pb, Cu, and Al accumulation and physiological parameters of plant leaves in Antakya (Turkey), Water Air Soil Pollution, 214,509–523, 2011.

Džamić, A., Soković, M., Ristić, M., Grujić-Jovanović, S., Vukojević J., Marın, P.D., Chemical composition and antifungal activity of *Salvia sclarea* (Lamiaceae) essential oil, Archives of Biological Sciences, 60, 233-237, 2008.

Genisel, M., Erdal, S., Kizilkaya, M., The mitigating effect of cysteine on growth inhibition in salt-stressed barley seeds is related to its own reducing capacity rather than its effects on antioxidant system, Plant Growth Regulation, 75(1), 187-197, 2015.

Gohari, G., Molaei, S., Kheiry, A., Ghafouri, M., Razavi, F., Lorenzo, J. M., Juárez-Maldonado, A. Exogenous application of proline and L-cysteine alleviates internal browning and maintains eating quality of cold stored flat ‘maleki’peach fruits, Horticulturae, 7(11), 469.2021.

Hamid, Y., Tang, L., Yaseen, M., Hussain, B., Zehra, A., Aziz, M. Z., Yang, X. Comparative efficacy of organic and inorganic amendments for cadmium and lead immobilization in contaminated soil under rice-wheat cropping system, Chemosphere, 214, 259-268, 2019.

Haider, F.U., Liqun, C., Coulter, J.A., Cheema, S.A., Wu, J., Zhang, R., Farooq, M. Cadmium toxicity in plants: Impacts and remediation strategies, Ecotoxicology and Environmental Safety, 211, 111887, 2021.

Hristova, Y., Gochev V., Wanner J., Jirovetz L., Schmidt E., Girova T., Kuzmanov A., Chemical composition and antifungal activity of essential oil of *Salvia sclarea* L. from Bulgaria against clinical isolates of candida species, Journal of BioScience and Biotechnology, 2(1), 39-44, 2013.

Hu, J., Chen, G., Xu, K., Wang, J., Cadmium in Cereal Crops: Uptake and transport mechanisms and minimizing strategies, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 70, 5961−5974, 2022.

Igiehon, N.O., Babalola, O.O., Cheseto, X., Torto, B. Effects of rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi on yield, size distribution and fatty acid of soybean seeds grown under drought stress, Microbiological Research, 242, 126640, 2021.

Jiang, W., Liu, D., Hou, W. Hyperaccumulation of cadmium by roots, bulbs and shoots of garlic (*Allium sativum* L.), Bioresource Technology, 76(1), 9-13, 2001.

Jibril, S. A., Hassan, S. A., Ishak, C. F., Megat Wahab, P. E. Cadmium toxicity affects phytochemicals and nutrient elements composition of lettuce (*Lactuca sativa* L.), Advances in Agriculture, 2017.

Kalınbacak, K., Yurdakul, İ., Gedikoğlu, İ. Buğdayda kadmiyumun toksiklik sınırının belirlenmesi ve bazı ekstraksiyon yöntemlerinin karşılaştırılması, Toprak Su Dergisi, 1,28-37, 2012.

Karanlık, S., Ergün N., Tiryakioğlu M., 2013. Farklı kadmiyum düzeylerinin pamuk bitkisinde (*Gossipium hirsutum* L.) büyüme, Cd, Fe, Zn konsantrasyonu ve antioksidatif enzim aktiviteleri üzerine etkisi, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 6 (2),83-88, 2013.

Khan, M.I.R., Iqbal, N., Masood, A., Mobin, M., Anjum, N.A., Khan, N.A., Modulation and significance of nitrogen and sulfur metabolism in cadmium challenged plants, Plant Growth Regulation, 78, 1−11, 2016.

Kim, S.W., Mateo, R.D., Yin, Y.L., Wu, G., Functional amino acids and fatty acids for enhancing production performance of sows and piglets, Asian Australasian Journal of Animal Sciences, 20(2), 295-306, 2007.

Kim, Y.-O., Gwon, Y., Kim, J., Exogenous cysteine improves mercury uptake and tolerance in Arabidopsis by regulating the expression of heavy metal chelators and antioxidative enzymes, Frontiers in Plant Science, 13, 898247, 2022.

Kocsy, G., Kobrehel, K., Szalai, G., Duviau, M. P., Buzás, Z., Galiba, G. Abiotic stress-induced changes in glutathione and thioredoxin H levels in maize, Environmental and experimental botany, 52(2), 101-112, 2004.

Kovács, J., Poór, P., Szepesi, Á., Tari, I. Salicylic acid induced cysteine protease activity during programmed cell death in tomato plants, Acta Biologica Hungarica, 67, 148-158, 2016.

Kumar, A., Kumar, V., Dubey, A. K., Ansari, M. A., Narayan, S., Meenakshi, Sanyal, I. Chickpea glutaredoxin (CaGrx) gene mitigates drought and salinity stress by modulating the physiological performance and antioxidant defense mechanisms, Physiology and Molecular Biology of Plants, 27(5), 923-944, 2021.

Kumar, P., Tokas, J., Singal, H.R., Amelioration of chromium VI toxicity in Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) using glycine betaine, Scientific Reports, 9(1), 16020, 2019.

Kumar, R., Kaundal, M., Sharma, S., Thakur, M., Kumar, N., Kaur, T., Kumar, S., Effect of elevated [$CO_2$] and temperature on growth, physiology and essential oil composition of *Salvia sclarea* L. in the western Himalayas. Journal of applied research on medicinal and aromatic plants, 6, 22-30, 2017.

Lee, H.K., Woo, S.Y., Kwak, M.J., Khaine, I., Kim, I.R., Lee, T.Y., Kim, W.I., Effect of sulfur dioxide on physiological responses, cysteine, and glutathione in pepper and eggplant, Horticultural Science and Technology, 36(4), 487-500, 2018.

Legendre, L. Discovery and functional characterization of two diterpene synthases for sclareol biosynthesis in *Salvia sclarea* (L.) and their relevance for perfume manufacture, BMC Plant Biology, 12(1), 119, 2012.

Li, P., Yin, Y.-L., Li, D., Kim, S.W., Wu, G. Amino acids and immune function. British Journal of Nutrition, 98(2), 237-252, 2007.

Lojacono-Pojero, M., Flora Sicula o descrizione delle piante spontanee o indigenate in Sicilia. Voll. I (1–2), II (1–2), III. Palermo, 1888.

Lyons-Alcantara, M., Tarazona, J. V., Mothersill, C. The differential effects of cadmium exposure on the growth and survival of primary and established cells from fish and mammals, Cell Biology and Toxicology, 12, 29-38, 1996.

Maxwell, K., Johnson, G. N. Chlorophyll fluorescence a practical guide, Journal of Experimental Botany, 51(345), 659-668, 2000.

Nannoni, F., Rossi, S., Protano, G., Potentially toxic element contamination in soil and accumulation in maize plants in a smelter area in Kosovo, Environmental Science and Pollution Research, 11937−11946, 2016.

Nakai, Y., Maruyama-Nakashita, A. Biosynthesis of sulfur-containing small biomolecules in plants, International Journal of Molecular Sciences, 21(10), 3470, 2020.

Pignatti, S., Guarino, R., La Rosa, M., Flora d'italia (1), 2017.

Robson, T.C., Braungardt, C.B., Rieuwerts, J., Worsfold, P., Cadmium contamination of agricultural soils and crops resulting from sphalerite weathering, Environmental Pollution, 184, 283−289, 2014.

Romero, L.C., Aroca, M.Á., Laureano−Marín, A.M., Moreno, I., García, I., Gotor, C., Cysteine and Cysteine−Related Signaling Pathways in *Arabidopsis thaliana*, Molecular Plant, 7, 264−276, 2014.

Schuller-Levis, G.B., Park, E., Taurine and its chloramine: modulators of immunity. Neurochemical Research, 29, 117-126, 2004.

Song, Y., Liang, H., Peng, J., Ding, S., Duan, X., Shan, Y. Application of L-cysteine hydrochloride delays the ripening of harvested tomato fruit, Foods, 13(6), 841, 2024.

Terzi, H., Yıldız, M., Proteomic analysis reveals the role of exogenous cysteine in alleviating chromium stress in maize seedlings, Ecotoxicology and Environmental Safety, 209, 111784, 2021.

Tulukcu, E., Misk Adaçayı. Ekoloji Magazin Dergisi, 9. İzmir, 2006.

Ulubelen, A., Topcu, G., Eriş, C., Sönmez, U., Kartal, M., Kurucu, S., Bozok-Johanssond C., Terpenoids from *Salvia sclare,* Phytochemistry, 36,971-974. 1994.

Vadas, T.M., Ahner, B.A., Cysteine and glutathione−mediated uptake of lead and cadmium into *Zea mays* and *Brassica napus* roots, Environmental Pollution, 157, 2558−2563, 2009.

Yaseen, M., Kumar, B., Ram, D., Singh, M., Anand, S., Yadav, H.K., Samad, A., Agro morphological, chemical and genetic variability studies for yield assessment in clary sage (*Salvia sclarea* L.), Industrial Crops and Products, 77, 640-647, 2015.

Yu, R., Song, H., Chen, Y., Shi, N., Shen, H., Shi, P., Luo, H., Incorporation of ascorbic acid and L-cysteine in sodium carboxymethyl cellulose coating delays color deterioration and extends the shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce (*Lactuca sativa* var. *angustata*), Postharvest Biology and Technology, 204, 112419, 2023.

Zhan, Y. H., Zhang, C. H., Zheng, Q. X., Huang, Z. A., Yu, C. L., Cadmium stress inhibits the growth of primary roots by interfering auxin homeostasis in *Sorghum bicolor* seedlings, Journal of Plant Biology, 60, 593-603, 2017.

# EVALUATION OF LEAD CONCENTRATIONS IN HOMEMADE SHEEP YOGHURTS FROM ŞANLIURFA PROVINCE USING ICP-OES

**Prof. Dr. SERAP KILIÇ ALTUN**

Harran Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye, skilicaltun@harran.edu.tr

ORCID NO: 0000-0002-4203-2508

**Doç. Dr. NİLGÜN PAKSOY**

Harran Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı, Şanlıurfa, Türkiye, nilgunpaksoy@harran.edu.tr

ORCID NO: 0000-0001-6231-5524

**Dr. Öğr. Üyesi MEHMET EMİN AYDEMİR**

Harran Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye, aydemiremin23@harran.edu.tr

ORCID NO: 0000-0002-5849-1741

## ABSTRACT

Yoghurt, a fermented dairy product, is an important source of valuable minerals and nutrients for humans. This study aimed to determine the concentrations of lead (Pb) in sheep yoğurt. For this purpose, 47 yogurt samples produced from sheep milk using traditional methods at home and offered for sale in Şanlıurfa province were collected. The yoghurt samples purchased were transported to the laboratory while maintaining cold chain conditions. The samples were initially treated with nitric acid and hydrogen peroxide, followed by microwave-assisted digestion. Pb analyses was conducted using an inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) device. Pb was below the detection limit in seven samples. The average levels of Pb was 0.08±0.03 µg/kg. The analysis concluded that the yogurt samples complied with the standards outlined in the Turkish Food Codex regarding Pb levels. As a result, consuming yogurt does not pose a risk to public health in terms of Pb.

**Keywords:** Yoghurt, Sheep yoghurt, Lead, ICP-OES

## 1. INTRODUCTION

Yoghurt is a fermented dairy product produced through the bacterial fermentation of milk. It has been a staple of the human diet for thousands of years. Yoghurt is consumed across a multitude of cultures and is esteemed not only for its palatable flavour and adaptability, but also for its myriad health advantages (1). As a significant source of essential nutrients, yoghurt plays a crucial role in human nutrition, offering a wide range of biological functions that contribute to overall health and well-being (2).

Sheep yoghurt, a dairy product manufactured from the milk of sheep through bacterial fermentation, is regarded as a traditional and nutritionally dense food in numerous cultures across the globe (3). Sheep yoghurt is a valuable source of macronutrients, micronutrients, and bioactive compounds. In addition to its distinct taste and texture, it offers numerous health benefits. In comparison to yoghurt produced from cow's milk, sheep yoghurt is distinguished by its superior nutritional profile, which makes it a valuable addition to the diet (4).

One of the most notable advantages of sheep yoghurt is its higher content of protein, fat, and essential vitamins in comparison to yoghurt produced from cow's or goat's milk (5). The protein and fat content of sheep milk is naturally higher than that of cow or goat milk, resulting in a more concentrated and creamy yoghurt with a higher energy density (6). The protein found in sheep yoghurt is complete, containing all nine essential amino acids that the human body cannot synthesise and must obtain from food (7). This makes sheep yoghurt an excellent source of high-quality protein, which is important for muscle repair, growth, and the proper functioning of the immune system.

In addition to protein, sheep yoghurt is a particularly rich source of calcium, which is essential for bone health, nerve function and muscle contraction (8). Additionally, sheep yoghurt is a rich source of several essential vitamins, including vitamin B12, riboflavin (B2), and vitamin D (9). Beyond its macronutrient and micronutrient composition, sheep yoghurt offers significant benefits for digestive health, primarily due to the presence of probiotics. Probiotics in sheep yoghurt have been demonstrated to enhance gut motility, mitigate symptoms of irritable bowel syndrome, and facilitate the prevention of gastrointestinal infections, including those caused by pathogenic bacteria or viruses 10, 11).

In recent years, there has been a notable increase in interest surrounding the potential health benefits of sheep yoghurt for cardiovascular health. It is hypothesised that the distinctive fatty acid profile of sheep milk, which includes elevated levels of conjugated linoleic acid (CLA), may assist in reducing blood cholesterol levels, decreasing the likelihood of cardiovascular disease, and enhancing overall heart health (12, 13). Conjugated linoleic acid (CLA), which is found in higher concentrations in the milk of ruminants like sheep, is thought to possess anti-inflammatory and antioxidant properties that may help prevent the development of chronic diseases, including atherosclerosis and hypertension (14). Furthermore, sheep yoghurt has a lower lactose content than cow's milk yoghurt, which makes it an appealing option for individuals with mild lactose intolerance (15). Although sheep milk still contains lactose, many individuals with lactose sensitivity may find sheep yoghurt more digestible due to the partial breakdown of lactose during the fermentation process. Additionally, sheep yoghurt is receiving increasing attention as a potential aid in weight management. The high protein content and dense nutrient profile of sheep yoghurt may contribute to feelings of fullness and satiety, which could potentially lead to a reduction in overall calorie intake. Additionally, the elevated calcium concentrations present in sheep yoghurt have been associated with enhanced fat metabolism (5).

However, the presence of heavy metals, particularly Pb, in yoghurt can pose a significant health risk. Lead, when ingested, accumulates in the body, particularly in the nervous system,

kidneys, and bones, thereby exerting toxic effects (16). Chronic exposure to lead is particularly deleterious to children, with the potential to cause developmental issues, learning disabilities and lower IQ levels. In adults, Pb exposure has been linked to an increased risk of developing hypertension, kidney damage, anaemia and other serious health conditions (17). The presence of this heavy metal in yoghurt, particularly when consumed over an extended period or in large amounts, may increase the risk of adverse health outcomes. It is therefore imperative to undertake a detailed examination of the potential health risks associated with yoghurt and other dairy products, taking into account the possibility of contamination by harmful substances. It is incumbent upon both food producers and consumers to exercise vigilance in monitoring and controlling such contaminants, with a view to preventing adverse health effects. The objective of the present study is to evaluate the concentrations of Pb in homemade sheep yoghurt samples sold in the Şanlıurfa province.

## 2. MATERIAL AND METHODS

### *2.1.Samples*

A total of 47 homemade sheep yoghurt samples were obtained from local markets in the Şanlıurfa province. The yoghurt samples were transported to the laboratory under cold chain conditions, placed in sterile polyethylene tubes, and stored at -19 °C until analysis.

### *2.2.Preparation of samples for analysis*

Prior to analysis, the samples were permitted to attain room temperature and were subsequently homogenised. A quantity of 1 g was placed into Teflon containers, which had been designed for use with the microwave digestion system. To each container, 4 ml of nitric acid ($HNO_3$) and 2 ml of hydrogen peroxide ($H_2O_2$) were added. The microwave digestion process was conducted using a CEM Corporation device from the USA. The process was completed in three stages at a power setting of 1600 W: 1. 120 °C for 10 minutes, 2. 190 °C for 10 minutes, and 3. 210 °C for 20 minutes.

### *2.3.Analysis of samples*

The samples were transferred to 50 mL sterile Falcon tubes and diluted to a final volume of 50 mL with ultrapure water, thus creating a solution for further analysis. The concentration of Pb was determined by ICP-OES (Optima 7000 S10, Perkin Elmer, USA) (18). Each analysis was conducted in duplicate, and the mean of the two measurements was recorded. To ensure the accuracy of the device was maintained throughout the procedure, a standard reading was taken for every ten samples during the analysis. The data were evaluated by calculating the limit of quantification (LOQ) and the limit of detection (LOD).

## 3. RESULTS

The concentration of Pb in each yoghurt sample is presented in Table 1. Seven samples exhibited Pb values below the detection limit, while the mean Pb concentration detected in the remaining 40 samples was also 0.08 ± 0.03 µg/kg.

**Table 1. The concentrations of Pb in sheep yoghurt samples.**

| Sample number | Pb (µg/kg) |
|---|---|
| 1 | 0.13 |
| 2 | 0.10 |
| 3 | 0.06 |
| 4 | 0.12 |
| 5 | 0.09 |
| 6 | 0.10 |
| 7 | < LOD |
| 8 | 0.09 |
| 9 | 0.02 |
| 10 | 0.07 |
| 11 | 0.10 |
| 12 | < LOD |
| 13 | 0.12 |
| 14 | 0.07 |
| 15 | 0.08 |
| 16 | 0.13 |
| 17 | 0.10 |
| 18 | 0.18 |
| 19 | 0.12 |
| 20 | 0.09 |
| 21 | 0.10 |
| 22 | 0.05 |
| 23 | 0.02 |
| 24 | < LOD |
| 25 | 0.08 |
| 26 | 0.10 |
| 27 | 0.03 |
| 28 | 0.08 |
| 29 | 0.06 |
| 30 | 0.09 |
| 31 | 0.08 |
| 32 | 0.02 |
| 33 | 0.15 |
| 34 | 0.04 |
| 35 | 0.09 |
| 36 | 0.03 |
| 37 | 0.09 |
| 38 | 0.03 |
| 39 | 0.07 |
| 40 | 0.03 |
| 31 | < LOD |
| 42 | < LOD |
| 43 | < LOD |
| 44 | 0.03 |
| 45 | 0.06 |
| 46 | 0.07 |
| 47 | < LOD |

LOD: Limit of Detection

**Table 2. Average Pb levels of sheep yoghurt samples**

| Element | n | Minimum | Maximum | Mean±SD |
|---|---|---|---|---|
| Pb (µg/kg) | 40 | 0.016 | 0.175 | 0.08 ± 0.03 |

## 4. DISCUSSION

The objective of this study was to assess the concentration of Pb in homemade sheep yoghurt samples collected from Şanlıurfa Province using ICP-OES. A total of 47 yoghurt samples were subjected to analysis, with seven samples exhibiting Pb levels below the detection limit. The remaining 40 samples displayed an average Pb concentration of 0.08 ± 0.03 µg/kg. These findings suggest that the Pb levels in the yoghurt samples were in compliance with the Turkish Food Codex standards (0.02 mg/kg), indicating that the consumption of these yoghurts does not pose a significant public health risk with regard to Pb contamination (19).

The results of this study revealed that the Pb levels in homemade sheep yoghurt were generally very low. The lead concentrations ranged from 0.02 µg/kg to 0.18 µg/kg, with most samples having concentrations well below detectable limits. Seven samples had Pb levels that were not detectable, indicating that Pb contamination in these samples was absent. This low concentration of Pb suggests that Pb contamination in homemade yoghurt, at least in this region, does not pose a significant risk to consumers. Chronic exposure to even low levels of Pb can accumulate in the body, especially in the nervous system, kidneys, and bones, leading to potential long-term health issues (16, 17). Therefore, even though the levels detected in this study are low, ongoing monitoring of such contaminants in food products is essential, particularly for vulnerable groups such as children.

Lead is a common environmental contaminant that can enter food products via a number of different routes. The sources of in dairy products can be attributed to contamination of the soil, water, and air, as well as the equipment utilized during the production process. In traditional food production methods, such as the preparation of homemade yoghurt, there is an increased risk of contamination from older or poorly maintained equipment, or from water sources with elevated Pb levels. Nevertheless, the generally low levels of Pb identified in this study indicate that the environment in Şanlıurfa, particularly in homemade yoghurt production, may not have significantly contributed to Pb contamination. Further research on the specific sources of Pb contamination in dairy products, including the materials used during production, could facilitate a more comprehensive understanding of the risks and inform strategies for their mitigation.

## 5. CONCLUSION

The present study concentrated specifically on homemade sheep yoghurt samples. It would be beneficial for future research to enlarge the scope to incorporate different types of yoghurt (e.g. cow, goat) in order to facilitate a comparison of Pb contamination levels across a range of dairy products. Furthermore, environmental factors, such as soil and water contamination, and production conditions can also exert an influence on Pb contamination levels. It is thus recommended that future studies take these factors into account by comparing yoghurt samples

from different geographic regions and production methods. It is of the almost importance to gain an understanding of the sources of Pb contamination and its impact on food safety, in order to ensure the protection of public health. Furthermore, additional research should investigate potential interventions or production practices that could reduce the risk of Pb contamination in dairy products.

## REFERENCES

1. Chandan, R. C., Gandhi, A., & Shah, N. P. (2017). Yoghurt: Historical background, health benefits, and global trade. In Yoghurt in health and disease prevention (pp. 3-29). Academic Press.

2. Zourari, A. A. J. P., Accolas, J. P., & Desmazeaud, M. J. (1992). Metabolism and biochemical characteristics of yogurt bacteria. A review. Le lait, 72(1), 1-34.

3. Hilali, M., Iniguez, L., Knaus, W., Schreiner, M., Wurzinger, M., & Mayer, H. K. (2011). Dietary supplementation with nonconventional feeds from the Middle East: Assessing the effects on physicochemical and organoleptic properties of Awassi sheep milk and yogurt. Journal of dairy science, 94(12), 5737-5749.

4. Terzioğlu, M. E., Bakırcı, İ., Oz, E., Brennan, C. S., Huppertz, T., Amarowicz, R., ... & Oz, F. (2023). Comparison of camel, buffalo, cow, goat, and sheep yoghurts in terms of various physicochemical, biochemical, textural and rheological properties. International Dairy Journal, 146, 105749.

5. Paszczyk, B., Tońska, E., & Łuczyńska, J. (2019). Health-promoting value of cow, sheep and goat milk and yogurts. Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka, 69(3), 182-192.

6. Mayer, H. K., & Fiechter, G. (2012). Physical and chemical characteristics of sheep and goat milk in Austria. International Dairy Journal, 24(2), 57-63.

7. Haenlein, G. F., & Wendorff, W. L. (2006). Sheep milk. Handbook of milk of non-bovine mammals, 137-194.

8. Monteiro, A., Loureiro, S., Matos, S., & Correia, P. (2019). Goat and sheep milk as raw material for yoghurt. Milk Production, Processing and Marketing, 13.

9. Hadjimbei, E., Botsaris, G., & Chrysostomou, S. (2022). Beneficial effects of yoghurts and probiotic fermented milks and their functional food potential. Foods, 11(17), 2691.

10. Pannerchelvan, S., Rios-Solis, L., Wasoh, H., Sobri, M. Z. M., Wong, F. W. F., Mohamed, M. S., ... & Halim, M. (2024). Functional yogurt: a comprehensive review of its nutritional composition and health benefits. Food & Function.

11. Aleman, R. S., & Yadav, A. (2023). Systematic review of probiotics and their potential for developing functional nondairy foods. Applied Microbiology, 4(1), 47-69.

12. Olmedilla-Alonso, B., Nova-Rebato, E., García-González, N., Martín-Diana, A. B., Fontecha, J., Delgado, D., ... & Asensio-Vegas, C. (2017). Effect of ewe's (semi-skimmed and whole) and cow's milk yogurt consumption on the lipid profile of control subjects: a crossover study. Food & nutrition research.

13. Lordan, R., Tsoupras, A., Mitra, B., & Zabetakis, I. (2018). Dairy fats and cardiovascular disease: do we really need to be concerned?. Foods, 7(3), 29.

14. Gebereyowhans, S. (2024). Potential strategies to enhance conjugated linoleic acid content of milk and dairy products: A review. Heliyon.

15. Bano, P., Abdullah, M., Nadeem, M., Babar, M. E., & Khan, G. A. (2011). Preparation of functional yoghurt from sheep and goat milk blends. Pak. J. Agri. Sci, 48(3), 211-215.

16. Ara, A., & Usmani, J. A. (2015). Lead toxicity: a review. Interdisciplinary toxicology, 8(2), 55-64.

17. Mason, L. H., Harp, J. P., & Han, D. Y. (2014). Pb neurotoxicity: neuropsychological effects of lead toxicity. BioMed research international, 2014(1), 840547.

18. Altun, S. K., & Paksoy, N. (2022). Analysis of Some Trace and Toxic Element Concentrations of Sheep Milk by Using an Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer. Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi, 11(1), 15-20.

19. Turkish Food Codex (2011). Turkish Food Codex Contaminants Regulation published in the 3rd repeated Official Gazette dated 29/12/2011 and numbered 28157.

# KOYUN VE İNEK SÜTÜ İLE PEYNİRLERİNİN BİLEŞİMİ: MİNERAL VE TOKSİK ELEMENTLERİN ICP-MS İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

**Prof. Dr. SERAP KILIÇ ALTUN**

Harran Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye, skilicaltun@harran.edu.tr

ORCID NO: 0000-0002-4203-2508

**Doç. Dr. NİLGÜN PAKSOY**

Harran Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı, Şanlıurfa, Türkiye, nilgunpaksoy@harran.edu.tr

ORCID NO: 0000-0001-6231-5524

## ÖZET

Bu çalışma, koyun ve inek sütü ile peynirlerinin mineral ve toksik element içeriklerini ICP-MS yöntemiyle inceleyerek, bu ürünlerin besleyici değerlerini ve potansiyel sağlık risklerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Süt ve peynir örnekleri, Şanlıurfa ve Erzurum illerinden yerel satıcılardan temin edilerek analiz edilmiştir. Çalışmada, sodyum, magnezyum, potasyum, manganez, demir, bakır, çinko, selenyum, arsenik, kadmiyum ve kurşun gibi 12 elementin seviyeleri belirlenmiştir. Sonuçlar, her iki türdeki süt ve peynirlerin mineral içeriğinde bazı benzerlikler ve farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. Koyun sütü ve peynirlerinde magnezyum ve potasyum seviyelerinin daha yüksek olduğu, inek sütü ve peynirlerinde ise sodyum seviyelerinin ön planda olduğu gözlemlenmiştir. Ağır metallerin seviyeleri, tüm örneklerde deteksiyon limitinin altında bulunmuştur. Çalışma, süt ve peynirlerin besleyici değerini değerlendirmekte olup, elementel analizlerin gıda güvenliği ve sağlık açısından önemini vurgulamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Koyun Sütü, İnek Sütü, Peynir, Mineral İçeriği, Toksik Elementler

## ABSTRACT

This study aims to evaluate the nutritional value and potential health risks of sheep and cow milk and cheese by examining their mineral and toxic element contents using ICP-MS. Milk and cheese samples were obtained from local vendors in Şanlıurfa and Erzurum provinces and analyzed. The levels of 12 elements, including sodium, magnesium, potassium, manganese, iron, copper, zinc, selenium, arsenic, cadmium, and lead, were determined. The results revealed both similarities and differences in the mineral content of the two types of milk and cheese. Higher levels of magnesium and potassium were observed in sheep milk and cheese, while sodium levels were more prominent in cow milk and cheese. The levels of heavy metals were low in all samples, with arsenic, cadmium, and lead concentrations below the detection limit.

This study assesses the nutritional value of milk and cheese and emphasizes the importance of elemental analysis for food safety and health.

**Keywords:** Sheep Milk, Cow Milk, Cheese, Mineral Content, Toxic Elements

## 1. GİRİŞ

Süt ve peynir, insan sağlığı için önemli bir besin kaynağı olan faydalı mineraller açısından zengin gıdalardır (1). Özellikle kalsiyum, süt ve peynirin temel minerallerindendir ve kemik sağlığı, diş gelişimi ile kas fonksiyonları için kritik rol oynar (2). Bunun yanı sıra, süt ve peynir, fosfor, magnezyum, çinko, iyot ve potasyum gibi diğer önemli mineralleri de içerir. Fosfor, kemik ve diş yapısının güçlendirilmesine yardımcı olurken, magnezyum kalp sağlığını destekler ve sinir ile kas fonksiyonlarını düzenler (3). Çinko, bağışıklık sistemi için gereklidir ve hücresel onarımda rol oynar (4). Potasyum ise, vücutta sıvı dengesini sağlar ve tansiyonun düzenlenmesine yardımcı olur (5). Bu nedenle, süt ve peynir, yalnızca protein kaynağı olmakla kalmayıp, aynı zamanda vücudun birçok önemli fonksiyonunu destekleyen mineraller açısından da zengindir.

Son yıllarda, gıda ürünlerinin güvenliği ve besleyici değeri, tüketici sağlığı açısından giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Süt ve süt ürünleri, protein, yağ, vitamin ve mineraller açısından zengin kaynaklar olup, dünyada yaygın bir şekilde tüketilmektedir. Ancak, süt ve peynirlerdeki besleyici ve sağlığa faydalı bileşiklerin yanı sıra, bazı ağır metaller de bulunabilir (6, 7). Bu elementlerin fazla miktarda bulunması, sağlık açısından risk oluşturabileceğinden, gıda ürünlerinin elementel içeriği titizlikle incelenmelidir.

Süt ve peynirlerin mineral içeriği, özellikle süt üretiminde kullanılan hayvanların beslenme şekli, çevresel faktörler ve işleme teknikleri ile yakından ilişkilidir (8). Bunun yanı sıra, ağır metaller (arsenik, kadmiyum, kurşun gibi) çevresel kirleticiler olarak gıda zincirine girebilir ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir (9). Bu bağlamda, koyun sütü, koyun peyniri, inek sütü ve inek peyniri gibi yaygın olarak tüketilen ürünlerin elementel analizinin yapılması, beslenme değerleri ve sağlık riskleri açısından önemli bilgiler sunmaktadır.

Bu çalışmada, ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry/Endüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometrisi) cihazı kullanılarak, koyun ve inek sütü ile peynirlerinin elementel profili incelenmiştir. Çalışmanın amacı, bu ürünlerdeki sodyum (Na), magnezyum (Mg), potasyum (K), manganez (Mn), demir (Fe), kobalt (Co), bakır (Cu), çinko (Zn), arsenik (As), selenyum (Se), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) gibi elementlerin seviyelerini belirleyerek, bu ürünlerin besleyici değerini ve potansiyel toksik etkilerini değerlendirmektir. Ayrıca, süt ve peynirlerin elementel içeriğindeki farklar, farklı hayvan türleri ve üretim yöntemlerine dayalı olarak karşılaştırılacaktır. Bu araştırmanın, süt ve peynir üreticilerine, gıda güvenliği otoritelerine ve tüketicilere, süt ürünlerinde elementel içeriklerin izlenmesi gerektiği konusunda önemli bir veri sağlaması beklenmektedir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışma kapsamında her bir örnekten bir adet olmak üzere inek sütü ve taze koyun peyniri örneği Şanlurfa'nın Harran ilçesinden, taze inek peynir örneği Erzurum ilinden, koyun süt örneği ise Şanlıurfa Birecik ilçesinden, perakende olarak satışa sunulan yerel üreticilerden temin edildi. Süt ve peynir örnekleri, soğuk zincir şartlarına uyularak hızlıca laboratuvara getirildi ve analiz işlemine kadar -19 º C de saklandı.

Analiz öncesi oda ısısına getirilen ve homojenize edilen inek süt örneğinden 5 ml, inek peynir örneğinden 1g, koyun süt örneğinden 1 ml, koyun peynir örneğinden 5 g alınarak mikrodalga cihazının Teflon numune kaplarına konuldu. Her bir örneğin üzerine organik içeriğin yanmasını sağlamak üzere 2'şer ml % 30'luk (h/h) hidrojen peroksit ($H_2O_2$) ve 4'er ml % 65'lik (h/h) nitrik asit ($HNO_3$) pipetlendi. Mikrodalga fırını için belirlenen programla farklı miktarlarda ölçülen süt ve peynir örnekleri mikrodalga fırında yakma işlemine tabi tutuldu. CEM Corporation (ABD) firmasına ait bir cihaz kullanılarak gerçekleştirilen mikrodalga yakma işlemi, 1600 W güç ayarında sırsıyla 1. 120 °C'de 5 dakika, 2. 160 °C'de 5 dakika ve 3. 190 °C'de 25 dakikalık üç aşamada gerçekleştirildi. Yakma işleminin ardından oda ısısına gelen yanmış numuneler steril tüplere alınarak ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlanmak üzere sulandırıldı (10).

Süt ve peynir örneklerinin Na, Mg, K, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Se, As, Cd ve Pb analizleri Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarındaki Agilent marka, 7500ce serisi ICP-MS (Tokyo, Japan) cihazı ile yapıldı.

## 3. BULGULAR

Çalışma kapsamında ICP-MS ile analiz edilen süt ve peynir örneklerinin analiz edilen elementlere ait konsantrasyonları Tablo 1'de sunulmuştur.

**Çizelge 1.** Süt ve peynir örneklerinin 12 element konsantrasyonları

| Element | İnek Süt | İnek Peynir | Koyun Süt | Koyun Peynir |
|---|---|---|---|---|
| Na (ppm) | 1455 | 584 | 990 | 834 |
| Mg (ppm) | 227.5 | 96 | 324.5 | 103.5 |
| K (ppm) | 5245 | 484.5 | 5465 | 532.5 |
| Mn (ppb) | 75.5 | 152 | 74.5 | 194 |
| Fe (ppm) | < DL | < DL | < DL | 0.7 |
| Co (ppb) | < DL | < DL | < DL | < DL |
| Cu (ppb) | 118.5 | 165.5 | 115.1 | 181.9 |
| Zn (ppm) | 8.34 | 11.765 | 8.05 | 7.04 |
| Se (ppb) | 350 | 335 | 363 | < DL |
| As (ppb) | < DL | < DL | < DL | < DL |
| Cd (ppb) | < DL | < DL | < DL | < DL |
| Pb (ppb) | < DL | < DL | < DL | < DL |

DL: Deteksiyon limiti

Hem inek hem de koyun süt örneklerinin predominant makro elementi K iken (K>Na>Mg), inek ve koyun taze peynirinin predominant makro elementi Na (Na>K>Mg) idi. İz element

konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek Zn konsantrasyonunun inek peynirine ait olduğu (11.765 ppm), Cu ve Mn değerlerinin peynir örneklerinde süt örneklerine göre daha yüksek olduğu tespit edildi. Demir (Fe) yalnızca koyun peynir örneğinde ölçüldü (0.7 ppm). Selenyum (Se) inek ve koyun süt ile inek peynir örneklerinde birbirine paralel konsantrasyonlarda iken yalnızca koyun peynir numunesinde deteksiyon limiti altında idi. Kobalt (Co), hem süt hem de peynir numunelerinde tespit edilemedi. Analiz edilen tüm numunelerde toksik elementler olan As, Cd ve Pb değerleri deteksiyon limitinin altındaydı.

## 4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, koyun ve inek sütü ile peynirlerinin elementel profili, ICP-MS yöntemi ile belirlenen 12 farklı element açısından incelenmiştir. Çalışmanın amacı, bu süt ve peynir ürünlerinin besleyici değerini ve potansiyel sağlık risklerini değerlendirmekti. Sonuçlar, her iki tür süt ve peynirinin mineral içeriği bakımından bazı benzerlikler gösterse de, element düzeylerinde bazı önemli farklılıklar da ortaya çıkmıştır.

Sodyum, Mg ve K gibi mineraller, süt ve peynirlerin temel besin bileşenleri arasında yer alır (11). İncelenen ürünler arasında, inek sütü ve peynirlerinin genellikle daha yüksek Na seviyelerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Koyun sütü ve peynirlerinde ise Mg ve K seviyelerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir, bu da bu ürünlerin kas fonksiyonu ve sıvı dengesinin düzenlenmesinde daha faydalı olabileceğini göstermektedir.

Bakır, Zn ve Mn gibi eser minerallerin seviyeleri, her iki tür süt ve peynirinde de benzer seviyelerde bulunmuştur. Bu mineraller, vücudun enzim fonksiyonları, bağışıklık sistemi ve hücresel metabolizması için gereklidir (13). Bakır ve Zn'nun, genellikle hayvansal ürünlerde bulunan mineraller olduğu ve bu süt ve peynirlerin bağışıklık sistemi üzerinde olumlu etkiler yaratabileceğini göstermiştir. Bununla birlikte, bu minerallerin aşırı miktarda alımı, vücutta toksik etkiler oluşturabilir, bu yüzden dengeli bir tüketim önemlidir (14). Ağır metallerin seviyeleri, tüm örneklerde deteksiyon limitinin altında bulunmuştur. Bu veri gıda güvenliği açısından son derece olumlu bir veridir.

Araştırmamızda, koyun ve inek sütü ile peynirlerinin elementel içeriklerinde bazı belirgin farklar gözlemlenmiştir. Bu farkların, hayvanların beslenme şekli, yaşadıkları çevre koşulları ve süt işleme yöntemlerine bağlı olarak değişmiş olabileceği söylenebilir. Koyunların daha besleyici bir diyetle beslendiği ve genellikle daha doğal ortamlarda yetiştirildiği, bu ürünlerdeki mineral içeriğinin farklı olmasına yol açabilir. Ayrıca, peynir üretimindeki farklı işleme teknikleri, minerallerin biyoyararlanabilirliğini etkileyebilir. Örneğin, sütün kaynatılması, mayalanması ve olgunlaştırılması sırasında bazı minerallerin kaybı yaşanabilir.

## 5. SONUÇ

Sonuç olarak, bu çalışma, koyun ve inek sütü ile peynirlerinin mineral içeriği açısından bazı önemli farklılıklar ve benzerlikler ortaya koymuştur. İncelenen süt ve peynirlerde Na, Mg, K gibi makro minerallerin yanı sıra, Cu, Zn ve Mn gibi eser minerallerin de dengeli seviyelerde bulunduğu tespit edilmiştir. Ağır metallerin, özellikle arsenik, kadmiyum ve kurşun gibi toksik elementlerin seviyeleri tüm örneklerde deteksiyon limitinin altında olup, bu ürünlerin sağlıklı tüketim için güvenli olduğunu göstermektedir. Ayrıca, koyun sütü ve peynirlerinin, çevresel

faktörler ve hayvan beslenme alışkanlıkları nedeniyle farklı mineral profilleri sergileyebileceği ve bu farkların üretim yöntemlerine veya çevresel faktörlere dayalı olarak değişebileceği görülmüştür. Bu bulgular, süt ve peynirlerin besleyici değerlerinin ve potansiyel sağlık risklerinin değerlendirilmesinde elementel analizlerin önemini bir kez daha vurgulamaktadır. Gelecekteki çalışmalar, farklı bölge ve üretim koşullarındaki süt ve peynir örnekleriyle karşılaştırmalar yaparak, bu ürünlerin sağlık üzerindeki potansiyel etkilerini daha ayrıntılı bir şekilde inceleyebilir.

## KAYNAKLAR

1. Ünal, R. N., & Besler, H. T. (2008). Beslenmede sütün önemi. Sağlık Bakanlığı Yayın, 727.
2. Tayfur, M. (1991). Kalsiyum. Beslenme ve Diyet Dergisi, 20(2), 251-255.
3. Calvo, M. S., Moshfegh, A. J., & Tucker, K. L. (2014). Assessing the health impact of phosphorus in the food supply: issues and considerations. Advances in Nutrition, 5(1), 104-113.
4. Tkacheva, N., & Eliseeva, T. (2022). Zinc (Zn)–value for the body and health+ 30 best sources. Journal of Healthy Nutrition and Dietetics, 1(19), 5-15.
5. Weaver, C. M. (2013). Potassium and health. Advances in Nutrition, 4(3), 368S-377S.
6. Özturan, K., & Atasever, M. (2020). Erzurum ve Çevresinde Üretilen Süt ve Süt Ürünlerinin Mevsimlere Göre Mineral Madde ve Ağır Metal İçeriği. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 15(1), 51-62.
7. Elafify, M., Marwa, E. T., Sallam, K. I., Sadoma, N. M., Abd-Elghany, S. M., Abdelkhalek, A., & El-Baz, A. H. (2023). Heavy metal residues in milk and some dairy products with insight into their health risk assessment and the role of Lactobacillus rhamnosus in reducing the lead and cadmium load in cheese. Food Chemistry Advances, 2, 100261.
8. Al Sidawi, R., Ghambashidze, G., Urushadze, T., & Ploeger, A. (2021). Heavy metal levels in milk and cheese produced in the Kvemo Kartli region, Georgia. Foods, 10(9), 2234.
9. Zaynab, M., Al-Yahyai, R., Ameen, A., Sharif, Y., Ali, L., Fatima, M., ... & Li, S. (2022). Health and environmental effects of heavy metals. Journal of King Saud University-Science, 34(1), 101653.
10. Altun, S. K., & Aydemir, M. E. (2021). Determination of some minerals and heavy metal levels in Urfa cheese and cow's milk. Food and Health, 7(3), 185-193.
11. Özturan, K., & Atasever, M. (2018). Süt ve ürünlerinde mineral maddeler ve ağır metaller. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 13(2), 229-241.
12. Güler, Ü. A., & Can, Ö. P. (2017). Kimyasal Kontaminantların Çevre Sağlığı ve Gıdalar Üzerine Etkileri. Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2(1), 170-195.
13. Lozano Muñoz, I., & Díaz, N. F. (2020). Minerals in edible seaweed: Health benefits and food safety issues. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 62(6), 1592-1607.
14. Mohammadifard, N., Humphries, K. H., Gotay, C., Mena-Sánchez, G., Salas-Salvadó, J., Esmaillzadeh, A., ... & Sarrafzadegan, N. (2019). Trace minerals intake: risks and

benefits for cardiovascular health. Critical reviews in food science and nutrition, 59(8), 1334-1346.

# COĞRAFİ İŞARETLİ HAMUR İŞİ YİYECEKLER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA: TOKAT İLİ ÖRNEĞİ

**Dyt. İremnur KILINÇ**

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye

iremnurkilinc1999@gmail.com, ORCID: 0009-0009-5776-9623

**Dr. Öğr. Üyesi Esra ESİN**

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye

esinyasemin@yahoo.com, ORCID: 0000-0003-0470-0015

## ÖZET

Gastronomi camiasında Türk Mutfağı için dünyanın en zengin 3 mutfaktan biri olduğu belirtilmiştir. Tarihsel süreç içinde barındırdığı uygarlıkların etkisiyle zenginleşen bu mutfak, besleyici değeri en yüksek mutfaklar arasında ilk sırada yer almaktadır. Bu bağlamda ülkemizde Orta Karadeniz bölgesinde yer alan Tokat ili de zengin mutfak kültürü ile dikkat çekmektedir. Tokat ilinde toplam 15 adet yiyecek coğrafi işaret almış, bunlardan 5 adedi hamur işi kategorisinde yer almaktadır. Bu çalışmanın amacı Tokat ilinde coğrafi işaret ile tescil edilmiş olan hamur işi ürünleri hakkında bilgi vermek ve bu ürünlerin enerji ve besin öğesi değerlerini incelemektir. Çalışmada incelenen ürünler Tokat Ekmeği, Tokat Yağlısı, Erbaa Katmeri, Tokat Çöreği ve Turhal Yoğurtmacıdır. Yöresel yiyeceklerin malzemeleri ve tarifleri T.C. Türk Patent ve Marka Kurumu (2024) resmi internet sitesinden alınmıştır. Yemeklerin besin ögesi ve enerji değerleri Beslenme Bilgi Sistemi (BeBiS) 9 (2020) programında analiz edilmiştir. Ürünlerin enerji değerleri Erbaa Katmeri (1 bütün) 1798,0 kkal; Tokat Yağlısı (1 adet) 658,3 kkal; Tokat ekmeği (1 bütün) 3349,3 kkal; Turhal Yoğurtmacı (1 bütün) 1579,6 kkal; Tokat Çöreği (1 adet) 439,4 kkal olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak bu çalışmada; Tokat ilinde üretilen coğrafi işaret almış hamur işi ürünlerinin nasıl üretildiği, tescillenen özelliklerinin ne olduğu ve emsallerinden ne gibi ayırt edici özellikleri bulunduğu, gastronomi alanında değerlendirilmesi ile ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca yöresel yemeklerin enerji, makro ve mikro besin ögeleri içeriklerinin incelenmesi, geçmişten günümüze gelen yemeklerimizin sadece lezzetinin değil aynı zamanda besleyici değerinin de yüksek olduğunu göstermektedir. Bu ve benzeri çalışmaların yapılması yöresel yemeklerin besin ögesi ve sağlık ile olan ilişkisinin anlaşılması açısından da oldukça önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** coğrafi işaret, gastronomi, mutfak

# A RESEARCH ON GEOGRAPHICALLY LABELED PASTRY FOODS: THE CASE OF TOKAT PROVINCE

## ABSTRACT

It is stated in the gastronomy community that Turkish cuisine is one of the three richest cuisines in the world. This cuisine, which has been enriched by the civilizations it has hosted in the historical process, ranks first among the cuisines with the highest nutritional value. In this context, Tokat province, located in the Central Black Sea region of our country, attracts attention with its rich culinary culture. The aim of this study was to give information about the pastry products registered with geographical indication in Tokat province and to examine the energy and nutrient values of these products. The products examined in the study are Tokat Bread, Tokat Yağlısı, Erbaa Katmeri, Tokat Çöreği and Turhal Yoğurtmacı. Ingredients and recipes of local foods taken from the official website of the Turkish Patent and Trademark Office (2024). Nutrient and energy values of the meals were analyzed in the Nutrition Information System (BeBiS) 9 (2020) program. The energy values of the products are calculated as Erbaa Katmeri (1 whole) 1798.0 kcal; Tokat Yağlısı (1 piece) 658.3 kcal; Tokat bread (1 whole) 3349.3 kcal; Turhal Yoğurtmacı (1 whole) 1579.6 kcal; Tokat Çöreği (1 piece) 439.4 kcal. As a result, in this study; information is given about how the geographically indicated pastry products produced in Tokat province are produced, what their registered features are, what distinguishing features they have from their peers, and their evaluation in the field of gastronomy. In addition, examining the energy, macro and micronutrient contents of local dishes shows that our dishes from past to present are not only delicious but also have high nutritional value. Conducting such studies is also very important in understanding the nutritional elements of local dishes and their relationship with health.

**Keywords:** geographical indication, gastronomy, cuisine

## 1. GİRİŞ

Gastronomi, Yunanca gastri (mide) ile nomos (yasa, kurallar) sözcüklerinden türemektedir (Sarıışık ve Özbay, 2015). Gastronomi için ilk zamanlarda "gösteriş için süslü ve kapsamlı yemekler" tanımı yapılsa da bu tanımlama sonraki zamanlarda yerini daha özgün ve daha geniş çerçeveli ifadelere bırakmıştır (Barkat ve Vermignon, 2006). Kelime anlamı olarak gastronomi; "bir ülkenin ya da bölgenin mutfaklarını diğerlerinden ayıran ve o ülkenin ya da bölgenin yiyecekleri, yiyecek hazırlama teknikleri ve yeme-içme alışkanlıklarını" kapsamaktadır (Serçeoğlu vd., 2016). Gastronomi kelimesi Türk Dil Kurumu (TDK) sözlüğünde ise; "Sağlığa uygun, iyi düzenlenmiş, hoş ve lezzetli mutfak, yemek düzeni ve sistemi" olarak tanımlanmaktadır (TDK, 2024).

Gastronomi turizmi ise, gıda sanayisinde yiyecek ve içeceğin konumu nedeniyle ekonomik ve toplumun kalkınmasına katkı sağlayabilecek olan bir turizm türü olmakla birlikte (Cömert ve Sökmen, 2017), literatürde "culinary tourism", "gastronomy tourism", "food tourism",

"gourmet tourism" gibi farklı tanımlarla da ifade edilebilmektedir (Sormaz ve ark., 2015). Gastronomi turizmi, turizm ile tüm gıdalar arasındaki bağlantıyı açıklamakta (Bekar ve Belpınar, 2015) ve daha çok yöresel gıdaların bulunduğu yerlere gerçekleştirilen iç turizm seyahatlerini ifade etmektedir (Cömert ve Sökmen, 2017).

Türk Dil Kurumu (TDK) yöresel kelimesini "Belli bir yöreye özgü; domestik, belli bir yöre ile ilgili; yerel, mahalli, lokal" şeklinde tanımlamıştır (TDK, 2024). Yöresel mutfak; belirli bir konuma aidiyeti olan, o bölgeye ait özellikler taşıyan yiyecek ve içecekleri izah etmek amacıyla kullanılan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (Şengül ve Türkay, 2017). Toksöz ve Aras (2016)'a göre "yöresel mutfak, bir bölgenin veya yörenin sahip olduğu yiyecek ve içeceklerin yanı sıra bu yiyecek ve içeceklerin hazırlanması, pişirilmesi, tüketilmesi, saklanması ve servis edilmesine ilişkin yöntemler, sunumunda kullanılan araç ve gereçler, mutfağın konumu, mimarisi, yemek törenleri ve bu çerçevede geliştirilen inanç ve uygulamalarından oluşan kendine özgü kültürel yapıyı ifade eden" bir kavramdır .Yöresel mutfak kültürü, o bölgeye ait yöresel kimliği, yöre içinde yaşamını devam ettirmekte olan ve bu gıdaları hazırlayan yöre halkının örf, anane ve kültürüne ait izlerini yansıtmaktadır (Küçükyaman ve ark., 2018).

Gastronomi camiasında Türk Mutfağı için dünyanın en zengin 3 mutfaktan biri olduğu belirtilmiştir. Tarihsel süreç içinde barındırdığı uygarlıkların etkisiyle zenginleşen bu mutfak, besleyici değeri en yüksek mutfaklar arasında ilk sırada yer almaktadır (Cömert ve Durlu Özkaya, 2014). Türk mutfağı denilince Türkiye'de yaşamını sürdüren kişilerin beslenmesinde kullanılan gıdaların ve bu yiyeceklerin hazırlanması, pişirilmesi, korunması ve bunlar için gereken araç-gereçler ve teknikler, yemek yeme düzeni ve yemek yeme alışkanlıkları, bu mutfak çerçevesinde yapılan tüm işlemler ve inanışların tümünün akla gelmesi gerekmektedir. Türklerin mutfak kültüründe çorba çeşitleri, tahıllı, etli, sebzeli sulu yemekler, zeytinyağlı türleri, geleneksel içecekler, tatlılar, hamur işleri ve kızartmalar oldukça fazla yer tutmaktadır (Solmaz ve Dülger Altıner, 2018).

Yöresel ürünler, haksız rekabete maruz kalmamak ve taklitlerine karşı korunabilmek için uluslararası ve ulusal düzeyde coğrafi işaretler ile korunma altına alınmıştır (Şahin ve Meral, 2012). Türkiye'deki coğrafi işaretli 120 hamur işi ürününe bakıldığında bunların 19'unun ekmek, 10'unun mantı, 8'inin simit, 9'unun çörek, 20'sinin börek, 16 'sinin pide, 3'ünün de lahmacun çeşidi olduğu saptanmıştır. Verilenlerin haricinde diğer hamur işleri kategorisinde 35 farklı hamur işinin daha bulunduğu belirlenmiştir (Usta ve Şengül, 2022).

Bu bağlamda ülkemizde Orta Karadeniz bölgesinde yer alan Tokat ili de zengin mutfak kültürü ile dikkat çekmektedir. Tokat ilinde toplam 15 adet yiyecek coğrafi işaret almış, bunlardan 5 adedi hamur işi kategorisinde yer almaktadır.

Bu çalışmanın amacı Tokat ilinde coğrafi işaret ile tescil edilmiş olan hamur işi ürünleri hakkında bilgi vermek ve bu ürünlerin enerji ve besin öğesi değerlerini incelemektir.

## 2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

### 2.1. Coğrafi işaret

Coğrafi işaretler ilk olarak Fransa'da 20. yüzyılın sonunda uygulanmaya başlamış olup (Coşkun ve ark., 2023) tüketiciler için ürünün elde edildiği kaynağı, özelliklerini ve coğrafi bölge arasındaki bağı garanti eden sembollerdir. Bu kavram kendine benzeyen ürünlerden farklılaşmış ve bu farkı doğduğu yöreden alan ürünleri temsil eder. Bu bağlamda coğrafi işaret, belirgin bir niteliği, ünü veya diğer özellikleriyle kökenin bulunduğu yöre, alan, bölge veya ülke ile özdeşleşmiş ürünleri gösteren işarettir (Coğrafi İşaretler Kılavuzu, 2023).

Coğrafi işaretler; ürün kalitesini garantilemek, ürünün tanınırlığını ve katma değerinin arttırılması, ekonomik katkı sağlamaları, üreticileri ve tüketicileri de koruma altına alması yönünden önemlidir (Şahin ve Meral, 2012). Coğrafi işaretlerin en temel görevlerinden biri coğrafi bölgeden kaynağını alan mal ve/veya hizmetlerini başka bir coğrafi bölgeden kaynaklanan eş veya benzeyen mal ve/veya hizmetlerden ayırmaktır (WIPO, 2003).

Coğrafi işaret, o yörede üretimlerini yapan ve ürünün yapıldığı coğrafi bölgeye özgü özellikleri barındıran ürünleri üreten tüm üreticiler tarafından kullanılabilmektedir. Bu sebepten dolayı üreticiler coğrafi işarete uygun üretim yönergelerine uyma konusunda daha özenli davranmaktadırlar (WIPO, 2003).

Coğrafi işaretlerin ürünlerin pazarlanmasına sağladığı yarar ise bu ürünlerin o coğrafi yöreye ait ögeleri içermesinden kaynaklanmaktadır. Ürünün üretildiği coğrafi bölge ile ürünün kalitesi ve özellikleri arasında sıkı bir ilişki vardır. Bu ilişki ürünün karakteristik özelliklerini ve kalitesini belirler. Bu sıkı ilişki ise tüketicilere malın üretildiği veya kaynaklandığı coğrafi bölge hakkında bilgi vermektedir (WIPO, 2003).

Coğrafi işaret korumasının ekonomik katkısı ise, Coğrafi işaretli ürüne piyasa kimliği kazandırmak ve ürün farklılaşmasına yol açarak böylece ürüne korunmadığı haline göre daha fazla fiyat verilmesinden kaynaklanmaktadır (WIPO, 2003).

Durlu Özkaya ve ark., (2013) yaptıkları çalışmada gastronomi turizmi için coğrafi işaret kültürünün önemli bir aracı olduğunu ortaya koymuştur. Çünkü coğrafi işaret, yöresel değerler ile geleneksel gastronomik mirası korumaya alarak, yöresel tarım faaliyetlerine destek çıkan, yöreye ait olan ürünlere ekonomik katkı sağlayan ve coğrafi işareti olan bölgenin tanıtılmasını sağlayan bir sistem olmuştur.

### 2.2.Tokat ili ve Tokat İlinin Coğrafi İşaretli Yiyecekleri

Tokat ili, coğrafi konum bakımından Türkiye'de Orta Karadeniz bölgesinde yer almakta olup, güneyinde Yozgat, kuzeyinde Samsun ve Ordu, doğusunda Sivas, batısında ise Amasya illeri

bulunmaktadır. 11 adet ilçeye sahip olan şehir, 10.072 $km^2$'lik bir alanı kaplamaktadır. 2023 yılındaki ADNKS (Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi) 'ye göre toplam nüfusu 523.708 kişidir (TÜİK; 2023).

Yeşilırmak havzasının verimli toprakları üzerinde kurulmuş olmasının avantajıyla Tokat, 6000 yıllık tarihi boyunca 14 devlete ve birçok beyliğe ev sahipliği yapmış olan önemli bir Anadolu şehridir. Aynı zamanda bu yörenin ovalarında iklime uygun her türlü tarım ürünü yetiştirilebilmektedir. Bu ürünler arasında sebzeler (domates, biber, patlıcan, salatalık vb.), meyveler (elma, şeftali, üzüm, kiraz, vişne, kuşburnu vb.), tahıllar (arpa, mısır, buğday, vb.), baklagiller (nohut, fasulye, mercimek), otlar ve köklü bitkiler (şeker pancarı, soğan, patates, madımak) yer almaktadır (Yaylacı ve Mertol, 2021). Tokat, geçmişten süregelen tarihiyle oldukça zengin beslenme ve mutfak kültürüne sahip olmuştur. Evliya Çelebi Seyahatnamesinde Tokat'ın doğal kaynaklarının ve coğrafi durumunun da bu noktada oldukça elverişli olduğunu belirtmiştir (Sağır, 2012).

Tokatta Coğrafi işaret almış 15 adet gıda vardır. Bunların 5 tanesi (Erbaa katmeri, Tokat Çöreği, Tokat Ekmeği, Turhal Yoğurtmacı ve Tokat yağlısı) hamur işi (Görsel 1) kategorisinde değerlendirilmiş (Çizelge 1) olup diğerleri ise: Erbaa Narince Bağ Yaprağı, Reşadiye Kırmızı Pezik Turşusu, Niksar Cevizi, Tokat Karayaka Kuzu Eti, Tokat Bez Sucuk, Tokat Kebabı, Tokat Narince Salamura Bağ Yaprağı, Tokat Üzüm Tarhanası, Zile Kömesi ve Zile Pekmezidir (Coğrafi İşaretler Portalı, 2024).

### 2.3.Tokat mutfağına ait coğrafi işaret alan hamur işleri

Tokat mutfağına ait coğrafi işaret alan hamur işi yemeklerinin miktarları ve malzeme listesi Çizelge 1. de gösterildiği gibidir.




Görsel 1. Tokat mutfağına ait coğrafi işaret almış olan hamur işi yiyecekleri

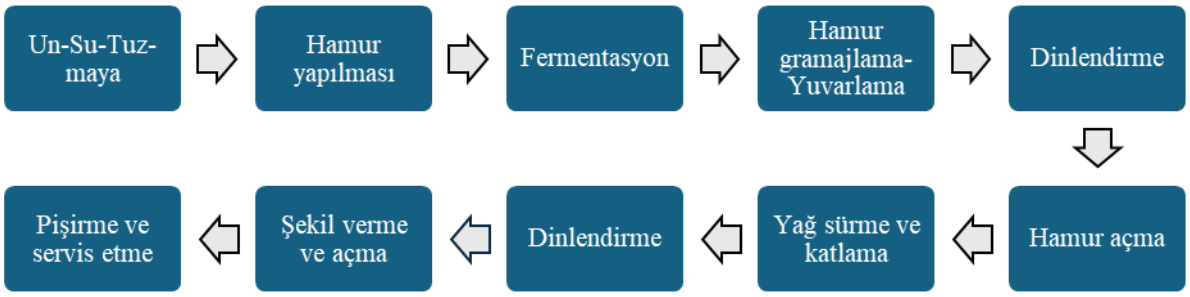
Çizelge 1. Tokat mutfağına ait coğrafi işaret alan hamur işi yemeklerinin miktarları ve malzeme listesi

| Yöresel Ürünün Adı | Miktarı | Malzeme Listesi |
|---|---|---|
| **Tokat ekmeği** | 110 adet | 100 kg tam buğday unu ,30 L su, 25 kg ekşi hamur mayası ,1 kg tuz |
| **Tokat yağlısı** | 100 adet | 14 kg buğday unu, 4 L su, 200 g tuz, 2,5 kg yağ (bitkisel yağ veya tereyağı) |
| **Erbaa katmeri** | 180 adet | 50 kg özel amaçlı buğday unu, 30 litre su, 500 g ekmek mayası ve 450 g tuz ,7 kg tereyağı ve/veya sürülebilir yağ/margarin, 7 kg öğütülmüş ceviz içi veya 7 kg öğütülmüş haşhaş tohumu. 2.5 kg susam ve yumurta sarısı-su karışımı (2 yumurta sarısının 250 ml su ile karıştırılarak çırpılmasıyla hazırlanır). |
| **Tokat çöreği** | 40 adet | 3 kg buğday unu (özel amaçlı), 1 L su, 0,250 L nohut mayası (süzüntü), 80-100 g Tuz 600 g Niksar cevizi[2], 600 g üzüm[3], 600 g bal veya şeker[4], 0.600 L yağ[5] |
| **Turhal yoğurtmacı** | 280 adet | 50 kg Un, 700 g tuz, 30 L Su, 500 g maya, 14 kg tereyağı/bitkisel Katı yağ, 14 kg Ceviz içi, 14 kg haşhaş, |

([1]Nohut mayası hazırlanmasında kullanılan tuz miktarı, [2]Cevizli çörek üretiminde kullanılan ceviz miktarı, [3]Cevizli-üzümlü çörek üretiminde kullanılan üzüm miktarı,[4]Bal veya şekerli çörek üretiminde kullanılan bal veya şeker miktarı, [5]Cevizli, üzümlü-cevizli, şekerli-cevizli vb. çörek üretiminde kullanılan yağ miktarı, *Sade çörekte yağ kullanılmaz.)

### 2.3.1. Turhal Yoğurtmacı

31.07.2012 tarihinde mahreç işareti ile tescillenen Turhal yoğurtmacı (tescil numarası 181), adını katlama ve yoğurma kelimesinden almaktadır. Turhal yoğurtmacının ayırt edici özellikleri arasında yoğurulan hamura iç malzemenin sürülüp katlanması işleminin 10-12 sefer tekrar edilmesi (Görsel 2) yer almaktadır. Tip 650 ve Tip 550 unlarının paçal edilmesi ile hazırlanan hamurun yoğurulması, iç malzemede kullanılan cevizin "Niksar cevizi" seçilmesi ve büyüklüğünün mercimek tanesi boyutunda olması, son olarak da ürünün pişirilmesinde kullanılan fırınların taş tabana sahip olması ve fırını yakmada meşe, pelit gibi alevi çok olan odun türlerini kullanılması sayılabilir (Coğrafi İşaretler Portalı, 2024).




Görsel 2. Turhal Yoğurtmacı üretimi akış şeması

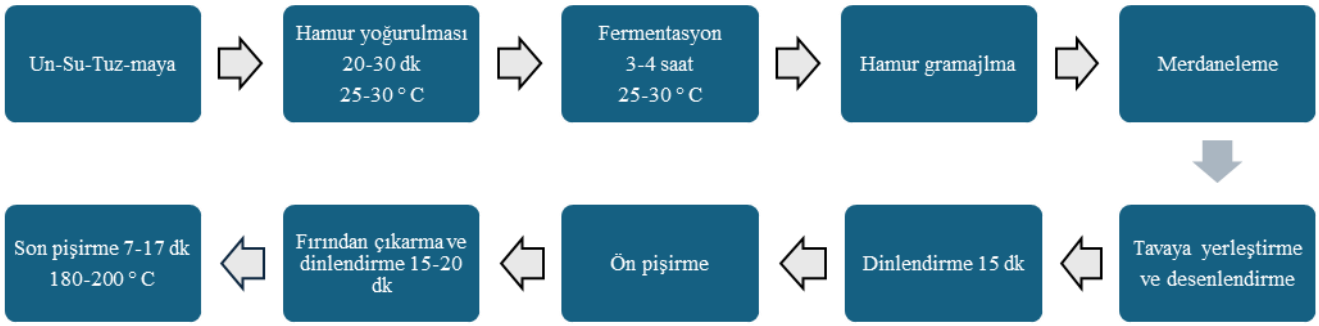
### 2.3.2.Tokat çöreği

17.09.2021 tarihinde mahreç işareti ile tescillenen ve tescil numarası 895 olan Tokat çöreği; özel amaçlı buğday unu, su ve nohut mayası temel bileşenlerinden oluşan pelit ve/veya gürgen odunu ateşinde pişirilen bir çörektir.

Tokat Çöreği sade, cevizli, üzümlü-cevizli, şekerli-cevizli, ballı-cevizli vb. içerikte üretilir (Görsel 3). Sade çörekte un, su ve nohut mayası içerirken, diğer çeşitlerinde ana malzemelere tescilli Niksar Cevizi, üzüm, şeker, bal bulunmaktadır. Bu çöreğe ceviz katılıp pişirilen hali cevizli Tokat Çöreği olarak bilinmektedir. Tokat Çöreği; uzun süre tok tutmasıyla, özellikle Ramazan aylarında oldukça fazla tüketilmektedir. Tokat Çöreğinin kalitatif özelliklerini kazanmasında, ürünün muhafaza süresinin ve kalori değerinin artmasında, tekdüze ve stabil yapının eldesinde kullanılan yağ (Bitkisel yağın ağırlıkça en az %80 yağ ve tereyağının ağırlıkça minimum %80 süt yağı içermesi) oldukça önemlidir.

Tokat çöreğini spesifik hale getiren nohut mayası, hamura daha kolay şekil verilmesini ve yumuşak olmasını sağlar. Bu maya pişirme işlemi sırasında iç ve dış kabuk rengini, aroması ve tadı ile tekstürel değerlendirmeyi olumlu yönde etkilemektedir.

Tokat çöreği yassı olmayıp kabarık bir yapıdadır. Kabuk rengi farklılık göstermeyip homojen bir görüntüsü olmalıdır. Tokat çöreğinin üzerinde yer alan desenlerin (Dairesel şekil, çiçek, kalp, yıldız vb.) yapılması ve pişirme süreci için el becerisi gerekmektedir (Coğrafi İşaretler Portalı, 2024).

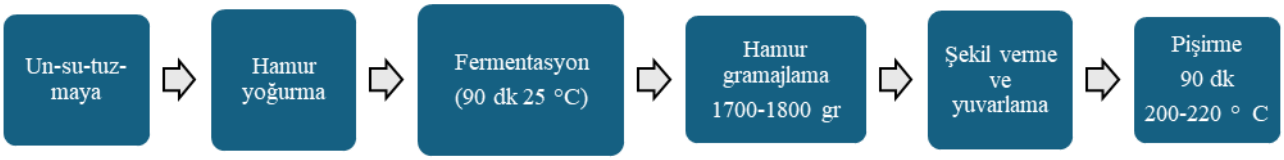



Görsel 3. Tokat çöreğinin üretimi akış şeması

### 2.3.3. Tokat Ekmeği

17.09.2021 tarihinde mahreç işareti ile tescillenen Tokat Ekmeği (tescil numarası 896), tam buğday unu, tuz, ekşi hamur mayası ve su içermektedir. Bu ekmek iyi derecede pişmiş (Görsel 4) ve kabarık yapıya sahip olup, kabuk rengi homojen dağılmalıdır. Dilimlendiği zaman içi süngerimsi yapıda olmalı ve gözenekler homojen bir şekilde görünmelidir.

Tokat Ekmeği, coğrafi yöreye özgü olan fırınlarda pişirilmektedir. Bu fırınlar taban seviyesinden yukarda 1 m kum, kumun üstüne atılan fırınlanmış 3 ton kaya tuzu ve tuzun üstüne de ateş tuğlası yerleştirilerek yapılır. Fırını yakmada gürgen, pelit gibi alevi ve sıcaklığı yüksek olan odunların yakılması, bu odunlardan çıkan tütsü ve reçineli yapılar Tokat Ekmeğinin spesifik lezzetinin ortaya çıkmasını sağlamaktadır (Coğrafi İşaretler Portalı, 2024).




Görsel 4. Tokat Ekmeğinin üretimi akış şeması

### 2.3.4. Tokat Yağlısı

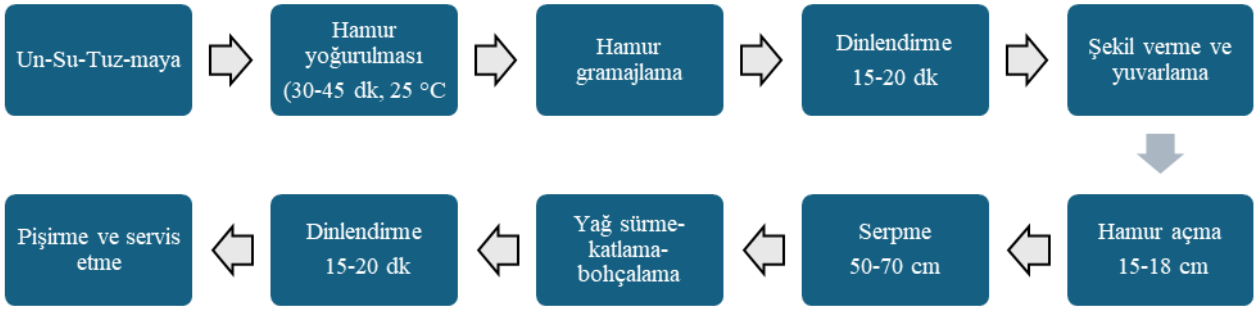
17.09.2021 tarihinde mahreç işareti verilen ve 897 numara ile tescil numarasını alan Tokat Yağlısı; buğday unu, tuz ve suyun karıştırılması ile hazırlanan hamurun, özel amaçlı üretilmiş bitkisel yağ (shortening) veya tereyağı ile kendine özgü üretim yöntemine göre birleştirilerek, hamurun şekillendirilmesi ve taş tabanlı fırınlarda pişirilmesiyle (Görsel 5) elde edilen yöresel bir gıdadır.

Tokat Yağlısı sade veya peynir, çökelek, sucuk, pastırma, patates vb. ek malzemeler ile üretilebilir. Sade Tokat Yağlısı daire biçiminde, diğer mamullerin katılmasıyla D harfi şeklinde üretilmektedir.

Tokat Yağlısının kalitatif özellik kazanmasında, ürünün muhafazasında ve yüksek kalorili olmasında, uniform ve stabil yapıda kalmasında ve aromaya sahip olmasında kullanılan yağ oldukça önemlidir. Bu yağ (bitkisel yağın ağırlıkça en az %80 yağ, tereyağının ağırlıkça minimum %80 süt yağı) aynı zamanda Tokat Yağlısına gevrek bir yapı kazandırmaktadır.

Pişirmede kullanılan fırın taş tabana sahip olmalıdır. Fırının yakmada gürgen gibi alevi bol olan odunlar kullanılır. Bu odunlardan çıkan tütsü ve reçineli bileşikler, ürünün kendine özgü tadını kazanmasına katkıda bulunmaktadır.

Tokat Yağlısının hamurunun açılması, yağ sürülüp katlanması ve şekil verme aşamaları için el becerisi gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı Tokat Yağlısının yöre sınırı ile ün bağı bulunmaktadır (Coğrafi İşaretler Portalı, 2024).




Görsel 5. Tokat Yağlısı üretimi akış şeması

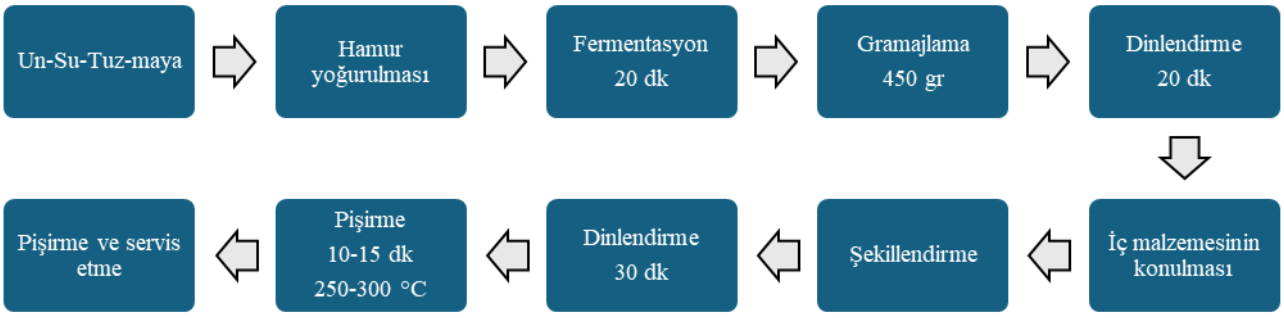
### 2.3.5.Erbaa Katmeri

06.06.2023 tarihinde mahreç işareti ile tescillenen ve 1375 tescil numarası verilen Erbaa katmeri içerisinde özel amaçlı buğday unu, tuz, maya, su, ceviz içi, haşhaş tohumu, tereyağı veya sürülebilir yağ/margarin, yumurta sarısı ve susam katılarak hazırlanan coğrafi sınıra özel şekilde üretilen (Görsel 6) bir yiyecektir. Erbaa Katmeri günlük tüketimin yanı sıra; düğün, bayram, festival gibi toplu ve özel günlerde de ikram edilir.

Hazırlanmasında kullanılan iç malzemede ve üretim yöntemi açısından farklılık gösteren Erbaa Katmeri hamurunun 10-12 kat ile hazırlanması ve her bir katının dikkatle yağlanması ile üretimi ustalık hakimiyeti gerektirir.

Erbaa Katmeri; gıda temasına uygun taş zemine sahip fırınlarda pişirilmektedir. Bu özellik sayesinde gıdanın lezzetini ve homojen olarak en iyi biçimde pişirilmesini sağlar.

Ürünün hazırlanması aşamasında hamur ve iç malzeme bakımından ceviz içi veya haşhaş ezmesi seçilmektedir. Bu bağlamda Erbaa Katmeri sade, cevizli ve haşhaşlı olarak 3 çeşit üretilip tüketiciye sunulmaktadır (Coğrafi İşaretler Portalı, 2024).




Görsel 6. Erbaa Katmeri üretimi akış şeması

## 3. YÖNTEM

Bu çalışmada, Tokat mutfağına özgü Coğrafi işarete sahip olan hamur işi yiyeceklerinin besin ögesi ve enerji değerleri analiz edilmiştir. Bu gıdalar Tokat Ekmeği, Tokat Yağlısı, Erbaa Katmeri, Tokat Çöreğim ve Turhal Yoğurtmacı şeklinde sıralanmıştır. Analiz edilen 5 yöresel yiyeceğin malzemeleri ve tarifleri T.C. Türk Patent ve Marka Kurumu (2024) resmi internet sitesinden alınmıştır. Yemeklerin besin ögesi ve enerji değerleri Beslenme Bilgi Sistemi (BeBiS) 9 (2020) bilgisayar programında analiz edilmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tokat mutfağına ait 5 hamur işi ürünün yaklaşık porsiyonlarının enerji, makro ve mikro besin ögesi değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Bu değerler hesaplanırken Tokat mutfağındaki bu yiyeceklerin standart 1 porsiyon değerlerinin mevcut olmayışı çalışmayı sınırlandırmıştır. Bu nedenle ürünlerin satış piyasasındaki miktarlarıyla çalışılmış ve buna göre analiz yapılmıştır.

Çizelge 2. Tokat mutfağına ait coğrafi işaret alan hamur işi yiyeceklerinin besin ögesi ve enerji değerleri

| **Enerji ve Besin Ögeleri** | **Erbaa Katmeri (1 bütün)** | **Tokat Yağlısı (1 adet)** | **Tokat ekmeği (1 bütün)** | **Turhal Yoğurtmacı (1 bütün)** | **Tokat Çöreği (1 adet)** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Enerji (kkal)** | 1798,0 | 658,3 | 3349,3 | 1579,6 | 439,4 |
| **Protein (g)** | 47,6 | 14,1 | 136,5 | 38,8 | 11,1 |
| **Yağ (g)** | 86,3 | 21,4 | 12,2 | 98,2 | 10,0 |
| **Karbonhidrat (g)** | 207,0 | 101,4 | 661,3 | 136,2 | 49,1 |
| **Lif (g)** | 23,1 | 5,6 | 55,0 | 17,9 | 8,6 |
| **A vitamini (µg)** | 259,5 | 152,0 | 0,0 | 308,5 | 85,7 |
| **Tiamin (mg)** | 0,9 | 0,1 | 4,8 | 0,8 | 0,5 |
| **Riboflavin (mg)** | 0,3 | 0,0 | 6,4 | 0,3 | 0,3 |
| **Niasin (mg)** | 4,5 | 3,5 | 53,3 | 3,1 | 6,6 |
| **Folat,toplam (µg)** | 228,8 | 14,5 | 882,1 | 185,5 | 78,7 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **B12 vitamini (µg)** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **E vitamini (mg)** | 3,4 | 0,4 | 1,9 | 3,0 | 4,6 |
| **C vitamini (mg)** | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 1,9 |
| **Sodyum (mg)** | 992,2 | 803,7 | 3597,4 | 1035,1 | 795,4 |
| **Potasyum (mg)** | 1044,2 | 237,0 | 3257,2 | 920,5 | 431,2 |
| **Kalsiyum (mg)** | 740,6 | 14,5 | 130,1 | 795,3 | 47,21 |
| **Fosfor(mg)** | 765,6 | 92,3 | 1854,8 | 733,2 | 313,9 |
| **Magnezyum (mg)** | 282,9 | 25,3 | 219,2 | 275,8 | 111,0 |
| **Demir(mg)** | 8,4 | 0,8 | 14,6 | 7,6 | 3,1 |
| **Çinko(mg)** | 6,2 | 0,8 | 16,2 | 5,5 | 2,9 |
| **Kolesterol (mg)** | 87,0 | 28,8 | 0,0 | 57,5 | 15,3 |

Erbaa Katmerinin yaklaşık 1 bütününün enerji değeri 1798 kkal'dir. Yüksek yağ ve kolesterol içeriğine, yüksek potasyum, sodyuma, kalsiyuma ve fosfora sahip olup 207 gr karbonhidrat içermektedir.

Tokat Yağlısının 1 adeti yaklaşık 658 kkal'dir. Ürün düşük proteine sahip olup içerisindeki yağ doymuş yağ asitlerinden oluşmaktadır. Aynı zamanda Tokat yağlısı, yüksek karbonhidrat ve sodyum içeriğine sahiptir.

Tokat Ekmeğinin 1 bütünü yaklaşık olarak 3349 kkal'dir. Yüksek protein içeriği olan Tokat Ekmeği karbonhidrat, potasyum; sodyum ve fosfor bakımından zengin bir yiyecektir.

Turhal Yoğurtmacının 1 adetinin enerji değeri yaklaşık 1579 kkal'dir. Yüksek yağ içeriğine sahip olup bu yağı doymuş yağ asitleri oluşturmaktadır. Yüksek karbonhidrat ve sodyum içeriğine sahip olup A vitaminince zengin bir yiyecektir.

Karbonhidrat ve protein bakımından düşük olan Tokat Çöreğinin 1 adetinin enerji değeri yaklaşık 439 kkal'dir. Niasin, çinko, fosfor, tiamin omega-3 ve omega-6 yönünden zengin olduğu belirlenmiştir.

## 5) SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak bu çalışmayla Tokat mutfağına ait coğrafi işaretli olan hamur işi kategorisinde değerlendirilen 5 gıdanın, yaklaşık bir adetlerinin besin ögesi ve enerji değerleri incelenmiştir. Tokat ili zengin tarihi birikimi ve elverişli coğrafi koşullarıyla birçok medeniyete ev sahipliği yapmıştır. Bu birikim ile mutfak kültürünü çeşitlendirmiş ve zaman içerisinde şehre özgü yiyeceklerin yapılmasını, üretimini ve tüketilmesini arttırmıştır. Yörede coğrafi işaretli ürünlerin kullanımı, yöre halkının hem ekonomik hem de kültürel ve sosyal açıdan gelişimine katkı sağlamaktadır. Bu gıdaların şekillendirme ve desen verme gibi aşamaları el becerisi isteyen kısımlar olduğu için işe hâkim ustaların yapması gerekmektedir.

Bu gıdalar; içeriklerindeki yüksek karbonhidrat ve yağ, aynı zamanda fermente ürün olmaları sebebi ile uzun süre tokluk hissi vermektedirler. Tokat Çöreğinin içerisinde yaş maya yerine

nohut mayasının, üzümün ve coğrafi işaretli Niksar Cevizinin kullanılması hem lezzet bakımından hem de nohut mayasının sağladığı zengin mineral ve vitamin içeriği ile besleyici değeri yüksek bir muhteva oluşturmuştur. Bu gıdaların Niksar Cevizi gibi coğrafi işarete sahip besinlerle zenginleştirilmesi, diğer coğrafi işaretli gıdaların üretimini ve tüketimini yükselterek global piyasada önemini artırmaktadır. Yöredeki işletmecilerin menülerinde bu gibi yiyeceklere daha fazla yer vermesiyle bu bölgeyi ziyaret eden turistlerin gastronomi turizmine ve ekonomisine daha fazla katkı sağlayabileceği düşünülmelidir. Bu nedenle, bu ürünler turistlerin yöredeki uğrak noktalarında yer almalı ve şehir pazarlamasına katkı sağlaması için daha ön plana çıkarılmalıdır.

## 6) KAYNAKÇA

Barkat, M. S. ve Vermignon V. *Gastronomy Tourism: A Comparative Study of two French Regions: Brittany and La Martinique, Sustainable Tourism with Special Reference to Islands and Small States* Conference Malta, 2006.

Baysal, A. *Beslenme,* Ankara,2020.

Bekar, A. ve Belpınar, A. *Turistlerin Gastronomi Turizmine İlişkin Görüşlerinin Milliyetlerine Göre Değerlendirilmesi*, Journal of Yasar University ,6519-6530, 2015

Birdir, K. ve Akgöl, Y., *Gastronomi Turizmi ve Türkiye'yi Ziyaret Eden Yabancı Turistlerin Gastronomi Deneyimlerinin Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin, 2012.

Coşkun, C., Bişiren, A., ve Gençer, K. *Coğrafi İşaretli Yiyecek ve İçeceklerin Gastronomi Turizmine Etkileri*. Turizm ve İşletme Bilimleri Dergisi, 203-217, 2024.

Cömert, M., ve Özkaya, F. D. *Gastronomi turizminde Türk Mutfağının Önemi*. Journal of Tourism ve Gastronomy Studies. 62-66, 2014.

https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/liste?il=60&tur=&urunGrubu=&adi=
Erişim tarihi: (06.12.2024)

file:///C:/Users/user/Downloads/Co%C4%9Frafi%20%C4%B0%C5%9Faretler%20ve%20Geleneksel%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Adlar%C4%B1%20Ba%C5%9Fvuru%20K%C4%B1lavuzu%202023%20(3).pdf Erişim Tarihi: (06.12.2024)

Cömert, M. ve Sökmen, A. *Türkiye'de Gastronomi Turizmi: Antalya'da Konaklayan Turistler Üzerine Bir Araştırma*. Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi, 2-6,2017.

Çalışkan, O. *Destinasyon Rekabetçiliği ve Seyahat Motivasyonu Bakımından Gastronomik Kimlik*, Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 39-51, 2013.

Durlu Özkaya, F., Sünnetçioğlu, S., & Can A. *Sürdürülebilir Gastronomi Turizmi Hareketliliğinde Coğrafi İşaretlemenin Rolü.* Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 13-20, 2013.

Hatipoğlu, A. *Osmanlı Saray Mutfağı'nın Gastronomi Turizmi Çerçevesinde İncelenmesi,* Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya, 2014.

Solmaz, Y., ve Altıner, D. D., *Türk mutfak kültürü ve beslenme alışkanlıkları üzerine bir değerlendirme*. Safran Kültür ve Turizm Araştırmaları Dergisi, 108-124, 2018.

Sormaz, Ü., Özata, E. ve Güneş, E. *Turizmde Gastronomi*, Sosyal Bilimler Dergisi, 67–73, 2015.

Sağır, A. *Bir Yemek Sosyolojisi Denemesi Örneği Olarak Tokat Mutfağı*. Electronic Turkish Studies, 2675-2696, Ankara, 2012.

Şengül, S. ve Türkay, O. *Türkiye'nin Yöresel Mutfakları*, 2017.

Küçükyaman, M. A., Demir, Ş. Ş. ve Bulgan, G. '*Mutfak Şeflerinin Yöresel Ürünlere İlgisi: Isparta Örneği*' Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi, 86- 103, 2018.

Sarıışık, M., ve Özbay, G. *Gastronomi turizmi üzerine bir literatür incelemesi,* Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi, 2015.

Serçeoğlu, N; Boztoprak, F; Tırak, L, "*Gastronomi Turizmi ile Şehir Markalaşması İlişkisi: Atatürk Üniversitesi Öğrencileri Üzerine Bir Araştırma*", Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 94-114, 2016.

Şahin, A., ve Meral, Y. *Türkiye'de coğrafi işaretleme ve yöresel ürünler*, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 88-92, 2012.

Toksöz, D. ve Aras, S. *Turistlerin Seyahat Motivasyonlarında Yöresel Mutfağın Rolü*, Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 174-189,2016.

Gastronomi "Türk Dil Kurumu Sözlükleri", https://sozluk.gov.tr (Erişim Tarihi:06.12.2024)

Yöresel "Türk Dil Kurumu Sözlükleri", https://sozluk.gov.tr (Erişim Tarihi:06.12.2024)

https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109 (Erişim Tarihi:06.12.2024)

https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/liste?il=60 (Erişim Tarihi:06.12.2024)

Usta, S., ve Şengül, S. *Türkiye'deki Coğrafi İşaretli Yiyecek-İçecek Ürünlerinin Analizi*, Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi, 604-634, 2022.

Yaylacı, S., ve Mertol, H., Coğrafi işaretli ürünler ve gastronomik lezzetler: Tokat örneği. Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 313-334, 2021.

WIPO (World Intellectual Property Organization )'Economic Importance of Trademarks and Geographical Indications and Their Use in Commerce', National Seminer on the Protection of Trademarks and Geographical Indications, 17-19, Beirut, 2021.

# ESKİŞEHİR YAYA BÖLGELERİNİN KENTSEL ÇEVRE ESTETİĞİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

**Doç. Dr. Öznur IŞINKARALAR**
Kastamonu Üniversitesi,
obulan@kastamonu.edu.tr - 0000-0001-9774-5137

**Doç. Dr. Kaan IŞINKARALAR**
Kastamonu Üniversitesi,
kisinkaralar@kastamonu.edu.tr - 0000-0001-1850-7515

## ÖZET

Kentsel ortamların tasarımı ve estetik çekiciliği, bu alanlarda yaşayan bireylerin genel yaşam kalitesi üzerinde derin bir etkiye sahiptir. Kentsel estetik, binaların mimari stillerinden kamusal alanların düzenine ve peyzajına kadar çok çeşitli görsel öğeleri kapsar ve bunların hepsi bir şehrin genel karakterine ve mekan algısına ve aidiyet duygusuna katkıda bulunur. Kentin özgün kimliğinde etkili olurken kent sakinlerinin sosyal, psikolojik ve hatta fiziksel haline katkı sağlamanın yanında kenti ziyaret eden kullanıcılar üzerinde algısal bir etkiye sahiptir. Bu bağlamda araştırmada gerek kent sakinleri gerekse turistler tarafından yoğun olarak tercih edilen Eskişehir kent merkezinde yer alan yaya bölgeleri, malzeme, cephe renk gibi birtakım temel kentsel estetik ölçütleri açısından değerlendirilmektedir. Çalışmada kullanılan fotoğraflar sokak görüntülerini kapsamaktadır. Analiz edilen kesitler gözlemsel olarak ele alınırken araştırma sonucunda kent dokusuna ilişkin çıkarımlar üretilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kentsel tasarım, Kentsel Politikalar, Yapılı çevre

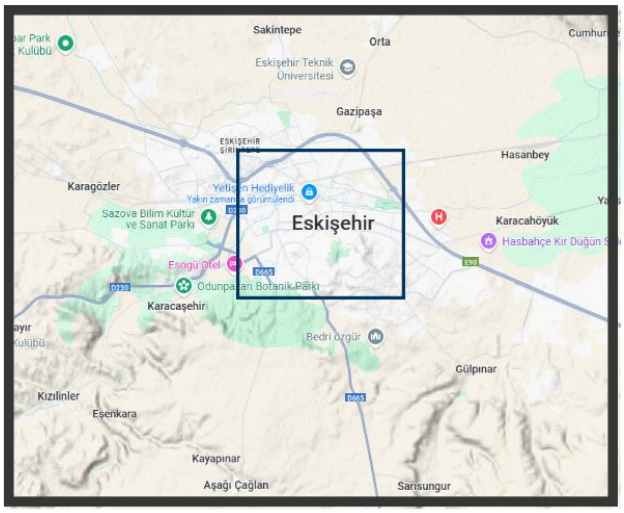
## 1. KENTSEL ESTETİK

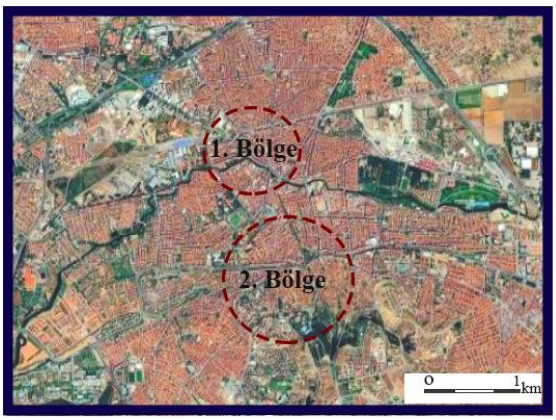
Kentsel estetiğin değerlendirilmesi, bir şehrin mimarisinin ve kamusal alanlarının görsel çekiciliğinden, bir yer ve topluluk duygusuna katkıda bulunan somut olmayan niteliklere kadar çeşitli faktörleri kapsayan çok yönlü bir çabadır (Zhang ve Kim, 2023). Özellikle kentli tarafından yoğun olarak kullanılmakta olan kamusal alanlardan biri olarak kabul edilebilecek yaya bölgeleri, kentsel estetiğin öncelikli olarak ele alınması gereken alanlardan biridir. Bu alanlar, kentsel manzaranın önemli bileşenleridir ve hareket, sosyal etkileşim ve bir mahallenin

genel karakterini sağlayan hayati kamusal alanlar olarak hizmet ederler (Xiong vd., 2019). Yaya bölgelerindeki kentsel parklar ve yeşil alanlar, kentsel ısı adası etkilerini azaltmaya, sakinlerin yaşam kalitesini artırmaya ve hatta yakındaki mülk değerlerini artırarak ekonomik faydalar sağlamaya yardımcı olabildikleri için özellikle değerlidir. Yaya bölgelerinin estetik çekiciliğine öncelik veren etkili kentsel planlama ve tasarım, şehir sakinlerinin refahı üzerinde derin bir etkiye sahip olabilir. Araştırmalar, desen duygusu, ritmi takdir etme, dengeyi tanıma ve uyumlu ilişkilere duyarlılık gibi kentsel meydanların ve kamusal alanların görsel özelliklerinin kullanıcılarda güçlü olumlu duygusal tepkiler uyandırabileceğini göstermiştir (Ferdous, 2013). Ayrıca, sokak ağaçları, yeşil çatılar ve toplum bahçeleri gibi özellikler aracılığıyla doğanın bütünleştirilmesi, yaya bölgelerinin estetik çekiciliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda önemli ekolojik ve halk sağlığı yararları da sağlar. (Hartig & Kahn, 2016). Yaya bölgelerinin kentsel çevre estetiğine öncelik vererek, şehirler fiziksel aktiviteyi, sosyal uyumu ve doğal dünyayla daha derin bir bağlantıyı teşvik eden daha canlı, yaşanabilir ve sürdürülebilir topluluklar yaratabilir (Hartig & Kahn, 2016; Jackson, 2002; Rigolon, 2016; Ferdous, 2013). Bu araştırmada, özellikle yayalar tarafından yoğun kullanıma sahip Eskişehir kent merkezinden seçilen bölgelerde kent estetiğini değerlendirmek amaçlanmaktadır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma sahasını Eskişehir kent merkezinde bulunan Atatürk Bulvarı aksı boyunca kentin tarihi evlerini de kapsayan güzergah ile Porsuk Çayı boyunca yer alan yaya yolları oluşturmaktadır. Çalışma iki bölgeden oluşmaktadır. 1. Bölge kentin Porsuk Çayı çevresini kapsayan Adalar Bölgesini oluşturmaktadır. 2. Bölge ise Tarihi Odunpazarı Evlerini içeren geleneksel merkezi kapsamaktadır.



Görsel estetiğin değerlendirilmesinde pek çok yöntem uygulanmaktadır. Bu çalışmada öznel bakış açısıyla eleştiri ve yoruma dayalı olarak kentsel estetiği oluşturan bileşenler Google Sokak görüntüleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Görsellerin değerlendirilmesinde malzeme uyumu, cephe tasarımı, peyzaj bileşenleri ve kent mobilyaları ele alınmıştır.

## 3. BULGULAR

Kentin gezi ve eğlence bölgesi olarak kullanılan Porsuk Çayı kenarında yayalaştırma uygulanmış bölge araştırmanın 1. Bölgesini oluşturmaktadır. Alanda zengin peyzaj tasarımı, su yüzeyi, heykeller ve kentin siluetine aykırı olmayan yapılaşma biçimi ile oldukça uyumlu bir tasarım yaklaşımı hakimdir. Yapı cephelerinde kullanılan malzeme ve renk seçiminin estetik açıdan olumlu değerlendirilmektedir. Ancak alanda çöplerin uzaklaştırılması (Görsel 1-c) temizlik ve bakım açısından dönemsel olarak ele alınması gereken noktalar bulunmaktadır. ( Görsel 1-d).



**(a)**



**(c)**



**(b)**



**(d)**

**Görsel 1. Seçilen 1. Bölgeye ilişkin sokak fotoğrafları**

Araştırmada seçilen 2. Bölge Atatürk Bulvarının güneyinde yer alan Tarihi Odunpazarı Evlerine ulaşan geleneksel sokak dokusunun bulunduğu alanı kapsamaktadır. Bulvar bütününde ele alındığında tarihi konaklar ile modern mimarinin kesişim noktasında malzeme seçimi açısından zıtlık düzeyi yüksek geçişlerin olduğu, ancak aks boyunca armonik bir tasarımın olmadığı görülmektedir (Görsel 2-d). Yapı kalitesi açısından ele alınması gereken

binalar, estetik algısını olumsuz etkilemektedir (Görsel 2 e,f). Buna karşın peyzaj tasarımı, kent mobilyalarının seçimi ve çeşitliliğin uygulandığı alanlar estetik bir izlenim sunmaktadır.




**(a)** **(d)**

**(b)** **(e)**

**(c)** **(f)**

**Görsel 2. Seçilen 2. Bölgeye ilişkin sokak fotoğrafları**

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Kentsel estetik algısının oluşmasında kentsel tasarımın pek çok bileşeni etkili olup estetik algısı tasarım ilke ve elemanlarının bir kompozisyona bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Karmaşık bileşenlerin bir araya geldiği alanlarda özellikle yayaların tercih ettiği kentsel açık ve yeşil alanların estetik iyileştirilmesi, kentsel yaşam kalitesine olumlu katkılar sağlamaktadır. Bununla birlikte turistlerin ziyaret ettiği alanlarda estetik yaklaşımlar, alanların görsel kalitesini artırarak cazibesini artırmaktadır.

Eskişehir'in yaya alanlarının estetik potansiyeli, şehrin tarihine, kültürel mirasına ve doğal güzelliklerine dayalı olarak oldukça yüksektir. Şehrin mimari mirası, modern tasarım unsurlarıyla uyumlu bir şekilde birleştirilerek yaya alanlarına benzersiz bir karakter kazandırılmıştır. Yaya alanları, şehir sakinleri ve ziyaretçiler için sosyal etkileşim, rekreasyon ve kültürel deneyimler için ideal alanlar sunmaktadır. Araştırma alanında kentsel estetik değerlerin gözlemsel yorumlarına göre malzeme cinsi, yapısı, dokusu ve rengi açısından olumsuz düzeyde abartılı elemanlara rastlanmamıştır. Kentsel çevre tasarımlarının vazgeçilmez unsurlarından olan donatı elemanları ve heykellerin kimlik değeri sunan bileşenleri kentsel tasarıma estetik açıdan olumlu katkı sağlamaktadır. Bakım ve temizlik açısından ele alınması gereken alanlar söz konusudur. Bununla birlikte geleneksel merkezde düşük yapı kalitesine sahip atıl durumdaki yapıların cephe ve malzeme açısından estetik algısını düşürmektedir.

Ortaya çıkan sonuçlar çevre estetiğine yönelik düzenlemeler ve önlemlerle görsel kalitenin artacağını, su ögeleri ile estetik değeri artan alanda kültürel peyzaj ögeleriyle uygulanmış tasarımların zenginleşebileceğini ortaya koymaktadır. Kentsel estetiği iyileştirmek için, çevre estetiğine yönelik düzenlemeler ve önlemler alınmalıdır. Bu önlemler arasında, atıl yapıların yenilenmesi, yeşil alanların artırılması, su ögelerinin entegre edilmesi ve kültürel peyzaj unsurlarının kullanımı yer almaktadır. Bu şekilde, kentsel alanların görsel kalitesi ve çekiciliği artırılabilir.

## KAYNAKÇA

- Ferdous, F. Examining the Relationship Between Key Visual Characteristics of Urban Plazas and Aesthetic Response. In SAGE Open Vol. 3, Issue 2, 2013.

- Hartig, T., & Kahn, P. H. Living in cities, naturally [Review of Living in cities, naturally]. Science, 352(6288), 938. American Association for the Advancement of Science, 2016
- Jackson, L. E. (2002). The relationship of urban design to human health and condition. In Landscape and Urban Planning Vol. 64, Issue 4, p. 191., 2002.
- Rigolon, A. A complex landscape of inequity in access to urban parks: A literature review [Review of A complex landscape of inequity in access to urban parks: A literature review]. Landscape and Urban Planning, 153, 160, 2016.
- Xiong, Y., Lu, Q.-C., & Hu, Y. Elderly Fitness-Oriented Urban Street Design: Case Study in Nanchang, China. In Journal of Urban Planning and Development (Vol. 146, Issue 1). American Society of Civil Engineers, 2019.
- Zhang, L., & Kim, C. Chromatics in urban landscapes: Integrating interactive genetic algorithms for sustainable color design in marine cities. Applied Sciences, 13(18), 10306, 2023.

# KENTSEL ÖLÇEKTE TİCARET VE KONUT ALANLARINDA KİRLETİCİLERİN İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNE ETKİSİ

**Doç. Dr. Kaan IŞINKARALAR**
Kastamonu Üniversitesi,
kisinkaralar@kastamonu.edu.tr - 0000-0001-1850-7515

**Doç. Dr. Öznur IŞINKARALAR**
Kastamonu Üniversitesi,
obulan@kastamonu.edu.tr - 0000-0001-9774-5137

## ÖZET

Kapalı alanlarda hava kalitesi, özellikle ticari ve konut binalarının yoğun olarak bulunduğu kentsel ortamlarda halk sağlığı ve çevresel sürdürülebilirliğin önemli bir yönüdür. İklimin etkisiyle dış mekanda geçirilen zamanların sınırlı olmasına bağlı olarak barınma ve çalışma amacıyla iç mekanlarda bulunmak, insanların iç ortam havasına maruz kalmasına neden olmaktadır. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan kentsel kirliliklerin dışsal olarak etki ettiği kapalı alanlar, yetersiz havalandırma, düşük iç mekan hava kalitesi, iç ve dış ortamlardan gelen kimyasal kirleticiler kardiyovasküler, pulmoner, solunum ve göz hastalıkları gibi olumsuz sağlık sonuçlarına yol açabilir. Çalışma, ticaret ve konut alanlarında potansiyel kirleticileri tanımlayarak iç hava kirletici seviyelerine katkısı olan faktörleri incelemektedir. İç mekan hava kirleticilerinin kaynağı ve etkileri kentsel ölçekte ele alındığında, öne çıkan etkenler arasında yapıların özellikleri, aktiviteler, malzemeler ve havalandırma durumu yer almaktadır. Konut ve ticaret bölgeleri, insanların daha yoğun ve uzun süreli bulunduğu alanlar olduğundan partikül madde, karbon dioksit, uçucu organik bileşikler ve nitrojen oksitler gibi kirleticilerin iç mekan konsantrasyonları daha yüksek olarak tespit edilmektedir. Araştırmada ortaya konulan iç hava kalitesine yönelik unsurlar kentsel ölçekte ve yapı detayında çıkarımlar sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Halk Sağlığı, İç Mekan Hava Kalitesi, Sürdürülebilir Bina Tasarımı, Çevresel Etki

## 1. GİRİŞ

Kentsel nüfus üzerine yapılan araştırmalar, insanların günlük yaşam sürelerinin %90'ından fazlasını kapalı ortamlarda geçirdiklerini doğrulamıştır. Ev ortamları dışında, insanlar zamanlarının büyük bir kısmını ofislerde, eğitim kurumlarında, ticari ve endüstriyel binalarda geçirmektedir. Kuzey Amerika'daki araştırmalar, yetişkinlerin zamanlarının %87'sini binalarda, geri kalanını ise araçlarda (%6) ve açık havada (%7) geçirdiklerini göstermiştir (Cincinelli ve Martellini, 2017). Bu yüzden iç ortam hava kirleticilerine maruz kalmanın hem insan sağlığı hem de iş yerindeki etkinlik üzerinde önemli bir etkisi vardır. Ancak, hava kalitesi üzerine yapılan araştırmalar çoğunlukla açık havaya odaklanmış, iç ortam hava kalitesi ve etkileri son on yıla kadar önemli ölçüde daha az ilgi görmüştür. Son zamanlarda, iç ortam havasının açık havadan daha kirli olduğunu ortaya koymuş hem bilim insanları hem de halk, iç ortam hava kalitesiyle ilişkili risklere odaklanmıştır (Vilčeková vd., 2017). Yaşam tarzındaki ve iç mekanlarda kullanılan malzemelerdeki sürekli değişiklikler nedeniyle, iç mekan hava kirleticilerinin karmaşık içerikleri açısından önemli değişiklikler olmuştur ve bu da iç otam havasına olumsuz katkı sağlamıştır. Fiziksel aktivite seviyeleri ve maruziyet süresinde farklılıklar bulunan alıcılar arasında kirletici alımının yanı sıra kişisel maruziyetin de dikkate alınmasının önemi iç ortam hava kalitesini araştıran çalışmalarda vurgulamışlardır (Wallner vd., 2017) Ticari alanlarda, işyerlerinde şikayetlere neden olan mesleki hava kirleticilerinin rolü açıkça belgelenmiş olsa da, kötü hava kalitesi ile sağlık şikayetleri arasındaki ilişki yaygın bir şekilde araştırılmaktadır (Mannucci ve Franchini, 2017).

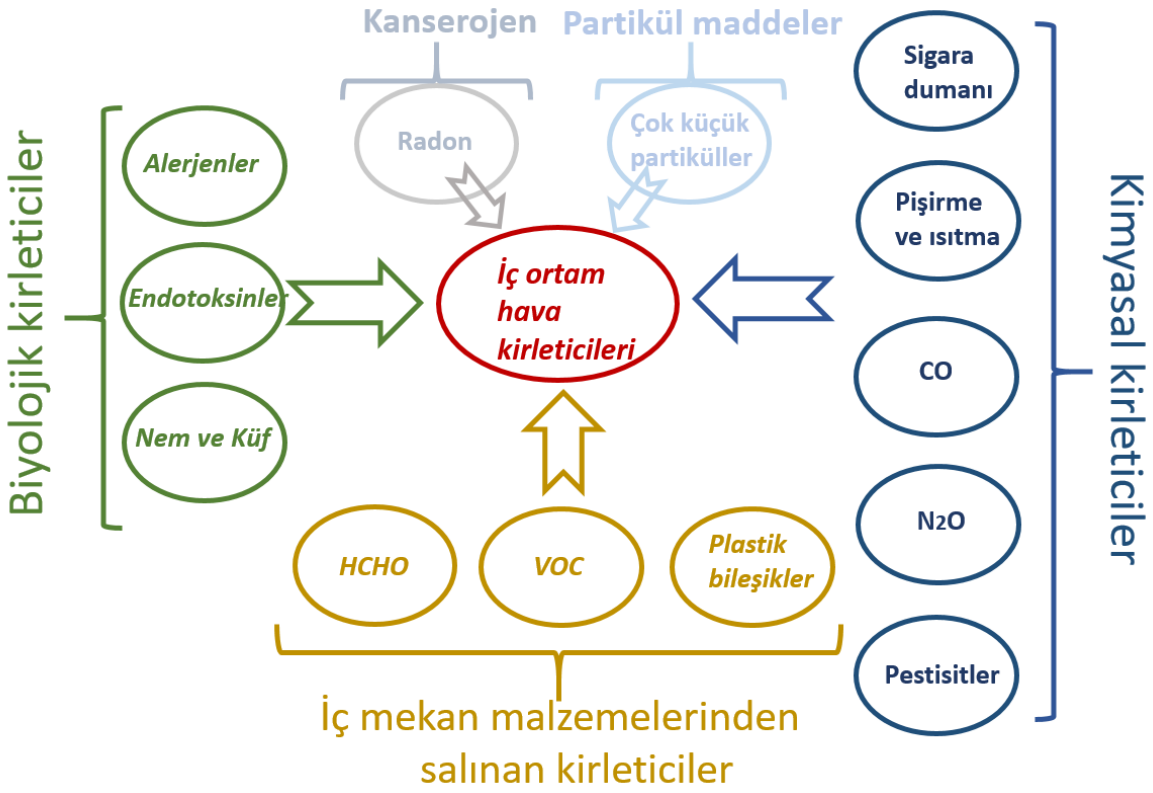
İç ortam hava kirleticilerin bazıları hem iç hem de dış ortamda yaygındır ve bazıları dış ortamlardan kaynaklanmaktadır. Bu hava kirleticileri inorganik, organik, biyolojik veya hatta radyoaktif olabilir. Bu hava kirleticilerinin insanlar üzerindeki etkisi toksisitelerine, konsantrasyonlarına ve maruz kalma sürelerine bağlıdır. Maruziyet sonucu, insanların burun, göz ve boğaz tahrişi, cilt rahatsızlıkları, alerjiler vb. gibi rahatsız edici veya akut sağlık etkileri yaşadığı ve bu mekanlarada hasta bina sendromu olarak isimlendirildiği bilinmektedir (Yoshino vd., 2004). Ortaya çıkan bulguların kesin nedeni belirlenmese de sendromdan etkilenen kişi ofisten veya binadan ayrıldıktan sonra hastalık bulguları ortadan kalkmaktadır. Giderek artan sayıda ofis çalışanı, işyerlerindeki sağlık ve güvenlik koşullarından sorumlu olanlar, modern, iyi donanımlı ofislerde zaman geçirmenin sağlığı olumsuz etkileyebileceğini belirtmektedir (Wong vd., 2009).Bunlar arasında en yaygın olan belirtiler solunum ve dolaşım sistemi hastalıkları yer almaktadır, hatta kanser şeklinde uzun vadeli etkilere neden olabildiği

bbilinmektedir. Ticari ve konut binalarının iç mekan hava kalitesi yoğun olarak bulunduğu kentsel ortamlarda halk sağlığı ve çevresel sürdürülebilirliğin önemli bir yönü olmuştur. Havalandırma ve bina özellikleri gibi faktörler, bina kullanıcılarının sağlığı ve refahı üzerinde olumsuz etkilere sahip olabilen hava kirleticilerinin konsantrasyonunu önemli ölçüde etkilemektedir (Hoffmann vd., 2009). Bu çalışmanın amacı, ticari ve konut binalarındaki iç ortam hava kirleticilerinin kentsel ölçekteki etkisini ve durumunu değerlendirmeyi ve bu ortamlarda hava kalitesini etkileyen temel faktörleri belirlemeyi amaçlamaktadır.

## 2. TİCARET VE KONUT ALANLARINDA KİRLETİCİ KAYNAKLARI

İç ortam hava kalitesinin ele alınmasının önemi, uçucu organik bileşikler, partikül madde ve karbondioksit dahil olmak üzere çeşitli iç ortam hava kirleticilerinin seviyelerinin dış mekan seviyelerini aşabileceğini ve önemli sağlık riskleri oluşturabileceğini gösteren çok sayıda çalışma tarafından vurgulanmaktadır (Mittal ve Van Grieken, 2001). Yetersiz havalandırma, kimyasal içeren ürünlerin kullanımı ve yapı malzemeleri ile mobilyalardan kirletici maddelerin salınması, zayıf iç hava kalitesinin başlıca nedenleri arasındadır (Algarni vd., 2018). Uçucu organik bileşikler, özellikle iç mekan havasında bulunanlar, muhtemelen en zararlı olanlar olarak kabul edilir. Uçucu organik bileşikler, yetersiz nem, sıcaklık ve havalandırma koşullarının yanı sıra mobilyalardan, fotokopi makinelerinden, çeşitli boyalardan veya çevreye çözeltilerin salınmasından kaynaklanmaktadır (Ohura vd., 2009). Bu bileşiklere maruz kalmak, solunum sorunları, nörolojik etkiler ve hatta kanser dahil olmak üzere bir dizi sağlık sorununa yol açmaktadır (Bell vd., 2013).

Ticari ve konut binalarındaki iç hava kalitesi, bina tasarımı, kullanıcı davranışı ve çevre koşulları dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Hystad vd., 2009). Havalandırma sistemleri, malzeme ve mobilya kullanımı ve dış havanın entegrasyonu gibi bina tasarım faktörleri, iç mekan hava kirleticilerinin konsantrasyonunu önemli ölçüde etkilemektedir. Temizlik ürünleri kullanımı, sigara içme ve iç mekan ortamına yeni malzemelerin sokulması gibi kullanıcı davranışları da düşük iç mekan hava kalitesine katkıda bulunabilir. Görsel 1'de verilen iç ortam kirleticilerinin, sıcaklık, nem ve dış hava kirliliği seviyeleri gibi çevresel koşullar da konsantrasyonları ve dağılımları çeşitlilik göstermektedir (Zhang ve Yoshin, 2010).




**Görsel 1. İç Ortam Hava Kirleticileri**

Özellikle iç mekan havasında bulunan uçucu organik bileşikler, belki de en zararlı olanlar olarak kabul edilmektedir. Uçucu organik bileşikler, yetersiz nem, sıcaklık ve havalandırma koşullarının yanı sıra mobilyalardan, yemek pişirme, fotokopi makinelerinden, çeşitli boyalardan veya ortama çözeltilerin salınmasından kaynaklanmaktadır (Dey ve Chattopadhyay, 2016). Bu bileşiklere maruz kalmak, solunum sorunları, nörolojik etkiler ve hatta kanser dahil olmak üzere bir dizi sağlık sorununa yol açabilmektedir. Yalıtım ve hava sızdırmazlığını öncelikli olarak ele alan enerji açısından verimli bina tasarımları, havalandırmanın azalmasına ve iç mekan hava kirleticilerinin birikmesine de yol açabilmektedir. Yetersiz havalandırma, düşük iç mekan hava kalitesi, iç ve dış ortamlardan gelen kimyasal kirleticiler ve yetersiz aydınlatma, kardiyovasküler, pulmoner, solunum ve göz hastalıkları gibi olumsuz sağlık sonuçlarına yol açmaktadır (Horne vd., 2018).

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmanın bulguları, ticari ve konut binalarındaki iç hava kalitesinin, çeşitli kirleticilerin önerilen seviyeleri aşmasıyla önemli bir endişe kaynağı olduğunu göstermektedir (Nguyen vd., 2018). Bina yaşı, havalandırma sistemleri, kullanıcı davranışları ve iç mekan kirlilik kaynaklarının varlığı gibi faktörlerin iç hava kalitesini önemli ölçüde etkilediği gösterilmiştir.

Ticari binalarda, iş faaliyetlerinin türü, kimyasalların kullanımı ve ofis ekipmanlarının varlığı gibi faktörlerin daha yüksek iç hava kirletici seviyelerine katkıda bulunduğu bulunmuştur. Konut binalarında, ev ürünlerinin kullanımı, biyolojik kirleticilerin varlığı ve dış mekan kirleticilerinin sızması, iç hava kalitesini etkileyen temel faktörler olarak tanımlanmıştır (Urso vd., 2015; Mendell vd., 2018). Küresel bina ağı araştırması, iç mekan hava kalitesinin halk sağlığı ve çevre üzerindeki önemli etkisini vurgulamıştır (Obonyo & Mutunga, 2020). Örneğin vinil ürünlerinin, mevcut standartlarda ve "yeşil" bina yönergelerinde tanımlandığı gibi iç mekan hava kriterleri açısından oldukça uygun olduğu gösterilmiştir (Xiong vd., 2015).

Ticari ve konut binalarındaki iç mekan hava kirleticilerinin kentsel ölçekteki etkisi ve durumu, çevresel izleme, kullanıcı anketleri ve sağlık verisi analizi gibi çeşitli yöntemlerle değerlendirilmektedir. Çevresel izleme, partikül madde, uçucu organik bileşikler ve karbondioksit gibi iç mekan hava kirleticilerinin konsantrasyonu ve dağılımı hakkında veri sağlarken kullanıcı anketleri, bina sakinlerinin algıladığı hava kalitesi ve yaşadıkları sağlık etkileri hakkında bilgi vermektedir. Sağlık verisi analizi ayrıca solunum yolu hastalıkları ve alerjiler gibi iç mekan hava kirliliğine maruz kalmayla ilişkili sağlık koşullarının yaygınlığını belirlemek için de kullanılabilir. Mevcut küresel sağlık krizi, iç mekan hava kalitesini iyileştirmek ve havadan hastalık bulaşma riskini azaltmak için kullanılabilecek stratejilere olan ilginin artmasına neden olmuştur. Araştırmalar ayrıca, özellikle kentsel ortamlarda, kötü iç mekan hava kalitesine katkıda bulunan içsel sosyoekonomik, çevresel ve antropojenik faktörlerin dikkate alınmasının önemini vurgulamıştır.

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

İç ortam hava kalitesinin araştırılması sağlıklı bir toplum için hayati bir konudur. Kentsel ölçekte hem ticari hem de konut binalarında iç ortam hava kalitesinin ele alınmasının önemini vurgulamaktadır. İç ortam havasına ait yönetmeliklerinin uygulanması, gelişmiş hava filtreleme sistemlerinin kullanımı, sürdürülebilir bina tasarımlarının teşvik edilmesi de dahil olmak üzere iç hava kirleticilerinin etkisini izlemek, değerlendirmek ve azaltmak için kapsamlı stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır. Ticari ve konut binalarında iç hava kalitesi sorununu ele alarak, politika yapıcılar, bina profesyonelleri ve halk daha sağlıklı ve daha sürdürülebilir kentsel ortamlar yaratma yönünde geliştirilmelidir. Gelecekteki araştırmalar daha kapsamlı değerlendirme yöntemlerinin geliştirilmesine, ortaya çıkan iç hava kirleticilerinin belirlenmesine ve zayıf iç hava kalitesinin uzun vadeli sağlık ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesine odaklanmalıdır.

## KAYNAKÇA


- Algarni, S., Saleel, C. A., & Mujeebu, M. A.. Air-conditioning condensate recovery and applications—Current developments and challenges ahead. Sustainable cities and society, 37, 263-274, 2018.
- Bell, M. L., Zanobetti, A., & Dominici, F. Evidence on vulnerability and susceptibility to health risks associated with short-term exposure to particulate matter: a systematic review and meta-analysis. American journal of epidemiology, 178(6), 865-876, 2013.
- Cincinelli, A., & Martellini, T. Indoor air quality and health. International journal of environmental research and public health, 14(11), 1286, 2017.
- Dey, D., & Chattopadhyay, A. Solid fuel use in kitchen and child health in India. Artha Vijnana J Gokhale Inst Polit Econ, 58(4), 365, 2016.
- Hoffmann, B., Moebus, S., Dragano, N., Stang, A., Möhlenkamp, S., Schmermund, A., ... & Jöckel, K. H. Chronic residential exposure to particulate matter air pollution and systemic inflammatory markers. Environmental health perspectives, 117(8), 1302-1308, 2009.
- Horne, B. D., Joy, E. A., Hofmann, M. G., Gesteland, P. H., Cannon, J. B., Lefler, J. S., ... & Pope III, C. A. Short-term elevation of fine particulate matter air pollution and acute lower respiratory infection. American journal of respiratory and critical care medicine, 198(6), 759-766, 2018.
- Hystad, P. U., Setton, E. M., Allen, R. W., Keller, P. C., & Brauer, M. Modeling residential fine particulate matter infiltration for exposure assessment. Journal of exposure science & environmental epidemiology, 19(6), 570-579, 2009.
- Mannucci, P. M., & Franchini, M. Health effects of ambient air pollution in developing countries. International journal of environmental research and public health, 14(9), 1048, 2017.
- McGill, G., Oyedele, L. O., & McAllister, K. An investigation of indoor air quality, thermal comfort and sick building syndrome symptoms in UK energy efficient homes. Smart and Sustainable Built Environment, 4(3), 329-348, 2015.
- Mendell, M. J., Macher, J. M., & Kumagai, K. Measured moisture in buildings and adverse health effects: A review. Indoor air, 28(4), 488-499, 2018.
- Mittal, A. K., & Van Grieken, R. Health risk assessment of urban suspended particulate matter with special reference to polycyclic aromatic hydrocarbons: a review. Reviews on environmental health, 16(3), 169-190, 2001.
- Nguyen, J. L., Schwartz, J., & Dockery, D. W. The relationship between indoor and outdoor temperature, apparent temperature, relative humidity, and absolute humidity. Indoor air, 24(1), 103-112, 2014.
- Ohura, T., Amagai, T., Shen, X., Li, S., Zhang, P., & Zhu, L. Comparative study on indoor air quality in Japan and China: Characteristics of residential indoor and outdoor VOCs. Atmospheric Environment, 43(40), 6352-6359, 2009.
- Urso, P., Cattaneo, A., Garramone, G., Peruzzo, C., Cavallo, D. M., & Carrer, P. Identification of particulate matter determinants in residential homes. Building and Environment, 86, 61-69, 2015.

- Vilčeková, S., Apostoloski, I. Z., Mečiarová, Ľ., Krídlová Burdová, E., & Kiseľák, J. Investigation of indoor air quality in houses of Macedonia. International Journal of Environmental Research and Public Health, 14(1), 37, 2017.
- Wallner, P., Tappler, P., Munoz, U., Damberger, B., Wanka, A., Kundi, M., & Hutter, H. P. Health and wellbeing of occupants in highly energy efficient buildings: a field study. International journal of environmental research and public health, 14(3), 314, 2017.
- Wong, S. K., Lai, L. W. C., Ho, D. C. W., Chau, K. W., Lam, C. L. K., & Ng, C. H. F. Sick building syndrome and perceived indoor environmental quality: A survey of apartment buildings in Hong Kong. Habitat International, 33(4), 463-471, 2009.
- Xiong, Y., Krogmann, U., Mainelis, G., Rodenburg, L. A., & Andrews, C. J. Indoor air quality in green buildings: A case-study in a residential high-rise building in the northeastern United States. Journal of Environmental Science and Health, Part A, 50(3), 225-242, 2015.
- Yoshino, H., Amano, K., Matsumoto, M., Netsu, K., Ikeda, K., Nozaki, A., ... & Ishikawa, S. Long-termed field survey of indoor air quality and health hazards in sick house. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 3(2), 297-303, 2004.
- Zhang, H., & Yoshino, H. Analysis of indoor humidity environment in Chinese residential buildings. Building and Environment, 45(10), 2132-2140, 2010.

# CARBON MANAGEMENT IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY THROUGH CARBON CAPTURE, UTILIZATION, AND STORAGE TECHNOLOGIES

**Anıl KUL**
Hacettepe Üniversitesi
anilkul@hacettepe.edu.tr - 0000-0003-4985-0797
**Öznur KOCAER**
Hacettepe Üniversitesi
oznurkocaer@hacettepe.edu.tr - 0000-0003-0611-2284

## ABSTRACT

Increasing concerns about the substantial role of anthropogenic $CO_2$ emissions in global warming have underscored the urgent need to mitigate climate change. Among the various industrial sectors contributing to these emissions, the construction industry, specifically the cement production segment, emerges as a significant source due to its inherently carbon-intensive processes. Cementitious composites can, to some extent, sequester $CO_2$ via carbonation reactions resulting in the formation of calcium carbonate precipitates; however, their overall carbon capture efficiency is limited by the inherently slow diffusion of $CO_2$ through the cement matrix. Consequently, the net reduction of $CO_2$ emissions in concrete production remains a considerable challenge. In response to these issues, an intensified global research focus has shifted towards the deployment of carbon capture, storage, and utilization (CCUS) technologies. The primary objective is to increase the carbon capture efficiency of cementitious systems, thereby directly contributing to global carbon neutrality targets. These efforts encompass a broad spectrum of strategies, including accelerated carbonation curing, advanced $CO_2$ separation and capture systems, solutions in material scale and the integration of captured $CO_2$ into new and existing industrial processes. Moreover, the enhancement of CCUS technologies in large-scale facilities demands an in-depth understanding of technology readiness levels, cost-effectiveness, and long-term performance under real-world conditions. This review provides a comprehensive and up-to-date synthesis of current CCUS technologies relevant to the construction sector. It critically evaluates their technological maturity, examines their feasibility for large-scale implementation, and identifies the key challenges and research gaps that must be addressed to achieve widespread adoption. By offering a detailed assessment of state-of-the-art practices, this work aims to guide future research, inform policy decisions, and promote a more sustainable and climate-resilient approach to concrete production.

**Keywords:** Carbon Capture, Storage, and Utilization (CCUS), Sustainable Construction, Circular Economy, Sustainable Construction Materials

## 1. Introduction

Global greenhouse gas emissions contribute to rising average atmospheric temperatures and climate instability, exerting multifaceted pressures on the biosphere, economy, and society (Masson-Delmotte et al., 2019; Olhoff & Christensen, 2020). Among these emissions, $CO_2$ stands out as a major greenhouse gas, primarily originating from industrial processes and energy use. International initiatives such as the Paris Agreement and the European Green Deal have established binding targets to reduce carbon emissions, encouraging nations and industries to adopt low-carbon technologies (Fetting, 2020). The construction sector accounts for approximately 30-40% of global carbon emissions (Fig. 1), both directly and indirectly, due to carbon-intensive processes such as cement and steel production, energy consumption, transportation, and construction activities (Xue et al., 2022). Ordinary Portland Cement (OPC) production alone contributes 5-8% of global anthropogenic $CO_2$ emissions (Sousa & Bogas, 2021; Monteiro et al., 2017) Within this context, the development of technologies that enhance the carbon capture capacity of construction materials plays a critical role in advancing the sector's sustainability goals.

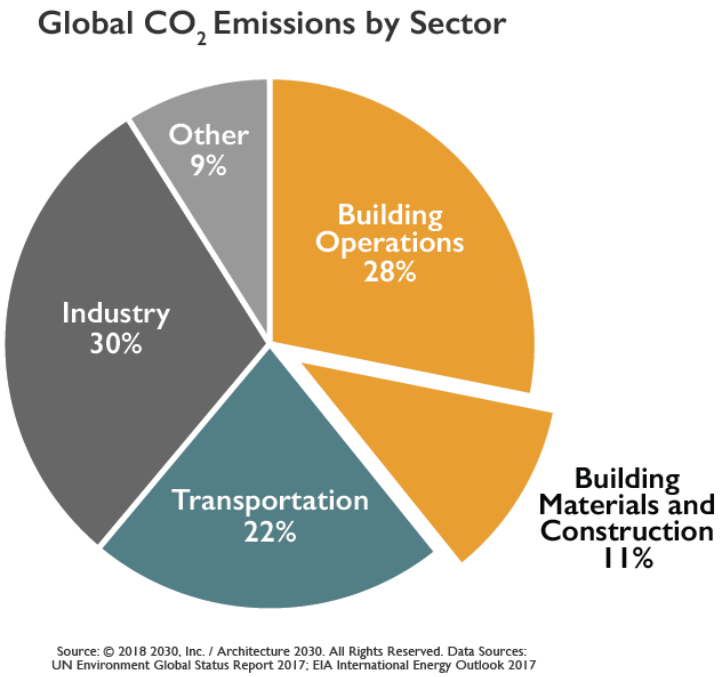



**Fig. 1.** Contribution of the construction sector to global $CO_2$ emissions (Mead, 2017)

In recent years, carbon capture and storage (CCS) technologies have emerged as a promising solution to reduce carbon emissions. However, the feasibility of CCS remains a subject of debate due to its energy intensity, costs, and infrastructure requirements. Integrating carbon capture innovations into construction materials presents a cost-effective approach that can simultaneously help reduce the construction sector's carbon footprint. Various strategies have been proposed to integrate carbon capture technologies into construction materials. For instance, carbon mineralization processes enable the chemical stabilization of waste $CO_2$ in materials such as concrete. Additionally, research on new-generation cement types with enhanced carbon absorption capacity and low-carbon binders aims to increase carbon storage potential (Habert et al., 2020). Similarly, bio-based materials such as wood are considered

sustainable options due to their ability to sequester atmospheric $CO_2$ through biological processes.

The application of carbon capture technologies in construction materials not only delivers environmental benefits but also offers economic advantages, such as energy savings and long-term cost reductions. For example, some by-products generated during carbon capture processes can improve the durability of concrete, extending its service life. This dual impact facilitates the achievement of both environmental and economic sustainability goals. Nevertheless, these applications remain in the early stages, and significant technical, economic, and policy challenges must be addressed. The widespread adoption of carbon capture-enabled construction materials requires the optimization of production processes, the development of relevant standards, and the long-term monitoring of these technologies' performance. Furthermore, evaluating the carbon absorption capacities of different construction materials and promoting innovative designs to enhance these capacities necessitate collaborative efforts from research communities and the industry.

This study aims to provide a comprehensive review of the carbon capture potential of construction materials, examining current technologies, material innovations, and implementation challenges. The goal is to identify knowledge gaps in the field, propose actionable solutions for reducing carbon emissions in the construction sector, and discuss the necessary steps toward achieving a carbon-neutral future.

## 2. Capturing the Carbon at Source

The utilization of carbon capture strategies at the scale of building materials has gained momentum as a response to the construction industry's significant carbon footprint. Cement and concrete production are particularly notable for their high $CO_2$ emissions, stemming both from the calcination of limestone and the energy-intensive thermal processes required for clinker formation (Andrew, 2018; Lehne & Preston, 2018) In light of the continuous expansion of the built environment, developing approaches that reduce embodied carbon in foundational materials has become a pressing environmental and industrial objective (Scrivener et al., 2018).

Integrating carbon capture methods directly into building material production processes, such as $CO_2$ mineralization, carbonation curing, and the development of novel low-carbon binders, enables manufacturers to significantly reduce net greenhouse gas emissions while enhancing product characteristics. Incorporating $CO_2$ into the microstructure of cementitious materials results in denser, more durable matrices, thereby extending the service life of constructed elements. Aligned with circular economy principles, this approach transforms captured $CO_2$ from an environmental liability into a valuable resource, promoting more sustainable raw material usage and improved resource efficiency.

$CO_2$ mineralization entails the transformation of carbon dioxide into stable carbonates, effectively reversing the clinker production process (Fig. 2). This exothermic reaction can be strategically implemented at various stages of the cement and concrete life cycle, offering both

environmental and economic advantages. By sequestering $CO_2$ in mineral form, this process not only reduces greenhouse gas emissions but also enhances the durability and longevity of concrete structures (Zajac et al., 2022).

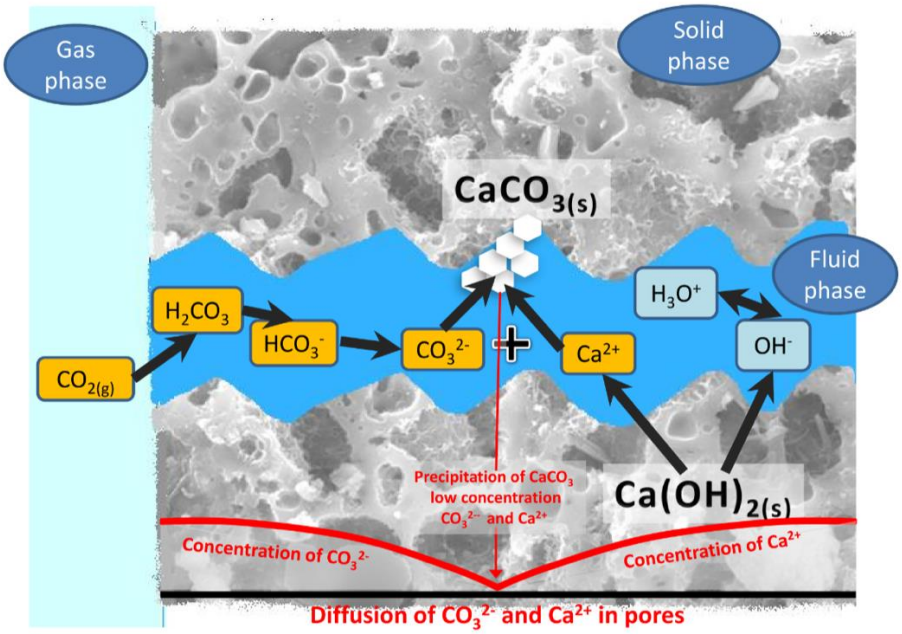



**Fig. 2.** Carbonation mechanism (Czarnecki and Woyciechowski, 2015)

Carbonation curing, particularly when applied to magnesium-based cements, significantly improves concrete durability. Magnesium cements are characterized as low-carbon due to their lower embodied energy and inherent carbon storage capacity during their service life. The carbonation process in these cements leads to the formation of magnesium carbonates, which refine the pore structure and increase overall strength, thereby contributing to more resilient construction materials (Haque et al., 2024).

The development of low-carbon binders, such as Limestone Calcined Clay Cement (LC3), aims to reduce the clinker content in cement, thereby decreasing its carbon footprint (Fig. 3). LC3 can reduce $CO_2$ emissions by up to 30% compared to traditional Portland cement. This reduction is achieved by substituting a portion of the clinker with a combination of calcined clay and limestone, which not only lowers emissions but also maintains the mechanical performance and durability required for construction applications (Ijaz et al., 2024).

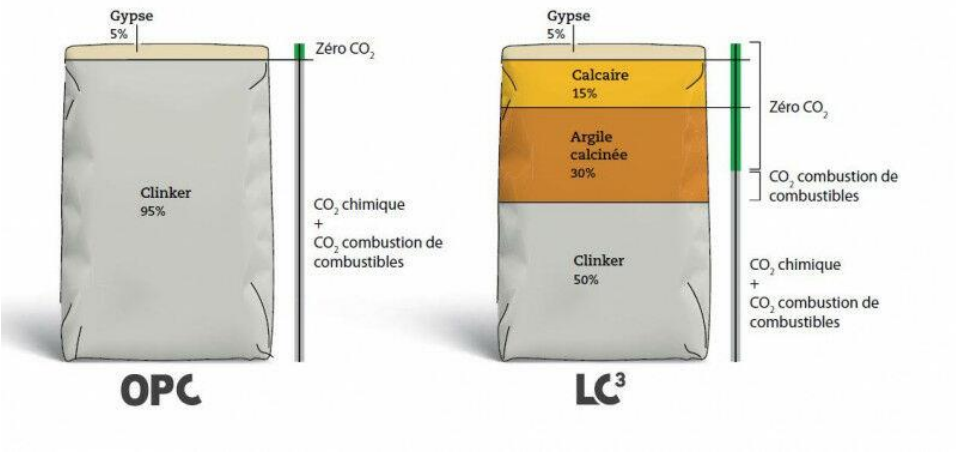



**Fig. 3.** Limestone Calcined Clay Cement (Scrivener & Shell, 2023)

Implementing these advanced methodologies in cement and concrete production is pivotal for the construction industry's transition towards sustainability. By integrating $CO_2$ mineralization, carbonation curing with magnesium-based cements, and adopting low-carbon binders like LC3, the industry can achieve substantial reductions in carbon emissions while enhancing the performance and resilience of building materials. In tandem with these technical advancements, evolving policy frameworks and market dynamics increasingly favor low-carbon construction solutions. As governments introduce more stringent emission targets, enforce carbon pricing, and adjust building codes, adopting carbon capture practices can help producers preempt regulatory constraints and meet stakeholder expectations for green construction materials (European Commission, 2020). Beyond compliance, such steps enable firms to enhance their reputations and strengthen competitiveness in a market progressively oriented toward sustainable innovations (Rodriguez de Sensale et al., 2016; Zhang et al., 2014)

In essence, applying carbon capture within the context of building materials is not only about cutting emissions but also about enhancing material performance, optimizing resource use, and ensuring resilience against future policy changes. These converging factors highlight the strategic importance of carbon capture technologies and indicate that their ongoing refinement and commercial scaling may profoundly influence the trajectory of future low-carbon construction practices.

### 2.1 Passive Atmospheric Interaction and $CO_2$ Uptake

Carbonation processes in cement-based materials constitute a fundamental phenomenon that impacts both the chemical stability and the mechanical integrity of constructed environments, as it involves the penetration of atmospheric $CO_2$ into the concrete's pore network, converting calcium hydroxide ($Ca(OH)_2$) and other calcium-bearing phases into calcium carbonate ($CaCO_3$) (Neville, 1995; Taylor, 1997). This reaction not only modifies pore structure and material durability but also has implications for the long-term $CO_2$ storage potential of cementitious matrices (Mehta & Monteiro, 2014).

Recent work has highlighted the potential of carbonation processes as a strategy for enhancing mechanical properties, increasing density, and reducing net greenhouse gas emissions (Papadakis, 2000). In contrast, traditional perspectives primarily focused on its deleterious effects—particularly the lowering of pH that may promote steel reinforcement corrosion (Basheer et al., 2001). As global construction practices strive for lower carbon footprints, understanding and controlling carbonation processes become integral to optimizing both the performance and environmental profile of concrete structures (Thomas, 2013).

Under natural service conditions, concrete is continuously exposed to atmospheric $CO_2$, leading to a gradual and inherently passive carbonation process. This phenomenon establishes the context for understanding the chemical and mechanical impacts of carbonation, framing both its potential benefits and challenges (Richardson, 2002). Often referred to as “natural” or “ambient” carbonation, this phenomenon occurs at relatively slow rates and is influenced by a complex interplay of factors. External parameters, such as ambient $CO_2$ concentration, relative humidity, and temperature, jointly shape the kinetics, while internal material characteristics like permeability, pore connectivity, microstructure, and alkalinity determine the extent and depth of carbonation fronts (Dyer, 2017). Over extended periods, even marginal concentrations of $CO_2$ in the surrounding environment may diffuse into the porous concrete network, reacting with calcium hydroxide ($Ca(OH)_2$) and other hydration products to form stable calcium carbonate ($CaCO_3$) phases. This gradual accumulation of carbonate minerals subtly modifies the matrix composition and the overall durability profile of the concrete (Castro et al., 2011).

Natural carbonation (Fig. 4), while contributing to the densification of the matrix and potentially improving mechanical properties, has historically been viewed with apprehension due to its potential to reduce the internal pH of concrete and undermine the passive oxide layer protecting steel reinforcement (Page & Treadaway, 1982). As carbonation advances inward, the alkalinity of the pore solution declines, risking the depassivation and subsequent corrosion of embedded steel bars (Bertolini et al., 2013). This scenario can compromise the long-term structural integrity and service life of concrete elements. Consequently, considerable research has focused on mitigating the adverse effects through various strategies, including increasing concrete cover thickness, utilizing corrosion inhibitors, and incorporating supplementary cementitious materials (SCMs) to modify pore structures or buffer pH decline (Glass & Buenfeld, 2000). These approaches not only address durability concerns but also align with broader sustainability goals by enhancing resource efficiency and reducing the carbon footprint of construction practices (Scrivener & Kirkpatrick, 2008).

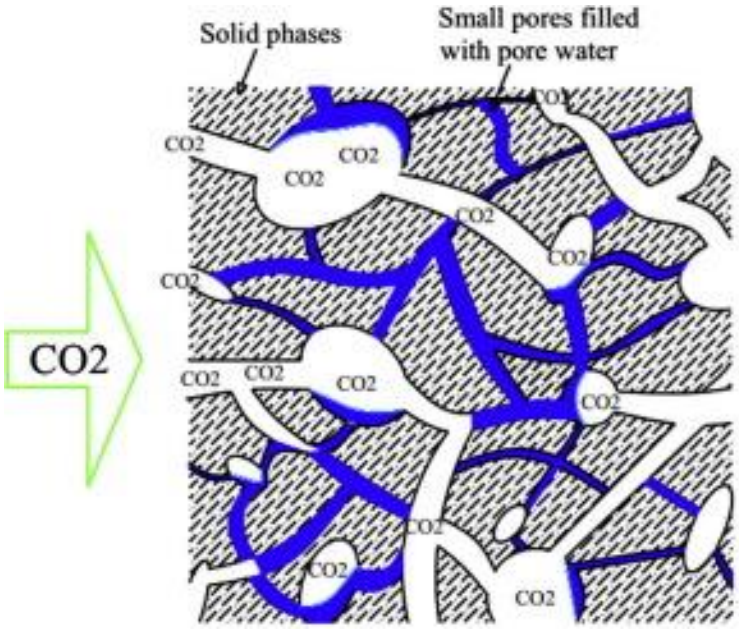



**Fig. 4.** Natural carbonation mechanism of concrete (Šavija, & Luković, 2016)

Nonetheless, recent perspectives recognize that natural carbonation does not operate solely as a risk factor. The precipitation of $CaCO_3$ within pore voids can lead to pore refinement, reducing permeability and potentially enhancing aspects of the concrete's durability. This densification effect narrows the pathways available for aggressive agents, such as chloride ions or sulfate solutions, to penetrate, potentially mitigating other durability concerns. The challenge lies in balancing the benefits of natural carbonation-induced densification against the risks of depassivating reinforcement (Teplý et al., 2010). In practice, this balance may be influenced by the specific exposure conditions, structural requirements, and performance targets set forth in codes and standards.

Ongoing research efforts seek to leverage natural carbonation's positive attributes without compromising fundamental structural reliability. Strategies include the deliberate selection of raw materials and SCMs that slow the pH decline while still permitting beneficial carbonation-induced densification. Additionally, controlling the microclimate, by managing humidity, applying surface treatments that modulate $CO_2$ ingress, or adjusting ventilation conditions, can help optimize the rates and depth of carbonation. Advanced mix design optimization, which tailors the mineralogical composition and pore structure of concrete, is also being explored to create a more controllable carbonation environment (Wang, 2019). Such endeavors reflect a nuanced understanding that natural carbonation, once primarily regarded as a detrimental factor, can be reinterpreted as a phenomenon with both constructive and adverse implications. By managing these dual aspects, it is possible to extend concrete longevity, reduce maintenance demands, and enhance overall sustainability within the built environment.

## 2.2 Mineralization of Carbon Dioxide in Cementitious Systems

The integration of $CO_2$ mineralization into cementitious systems has emerged as a promising strategy to reduce carbon emissions in the construction industry. This approach involves the deliberate incorporation of $CO_2$ at various stages of the material's lifecycle, from mixing to curing, to promote the formation of stable carbonate minerals. These carbonates serve dual functions: they enhance the structural integrity of the material and act as permanent carbon sinks, thereby improving material performance while mitigating greenhouse gas emissions (Huntzinger et al., 2009).

Recent studies have demonstrated the efficacy of $CO_2$ mineralization in concrete production. For instance, sequestering $CO_2$ during the mixing phase can improve the compressive strength of concrete by up to 10%, allowing for a reduction in cement content without compromising performance. This not only decreases the carbon footprint but also contributes to resource efficiency (Zajac et al., 2022). Another study explored the use of $CO_2$ as an admixture in concrete production. The findings suggest that introducing $CO_2$ during the mixing process leads to the formation of calcium carbonate within the cement matrix, enhancing durability and reducing permeability. This method offers a practical means of utilizing captured $CO_2$, transforming it into a beneficial component of the concrete (Kazmi & Prasad, 2023). Furthermore, the development of carbonation curing techniques has shown significant potential. By exposing freshly cast concrete to $CO_2$-rich environments, rapid carbonation occurs, resulting in the formation of stable carbonates. This process not only sequesters $CO_2$ but also enhances the mechanical properties of the concrete, such as increased compressive strength and reduced porosity. Carbonation curing could reduce the embodied carbon of concrete by up to 30% compared to traditional curing methods (Meesaraganda & Kazmi, 2024). In addition to laboratory research, several companies have begun to implement $CO_2$ mineralization technologies at scale. For example, CarbonCure Technologies injects captured $CO_2$ into fresh concrete during mixing, where it becomes permanently mineralized. This technique has been adopted in numerous ready-mix concrete plants, demonstrating its feasibility and effectiveness in reducing carbon emissions in real-world applications (Cement & Ash, 2019). The incorporation of supplementary cementitious materials (SCMs) further enhances the potential of $CO_2$ mineralization. Materials such as fly ash, slag, and silica fume not only reduce the reliance on Portland cement but also exhibit higher reactivity towards $CO_2$, facilitating the formation of stable carbonates. This synergy between SCMs and $CO_2$ mineralization contributes to both improved material properties and reduced environmental impact (Make, 2019).

In summary, the deliberate incorporation of $CO_2$ mineralization in cementitious systems represents a multifaceted approach to enhancing the sustainability of concrete. By forming stable carbonate minerals within the concrete matrix, this method improves structural performance and serves as a permanent carbon sequestration mechanism. Ongoing research and industrial applications continue to refine these techniques, offering promising pathways for reducing the carbon footprint of the construction industry.

### 2.3 Engineered Conditions for Enhanced Carbonation

To enhance the carbonation process and achieve faster reaction rates, researchers have developed techniques that increase the availability of $CO_2$ in the system. Known as "accelerated carbonation," this method involves exposing fresh or partially hardened cement-based materials to environments with $CO_2$ concentrations far above those found in the atmosphere (Fig. 5). By carefully controlling parameters such as $CO_2$ pressure, humidity levels, and exposure duration, this approach significantly speeds up the conversion of calcium-rich hydration compounds, such as calcium hydroxide ($Ca(OH)_2$) and calcium silicate hydrate (C-S-H), into calcium carbonate ($CaCO_3$) (Bertos et al., 2004).

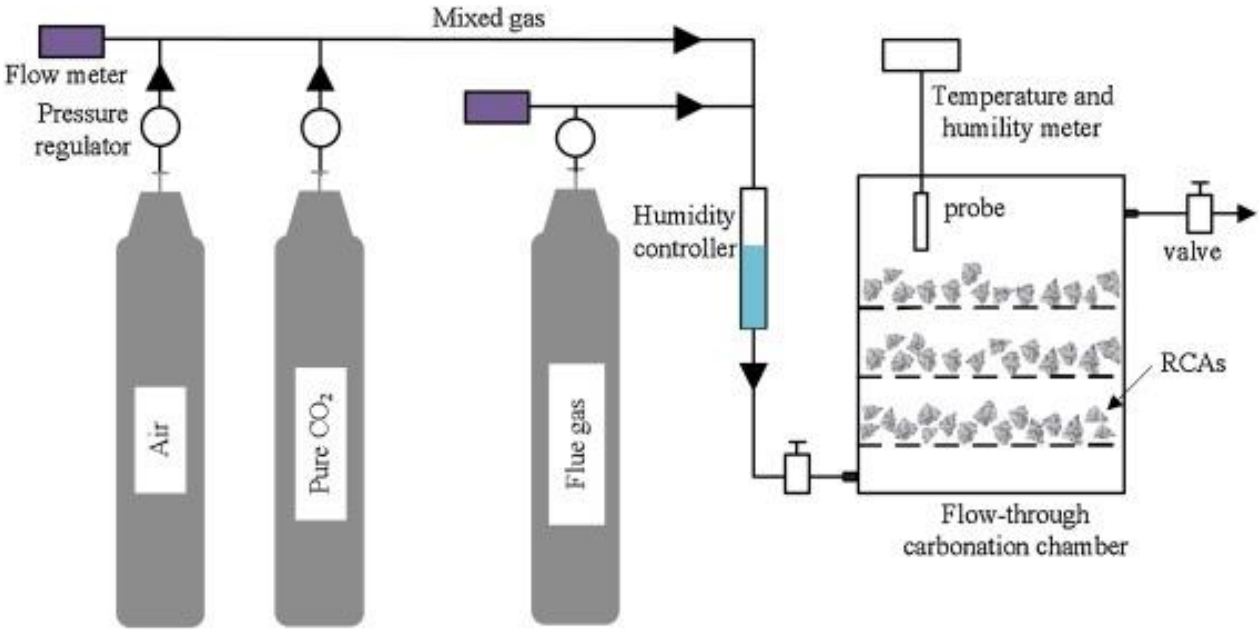



**Fig. 5.** Accelerated carbonation mechanism (Pu et al., 2021a)

The resulting precipitation of calcium carbonate not only accelerates mineralization but also produces a more compact and durable cement matrix compared to natural carbonation processes. Research indicates that accelerated carbonation can boost compressive strength, improve microstructural density, and reduce material permeability, enhancing overall performance. For example, studies have demonstrated that high-$CO_2$ curing conditions can lead to rapid microstructural changes, achieving improvements in physical properties within hours instead of the weeks or months required under natural conditions (Ren et al., 2025).

A notable application of accelerated carbonation is in the production of precast concrete components such as masonry units, panels, and blocks. Under controlled conditions, these elements can be treated with $CO_2$ concentrations ranging from 10% to 100%, which is significantly higher than typical atmospheric levels. This process results in consistent enhancements in strength, durability, and water resistance. For instance, research has shown that precast elements treated in $CO_2$-rich environments exhibit superior compressive strength and lower water absorption rates compared to those cured conventionally (Kua & Tan, 2023). Moreover, accelerated carbonation effectively reduces the permeability of concrete, which is

critical for long-term durability. Lower permeability limits the ingress of aggressive agents, such as chlorides, that can cause reinforcement corrosion. Experimental data suggest that chloride ion diffusion in accelerated-carbonated concrete can be reduced by more than 50%, providing better performance in harsh environmental conditions (von Greve-Dierfeld et al., 2020).

In addition to its technical benefits, accelerated carbonation offers significant environmental advantages. This method uses $CO_2$ emissions as a resource, capturing and embedding them within concrete's microstructure. By converting $CO_2$ into a stable mineral form, the process not only mitigates emissions but also supports circular economy principles by turning waste into a useful material. Estimates suggest that employing accelerated carbonation in precast concrete production could sequester substantial amounts of $CO_2$ per ton of cementitious material, thus contributing to carbon reduction goals (Pu et al., 2021b). Economically, the integration of accelerated carbonation into existing manufacturing setups is promising. Retrofitting traditional curing facilities with $CO_2$ injection systems has been found to be cost-effective, with potential financial benefits arising from material savings and reduced emissions-related penalties (Pan et al., 2012).

As the construction industry adopts more sustainable practices, accelerated carbonation is likely to play a critical role. However, challenges such as the scalability of high-$CO_2$ curing systems and the consistent supply of captured $CO_2$ need to be addressed. Further research on optimizing operational parameters and assessing the life cycle impacts of this process will be vital to its broader adoption. In summary, accelerated carbonation represents an innovative solution that improves the mechanical and durability characteristics of cementitious materials while addressing environmental concerns. Its potential to combine enhanced performance with sustainable practices positions it as a key technology for the future of concrete production.

## 3. Classification of $CO_2$ Utilization in Concrete Production

The application of carbon dioxide ($CO_2$) in concrete production has gained substantial attention as a strategy to reduce the construction industry's carbon footprint. The techniques employed for $CO_2$ utilization in this context can be categorized into three main methods: pre-carbonation of concrete ingredients, $CO_2$ mixing, and carbonation curing. Each method presents unique mechanisms, opportunities, and challenges, contributing to both environmental benefits and material improvements.

### 3.1 Pre-carbonation

Pre-carbonation involves exposing raw materials, such as supplementary cementitious materials (SCMs), fillers, or aggregates, to $CO_2$ before mixing. This pre-treatment initiates

carbonation reactions, leading to the precipitation of calcium carbonate ($CaCO_3$) on the surfaces of these materials. The precipitated $CaCO_3$ fills micro-pores, reduces voids, and enhances the packing density of cementitious composites, ultimately improving the mechanical strength and durability of the resulting concrete. A key advantage of pre-carbonation is its ability to integrate industrial by-products like fly ash, slag, or steel mill residues into the concrete mix. By converting these waste materials into usable components, pre-carbonation promotes resource efficiency and supports circular economy principles. For instance, fly ash, a common SCM, reacts with calcium hydroxide (CH) and $CO_2$ during carbonation, forming calcium carbonate and enhancing the pozzolanic reactions that contribute to long-term strength development (von Greve-Dierfeld et al., 2020).

Additionally, pre-carbonation shows promise in improving recycled aggregates. Studies have demonstrated that pre-carbonating recycled aggregates reduces water absorption and increases density by filling micro-cracks and voids with $CaCO_3$. This not only enhances the quality of the aggregates but also contributes to the sequestration of $CO_2$, offering dual benefits for sustainability and material performance (Li & Wu, 2022).

Despite its benefits, pre-carbonation also presents challenges. The efficiency of the process depends heavily on the chemical composition of the raw materials, reaction conditions such as temperature and $CO_2$ concentration, and the duration of the treatment. Excess carbonation can lead to the over-densification of certain materials, reducing workability during the mixing stage. Furthermore, the pre-treatment of materials requires specialized equipment and controlled environments, which may increase initial production costs (Li & Wu, 2022).

### 3.2 $CO_2$ Mixing

$CO_2$ mixing refers to the direct injection of carbon dioxide into the concrete mix during the batching and mixing process. This method facilitates the in-situ formation of nano-sized calcium carbonate particles, which act as nucleation sites to accelerate hydration reactions. These reactions enhance the strength and durability of the concrete, particularly during its early age. Unlike pre-carbonation, which treats raw materials before mixing, $CO_2$ mixing integrates carbonation directly into the production process. During mixing, the introduced $CO_2$ reacts with available calcium ions, forming uniformly dispersed calcium carbonate particles. These particles contribute to the densification of the concrete matrix and improve its resistance to chemical attacks and freeze-thaw cycles. Moreover, this approach allows real-time adjustments in carbonation levels, making it a flexible and adaptable solution for different production requirements (Ravikumar et al., 2021).

However, challenges arise with excessive $CO_2$ dosing. When the carbonate layer formed on cement particles becomes too thick, it inhibits further hydration by blocking water penetration. This can negatively impact the long-term strength of the concrete. Studies indicate that the optimal $CO_2$ dosage is between 0.05% and 0.3% of the cement mass. Exceeding this range can lead to reductions in compressive strength due to the interference of the carbonation layer with

the hydration process (Liu et al., 2021). Another consideration is the impact on workability. While $CO_2$ mixing can enhance early-age strength, the presence of carbonates can alter the rheological properties of the mix, potentially increasing the energy required for compaction. Additionally, the equipment required for $CO_2$ injection must be compatible with existing batching systems, which may necessitate retrofitting costs (Cement & Ash, 2019).

Despite these challenges, $CO_2$ mixing has significant potential for large-scale implementation due to its straightforward integration into current production workflows. It provides an efficient pathway for carbon utilization without requiring extensive changes to traditional concrete manufacturing processes.

### 3.3 Carbonation Curing

Carbonation curing is an advanced technique that involves exposing freshly mixed concrete to $CO_2$ in a controlled environment during the curing phase. This process facilitates rapid carbonation reactions, which enhance the material's properties while sequestering carbon dioxide. Carbonation curing is particularly effective in precast concrete production, where controlled conditions can be maintained to optimize the process (Ravikumar et al., 2021).

This method offers several benefits. By forming calcium carbonate within the concrete matrix, carbonation curing densifies the microstructure, reducing permeability and improving resistance to environmental stressors such as sulfate attack and freeze-thaw cycles. Additionally, it accelerates the development of early-age strength, making it ideal for applications requiring fast turnover times (Zhang and Shao, 2016).

However, carbonation curing requires precise control of parameters such as $CO_2$ concentration, pressure, and curing duration. Excessive carbonation can lead to undesirable effects, such as carbonation shrinkage and the decalcification of calcium-silicate-hydrate (C-S-H) gels, which can negatively impact long-term strength. The technique is also limited by the need for closed reactor systems, making it less suitable for cast-in-situ concrete applications (Woydich et al., 2023).

Recent advancements have explored the combination of carbonation curing with other methods, such as pre-carbonation of raw materials. This integrated approach enhances $CO_2$ sequestration efficiency and maximizes the durability and performance of the final product. For instance, early-age carbonation curing of pre-carbonated recycled aggregates has been shown to significantly improve the mechanical and durability properties of concrete, demonstrating the potential for synergies between these techniques (Zhan et al., 2020). Additionally, carbonation curing has shown potential for improving the interface transition zone (ITZ) between aggregates and the cement matrix. This results in stronger bonding and enhanced resistance to crack propagation, extending the lifespan of concrete structures (Memon et al., 2022).

## 4. Conclusion

In light of the extensive review presented, it is evident that integrating carbon capture technologies into construction materials provides a multi-faceted approach to addressing the environmental challenges posed by the construction industry. These technologies not only reduce carbon emissions but also enhance material performance and promote sustainability. Below are the key conclusions derived from this study:

- Carbon capture technologies, including $CO_2$ mineralization, carbonation curing, and the use of low-carbon binders, significantly reduce greenhouse gas emissions associated with cement and concrete production. These methods align with global sustainability goals and contribute to a circular economy.
- Techniques such as carbonation curing and accelerated carbonation improve the mechanical properties and durability of concrete by refining its microstructure and reducing permeability. This enhances the lifespan and reduces the maintenance needs of constructed elements.
- Integrating carbon capture methods can lead to cost savings through improved resource efficiency and reduced energy consumption. Technologies like $CO_2$ injection during mixing and the development of low-carbon binders offer viable pathways for balancing economic and environmental objectives.
- Despite their potential, these technologies face challenges such as the need for specialized equipment, high initial costs, and limited applicability in cast-in-situ scenarios. Scaling up and optimizing these methods require significant advancements in technology and infrastructure.
- As governments impose stricter regulations on emissions, the construction industry must adopt carbon capture technologies to remain competitive and meet sustainability targets.

## 5. Challenges and Future Research Recommendations

While the current advancements in carbon capture technologies for construction materials are promising, several challenges remain that warrant further research and development. Developing scalable systems for technologies like carbonation curing and $CO_2$ mineralization is essential to ensure their widespread adoption. Research should focus on integrating these methods into existing manufacturing processes with minimal disruption. Investigating the long-term performance of carbon capture-enabled materials under diverse environmental conditions is crucial. Future studies should explore the effects of carbonation on the durability, mechanical properties, and microstructure of various cementitious systems. Cost analysis of implementing these technologies on a large scale is necessary. This includes evaluating the economic trade-offs between environmental benefits and initial investment requirements. Establishing industry-wide standards and guidelines for carbon capture in construction materials is critical. Collaboration between regulatory bodies, academia, and industry stakeholders will be essential to facilitate adoption. Future research should explore synergies between carbon capture technologies and other sustainable practices, such as the use of renewable energy and waste-derived supplementary cementitious materials. By addressing these challenges and focusing on

the development of innovative solutions, the construction industry can leverage carbon capture technologies to transition toward a more sustainable and low-carbon future.

## 6. References

1. Andrew, R. M. (2018). Global CO2 emissions from cement production. Earth System Science Data, 10 (1), 195-217.
2. Basheer, L., Kropp, J., & Cleland, D. J. (2001). Assessment of the durability of concrete from its permeation properties: a review. Construction and building materials, 15(2-3), 93-103.
3. Bertolini, L., Elsener, B., Pedeferri, P., Redaelli, E., & Polder, R. B. (2013). Corrosion of steel in concrete: prevention, diagnosis, repair. John Wiley & Sons.
4. Bertos, M. F., Simons, S. J. R., Hills, C. D., & Carey, P. J. (2004). A review of accelerated carbonation technology in the treatment of cement-based materials and sequestration of CO2. Journal of hazardous materials, 112(3), 193-205.
5. Castro, J., Bentz, D., & Weiss, J. (2011). Effect of sample conditioning on the water absorption of concrete. Cement and Concrete Composites, 33(8), 805-813.
6. Cement, I. I., & Ash, C. C. F. CarbonCure Ready-Mix Technology–Optimized Concrete Mixture.
7. Czarnecki, L., & Woyciechowski, P. (2015). Modelling of concrete carbonation; is it a process unlimited in time and restricted in space?. Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences, (1).
8. Dyer, T. (2017). Biodeterioration of concrete. CRC Press.
9. European Commission (2020). A new Circular Economy Action Plan. Brussels: European Commission.
10. Fetting, C. (2020). The European green deal. ESDN Report, December, 2(9).
11. Glass, G. K., & Buenfeld, N. R. (2000). The influence of chloride binding on the chloride induced corrosion risk in reinforced concrete. Corrosion Science, 42(2), 329-344.
12. Habert, G., Miller, S. A., John, V. M., Provis, J. L., Favier, A., Horvath, A., & Scrivener, K. L. (2020). Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries. Nature Reviews Earth & Environment, 1(11), 559-573.
13. Haque, M. A., Dai, J. G., & Zhao, X. L. (2024). Magnesium cements and their carbonation curing: a state-of-the-art review. Low-carbon Materials and Green Construction, 2(1), 2.
14. Huntzinger, D., Gierke, J., Sutter, L., Kawatra, S., & Eisele, T. (2009). Mineral carbonation for carbon sequestration in cement kiln dust from waste piles.. Journal of hazardous materials, 168 1, 31-7 . https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.01.122.
15. Ijaz, N., Ye, W. M., ur Rehman, Z., Ijaz, Z., & Junaid, M. F. (2024). Global insights into micro-macro mechanisms and environmental implications of limestone calcined clay cement (LC3) for sustainable construction applications. Science of the Total Environment, 907, 167794.
16. Kazmi, M. A., & Prasad, M. L. V. (2023). Experimental study on the potential use of CO2 as an admixture in concrete. Innovative Infrastructure Solutions, 8(3), 95.

17. Kua, H. W., & Tan, S. M. H. (2023). Novel typology of accelerated carbonation curing: using dry and pre-soaked biochar to tune carbon capture and mechanical properties of cementitious mortar. Biochar, 5(1), 36.
18. Lehne, J., & Preston, F. (2018). Making concrete change. Innovation in Low-carbon Cement and Concrete.
19. Li, L., & Wu, M. (2022). An overview of utilizing CO2 for accelerated carbonation treatment in the concrete industry. Journal of CO2 Utilization, 60, 102000.
20. Liu, B., Qin, J., Shi, J., Jiang, J., Wu, X., & He, Z. (2021). New perspectives on utilization of CO2 sequestration technologies in cement-based materials. Construction and Building Materials, 272, 121660.
21. Make, W. (2019). CO2 mineralisation for sustainable construction materials.
22. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Prtner, H. O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P., ... & Waterfield, T. (2019). UN Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2018: global warming of 1.5◦ C. United Nations.
23. Mead, I. (2017). International energy outlook 2017. US Energy InformationAdministration.
24. Meesaraganda, L. V. P., & Kazmi, M. A. (2024). Performance Enhancement of Concrete Produced with two-step CO2 Mineralization. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering, 1-13.
25. Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. McGraw-Hill Education.
26. Memon, S. A., Bekzhanova, Z., & Murzakarimova, A. (2022). A review of improvement of interfacial transition zone and adherent mortar in recycled concrete aggregate. Buildings, 12(10), 1600.
27. Monteiro, P. J., Miller, S. A., & Horvath, A. (2017). Towards sustainable concrete. Nature materials, 16(7), 698-699.
28. Neville, A. M. (1995). Properties of Concrete. Pearson Education.
29. Olhoff, A., & Christensen, J. M. (2020). Emissions gap report 2020.
30. Page, C. L., & Treadaway, K. W. J. (1982). Aspects of the electrochemistry of steel in concrete. Nature, 297(5862), 109-115.
31. Pan, S., Chang, E., & Chiang, P. (2012). CO2 Capture by Accelerated Carbonation of Alkaline Wastes: A Review on Its Principles and Applications. Aerosol and Air Quality Research, 12, 770-791. https://doi.org/10.4209/AAQR.2012.06.0149.
32. Papadakis, V. G. (2000). Effect of supplementary cementing materials on concrete resistance against carbonation and chloride ingress. Cement and concrete research, 30(2), 291-299.
33. Pu, Y., Li, L., Wang, Q., Shi, X., Fu, L., Zhang, G., ... & Abomohra, A. E. F. (2021a). Accelerated carbonation treatment of recycled concrete aggregates using flue gas: A comparative study towards performance improvement. Journal of CO2 Utilization, 43, 101362.
34. Pu, Y., Li, L., Wang, Q., Shi, X., Luan, C., Zhang, G., Fu, L., & Abomohra, A. (2021b). Accelerated carbonation technology for enhanced treatment of recycled concrete

aggregates: A state-of-the-art review. Construction and Building Materials, 282, 122671. https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2021.122671.

35. Ravikumar, D., Zhang, D., Keoleian, G., Miller, S., Sick, V., & Li, V. (2021). Carbon dioxide utilization in concrete curing or mixing might not produce a net climate benefit. Nature communications, 12(1), 855.
36. Ren, F., Zhou, C., Zhang, Z., Dreimol, C. H., & Angst, U. (2025). Effect of accelerated carbonation on long-term water absorption behavior of cement-based materials. Materials and Structures, 58(1), 1-16.
37. Richardson, M. G. (2002). Fundamentals of durable reinforced concrete.
38. Rodriguez de Sensale, G., Flores Medina, N., & Agrela, F. (2016). Effect of recycled coarse aggregate on fresh and mechanical properties of self-compacting concrete. Construction and Building Materials, 103, 113–127.
39. Scrivener, K. L., & Kirkpatrick, R. J. (2008). Innovation in use and research on cementitious material. Cement and concrete research, 38(2), 128-136.
40. Scrivener, K. L., John, V. M., & Gartner, E. M. (2018). Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO2 cement-based materials industry. Cement and concrete Research, 114, 2-26.
41. Scrivener, K. L. & Shell S. How low-carbon cement can benefit emerging economies and the planet. March 30, 2023 https://www.climateworks.org/blog/how-low-carbon-cement-can-benefit-emerging-economies-and-the-planet/ (Erişim tarihi: 20.12.2024)
42. Sousa, V., & Bogas, J. A. (2021). Comparison of energy consumption and carbon emissions from clinker and recycled cement production. Journal of cleaner production, 306, 127277.
43. Šavija, B., & Luković, M. (2016). Carbonation of cement paste: Understanding, challenges, and opportunities. Construction and Building Materials, 117, 285-301.
44. Taylor, H. F. W. (1997). Cement Chemistry. Academic Press.
45. Teplý, B., Chromá, M., & Rovnaník, P. (2010). Durability assessment of concrete structures: reinforcement depassivation due to carbonation. Structure and Infrastructure Engineering, 6, 317 - 327. https://doi.org/10.1080/15732470701511550.
46. Thomas, M. (2013). Supplementary cementing materials in concrete. CRC press.
47. Understanding the carbonation of concrete with supplementary cementitious materials: a critical review by RILEM TC 281-CCC
48. von Greve-Dierfeld, S., Lothenbach, B., Vollpracht, A., Wu, B., Huet, B., Andrade, C., ... & De Belie, N. (2020). Understanding the carbonation of concrete with supplementary cementitious materials: a critical review by RILEM TC 281-CCC. Materials and Structures, 53(6), 136.
49. Wang, X. (2019). Simulation for optimal mixture design of low-CO2 high-volume fly ash concrete considering climate change and CO2 uptake. Cement and Concrete Composites. https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103408.
50. Woydich, E., Heisig, A., Hilbig, H., & Machner, A. (2023, June). Effect of Selected Process Parameters During Carbonation Hardening on the CO2-Binding Potential of Cementitious Materials. In International RILEM Conference on Synergising expertise

towards sustainability and robustness of CBMs and concrete structures (pp. 616-627). Cham: Springer Nature Switzerland.

51. Xue, Q., Wang, Z., & Chen, Q. (2022, January). Multi-objective optimization of building design for life cycle cost and CO2 emissions: A case study of a low-energy residential building in a severe cold climate. In Building simulation (Vol. 15, No. 1, pp. 83-98). Beijing: Tsinghua University Press.
52. Zajac, M., Skocek, J., Ben Haha, M., & Deja, J. (2022). CO2 mineralization methods in cement and concrete industry. Energies, 15(10), 3597.
53. Zhan, B. J., Xuan, D. X., Poon, C. S., & Scrivener, K. L. (2020). Characterization of interfacial transition zone in concrete prepared with carbonated modeled recycled concrete aggregates. Cement and Concrete Research, 136, 106175.
54. Zhang, D., & Shao, Y. (2016). Early age carbonation curing for precast reinforced concretes. Construction and Building Materials, 113, 134-143. https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2016.03.048.
55. Zhang, Z., Provis, J. L., Reid, A., & Wang, H. (2014). Fly ash–based geopolymers: The relationship between composition, pore structure and efflorescence. Cement and Concrete Research, 64, 30–41.

# CATALYTIC KBH4 DEHYDROGENATION RECTION BY FE-NP@CEO2

**Assoc. Prof. Dr. Dilek KILINÇ**

[1]Harran University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmaceutical Chemistry,

dkilinc@harran.edu.tr- ORCID ID:0000-0002-0171-2371

## ABSTRACT

$H_2$ has been efficient and promising energy source with wonderful energy density. Owing to their high $H_2$ contents, the dehydrogenation of $NaBH_4$, $NH_3BH_3$ and $KBH_4$ have many advantages in hydrogen production and storage process. In this study Fe complex nanoparticles were synthesized, and supported with $CeO_2$. Different analysis processes were utilized to identify $CeO_2$ supported Fe complex nanoparticles (Fe-NP@$CeO_2$) morphology and structure. In $KBH_4$ dehydrogenation reaction, Fe-NP@$CeO_2$ catalyst was tested for hydrogen production activity. By using different reaction temperatures, the kinetic data of dehydrogenation of $KBH_4$ was calculated. The obtained data exposed that Fe-NP@$CeO_2$ catalyzed $KBH_4$ dehydrogenation reaction has a remarkable effect in hydrogen production.

**Keywords:** Fe-NP, $CeO_2$, $KBH_4$, Dehydrogenation

## 1. INTRODUCTION

$H_2$ has been efficient and promising energy source with wonderful energy density. Metal borohydrides ($MBH_4$) hold great promise as chemical hydrogen storage systems, as they release hydrogen gas upon reacting with water [1]. Owing to their high $H_2$ contents, the dehydrogenation of $NaBH_4$, $NH_3BH_3$ and $KBH_4$ have many advantages in hydrogen production and storage process. However, $MBH_4$ compounds exhibit self-dehydrogenation reaction rates with uncontrollable condition. To get the lowest activation energy and to control the reaction, several catalysts are employed [2, 3].

$$MBH_4 + 2H_2O \rightarrow MBO_2 + 4H_2 + Q\uparrow \quad (1)$$

Sodium borohydride is a widely studied metal borohydride due to its nonflammable aqueous solution, 10.8 % hydrogen storage structure and low reactivity to reaction by-products, [4, 5]. Conversely, there are fewer studies on potassium borohydride despite its high hydrogen content of 7.4 % [6]. Potassium borohydride delivers hydrogen yields similar to those of sodium borohydride, but with enhanced stability. This makes it a very suitable option for catalytic applications and storage [7].

Research has explored the use of noble metals like bimetallic catalysts [8], non-noble metals such as Fe [9], Co [10, 11], noble metals Ru [6], and Pd [2] as heterogeneous catalysts for $KBH_4$ ddehydrogenation. Due to the high cost of noble metals, they are not suitable the non-noble metals has became attractive for $KBH_4$ ddehydrogenation.

Herein, Fe complex nanoparticles was synthesized, and supported with $CeO_2$. Different analysis processes were utilized to identify $CeO_2$ supported Fe complex nanoparticles (Fe-NP@$CeO_2$) morphology and structure. $CeO_2$ supported Fe complex nanoparticles (Fe-NP@$CeO_2$). In $KBH_4$ dehydrogenation reaction, Fe-NP@$CeO_2$ catalyst was tested for hydrogen production activity. By using different reaction temperatures, the kinetic data of dehydrogenation of $KBH_4$ was calculated. The obtained data exposed that Fe-NP@$CeO_2$ catalyzed $KBH_4$ dehydrogenation reaction has a remarkable effect in hydrogen production.

## 2. EXPERIMENTAL

### 2.1. Materials

Iron (II) acetate, 5 amino-2,4-dichlorophenole, $KBH_4$, 3,5-ditertbuthysalisylaldehyde and the solvents were gotten from Sigma Aldrich.

### 2.2. Synthesis of Fe complex

5 amino-2,4-dichlorophenol-3,5-ditertbuthysalisylaldimine (25 mM) solution was added to a solution of Iron (II) acetate (12,5 mM) in ethanol (15 mL) and refluxed for 4 hours [12]. The synthesized red-brown Fe complex was with methanol and chloroform, and then dried.

### 2.3. Synthesis of ceria supported Fe complex nanoparticles (Fe-NP@$CeO_2$)

Ceria supported Fe complex nanoparticles (Fe-NP@$CeO_2$) was synthesis with different percentages of Fe complex in 15 mL ethanol and 0.15 gr cerium oxide ($CeO_2$) stirred about 80 h. Ceria supported Fe nanoparticles (Fe-NP@$CeO_2$) structure was given in **Fig. 1**.

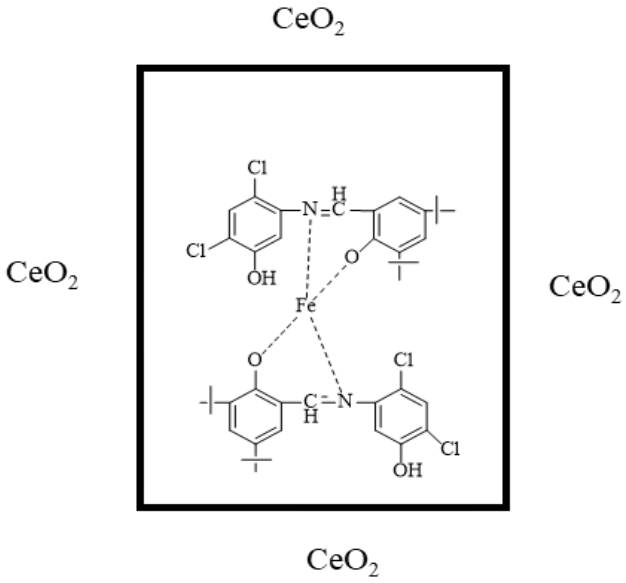



**Fig.1** The structure of ceria supported Fe nanoparticles (Fe-NP@$CeO_2$)

### 2.4. Dehydrogenation of $KBH_4$

Dehydrogenation of $KBH_4$ was studied in a 100 mL bottom flask. Dehydrogenation of potassium borohydride process occurred from 2.0 % $KBH_4$-10 % KOH solution in 10 mL and different catalyst concentration with using water-gas displacement method.

## 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Ceria supported Fe complex nanoparticles (Fe-NP@$CeO_2$) was characterized by using BET, FT-IR, SEM, and XRD analysis methods. In $KBH_4$ dehydrogenation system, Fe-NP concentration in Fe-NP@$CeO_2$ catalyst effect was studied with 5%, 10%, 15%, and 20% Fe-NP (**Fig. 2**). The results show that hydrogen production rates were decreased in order to 10506; 6051; 5177; 4790 mL/($g._{cat}$.min). 5% Fe-NP exhibited the best hydrogen production rates. It was possible to saturation of the Fe-NP@$CeO_2$ surface.

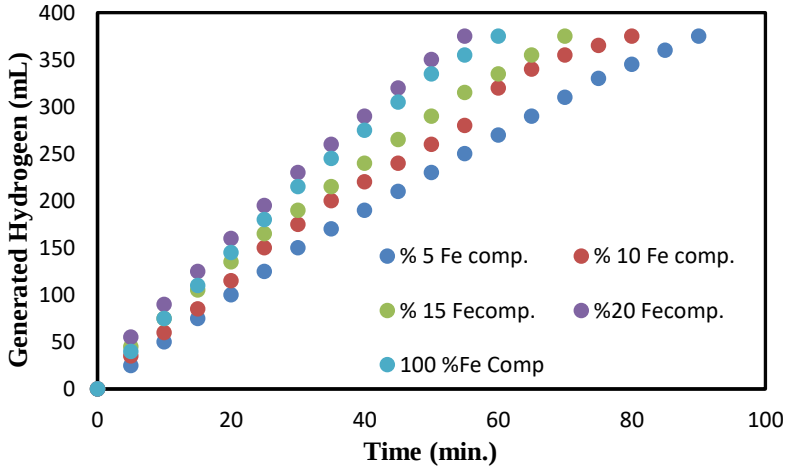



**Fig.2** Fe-NP percentages effect in $KBH_4$ dehydrogenation

In the Fe-NP@$CeO_2$ catalyzed $KBH_4$ dehydrogenation system at 30 °C, the effects of potassium hydroxide concentration were investigated using 10 mg of Fe-NP@$CeO_2$ catalyst in a 2.0% $KBH_4$ solution. Potassium hydroxide concentrations of 0%, 5%, 7%, and 10% KOH were tested, yielding hydrogen production rates of 5192, 6830, 7260, and 10506 mL H2/gcat.min, respectively. These results indicate that increasing the potassium hydroxide concentration enhances hydrogen production rates, with the optimal concentration being 10% KOH (**Fig. 3**).

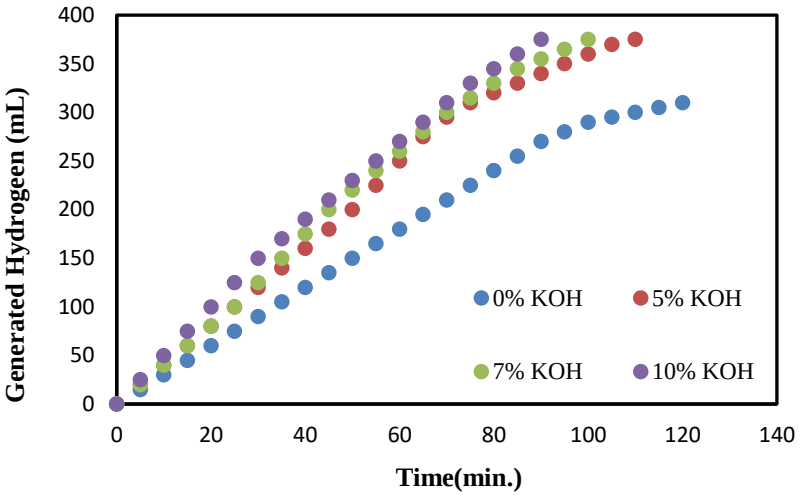



**Fig. 3** KOH percentages effect in $KBH_4$ dehydrogenation

In Fe-NP@$CeO_2$ catalyzed $KBH_4$ dehydrogenation system, amount of Fe-NP@$CeO_2$ effects were also investigated (at 30 °C. in 10 % KOH-2% $KBH_4$ solution) by using 10-50 mg Fe-NP@$CeO_2$ catalyst (**Fig. 4**). However, amount of Fe-NP@$CeO_2$ catalyst increased with 10 mg, 20 mg, 30 mg and 50 mg, $R_0$ reduced as 10506; 7034; 5673; 3634 mL $H_2/g_{cat}$.min. Thus, the best effect performed by 10 mg Fe-NP@$CeO_2$ catalyst.

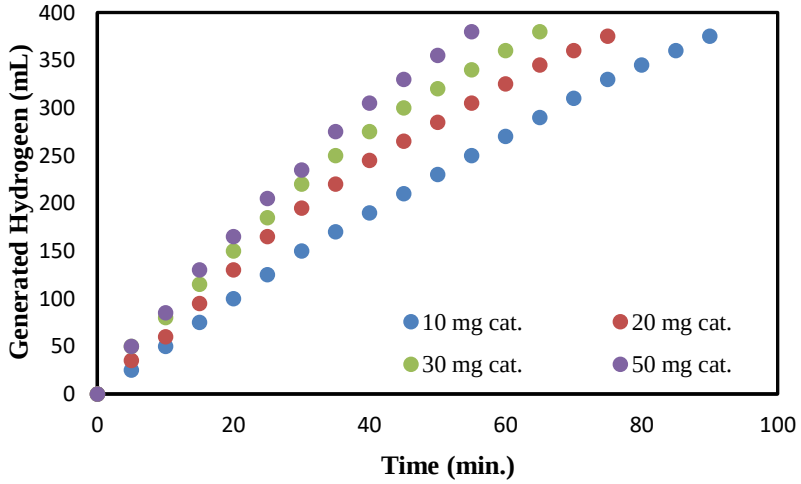



**Fig. 4** Amounts of catalyst effect in $KBH_4$ dehydrogenation

In the Fe-NP@$CeO_2$ catalyzed KBH4 dehydrogenation system, the effects of temperature were also examined over a range of 20 °C to 50 °C (using 10 mg of Fe-NP@$CeO_2$ catalyst in a

10% KOH-2% $NaBH_4$ solution) (**Fig. 5**). The experimental results demonstrated that increasing temperatures correspondingly elevated hydrogen production rates, with values recorded at 7550, 10506, 15016, and 18455 mL $H_2$/gcat.min, respectively.

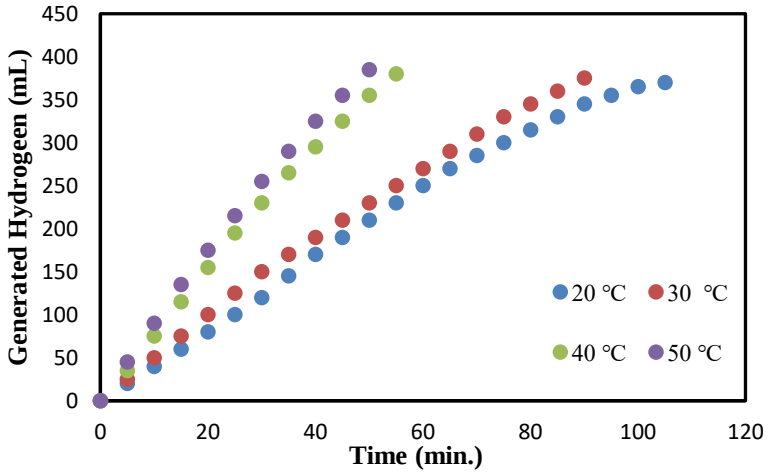



**Fig.5** Temperatures effect in $KBH_4$ dehydrogenation

In the Fe-NP@$CeO_2$ catalyzed $KBH_4$ dehydrogenation reaction, the kinetic calculations followed classical nth order equation. The reaction order was 0.15 and 29.88 kJ/mol was found as activation energy (**Fig. 6**).

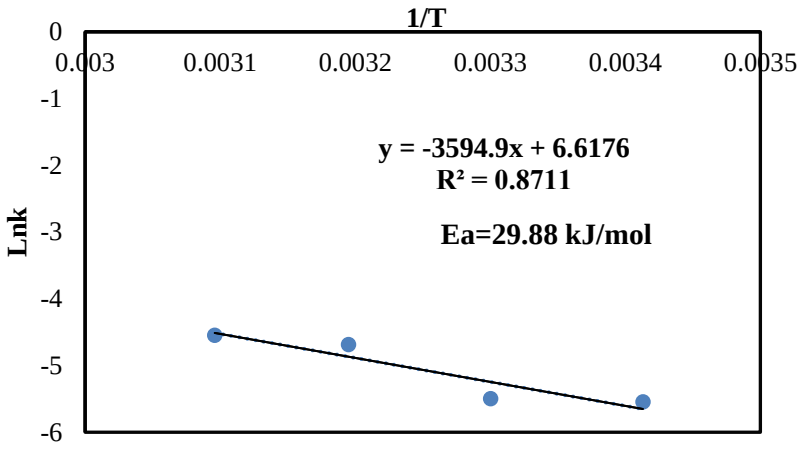



**Fig. 6** Kinetic data of Fe-NP@$CeO_2$ catalyzed $KBH_4$ dehydrogenation process

In the Fe-NP@$CeO_2$ catalyzed $KBH_4$ dehydrogenation system, the effect of $KBH_4$ concentration was examined at 30 °C using a potassium borohydride solution ranging from 2% to 10% (**Fig. 7**). The hydrogen production rates were calculated as 10506; 17814; 22564; and 25862 mL H2/gcat.min. These results indicate that Fe-NP@$CeO_2$ remained stable and consistently active with varying concentrations of $KBH_4$ in the dehydrogenation reaction.

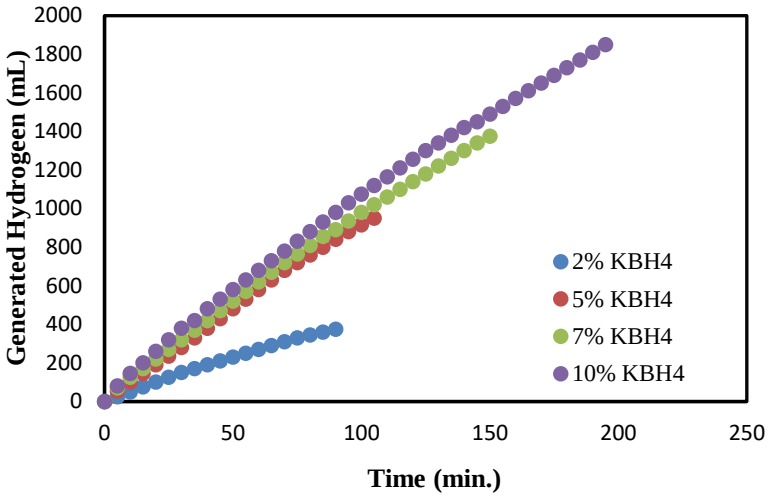



**Fig.7** $NaBH_4$ percentages effect in $KBH_4$ dehydrogenation

## 4.CONCLUSIONS

Ceria-supported Fe complex (Fe-NP@$CeO_2$) nanoparticles were synthesized as a catalyst to study the activity in the $KBH_4$ dehydrogenation. In Fe-NP@$CeO_2$ catalyzed potassium borohydride dehydrogenation examined including various reaction conditions. The activation energy was 29.88 kJ/mol. at 30 °C and 50 °C $R_0$ values was recorded as 10506 and 18455 mL $H_2$/gcat.min respectively. These results emphasized that Fe-NP@$CeO_2$ is too active catalyst in the $KBH_4$ dehydrogenation system.

## REFERENCES

[1] Liu BH, Li ZP. (2009). A review: hydrogen generation from borohydride hydrolysis reaction. J Power Sources, 187:527-34.

[2] Kilinc D, Sahin O. (2020). High volume hydrogen evolution from KBH4 hydrolysis with palladium complex catalyst. Renew Energy, 161, 257-64.

[3] Abdelhamid HN. (2021). A review on hydrogen generation from the hydrolysis of sodium borohydride. Int J Hydrogen Energy, 46, 726–65.

[4] Kıpçak I, Kalpazan E. (2024). Efficient and stable Co-B catalyst supported on natural zeolite for hydrogen generation from hydrolysis of alkaline NaBH4 solution. Catal Lett,154, 5006-5021.

[25] Brack P, Dann SE, Upul Wijayantha KG. (2015). Heterogeneous and homogenous catalysts for hydrogen generation by hydrolysis of aqueous sodium borohydride ($NaBH_4$) solutions. Energy Sci Eng, 3, 174–88.

[6] Kilinc D, Sahin O. (2021). Ruthenium-Imine catalyzed $KBH_4$ hydrolysis as an efficient hydrogen production system. Int J Hydrogen Energy, 46, 20984-94.

[7] Vasudevan AK, Wang Y, Biswas P, Shi K, Zachariah M. (2024). Controlled release of diborane from alkali metal borohydride using ionic liquid-based Lewis acids. Angew Chem Int Ed, 202401743.

[8] Guan K, Zhu Q, Huang Z, Huang Z, Zhang H, Wang J, et al. (2022). Excellent catalytic performance of ISOBAM stabilized Co/Fe colloidal catalysts toward KBH4 hydrolysis. Nanomaterials, 12(17), 2998.

[9] Guan K, Wang L, Huang L, Lei W, Jia Q, Zhang H, et al. (2021). Synthesis and high catalytic activity of ISOBAM-104 stabilized Fe colloidal catalysts for hydrogen generation. Catal Today, 374, 20–8.

[10] Kılınç D, Sahin O. (2019). Metal-Schiff Base complex catalyst in KBH4 hydrolysis reaction for hydrogen production. Int J Hydrogen Energy, 44,18848-57.

[11] Wang J, Huang Z, Lu L, Jia Q, Huang L, Chang S, et al. (2020). Colloidal Co single-atom catalyst: a facile synthesis strategy and high catalytic activity for hydrogen generation. Green Chem, 22, 1269–74.

[12] Kilinc D., Sahin O., Horoz S. (2019). A study on the structural, optical and photovoltaic properties of Fe(II) Schiff Base complex with 5-amıno-2,4-dıchlorophenol-3,5-ditert butyl salicylaldimine ligand. Dig. J Nanomaterials and Biostructures, 14, 375-380.

# IMPROVING HYDROGEN EVOLUTION WITH PD-SB@TIO2 CATALYST

**Assoc. Prof. Dr. Dilek KILINÇ**

Harran University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmaceutical Chemistry,

dkilinc@harran.edu.tr- ORCID ID:0000-0002-0171-2371

## ABSTRACT

Due to its environmentally safe property and high fuel cell applicability, hydrogen is the most studied clean energy example. The evolution of $H_2$ is essential to improve the sustainable energy process. Metal catalysts play an important role in the controllable and rapid hydrogen evolution from the hydrolysis of $NaBH_4$. In present study, titanium dioxide supported Palladium-SB complex (Pd-SB@$TiO_2$) was synthesized and the catalytic activity of Pd-SB@$TiO_2$ was investigated in $H_2$ evolution from the hydrolysis of $NaNH_4$. Structure of Pd-SB@$TiO_2$ catalyst was identified via XRD, BET, SEM, FT-IR analysis. Pd-SB@$TiO_2$ catalyzed sodium borohydride hydrolysis was investigated through the several reaction conditions. The kinetic parameters were obtained at 30 ℃ - 50 ℃. According to the experimental results, it was revealed that the hydrogen evolution performance was highly improved by using Titanium dioxide supported Palladium complex.

**Keywords:** Pd-SB, Hydrogen Evolution, $TiO_2$

## 1. INTRODUCTION

Energy requirements are a significant issue. Due to its environmentally safe property and high fuel cell applicability, hydrogen is the most studied clean energy example. The evolution of $H_2$ is essential to improve the sustainable energy process. Additionally, hydrogen gas ($H_2$) It holds great promise as an option since its combustion leads to the formation of only water as a byproduct [1, 2].

$$NaBH_4 + 2\ H_2O \xrightarrow{\text{catalyst}} 4H_2 + NaBO_2 + Q\ (Q=217\ kJ \quad \textbf{(1)}$$

Metal catalysts are significant to controllable and rapid hydrogen generation through the hydrolysis of sodium borohydride. However, hydrogen's high flammability presents significant difficulties for transportation and storage [3]. As a result, the $H_2$ economy requires some novel strategies. Bor hydrides, including $NaBH_4$ [4], $NH_3BH_3$ [5], and $KBH_4$ [6] have gained considerable interest in this context [7, 8]. Because of having the 10.8 % $H_2$ storage capacity,

also has economical, non-toxic, air-stable structure, and water solubility permits controllable hydrogen production, sodium borohydride stands out between them [9-11].

Catalysts have crucial role to improve the activity of this inherently slow reaction [12, 13]. Specifically, metal catalysts are vital for facilitating controllable and swift hydrogen evolution from the hydrolysis of $NaBH_4$. Transition metals exhibit as highly active catalysts, and the possibility of easy supply and reuse [3]. Research has documented the use of various noble metals, palladium [14], platinum [15], and ruthenium [16], as well as non-noble metals like cobalt [17], nickel [18] to promote hydrogen evolution from sodium borohydride.

In present study, 4-4'-methylenebis(2,6-diethyl) aniline-3,5-di-tert-butylsalisilaldimin-Pd complex (Pd-SB) was synthesized [19] and supported on titanium dioxide ($TiO_2$). Pd-SB@$TiO_2$ was characterized with different spectroscopic analysis technique. The titanium dioxide supported Pd complex (Pd-SB@$TiO_2$) catalyst used in hydrogen evolution system. The catalytic $NaBH_4$ hydrolysis was studied based on the various reaction conditions. It was revealed that the hydrogen evolution performance was highly improved by using Titanium dioxide supported Palladium complex.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Supplies

Pd (II) acetate, 4-4'-methylene bis(2,6-diethyl) aniline, 3,5-di-tert-butylsalisilaldehyde, $NaBH_4$, ethyl alcohol and NaOH was obtained by Merck.

### 2.2. Preparation of Palladium-SB complex

The solution of 4-4'-methylene bis (2, 6-diethyl) aniline-3, 5-di-tert-butylsalisilaldimine added to solution of Pd (II) acetate in ethyl alcohol with equal molar and refluxed for 60 min. [13]. Then the product (Pd-SB complex) was filtered, washed and dried.

### 2.2. Preparation of Titanium dioxide supported Pd complex (Pd-SB@$TiO_2$)

Titanium dioxide supported Pd complex (Pd-SB@$TiO_2$) was obtained from different Pd-SB concentration (in 20 mL ethyl alcohol) and the solution of 0.1-gram Titanium dioxide ($TiO_2$) reaction. It was stirred about 73 h, filtered and then dried.

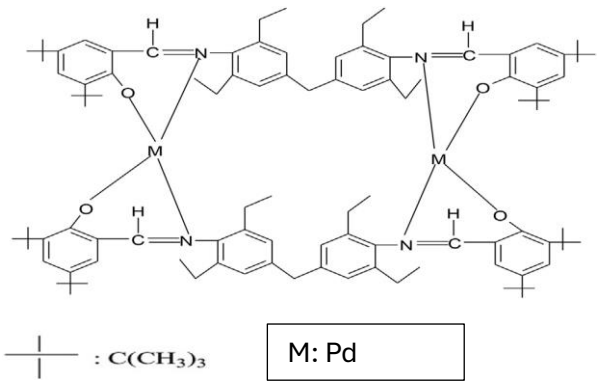



**Fig.1** Construction of Pd-4-4'-methylenebis(2,6-diethyl) aniline-3,5-di-tert-butylsalisilaldimine (Pd-SB)

### 2.3. Pd-SB@$TiO_2$ catalyzed $NaBH_4$ hydrolysis system

Pd-SB@$TiO_2$ catalyzed $NaBH_4$ hydrolysis system was experiments with different reaction conditions as different temperatures between 30-50 $^oC$, $NaBH_4$ concentration, amount of Pd-SB@$TiO_2$, NaOH concentration into the 100 mL reactor with water gas shift process application. The obtained $H_2$ gas volume was determined with a graduated measurement.

## 3. RESULTS and DISCUSSION

Various microscopic and spectroscopic analysis techniques were used to identified the structure and morphology of titanium dioxide supported Pd complex (Pd-SB@$TiO_2$) catalyst (SEM, XRD, BET, FT-IR). According to the analysis results the Titanium dioxide supported Pd complex (Pd-SB@$TiO_2$) catalyst was successfully prepared and the supported material titanium dioxide ($TiO_2$) increased surface area of Pd-SB catalyst. As a result of these findings, the increased surface area of the catalyst led to enhanced hydrogen evolution activity.

For $NaBH_4$ hydrolysis to $H_2$ evolution, Pd-SB@$TiO_2$ catalyst was studied at 30 $^\circ C$ with 20 mg catalyst with different Pd-SB concentration (**Fig. 2)**. Pd-SB@$TiO_2$ was investigated with 5 %-20 % Pd-SB containing and seen that the $H_2$ evolution rates decreased with 12926; 7560; 6119; 4633 ml/($g_{cat}$.min) with decreasing reaction times respectively. 5% Pd-SB has the best hydrogen production rate in the $NaBH_4$ hydrolysis in 70 min. Thus, 5 % Pd-SB concentration was chosen in Pd-SB@$TiO_2$ catalyst for the next experiments.

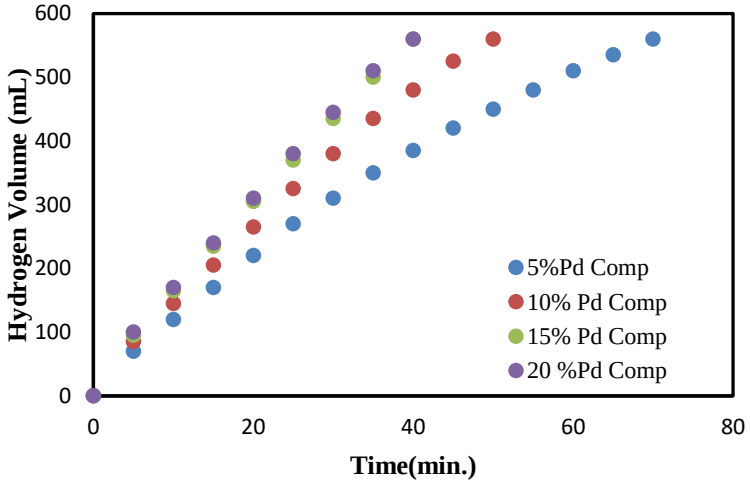



**Fig.2** Effect of Pd complex amount in Pd-SB@$TiO_2$ catalyzed hydrogen evolution

Pd-SB@$TiO_2$ catalyzed $H_2$ evolution was investigated by different concentrations of NaOH (0%-10%) at 30 $^oC$ with 20 mg catalyst in 2 % $NaBH_4$ solution. The results show that by improving NaOH amount from 0 % to 7 %, $H_2$ evolution rates improved as 6230; 8218; 9072;12926 ml/($g_{cat}$.min) respectively when using 0%; 3%; 5%; 7%;), but hydrogen evolution rate decreased suddenly with using %10 NaOH to 12829 ml/($g_{cat}$.min). **(Fig. 3.)** So that, concentration of 7 % NaOH was tried for the next $NaBH_4$ hydrolysis steps.

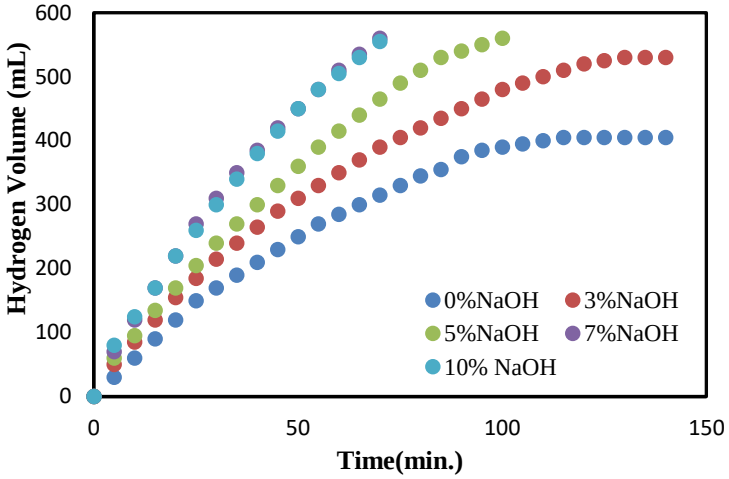



**Fig. 3** Effect of NaOH in sodium borohydride hydrolysis

Pd-SB@$TiO_2$ catalyzed hydrogen evolution was studied with the amount of Pd-SB@$TiO_2$ catalyst effect (5mg - 50 mg) at 30 ℃ and in 2% $NaBH_4$-7% NaOH solution. The hydrogen evolution rates were reduced with the improved amount of Pd-SB@$TiO_2$ from 5 mg to 50 mg as 17780; 12909; 12926; 7767 mL/$g_{cat}$.min respectively (**Fig. 4)**. However, it seems that the best hydrogen evolution rate was 5 mg Pd-SB@$TiO_2$, the reaction couldn't complete and it delivered only 345 mL hydrogen. Therefore, we couldn't use this amount. Additionally, after the 20 mg Pd-SB@$TiO_2$, to the surface saturation occurred and it caused from the agglomeration on the catalyst surface and the catalytic performance reduced in $NaBH_4$ hydrolysis reaction.

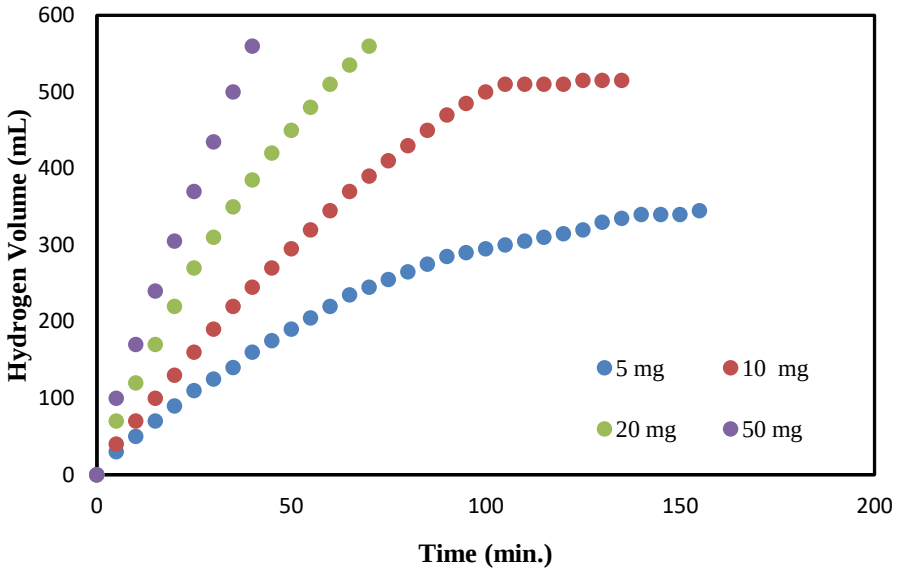



**Fig.4.** Effect of catalyst amount in Pd-SB@$TiO_2$ catalyzed hydrogen evolution

Pd-SB@$TiO_2$ catalyzed hydrogen evolution effects of the temperature were studied in 2% $NaBH_4$-7% NaOH solution with different temperatures as 20 °C - 50 °C. While improving reaction temperatures the hydrogen evolution rates were also improved as 8186; 12926; 18150; 22617 mL $H_2$/gcat.min respectively that caused by increased kinetic energy.

The kinetic parameters of Pd-SB@$TiO_2$ catalyzed $NaBH_4$ hydrolysis reaction were calculated by using 5% Pd-SB in 20 mg Pd-SB@$TiO_2$ catalyst.

$$-r_{NaBH4} = -\frac{dC_{NaBH4}}{dt} = k.C^{n}_{NaBH4} \quad (2)$$

The nth reaction order has been found as 0,1 with 0, 9971 $R^2$ by using various temperatures (20 - 50 °C). For Arrhenius equation the Ea was 21.458 kJ/mol (**Fig. 6).**

$$\ln k = \ln A - Ea / RT \quad (3)$$

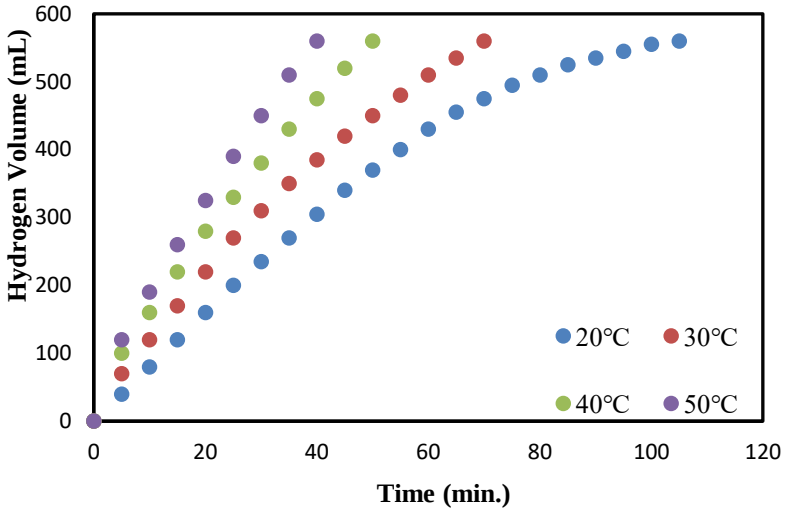



**Fig.5** Effect of different temperature Pd-SB@$TiO_2$ catalyzed hydrogen evolution

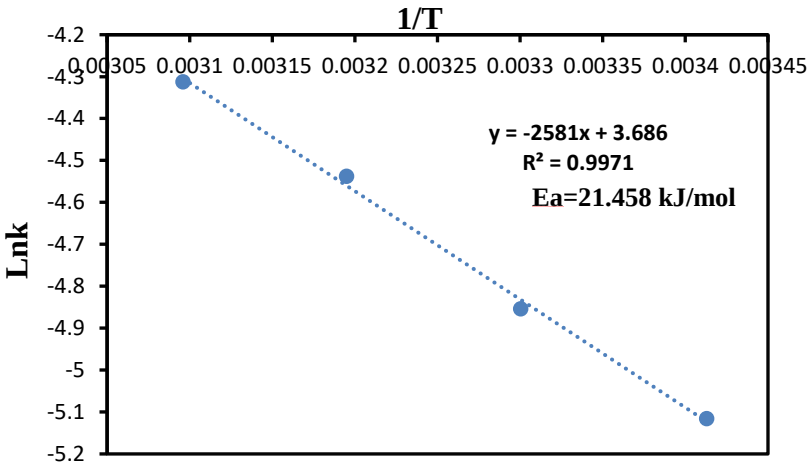



**Fig. 6** Arrhenius plot for nth-order reaction

In Pd-SB@$TiO_2$ catalyzed hydrogen evolution system the effects of various concentrations of sodium borohydride were also tried at 30 °C and using 2 %-10 % $NaBH_4$ in 7% NaOH solution (**Fig. 5**). With sodium borohydride concentration using, hydrogen evolution rates increased as 12926; 14201; 19303; 20662 mL/gcat.min respectively (2%; 5%; %7; 10% $NaBH_4$) due to the increasing concentration of sodium borohydride and increased catalyst- $NaBH_4$ interaction.

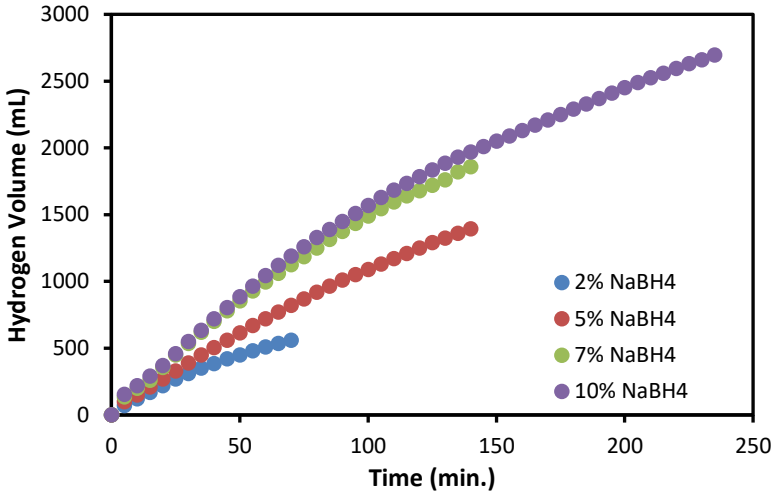



**Fig. 5.** Effect of $NaBH_4$ concentration in Pd-SB@$TiO_2$ catalyzed hydrogen evolution

## 4. CONCLUSION

In this study the results showed that Titanium dioxide supported Pd complex (Pd-SB@$TiO_2$) catalyst was successfully prepared and the supported material Titanium dioxide ($TiO_2$) increase surface area of Pd-SB catalyst. As a result of these findings, the increased surface area of the catalyst led to enhanced hydrogen evolution activity. The kinetic parameters were obtained from nth order model. At for 30 ℃ and 50 ℃, the hydrogen evolution rates were 12,926 and 22,617 mL $H_2$ $g_{cat}^{-1}$ $min^{-1}$ respectively, and the activation energy was 21.458 kJ $mol^{-1}$. According to the experimental results, it was revealed that the hydrogen evolution performance is highly improved by using Titanium dioxide supported Palladium complex and it is highly suitable catalyst for hydrogen evolution from the $NaBH_4$ hydrolysis.

## REFERENCES

[1] Farooq A., Alhalabi W. (2023). Evaluation of hydrogen fuel cell-based systematic vehicular application to promote the green economy using LabVIEW. Results Eng., 20, 101607.
[2] Almaraz S.D.L., Kocsis T., Azzaro-Pantel C., Szántó Z.O. (2024). Identifying social aspects related to the hydrogen economy: Review, synthesis, and research perspectives. Int. J. Hydrogen Energy, 49, 601-618.
[3] Paterson R., Alharbi A.A., Wills C., Dixon C. Šiller L., Chamberlain T.W., Griffiths A., Collins S.M., Wu K., Simmons M.D., et al. (2022). Heteroatom modified polymer immobilized ionic liquid stabilized ruthenium nanoparticles: Efficient catalysts for the hydrolytic evolution of hydrogen from sodium borohydride. Mol. Catal., 528, 112476.
[4] Kytsya A., Berezovets V., Verbovytskyy Y., Bazylyak L., Kordan V., Zavaliy I., Yartys V.A. (2022). Bimetallic Ni-Co nanoparticles as an efficient catalyst of hydrogen generation via hydrolysis of NaBH4. J. Alloy. Compd., 908, 164484.
[5] Du X., Liu H., Su M., Tai Y. Pan B., Guo N., Zhang J. (2023). Efficient catalytic performance of Ru nanoparticles for hydrogen generation from $NH_3BH_3$: The dual role of Mo oxide. Catal. Commun., 175, 106616.
[6] Kilinc D, Sahin O. (2020). High volume hydrogen evolution from $KBH_4$ hydrolysis with

palladium complex catalyst. Renew Energy, 161, 257-64.
[7] Qiu H., Yang G., Lv L., Han X., Zang S., Liu W., Wang X. (2023). Hydrogen generation from the hydrolysis of $LaMg_{12}H_{27}$ ball-milled with LiH. Int. J. Hyd. Energy, 48, 20216-20224.
[8] Kilinc D, Sahin O. (2022). Development of highly efficient and reusable Ruthenium complex catalyst for hydrogen evolution. Int J Hydrogen Energy, 47, 3876-85.
[9] Kirk J., Kim Y., Lee Y.J., Kim M., Min D.S., Kim P.S., Seo J.H., Kim Y., Lee J., Choung J.W., et al. (2023). Pushing the limits of sodium borohydride hydrolysis for on-board hydrogen generation systems. Chem. Eng. J., 466, 143233.
[10] Koh J.S., Kim D.H., Lee S.H., Kim M.S. (2023). Hydrogen generation system for fuel cells based on high pressure hydrolysis of solid-state sodium borohydride. Energy Convers. Manag., 281, 116850.
[11] Kılınc D. (2018). Investigation of synthesis, characterization and catalytic effect on hydrogen production of silica supported-Ni (II)-salicylaldimine complex. J. Baun Inst. Sci. Technol., 20, 296–310.
[12] Demirci U.B. (2015). The hydrogen cycle with the hydrolysis of sodium borohydride: A statistical approach for highlighting the scientific/technical issues to prioritize in the field. Int. J. Hydrogen Energy, 40, 2673-2691.
[13] Alshammari A.H., Alshammari K., Alhassan S., Alshammari M., Alotaibi T., Alanzy A.O., Taha T.A.M. (2023). Low temperature sol-gel synthesis of copper zinc ferrite for hydrogen catalytic hydrolysis of sodium borohydride. Mater. Chem. Phys., 308, 128287.
[14] Al-shaikh H., Lasri J., Knight J.G., Al-Goul S.T. (2022). Palladium mesoporous nanoparticles Pd NPs@[KIT-6] and Pd NPs@[KIT-6]-PEG-imid as efficient heterogeneous catalysts for H2 production from $NaBH_4$ hydrolysis. Fuel, 325, 124962.
[15] Tiri R.N.E., Gulbagca F., Aygun A., Cherif A., Sen F. (2022). Biosynthesis of Ag–Pt bimetallic nanoparticles using propolis extract: Antibacterial effects and catalytic activity on $NaBH_4$ hydrolysis. Environ. Res. 206, 112622.
[16] Yang F., Xiang C., Fang S., Xu F., Sun L., Shen C.Y., Zou Y. (2023). Synthesis and catalytic performance of nanoflower-like Ru@CoAl-LDH composite catalyst for NaBH4 hydrolysis. J. Alloys Compd., 945, 169280.
[17] Wang X., Zhao Y., Peng X., Wang J., Jing C., Tian J. (2015). Synthesis and characterizations of CoPt nanoparticles supported on poly (3,4-ethylenedioxythiophene) /poly(styrenesulfonate) functionalized multi-walled carbon nanotubes with superior activity for $NaBH_4$ hydrolysis. Mater. Sci. Eng. B, 200, 99-106.
[18] Kilinc D, Sahin O. (2021). Highly active and stable $CeO_2$ supported nickel complex catalyst in hydrogen generation. Int J Hydrogen Energy, 46(34), 499-507.
[19] Sahin O. Kilinc D, Saka C. (2016). Hydrogen generation from hydrolysis of sodium borohydride with a novel palladium metal complex catalyst, J. Energy Inst., 89 (2), 182-189.

# EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF MICRO-SYNTHETIC FIBER AND SILICA FUME RATIOS ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF GEOPOLYMER CONCRETE EXPOSED TO ACID AND SULFATE ATTACK

**Dr. BARIŞ BAYRAK**
Kafkas University, bbayrak@kafkas.edu.tr - 0000-0002-7438-1227

**MSc Student, YASEMİN ÖZBEN**
Atatürk University, yasemin.Yz72@gmail.com - 0009-0002-0359-6113

**Prof. Dr. ABDULKADİR CÜNEYT AYDIN**
Atatürk University, acaydin@atauni.edu.tr - 0000-0002-6696-4297

## ABSTRACT

One of the most important events that our world has recently faced is the increasing global climate change. The cement industry is also one of the sectors that cause carbon dioxide emissions that cause global warming. Therefore, there is a need for a more environmentally friendly, sustainable and high durability type of concrete in the concrete industry. Geopolymer concrete is an innovative concrete type that is an alternative to traditional Portland cement. The aim of this study is to investigate the effects of micro synthetic fiber ratio and silica fume ratio on the compressive strength of slag-based geopolymer concrete exposed to acid and sulfate. Two different fiber ratios (0% and 1%) and three different silica fume ratios (0%, 7.5% and 15%) were used in the study. All samples were subjected to 4 hours of heat cure at 80 °C. Axial compression loading test was applied to cube samples with dimensions of 50x50x50 mm to calculate the compressive strength. The samples were divided into three groups as laboratory environment, acid exposed and sulfate exposed samples. Increasing the fiber ratio in the geopolymer mixture decreased the compressive strength as it decreased the workability. Increasing the fiber ratio in the laboratory samples decreased the compressive strength by 30%. Increasing the fiber ratio in the samples exposed to acid and sulfate decreased the compressive strength by 17% and 40%, respectively. Although increasing the silica fume ratio in the mixture to 7.5% increased the compressive strength, increasing the silica fume ratio to 15% decreased the compressive strength.

**Keywords:** Acid attack, geopolymer concrete, micro synthetic fiber, silica fume ratio, sulfate attack

## 1. INTRODUCTION

Geopolymer concrete also known as Geopolymer, is a new-generation concrete that allows the vast potential of Portland cement concrete to be replaced with an eco-friendly alternative. Geopolymers are produced through the reaction of aluminosilicate materials in a solution of alkaline compounds (e.g., sodium hydroxide, potassium hydroxide). The geopolymerization reaction produces a strong binder without conventional cement [1–3]. This concrete has gained attention for its sustainability benefits because it drastically reduces carbon dioxide emissions related to the production of Portland cement, which accounts for nearly 8% of the global $CO_2$ emissions. Geopolymer concrete also reduces waste and enables the efficient use of resources by using industrial waste products like fly ash or slag [4-6]. It has also been proved that Geopolymer concrete has better mechanical, as well as durability properties, such as high compressive strength, resistance against chemical attack, and low shrinkage and creep. It is highly suitable for infrastructures which were exposed to chemicals, saltwater or extremely hot/cold of regions due to its high performance in hostile environments [7, 8] However, thermal stability. These features are extremely useful in extreme-weather applications, for example, marine structures, sewage systems, and high-temperature conditions. Plus, it shrinks and cracks less, giving it greater longevity. Geopolymer concrete is produced by mixing the source of aluminosilicates with alkaline activators and aggregates, which must then be cured in polluted or slightly increased temperature. Without hydration reactions like what is present in Portland cement, it can gain strength more quickly in favorable circumstances. However, some challenges follow geopolymer concrete even though there are plenty of benefits. We have some challenges like the limited availability of raw materials in some regions, variability in raw material properties, and the requirement of controlled mixing and curing conditions. Additionally, there are no standardized codes or guidelines, hampering its broad application within the construction industry. This is because geopolymer concrete ensures sustainable construction. It can transform the construction industry as long as it resolves its existing issues and sets industry standards and will reduce environmental impact while maintaining great performance [9-11].

As a more sustainable alternative to traditional Portland cement concrete, geopolymer concrete has many advantages in terms of performance and durability. Its key advantage comes from its environmental sustainability, as low-carbon concrete replaces or at least minimizes the quantity of Portland cement, a leading source of global $CO_2$ emissions. Moreover, it employs various industrial waste like fly ash, slag or metakaolin, decreasing the waste and fostering a circular economy. When considering performance, geopolymer concrete offers excellent chemical resistance, thus it is durable in sulphates, acids and chlorides exposed environments; It also possesses remediation properties, which means it does not lose structural integrity in high-heat environments, making it suitable for fire-prone regions. Additionally, geopolymer concrete has lower shrinkage compared to traditional concrete, which reduces the probability of cracking and extends the lifespan of buildings. It also gains early strength, which can shorten

construction schedules. Hence, geopolymer concrete is a viable substitute for Portland cement in modern day construction to overcome pollution problem, eliminating attachment to high strength framework and also increase occupational safety [12-15].

## 2. MATERIALS AND METHOD

### 2.1. Materials

All samples in this study were produced in geopolymer concrete. Six different geopolymer mixtures were designed according to the purpose of the study. Mixture ratios are presented in Table 1. Silica fume ratio was used in the geopolymer mixture at 0%, 7,5% and 15%. Blast furnace slag, quartz powder and waste marble powder ratio was used at the same ratio in all samples. In addition, micro synthetic fiber was used at two different ratios, 0% and 1%.

**Table 1. Mix Proportion (kg/m$^3$)**

| | Mix-I | Mix-II | Mix-III | Mix-IV | Mix-V | Mix-VI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Slag | 375 | 375 | 375 | 375 | 375 | 375 |
| Silica fume | 0 | 28 | 56 | 0 | 28 | 56 |
| Quartz powder | 165 | 165 | 165 | 165 | 165 | 165 |
| Waste marble powder | 234 | 234 | 234 | 234 | 234 | 234 |
| Sodium silicate | 187 | 201 | 215 | 187 | 201 | 215 |
| Sodium hydroxide | 75 | 80 | 87 | 75 | 80 | 87 |
| Fiber | - | - | - | 5 | 5 | 5 |

Granulated blast furnace slag with a specific gravity of 2,90 g/cm$^3$ was used in the geopolymer concrete mixture. The specific surface area of the blast furnace slag is 5445 cm$^2$/g. The chemical properties of the blast furnace slag are presented in Table 2. The specific gravity of the silica fume used in the geopolymer mixture is 2,94 g/cm$^3$. The chemical properties of the silica fume are presented in Table 3. The specific gravities of waste marble dust and quartz powder are 2,65 g/cm$^3$ and 2,71 g/cm$^3$, respectively. The chemical properties of waste marble dust and quartz powder are presented in Table 4 and Table 5, respectively. Micro synthetic fiber with a length of 12 mm and a specific weight of 1 g/cm$^3$ was used in the fibrous geopolymer mixtures. The technical properties of the micro synthetic fibers are presented in Table 6. In addition, micro synthetic fibers comply with the ASTM C1579-13 standard. Sodium silicate and sodium hydroxide were used as alkali activators in the geopolymer mixture. The specific gravity of sodium silicate and sodium hydroxide is 1,38 g/cm$^3$.

**Table 2. Chemical Properties of GBFS (%)**

| $SiO_2$ | CaO | $Al_2O_3$ | MgO | $Fe_2O_3$ | $SO_3$ | $K_2O$ | $Na_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 38,9 | 35,6 | 10,1 | 7,8 | 3,1 | 2,3 | 0,6 | 0.5 |

**Table 3. Chemical Composition of Silica Fume (%)**

| $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | Cl- | CaO | $Fe_2O_3$ | MgO | $Cr_2O_3$ | C | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 91,92 | 0,42 | 0,207 | 2,06 | 0,20 | 3,69 | 0,37 | 0,207 | 0,067 |

**Table 4. Chemical Properties of Quartz Powder (%)**

| $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | MgO |
|---|---|---|---|
| 98,2 | 11,4 | 0,2 | <0,1 |

**Table 5. Chemical Properties of Waste Marble Powder (%)**

| CaO | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | MgO | $Na_2O$ | $K_2O$ | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 53,2 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |

**Table 6. Technical Properties of Micro Synthetic Fibers**

| Length (mm) | Diameter (micron) | Tensile strength (MPa) | Melting point (°C) | Number of fibers ((~#/kg)) |
|---|---|---|---|---|
| 12 | 17-21 | 800-1100 | 255-265 | 200 million |

2.2. Method

Compressive strength test was carried out with cube samples of 50x50x540 mm dimensions. Compressive strength test was carried out in accordance with TS EN 12390-3 standard [16]. All mixtures were produced in a laboratory environment. After the samples were produced, they were subjected to heat cure at 80 °C for 4 hours. The geopolymer production stage was carried out in three stages. In the first stage, the solid materials were mixed for three minutes. Then, sodium silicate and sodium hydroxide were added to the mixture and mixed for another three minutes. In the last stage, micro synthetic fiber was added to the fibrous geopolymer mixtures and the mixture was mixed for another two minutes. The mixtures to which heat cure was applied were divided into three groups. The samples in the first group were kept in a laboratory environment for 30 days. The samples in the second group were kept in an acidic environment for 30 days. The samples in the third group were kept in a sulfate environment for 30 days. The experimental parameters are presented in Table 7.

Table 7. Properties of tested samples

| MİX ID | Silica fume ratio (%) | Fiber ratio (%) | Condition |
|---|---|---|---|
| M1 | 0 | - | Lab |
| M2 | 7,5 | - | Lab |
| M3 | 15 | - | Lab |
| M4 | 0 | 1 | Lab |
| M5 | 7,5 | 1 | Lab |
| M6 | 15 | 1 | Lab |
| M7 | 0 | - | Acidic |
| M8 | 7,5 | - | Acidic |
| M9 | 15 | - | Acidic |
| M10 | 0 | 1 | Acidic |
| M11 | 7,5 | 1 | Acidic |
| M12 | 15 | 1 | Acidic |
| M13 | 0 | - | Sulphate |
| M14 | 7,5 | - | Sulphate |

| | | | |
|---|---|---|---|
| M15 | 15 | - | Sulphate |
| M16 | 0 | 1 | Sulphate |
| M17 | 7,5 | 1 | Sulphate |
| M18 | 15 | 1 | Sulphate |

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

The summary of compressive strength results is shown in Table 8. The results presented in Table 7 show the effect of silica fume ratio, micro synthetic fiber ratio, and environmental exposure conditions on the compressive strength of geopolymer concrete. Silica fume 7,5% under lab conditions has reduced compressive strength compared to control mix (M1) from 57,39 MPa to 66,15 MPa (M2). Although, increasing the silica fume ratio to 15% further reduced the strength to 45,49 MPa (M3) which can be attributed to excess silica weakens the bonding in the matrix. The decrease in 1% has a consistent compressive strength decline when compared to laboratory samples, with the most significant decline in the mixture with 15% silica (M6), from 45,49 MPa to 38,65 MPa. Fiber addition reduced workability making compaction difficult, which could have resulted in void formation.

**Table 8. Summary of Compressive Test Results (MPa)**

| MİX ID | No:1 | No:2 | No:3 |
|---|---|---|---|
| M1 | 57,43 | 57,12 | 57,63 |
| M2 | 66,16 | 65,78 | 66,51 |
| M3 | 45,51 | 45,12 | 45,84 |
| M4 | 40,12 | 39,65 | 40,52 |
| M5 | 43,25 | 39,96 | 43,54 |
| M6 | 38,63 | 38,34 | 38,97 |
| M7 | 44,15 | 43,86 | 44,42 |
| M8 | 47,32 | 47,11 | 47,57 |
| M9 | 39,43 | 39,14 | 39,74 |
| M10 | 36,23 | 36,12 | 36,57 |
| M11 | 40,26 | 40,08 | 40,59 |
| M12 | 38,65 | 38,31 | 38,91 |
| M13 | 32,53 | 32,24 | 32,74 |
| M14 | 34,53 | 34,41 | 34,63 |
| M15 | 26,71 | 26,61 | 26,87 |
| M16 | 19,35 | 19,22 | 19,47 |
| M17 | 36,21 | 36,13 | 36,34 |
| M18 | 25,32 | 25,17 | 25,41 |

The average of results also shown in Figure 1. The corrosive activity of acids also leads to a global loss of compressive strength relative to that obtained under laboratory conditions in all the mixes. The maximum strength of 47,33 MPa was observed in samples containing 7,5% silica fume and no fibers (M8) while the minimum strength 38,62 MPa was shown in the mix covering 15% silica fume and 1% fiber (M12). This suggests that moderate amounts of silica fume increases resistance to acid, but when mixed with fibers and more silica fume, the

microstructure weakens when exposed to acid. Again, sulfate exposure led to the lowest compressive strengths across all tests. Control mix (M13) produced 32,50 MPa of compressive strength compared to lower values for mixes implementing fibers—single mix with 1% fiber and 15% silica fume (M18) attaining only 25,30 MPa. Fibers were found to inhibit the geopolymer matrix from resisting a sulfate attack, as shown by the significant decrease in strength under exposure to a sulfate solution. Overall, it is found that the compressive strength increases when 7,5% silica fume is added for all exposure conditions, but as the silica fume content increases and fibres are added the compressive strength decreases, with the retraction being particularly prominent under acidic and sulfate conditions. The results underscore the need for the optimization of additive mixtures to produce desired balance between strength and durability in particular environmental conditions.

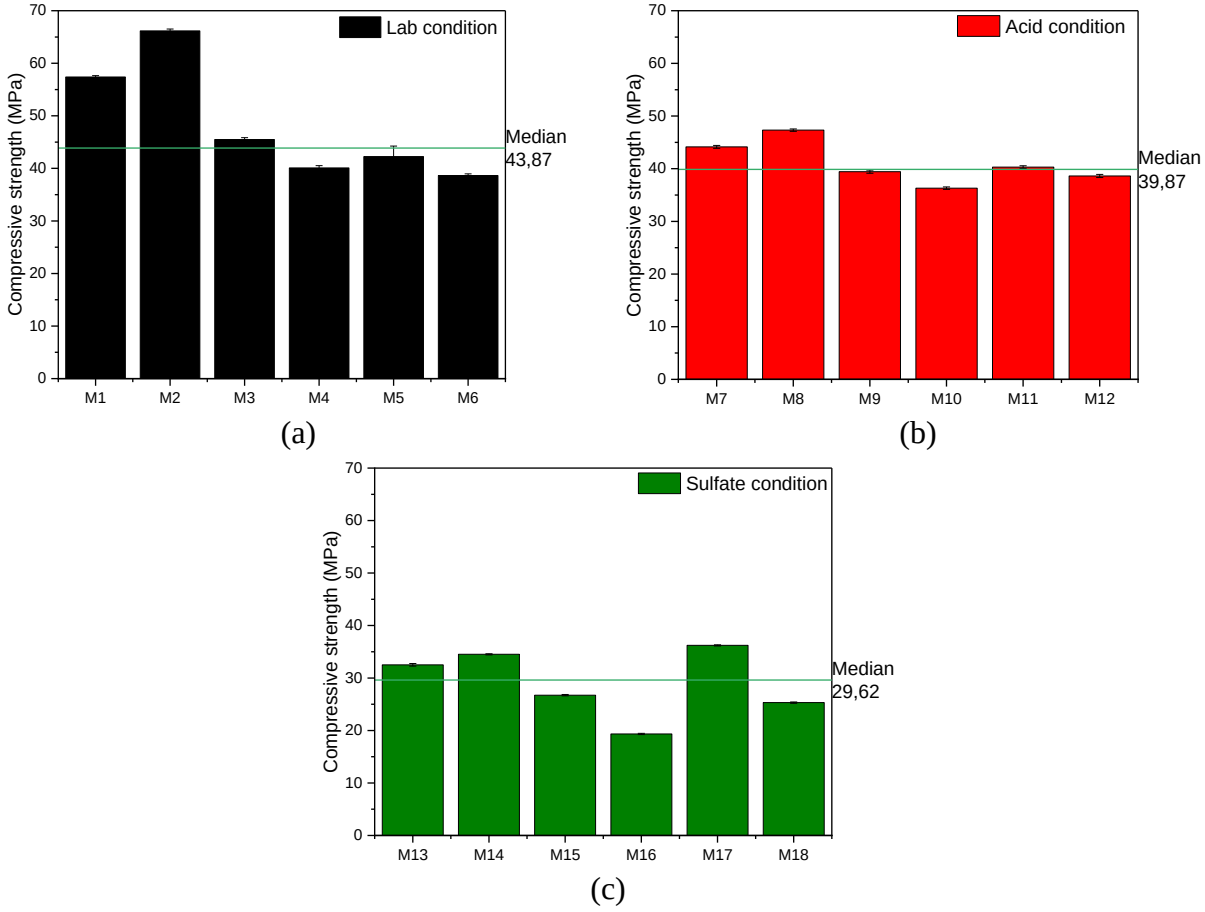



**Figure 1. Compressive Results of Tested Samples (a) Lab Condition (b) Acid Condition (c) Sulfate Condition**

Furthermore, the results presented in Figure 1 also leads to the conclusion on the durability performance of geopolymer concrete in aggressive environment. Geopolymer concrete has relatively greater resistance against acids, as the strength reduction was lesser for acid exposure than for sulfate exposure. The shrinkage of compressive strength due to laboratory to acidic conditions, for example, was 23% for the control mix (M1 to M7), whereas, under sulfate exposure, it was 43% (M1 to M13). Such behavior highlights the susceptibility of geopolymer matrix; sulfate attack (possibly due to chemical interactions between sulfates and unreacted aluminosilicates) causes matrix degradation. The role of micro synthetic fibers in these

environments seems to be complicated. Fibers have been connected with increased ductility and reduced cracking in some applications, yet their addition to the investigated geopolymer mixtures resulted in drastic strength penalties, particularly in sulfate environments. As an example, the compressive strength of the mix containing 0% silica fume and 1% fiber decreased from 32,50 MPa (M13) to 19,35 MPa (M16) during sulfate exposure, with a reduction of about 40%. It may be ascribed to the fibers that damage the dense matrix structure necessary to withstand the aggressive ions. Moreover, workability due to fiber addition possibly led to lower compaction and higher amounts of porosity, further promoting the degradation in aggressive environments.

Figure 1 also show that a balanced ratio of silica fume is essential without loss of strength and durability. The blend with 7.5% silica fume consistently produced superior performance in all exposure environments. This increase can be attributed to the densification of the geopolymer matrix and its improvement in chemical resistance by the use of SF. In contrast, the slightly higher contents of silica fume than the optimal level of 7,5% (i.e., M3, M9, and M15) possibly incorporated excessive unreacted silica into the mixture, which diluted the matrix and weakened the strength of the material. These results indicate that although geopolymer concrete has the potential to be a sustainable and long-lasting alternative to traditional concrete, to achieve optimal performance, there needs to be careful consideration of additives, particularly in harsh environments. The compatibility of fibers and the geopolymer system used in the construction of the segments can be improved by addition of proper additives for the segments. It can also provide research on whether any other additive or treatment can perform better in terms of sulfate resistance, that doesn't compromise on workability and strength.

The presence of silica fume ratio significantly enhances compressive strength of geopolymer concrete. Silica fume improves strength under all test conditions at a medium or 7,5% level. Consider, laboratory samples, where the compressive strength increased from 57,39 MPa (M1) to 66.15 MPa (M2) significant improvements in acidic environment (44,14 MPa to 47,33 MPa) and sulfate environment (32.50 MPa to 34.52 MPa). The mechanism behind this enhancement is that silica fume generates pozzolanic reaction and acts as a filler to fill the voids in the geopolymer matrix, thus improving bonding. Contrarily, with the increase in concentration, the compressive strength decreases drastically (at 15%), and a substantial reduction of strength is evident in laboratory-developed specimens (i.e., from 66,15 MPa(M2) to 45,49 MPa (M3)). The reduction is probably due to the picture in the excessive silica that compromises the integrity of the mixture and creates unreacted particles and a weaker structure. These results highlight the need to optimize silica fume dosages to achieve the right balance between strength and durability in geopolymer-based concrete.

The inclusion of micro synthetic fibers on the compressive strength of geopolymer concrete has a qualitative effect with a trend in the decrease of the compressive strength at all conditions tested. Under laboratory conditions, however, compressive strength was always lower with 1% fiber added. In mixes without silica fume, the strength dropped from 57,39 MPa (M1) to 40,10 MPa (M4), which corresponds to the fall of the order of about 30%. Comparable reductions

were also note in acid conditions (4,63 MPa from M7 to 0,95 MPa from M10) and sulfate conditions (2,87 MPa from M13 to 0,78 MPa from M16). Several factors contribute to this reduction in compressive strength. While the addition of fibers, as a general case, increase the porosity and decrease the workability of the concrete, resulting in unsupported and poorly compacted (leading to lower strength characteristics.) There may also be discontinuity in the matrix, which reduces the matrix's tensile strength when subjected to compressive loading. Although improvement in the ductility and crack failure of the fibers, their adverse effect on compressive strength in aggressive media indicates that optimization is necessary for further development. For example, under sulfate exposure, the decrease in strength was in some cases nearly 40% higher than the other alternative scenarios. These results emphasize the importance of carefully balancing fiber content to obtain a compromise for the desired mechanical properties such as strength, ductility, and crack resistance.

However, a significant reduction is seen in the compressive strength of all mixes compared between lab and acidic exposure due to the effects of environmental conditions. The compressive strengths were lower at acidic conditions than that at conditions similar to laboratory environment, which indicates that geopolymer concrete is susceptible to acidic conditions. For fiber-free mixes, in acidic conditions, the reduction in compressive strength, compared to the laboratory condition, was 14%–21%. For instance, in the case of the 0% silica fume control mix, the strength reduction was from 57,39 MPa (M1) to 44,14 MPa (M7) which translates to a 23% reduction. Moreover, the mix containing 7.5% silica fume decreased from 66,15 MPa (M2) to 47,33 MPa (M8), a decrease of 28%, while that containing 15% silica fume decreased from 45,49 MPa (M3) to 39,44 MPa (M9), a decrease of 13%. The lesser reduction in strength for the 15% silica fume mix might be attributed to the lower initial strength of this mix in laboratory conditions compared to others, hence lower differential. For fiber-reinforced mixes, the effects were similar but slightly less severe. For example, the compressive strength of the mixture with 0% silica fume and 1% fiber decreased from 40,10 MPa (M4) to 36,31 MPa (M10), which is a 9,5% reduction. This smaller reduction is probably due to the fibers contributing some resistance to crack formation caused by acid attack. That said, all mixes were more susceptible to compressive strength loss in acidic environments, with geopolymer mixes with 7,5% silica fume being somewhat less so. It even emphasizes the need of optimizing mix design in order to improve durability in acidic environment.

Geopolymer concrete shows greater decline in compressive strength when exposed to sulfate rather than acidic conditions. The reductions in strength observed under sulfate exposure were more pronounced than those under acidic exposure across the board, indicative of a greater susceptibility of the geopolymer matrix to sulfate attack. For non-fibered mixes, the compressive strength was always greater under acidic conditions than under sulfate conditions. For instance, the control mix (0% of silica fume) had showed 44,14 MPa of strength after acid exposure (M7) and 32,50 MPa of strength after sulfate exposure (M13) — an additional reduction of 26% in sulfate environment. Whereas the mixed concrete of 7.5% silica fume resulted in a drop of compressive strength from 47,33 MPa (M8) in acid conditions to 34,13 MPa (M12) in sulphate conditions at 75% of area covered, confirming an extra 27% drop in

compressive strength at M14. The mixture containing 15% of silica fume showed similar trends with the strengths of 39,44 MPa (M9) and 26,73 MPa (M15) observed for acidic and sulfate conditions resulting again in a reduction of 32% under sulfate exposure. The effect of sulfate exposure was more marked for fiber-reinforced mixes. An example is the mixture with 0% silica fume and 1% fiber, which presented a compressive strength of 36,31 MPa in acidic environments (M10) that lowered to 19.35 MPa in sulfate ones (M16), meaning a decrease of almost 47%. Likewise, for 7,5% silica fume and 1% fiber mix the strength decreased from 40,31 MPa (M11) in acid exposure to 36,23 MPa (M17) in under sulfate exposure (10% decrease). Similarly, in acidic and sulfate conditions, the mix containing 15% silica fume and 1% fiber showed strengths of 38,62 MPa (M12) and 25,30 MPa (M18), with 34% lower strength exposed to sulfate.

The results revealed that compressive strength degradation in sulfate environments is relatively more serious than in acidic environments. This is probably caused by the creation of expanding compounds in sulfate environments, for example ettringite and gypsum, which dilute the geopolymer matrix. Acidic environments, which are also destructive, cause surface dissolution rather than extensive cracking. The results highlight the importance of improving the alkaline resistance of geopolymer concrete in sulfate-rich environments. The sulfate exposure in comparison to the control laboratory state has a drastic loss of compressive strength of geopolymer concrete in all mixes. Ultimately, sulfate environments are more detrimental for strength than laboratory conditions, which may be indicative of the geopolymer matrix susceptibility to sulfate attack. For non-fiber mixes, the loss of compressive strength due to exposure to sulfate was significant. Control mix (with 0% silica fume) achieved a 57,39 MPa in laboratory conditions (M1), when exposed to sulfate, strength reduced to 32,50 MPa (M13) which accounts to 43% decrement. So was the mix with 7,5% silica fume, which initially registered a strength of 66,15 MPa (M2) in the lab but dropped to 34,52 MPa (M14) when exposed to sulfate, a decrease of 48%. Similarly, the slope of reduction with 15% silica fume mix was also high from 45,49 MPa (M3) to 26,73 MPa (M15) corresponding to 41% decline.

Sulfate exposure had a more significant impact on fiber-reinforced mixes. Concrete (M4) with 0% silica fume and 1% fibre had a strength of 40,10 MPa in laboratory conditions, which fell to 19,35 MPa in sulphate conditions (M16) — a 52% loss in strength. Comparable to that, the blend with 7,5% silica fume and 1% fibre reduced from 42,25 MPa (M5) at laboratory environment to 36,23 MPa (M17) when exposed to sulfate, a 14% reduction. The highest reduction of 35% between the unexposed and sulfate exposed condition of 38,65 MPa (M6) to 25,30 MPa (M18) was observed in the 15% silica fume + 1% fiber mix. This indication shows that sulfate exposure lowers the compressive strength of geopolymer concrete below laboratory conditions. This damaging effect can be related to chemical interaction between the sulfates present in the environment and the geopolymeric matrix in which expandable compounds like ettringite and gypsum can be formed and cause damage inside the material. In conclusion, the results of this study highlighted the importance of improving the sulfate durability of geopolymer concrete in sulfate environments.

## 4. CONCLUSION

This research studied the impact of silica fume ratio, micro synthetic fiber dose, and environmental exposure conditions (laboratory, acid and sulfate) on the compressive strength of geopolymer concrete based on slag. Results show that a moderate content of silica fume (7,5%) contributes significantly more to the compressive strength than higher contents when compared with control, and its pozzolanic activity and filler effect densify the geopolymer matrix in every single condition. However, it turned out that increasing silica fume ratio over 15% had weakened strength probably because of unreacted silica particles in the matrix.

i. 1% micro synthetic fibers addition showed reduction in compressive strength in all the conditions. Indeed, this decrease is due to an adverse effect of fibers on workability and continuity of the matrix, as resulted in poor pack ability and high porosity. Although fibers can enhance ductility and crack-confinement ability, they still need to be optimized for compatibility with geopolymer mixtures.
ii. The compressive strength was highly affected by the environmental exposure. Acidic conditions resulted in a moderate loss of strength, whereas simultaneous sulfate exposure led to more significant degradation. The more significant susceptibility to sulfate environments may be a consequence of the formation of expansive compounds with ettringite and gypsum, that disrupts the geopolymer matrix.
iii. Overall, it is essential to conduct optimization of the silica fume ratio while ensuring compatibility factors of fiber with the geopolymer matrix for improving the efficacy of the geopolymer concrete.
iv. Furthermore, additional improvements in the resistance to sulfate environments are needed for far more widespread applications in more aggressive conditions. Proving its potential utility as a sustainable replacement for traditional Portland cement concrete, with appropriate mix design and environmental durability challenges overcome.

.

## REFERENCES

[1] Ramujee, K., PothaRaju, M. Mechanical Properties of Geopolymer Concrete Composites, Materials Today: Proceedings, 4(2), 2937-2945, 2017. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.02.175

[2] Mohajerani, A., Suter, D., Jeffrey-Bailey, T., Song, T., Arulrajah, A., Horpibulsuk, S., Law, D. Recycling Waste Materials in Geopolymer Concrete, Clean Technologies and Environmental Policy, 21, 493-515, 2019. https://doi.org/10.1007/s10098-018-01660-2

[3] Škvára, F., Svoboda, P., Doležal, J., Bittnar, Z., Šmilauer, V., Kopecký, L., Šulc, R. Geopolymer Concrete-An Ancient Material too?, Ceramics− Silikáty, 52(4), 296-298, 2008.

[4] Parathi, S., Nagarajan, P., Pallikkara, S. A. Ecofriendly Geopolymer Concrete: A Comprehensive Review, Clean Technologies and Environmental Policy, 23, 1701-1713, 2021. https://doi.org/10.1007/s10098-021-02085-0

[5] Yasaswini, K., Rao, A. V. Behaviour of Geopolymer Concrete at Elevated Temperature. Materials Today: Proceedings, 33, 239-244, 2020. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.833

[6] Tho-In, T., Sata, V., Chindaprasirt, P., Jaturapitakkul, C. (2012). Pervious High-Calcium Fly Ash Geopolymer Concrete, Construction and Building Materials, 30, 366-371. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.12.028

[7] Jeevanandan, K., Sreevidya, V. Experimental Investigation On Concrete and Geopolymer Concrete. Materials Today: Proceedings, 21, 307-312, 2020. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.05.448 ,
[8] Nurruddin, M. F., Sani, H., Mohammed, B. S., Shaaban, I. Methods of Curing Geopolymer Concrete: A Review, International Journal of Advanced and Applied Sciences, 5(1), 31-36, 2018.

[9] Albitar, M., Ali, M. S., Visintin, P. Engineering Properties of Slag-Based Geopolymer Concrete, Construction Materials and Structures, 503-510, 2014.

[10] Wong, L. S. Durability Performance of Geopolymer Concrete: A review, Polymers, 14(5), 868, 2022. https://doi.org/10.3390/polym14050868

[11] Kishanrao, M. P., Narasimhan, M. C. Performance of Geopolymer Concrete Mixes At Elevated Temperatures, 2012 International Conference on Green Technologies (ICGT), 079-081, 2012. IEEE. https://doi.org/10.1109/ICGT.2012.6477951

[12] Ojha, A., Aggarwal, P. Fly Ash Based Geopolymer Concrete: A Comprehensive Review, Silicon, 14(6), 2453-2472, 2022. https://doi.org/10.1007/s12633-021-01044-0

[13] Thomas, B. S., Yang, J., Bahurudeen, A., Chinnu, S. N., Abdalla, J. A., Hawileh, R. A., Hamada, H. M. Geopolymer Concrete Incorporating Recycled Aggregates: A Comprehensive Review, Cleaner Materials, 3, 100056, 2022. https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100056

[14] Amran, Y. M., Alyousef, R., Alabduljabbar, H., El-Zeadani, M. Clean Production and Properties of Geopolymer Concrete; A Review, Journal of Cleaner Production, 251, 119679, 2020. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119679

[15] Almutairi, A. L., Tayeh, B. A., Adesina, A., Isleem, H. F., Zeyad, A. M. Potential Applications of Geopolymer Concrete in Construction: A Review, Case Studies in Construction Materials, 15, e00733, 2021. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00733

[16] TS EN 12390-3, Testing hardened concrete - Part 3: Compressive strength of test specimens, Ankara, Türkiye, 2019.

# SIVI FAZA DAYALI MİKROEKSTRAKSİYON TEKNİKLERİ VE FARKLI ÖRNEK MATRİSLERİ İÇİN KULLANIMLARI

LIQUID PHASE-BASED MICROEXTRACTION TECHNIQUES AND THEIR USE FOR DIFFERENT SAMPLE MATRICES

**Arş. Gör. Seçkin FESLİYAN**

Kimya Bölümü, Fen Fakültesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas/Türkiye

seckinf@cumhuriyet.edu.tr, ORCID ID: 0009-0003-3584-3868

**Prof. Dr. Adil ELİK**

Kimya Bölümü, Fen Fakültesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas/Türkiye

elik@cumhuriyet.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3942-4711

**Prof. Dr. Nail ALTUNAY**

Kimya Bölümü, Fen Fakültesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas/Türkiye

naltunay@cumhuriyet.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-9053-7570

## ÖZET

Gelişen teknolojiler birçok analitik cihazın modern çağa ayak uydurmasını sağlamıştır. Farklı örnek matrislerinden analitlerin belirlenmesi için analitik kimyacıların birçok seçeneği vardır. Bu seçenekler oldukça gelişmiş ve kompleks olsalar da hedef analitlerin bulunduğu örnekler de en az o kadar karmaşıktır. Analitik kimyacıları bu karmaşıklığın üstesinden gelme çabaları da zamanla farklılaşmıştır. Farklı ayırma ve zenginleştirme tekniklerinin kullanımı bu çabaların bir sonucudur. Geleneksel ekstraksiyon teknikleri geçmişte sıklıkla kullanılsa da yüksek miktarda çözücü tüketimine ve enerji sarfiyatına sebep oldukları için birçok dezavantaja sahiptir. Ayrıca bu yöntemlerin uygulanması zaman alıcı ve maliyetlidir. Bu gibi durumlar ekstraksiyon tekniklerinin daha ileri seviyelere taşımıştır. Mikroekstraksiyon tekniklerinde kullanılan çözücüler çok düşük hacimlerde olduğu gibi aynı zamanda bu çözücüler toksik değillerdir. Bunun yanında işlenen örnek miktarları da çok azdır. Bu basit ve minyatür teknikler, analitik prosedürlerin düşük maliyetli, enerji tasarrufu sağlayan ve çevre dostu prosedürler olmasını sağlamaktadır. Birçok türü bulunan mikroekstraksiyon teknikleri genel olarak sıvı faz mikroekstraksiyonu (LPME) ve katı faz mikroekstraksiyonu (SPME) olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır. Sıvı faza dayalı tekniklerin farklı ve ilginç birçok çeşidi bulunmaktadır. Bu çalışmada sıvı faza dayalı mikroekstraksiyon teknikleri hakkında bilgi verilerek bu teknikler farklı yönleriyle ele alınacaktır. Ayrıca okuyucuya farklı literatür çalışmalarından örnekler verilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Sıvı faz mikroekstraksiyonu, ayırma ve zenginleştirme teknikleri, yeşil analitik kimya, yöntem geliştirme

## ABSTRACT

Developing technologies have enabled many analytical instruments to keep up with the modern age. Analytical chemists have many options for determining analytes from different sample matrices. Although these options are quite advanced and complex, the samples containing the target analytes are at least as complex. The efforts of analytical chemists to overcome this complexity have also varied over time. The use of different separation and enrichment techniques is a result of these efforts. Although traditional extraction techniques were frequently used in the past, they have many disadvantages because they cause high solvent consumption and energy consumption. In addition, the application of these methods is time-consuming and costly. Such situations have brought extraction techniques to more advanced levels. The solvents used in microextraction techniques are in very low volumes and are also non-toxic. In addition, the amount of sample processed is very small. These simple and miniaturized techniques enable analytical procedures to be low-cost, energy-saving and environmentally friendly. Microextraction techniques, which have many types, are generally grouped under two main headings: liquid phase microextraction (LPME) and solid phase microextraction (SPME). There are many different and interesting types of liquid phase based techniques. In this study, information will be given about liquid phase based microextraction techniques and these techniques will be discussed from different aspects. In addition, examples from different literature studies will be given to the reader.

**Keywords:** Liquid phase microextraction, separation and enrichment techniques, green analytical chemistry, method development

## 1. GİRİŞ

Analitik kimya belirli bir analitin tayin edilmesi süreci birçok değişkenden oluşmaktadır. Her ne kadar temel amaç analitin doğru ve güvenilir tayini olarak görülse de yapılan çalışmanın kalitesini süreç içerisindeki dinamikler belirlemektedir. Analitik süreç genel kapsamda ele alındığında araştırmacıların sorması gereken birçok soru ve üzerinde düşünmesi gereken noktalar ortaya çıkmaktadır. Bunlar numunenin fiziksel ve kimyasal özellikleri, hedef analitin numune içerisindeki miktarı, analitik cihazın duyarlılığı ve seçiciliği gibi durumlar olarak gibi özetlenebilir. Bu durumlar temel durumlar olsa da her biri bir başka soruyu ve durumu ortaya çıkarabilmektedir. Hedef analitin numune içindeki miktarı ve numunenin özellikleri matris etkisi gibi bir sorunu gündeme getirmektedir. Matris etkisinin çözümü ise modern eğilimler doğrultusunda çevre ve insan sağlığı ile ilgili herhangi bir tehlike oluşturmamalıdır. Mikroekstraksiyon teknikleri tam da bu iki önemli nokta açısından oldukça değerlidir. Analitik kimyacılar farklı türden birçok numuneyi analiz etmektedir. Bilindiği gibi hedef analit numune bileşiminin çok düşük bir yüzdesini oluşturmaktadır. Dahası, bu bileşimin içinde analitik kimyacılar için can sıkıcı olabilecek farklı türler de yer almaktadır. Bu etkiyi ortadan kaldırmak için ayırma ve zenginleştirme tekniklerine başvurulmaktadır. Ayırma ve zenginleştirme tekniklerinden en bilineni ve günümüzde en çok kullanılanı ise mikroekstraksiyon teknikleridir. Bu tekniklerin sıklıkla kullanılmasının sebeplerinden biri de yeşil bir doğaya sahip olmalarıdır. Bu hem çevre dostu hem de insan sağlığı için tehdit oluşturmamaları anlamına gelmektedir. Yeşil doğayı oluşturan unsurlar ise mikro hacimlerde çözücü kullanımı, işlenen örneklerin düşük miktarda olması, basit, hızlı ve ucuz bileşenlerden oluşması, enerji ve reaktif sarfiyatının önüne geçmesi gibi çok çeşitlidir. Bu üstün özellikler araştırmacıların mikroekstraksiyon tekniklerine eğilimini artırmıştır. Gıda [1-3], kozmetik [4, 5], biyolojik [6, 7] ve çevresel örnekler [8, 9] için sıklıkla mikroekstraksiyon teknikleri kullanılmaktadır. Mikroekstraksiyon teknikleri genel olarak katı faz mikroekstraksiyonu (SPME) ve sıvı faz mikroekstraksiyonu (LPME) olarak iki başlık altında değerlendirilmektedir. Bu çalışmada sıvı faz mikroekstraksiyon teknikleri genel bağlamda incelenmiş ve literatürde bu alanda yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir.

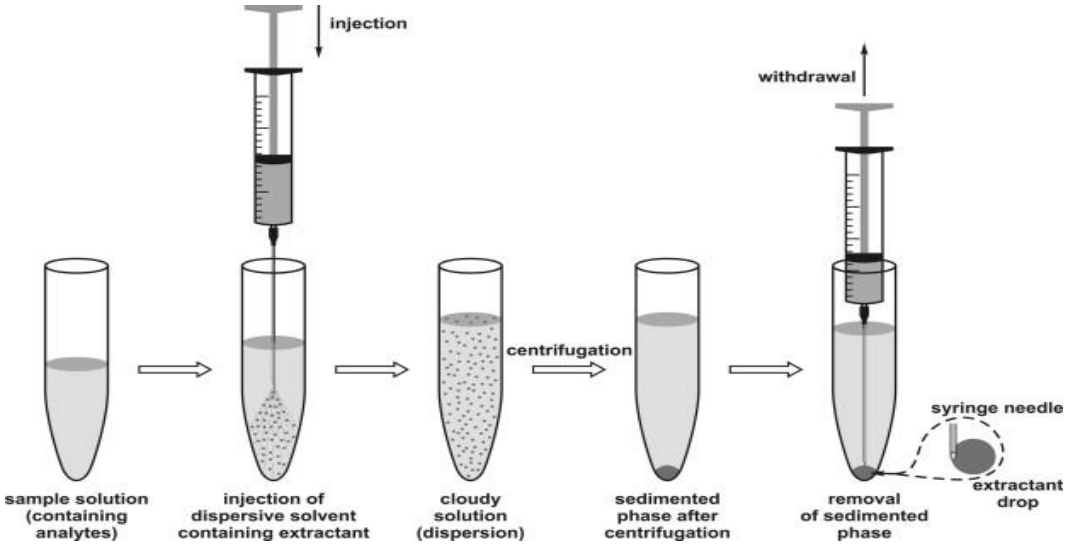
## 2. SIVI FAZ MİKROEKSTRAKSİYON TEKNİKLERİ

Sıvı faza dayalı mikroekstraksiyon teknikleri, özellikle yüksek toksisiteli çözücülerin aşırı miktarlarda kullanımıyla, zaman alıcı ve maliyetli oluşuyla öne çıkan klasik sıvı-sıvı ekstraksiyonuna alternatif olarak 1990'lı yıllarda ortaya çıkmıştır. Sıvı faz mikroekstraksiyonuna (LPME) dayalı teknikler çözücünün sulu fazla temasına göre değişmektedir. Mikro şırıngadaki bir çözücünün numuneyle temasına dayanan teknikler tek damla mikroekstraksiyonu (SDME), bir fiberin içerisindeki çözeltinin analiti ekstrakte etmesine dayanan teknikler oyuk fiber sıvı faz mikroekstraksiyonu (HF-LPME), ve numune içerisinde dağılan ekstraksiyon çözücüsünün analiti ekstrakte etmesine dayanan teknikler ise dağıtıcı sıvı-sıvı mikroekstraksiyonu (DLLME) olarak karşımıza çıksa da, bu teknikler çeşitlendirilebildiği gibi genel olarak LLME, su ile karışmayan bir çözücünün mikro hacimlerine analitin ekstraksiyonu olarak somutlaştırılabilmektedir [11].

### 2.1.Dağıtıcı Sıvı-Sıvı Mikroekstraksiyonu

Dağıtıcı sıvı-sıvı mikroekstraksiyonu ilk kez 2006'da Razaee ve çalışma arkadaşları tarafından su örneklerinden poliaromatik hidrokarbonların (PAH'lar) ekstraksiyonu için kullanılmıştır [12]. Bu çalışmada araştırmacılar 8 µL tetrakloroetileni (ekstraksiyon çözücüsü) numune ortamında dağıtmak için 1 mL aseton kullanmışlardır.

DLLME'de iki farklı çözücü kullanılır. Bunlardan biri ekstraksiyon çözücüsü iken diğeri ise ekstraksiyon çözücüsünü numune ortamına dağıtmak için kullanılan dağıtıcı çözücüdür. Bu iki çözücü aynı anda numune ortamına hızlı bir şekilde enjekte edildiğinde dağıtıcı çözücü yardımıyla ekstraksiyon çözücüsü geniş bir alana yayılır. Bu yayılma, numunenin farklı bölgesindeki analitleri kolayca ekstrakte etmeyi sağlamaktadır. Analitleri içeren dağılmış ekstraksiyon çözücüsü damlacıkları santrifüjlemeyle kolayca farklı faza ayrılmaktadır. Bu faz ise bir mikro şırınga yardımıyla kolayca bir sonraki adım için ayrılabilmektedir (Görsel 1). DLLME'de ekstraksiyon veriminin yüksek olması için ekstraksiyon çözücüsünün ve dağıtıcı çözücünün özellikleri büyük önem taşımaktadır. Ekstraksiyon çözücüsü ve dağıtıcı çözücü birbiri içerisinde karışabilir olmalı iken, ekstraksiyon çözücüsünün sudaki çözünürlüğü çok düşük, dağıtıcı faz ise suda iyi çözünür olmalıdır. Dağıtıcı çözücü olarak asetonitril, aseton veya metanol kullanılmaktadır. Ayrıca dağılma-çözünürlük gibi olayların istenen şekilde gerçekleşmesi için tuz etkisinin ve pH'ın kontrol edilmesi gerekmektedir [12, 13].




**Görsel 1.** DLLME tekniği [13]

Zgoła-Grześkowiak, çevresel sulardan ibubrofen, ketoprofen, naproksen ve diklofenak gibi anti-infalamatuar ilaçların tayini için geliştirdikleri prosedürde bileşenlerin LC-MS/MS ile tayini öncesinde ekstraksiyonu için DLLME uygulamıştır. DLLME'de ekstraksiyon çözücüsü olarak kloroform, dağıtıcı çözücü olarak ise aseton kullanılmıştır. Deneysel parametrelerin (ekstraksiyon ve dağıtıcı çözücülerin türü ve hacmi, pH gibi) optimizasyonundan sonra optimum şartlarda kalibrasyon aralıkları naproksen ve ibuprofen için 1-500 µg $L^{-1}$ ve ketoprofen ve diklofenak için 0,25-500 µg $L^{-1}$ olarak ve korelasyon katsayıları ise en az 0,997 olarak elde edilmiştir. Ayrıca 0.5 ila 10 ng $L^{-1}$ arasında niceliksel sınırlar (LOQ) elde edilmiştir [14].

Su ve gıda örneklerinden kadmiyum ve bakırın spektrofotometrik tayinini amaçlayan bir çalışmada ise ekstraksiyon çözücüsü olarak karbon tetraklorür ve dağıtıcı çözücü olarak etanolün kullanıldığı DLLME tekniği uygulanmıştır. Analitlerin tayini için, ditizon kadmiyumun şelatlayıcısı, dietilditiyokarbamatise bakırın şelatlayıcısı olarak kullanılmıştır. Deneysel parametreler (ekstraksiyon ve dağıtıcı çözücünün tipi ve hacmi, şelatlama reaktiflerinin konsantrasyonu, pH, tuz etkisi) optimize edildikten sonra kadmiyum ve bakır için tespit limitleri sırasıyla 3458 ve 10'luk geliştirme faktörleri (EF'ler) ile 0,01 ng/L ve 0,5 µg/L olarak hesaplanmıştır [15].

### 2.2.Tek Damla Mikroekstraksiyonu

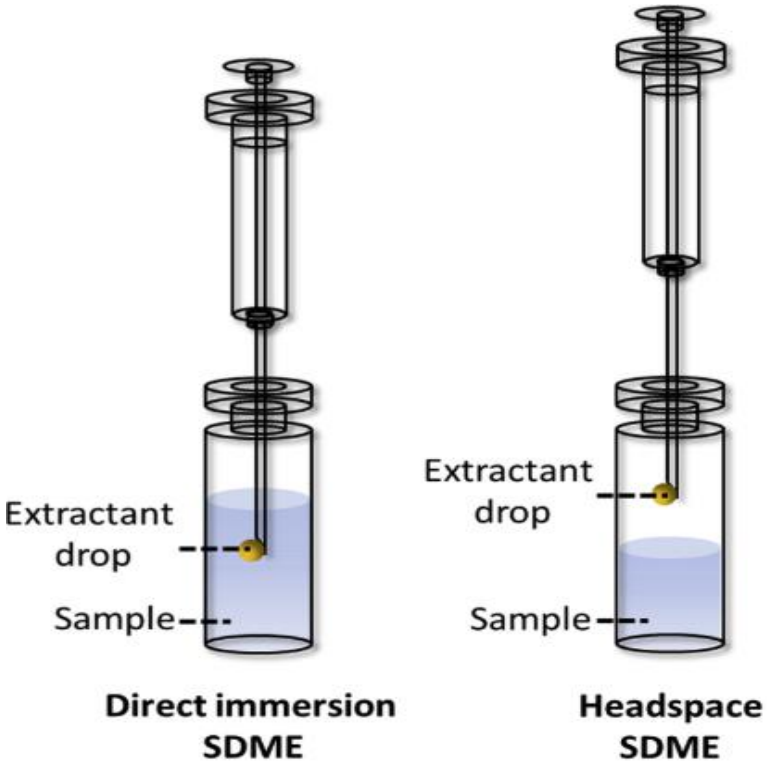
Tek damla mikroekstraksiyonu (SDME) da klasik ekstraksiyon tekniklerinin dezavantajlarını ortadan kaldırma çabalarının ilk sonuçlarından biri olarak ortaya çıkmıştır. Liu ve ark. 1990'ların ortalarında gaz fazındaki amonyak ve kükürt dioksitin tek bir sıvı damlasına ekstraksiyonunu içeren yöntem geliştirmiştir [16]. Daha sonra Jeannot ve Cantwell, 4-metilasetofenonun, bir teflon çubuğun ucundaki n-oktanol damlasına (8 µL) ekstraksiyonu sonrası ekstraksiyon fazının gaz kromatografisi (GC) ile doğrudan tayinini içeren bir çalışma yapmıştır [17]. Bu çalışmalardan sonra SDME'nin uygulamaları hız

kazanmıştır. LPME tekniklerinin atası sayılan SDME'de temel amaç yüksek zenginleştirme faktörleri elde etmek ve numuneden gelecek matris etkisini azaltmaktır.

SDME'nin temel prensibi mikro şırınganın ucunda asılı halde bulunan 1-5 µL hacimdeki bir damlanın numune çözeltisindeki analitleri ekstrakte etmesine dayanmaktadır. Bu damla daha sonra mikro şırınganın içine çekilip tayin aşaması için ayrılabilmektedir. SDME esasen iki farklı uygulama şekline sahiptir. Bunlardan biri doğrudan daldırma (DI)-SDME, diğeri ise baş boşluklu (HS)-SDME'dir.

DI-SDME adından da anlaşılacağı üzere, karıştırılan bir örneğe ekstraksiyon çözücüsünün tek damlasının doğrudan daldırıldığı SDME tekniğidir. Hedef analitler daldırılan bu damlaya ekstrakte olmaktadır. Tekniğin doğası gereği yalnızca orta polariteli ve apolar analitler tayin edilebilmektedir. DI-SDME'de kullanılan ekstraksiyon çözücüsü suyla karışmaz.

HS-SDME'de ise mikro şırınganın ucundaki tek damla örneğin üzerindeki boşlukta (örnek çözeltisine değmez) yer almaktadır. Örneğin ısıtılmasıyla analitler damlaya geçer ve daha sonra damla, analitlerin tayini için HPLC veya GC'ye yerleştirilir. HS-SDME ile uçucu ve yarı uçucu özellikteki analitlerin tayini yapılabilmektedir [18].




**Görsel 2.** DI-SDME ve HS-SDME teknikleri [19]

İki teknik kıyaslandığında, DI-SDME'de tek damla örnek içerisine daldırıldığı için ekstraksiyon çözücü seçimi HS-SDME'ye göre sınırlıdır. HS-SDME'de buharlaşma gerçekleştiği için kompleks matrisler için etkin bir ön temizleme sağlamaktadır [18, 20]. DI-SDME'nin HS-SDME'ye göre bir diğer dezavantajı da karıştırma hızının sınırlayıcılığı ile ilgilidir. Numune ile temas eden tek damla yüksek karıştırma hızlarında kararsız olabilmektedir.

Shrivas ve Wu içecek ve yiyecek örneklerinin tek damlasından kafeinin GC/MS ile tayini öncesi SDME ile ekstraksiyonu için geliştirdikleri prosedürde tek damla ekstraksiyon çözücüsü olarak kloroform kullanmışlardır. Deneysel parametreler (ekstraksiyon çözücüsü, ekstraksiyon süresi, ekstraksiyon fazının maruz kalma hacmi ve iyonik şiddet) optimizeedildikten sonra optimum yöntem 0,980 korelasyon katsayısıyla 0,05 ile 5,0 µg mL -1 arasında iyi bir doğrusallık elde sunmuştur. Ayrıca, yönteminin bağıl standart sapması (RSD) ve tespit sınırları (LOD) sırasıyla %4,4 ve 4,0 ng mL -1 olarak hesaplanmıştır. Geri kazanım değerleri ise %96,6-101 arasında değişkenlik göstermiştir. Bu teknikte hedef analitleri içeren tek damla doğrudan GC'ye enjekte edilmiştir. Hem numunenin tek damlasının işlenmesi hem de tek damla ekstraksiyon çözücüsü kullanımı basit ve hızlı bir alternatif oluşturmaktadır [21].

Nunes ve çalışma arkadaşları, manganın içecek ve deniz ürünleri örneklerinden tayini için DI-SDME ve sürekli akış mikroekstraksiyonu (CFME) olmak üzer iki ekstraksiyon prosedürü uygulamış ve sonuçları karşılaştırmıştır. 1-(2-piridilazo)-2-naftol (PAN) kompleks oluşturucu madde olarak ve 1-bütil-3-metilimidazolyum hekzaflorofosfat [$C_4$MIM][$PF_6$] ekstraksiyon çözücüsü olarak kullanılmıştır. Çözücü hacmi, ekstraksiyon süresi, karıştırma hızı ve akış hızı gibi deneysel değişkenler tek değişkenli optimizasyon yöntemi kullanılarak optimize edilmiş ve manganın tayini grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektrometrisi (GFAAS) ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen analitik parametreler ise şu şekilde olmuştur; tespit sınırları (LOD) DI-SDME ve CFME yöntemleri için sırasıyla 3,9 ve 7,9 ng $L^{-1}$ olarak hesaplanmış ve DI-SDME için zenginleştirme faktörü 18 iken CFME için 15 olarak kaydedilmiştir. Yöntemin validasyonu sertifikalı referans materyaller (CRM'ler) ile gerçekleştirilmiş ve %92 ila %112 arasında geri kazanımlar elde edilmiştir. İki teknik de mangan tayini için düşük reaktif tüketimi, kullanım kolaylığı ve düşük maliyet gibi avantajlar sağlamış olsa da DI-SDME daha verimli analitik parametreler sunmuştur [22].

### 2.3.Oyuk Fiber Sıvı Faz Mikroekstraksiyonu

Tek damla mikroekstraksiyonunda asılı mikro damlanın özellikle karıştırma ve numune çözeltisindeki çözünmemiş parçacıkların etkisiyle kolayca mikro şırınga ucundan kopabilmesi sebebiyle, sıvı faz mikroekstraksiyonunun farklı varyasyonlarına ihtiyaç duyulmuştur. Bu doğrultuda Pedersen-Bjergaard ve Rasmussen 1999'da oyuk fiber sıvı faz mikroekstraksiyonunu tanıtmıştır. HF- LPME, içi boş ve gözenekli bir fiberin gözeneklerinde ince bir tabaka halindeki birkaç mikrolitrelik organik çözücü yardımıyla, sulu çözeltideki hedef analitlerin, bu fiber lümeninin içindeki akseptör faza aktarılmasına dayanmaktadır. Akseptör faz organik çözücünün kendisi olabilecği gibi sulu bir çözetlti de olabilmektedir. İlk durumdaki sistem, iki fazlı HF-LPME, ikinci durumdaki sistem ise üç fazlı HF-LPME olarak adlandırılmaktadır [23].

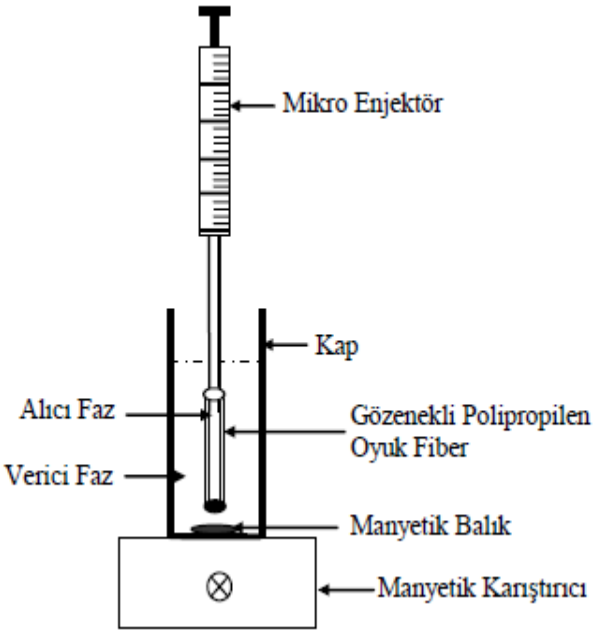
İki fazlı sistemde, analitler içi boş fiber gözeneklerinde immobilize edilmiş su ile karışmayan bir çözücü aracıyla, yine bu çözücüden oluşan alıcı faza aktarılmaktadır.

Ekstrakt burada GC ile doğrudan uyumlu iken HPLC için çözücünün uçurulması ve analitin sulu faza alınması gerekmektedir. Donör fazın bileşimi ve organik çözücünün özellikleri iki fazlı sistemin veriminde büyük öneme sahiptir. Çözücü aşağıdaki kriterleri karşılamalıdır.

- Sızıntı olmaması için suyla karışmamalıdır.
- Yine sızıntıyı önlemek için fiberin gözeneklerinde durağan olmalıdır.
- Ekstraksiyon anında buharlaşma olmaması için düşük uçuculuğa sahip olmalıdır.
- Etkin bir difüzyon gerçekleşmesi için düşük viskoziteli olmalıdır.

Üçlü faz sistemde, sulu çözeltideki hedef analitler, fiberin gözeneklerine emdirilmiş organik çözücü aracılığıyla bir sulu faza aktarılmaktadır. Burada akseptör faz sulu fazdır. Organik çözücü ise numune çözeltisi ve alıcı faz arasında bariyer görevi görmektedir. Üçlü faz sistemin verimi akseptör fazın ve numune çözeltisinin pH'ına bağlıdır. Belirli pH değerlerinde iyonlaşabilen asidik veya bazik analitlerin ekstraksiyounda, numune ve alıcı fazın pH'ı iyi ayarlanmalıdır.

HF-LPME'de çoğunlukla polipropilen fiber kullanılmaktadır. Polipropilen organik çözücülere karşı kararlı olduğu gibi esnek ve mekanik etkilere karşı dayanıklıdır. Ayrıca organik çözücülerin, kendi bünyesindeki gözeneklere kolaylıkla sabitleştirilmesine izin verir. Propilen fiber analitler için de herhangi bir adsorpsiyon sorunu oluşturmaz. En çok kullanılan polipropilen fiber 600 µm iç çaplı, 200 µm duvarlara, 0,2 µm gözeneklere ve %70 gözenekliliğe sahip içi boş fiberdir. HF-LPME'de fiberlerin gözeneklerinin küçük olması, numune çözeltisinde parçacık halindeki safsızlıkların akseptör faza geçmesini engellemektedir. Aynı zamanda bu safsızlıkların organik çözücüdeki çözünürlükleri düşük olduğu için de akseptör faza geçişleri engellenmektedir. Bu durum HF-LPME'de iyi bir temizleme prosedürünün de sağlandığı anlamına gelmektedir. İçi boş fiber çoğunlukla tekar rkullanımlıktır. Bu da kontaminasyonu engellediği gibi tekrarlanabilirlik sağlamaktadır [24-27].




**Görsel 3.** HF-LPME tekniği

Chaikhan ve çalışma arkadaşları, Pb'nin su örkenkleri, konserve yiyecek ve sebzelerden tayini sürecinde ayırma ve zenginleştirme yöntemi olarak derin ötektik çözücü destekli oyuk fiber sıvı faz mikroekstraksiyonu kullanmıştır. Yöntemin verimliliğini etkileyen parametreler incelendikten sonra optimum şartlarda, geliştirilen yöntem 0,036-1,0 ng/mL arasında doğrusal aralık, 0,011 ve 0,036 ng/mL değerlerinde sırasıyla tespit sınırı ve nicelik sınırı (LOD ve LOQ) elde edilmiştir. Ayrıca %86,70-%116,0 aralığında değişen geri kazanım değerleri hesaplanmıştır. Geliştirilen yöntem, sertifikalı referans materyaller için uygulanmış ve referans değerlerle önemli ölçüde benzer sonuçlar elde edilmiştir [28].

**Çizelge 1.** Literatürde LPME teknikleri kullanılarak yapılan çalışmalar

| ME tekniği | Analit | Örnek | Çözücü | Tayin Tekniği | LOD | Ref. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DLLME | Niasinamid | Vitamin takviyeleri, şurup ve kozmetik numuneler | DES | Uv-Vis | 0.33 ng $mL^{-1}$ | [29] |
| DLLME | Cr | Su, içecek ve sebze | SUPRAS | FAAS | 0.03 µg $L^{-1}$ | [30] |
| SDME | PAH'lar | Çevresel sular | DES | GC-MS | 0.003–0.012 µg $L^{-1}$ | [31] |
| SDME | homosistein, tiyolakton | İdrar | Fosforik asit/kloroform | CE | 25 nM | [32] |
| HF-LPME | Amfetaminler | Kan | Alıcı faz (0.10 M HCl, 50 µL) | GC-MS | 1–3 ng $mL^{-1}$ | [33] |
| HF- LPME | Pestisitler | Yer fıstığı | Asetonitril | HPLC-UV/Vis | 0.05–1.71 µg $kg^{-1}$ | [34] |

## 3. SONUÇ

Analitik süreç çok yönlü olduğu gibi analizlenecek örnek çeşidi oldukça fazladır. Bu örneklerden hedef analitin tayini için geliştirilecek prosedürlerde farklı yardımcı unsurlar yer alabilmektedir. Mikroekstraksiyon tekniklerine olan eğilim ve bu eğilimdeki artış bu tekniklerin birçok avantaj sağlayan doğasında yatmaktadır. Zararlı, zararsız ve faydalı birçok hedef analitin tayini için literatürde sayısız teknik bulunduğu gibi tanımlanmayı ve referans değerlerinin aydınlanmasını bekleyen birçok analitin olabileceği kanısına varmak anlamsız olmayacaktır. Dolayısıyla mikroekstraksiyon tekniklerine olan ilgideki artış sürekliliğini koruyacaktır. Bu çalışmada yer alan bilgiler, araştırmacılara ışık tutmak, mikroekstraksiyon tekniklerinin doğası ve bu tekniklerde dikkat edilmesi gereken yerlere dikkat çekmek açısından önemlidir. Çevre ve insan sağlığının yanı sıra kaynakların tasarruflu kullanılması açısından da mikroekstraksiyon tekniklerinin teşviki ve bilgilendirici çalışmaların yapılması büyük öneme sahiptir.

## KAYNAKLAR

[1] Sun, J., Zhao, X. E., Dang, J., Sun, X., Zheng, L., You, J., & Wang, X. (2017). Rapid and sensitive determination of phytosterols in functional foods and medicinal herbs by using UHPLC–MS/MS with microwave-assisted derivatization combined with dual ultrasound-assisted dispersive liquid–liquid microextraction. Journal of separation science, 40(3), 725-732.

[2] Shalash, M., Makahleh, A., Salhimi, S. M., & Saad, B. (2017). Vortex-assisted liquid-liquid–liquid microextraction followed by high performance liquid chromatography for the simultaneous determination of fourteen phenolic acids in honey, iced tea and canned coffee drinks. Talanta, 174, 428-435.

[3] Song, X. Y., Shi, Y. P., & Chen, J. (2013). Carbon nanotubes-reinforced hollow fibre solid-phase microextraction coupled with high performance liquid chromatography for the determination of carbamate pesticides in apples. Food chemistry, 139(1-4), 246-252.

[4] Divišová, R., Vitova, E., Diviš, P., Zemanová, J., & Omelková, J. (2015). Validation of SPME-GC-FID method for determination of fragrance allergens in selected cosmetic products. Acta Chromatographica, 27(3), 509-523.

[5] Jain, R., Mudiam, M. K. R., Chauhan, A., Ch, R., Murthy, R. C., & Khan, H. A. (2013). Simultaneous derivatisation and preconcentration of parabens in food and other matrices by isobutyl chloroformate and dispersive liquid–liquid microextraction followed by gas chromatographic analysis. Food chemistry, 141(1), 436-443.

[6] Kruggel, S., & Ulrich, S. (1999). Solid-phase microextraction for the assay of clozapine in human plasma. Fresenius' journal of analytical chemistry, 364, 654-655.

[7] Amoli, H. S., Yamini, Y., & Darmani, H. (2020). Polyoxomolybdate368/polyaniline nanocomposite as a novel fiber for solid-phase microextraction of antidepressant drugs in biological samples. Journal of Separation Science, 43(13), 2636-2645.

[8] Rezaei, F., Yamini, Y., Moradi, M., & Daraei, B. (2013). Supramolecular solvent-based hollow fiber liquid phase microextraction of benzodiazepines. Analytica Chimica Acta, 804, 135-142.

[9] Zounr, R. A., Tuzen, M., & Khuhawar, M. Y. (2018). A simple and green deep eutectic solvent based air assisted liquid phase microextraction for separation, preconcentration and determination of lead in water and food samples by graphite furnace atomic absorption spectrometry. Journal of Molecular Liquids, 259, 220-226.

[10] Lee, J., Lee, H. K., Rasmussen, K. E., & Pedersen-Bjergaard, S. (2008). Environmental and bioanalytical applications of hollow fiber membrane liquid-phase microextraction: a review. Analytica chimica acta, 624(2), 253-268.

[11] Pinto, M. I., Sontag, G., Bernardino, R. J., & Noronha, J. P. (2010). Pesticides in water and the performance of the liquid-phase microextraction based techniques. A review. Microchemical Journal, 96(2), 225-237.

[12] Rezaee, M., Assadi, Y., Hosseini, M. R. M., Aghaee, E., Ahmadi, F., & Berijani, S. (2006). Determination of organic compounds in water using dispersive liquid–liquid microextraction. Journal of Chromatography a, 1116(1-2), 1-9.

[13] Zgoła-Grześkowiak, A., & Grześkowiak, T. (2011). Dispersive liquid-liquid microextraction. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 30(9), 1382-1399.

[14] Zgoła-Grześkowiak, A. (2010). Application of DLLME to isolation and concentration of non-steroidal anti-inflammatory drugs in environmental water samples. Chromatographia, 72, 671-678.

[15] Wen, X., Yang, Q., Yan, Z., & Deng, Q. (2011). Determination of cadmium and copper in water and food samples by dispersive liquid–liquid microextraction combined with UV–vis spectrophotometry. Microchemical Journal, 97(2), 249-254.

[16] Liu, S., & Dasgupta, P. K. (1995). Liquid droplet. A renewable gas sampling interface. Analytical Chemistry, 67(13), 2042-2049.

[17] Jeannot, M. A., & Cantwell, F. F. (1996). Solvent microextraction into a single drop. Analytical chemistry, 68(13), 2236-2240.

[18] Sarafraz-Yazdi, A., & Amiri, A. (2010). Liquid-phase microextraction. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 29(1), 1-14.

[19] Tang, S., Qi, T., Ansah, P. D., Fouemina, J. C. N., Shen, W., Basheer, C., & Lee, H. K. (2018). Single-drop microextraction. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 108, 306-313.

[20] Dadfarnia, S., & Shabani, A. M. H. (2010). Recent development in liquid phase microextraction for determination of trace level concentration of metals—A review. Analytica Chimica Acta, 658(2), 107-119.

[21] Shrivas, K., & Wu, H. F. (2007). Rapid determination of caffeine in one drop of beverages and foods using drop-to-drop solvent microextraction with gas chromatography/mass spectrometry. Journal of Chromatography A, 1170(1-2), 9-14.

[22] Nunes, L. S., das Graças Andrade Korn, M., & Lemos, V. A. (2020). Direct immersion single-drop microextraction and continuous-flow microextraction for the determination of manganese in tonic drinks and seafood samples. Food Analytical Methods, 13, 1681-1689.

[23] Pedersen-Bjergaard, S., & Rasmussen, K. E. (1999). Liquid− liquid− liquid microextraction for sample preparation of biological fluids prior to capillary electrophoresis. Analytical chemistry, 71(14), 2650-2656.

[24] Ghambarian, M., Yamini, Y., & Esrafili, A. (2012). Developments in hollow fiber based liquid-phase microextraction: principles and applications. Microchimica Acta, 177, 271-294.

[25] Bello-López, M. Á., Ramos-Payán, M., Ocaña-González, J. A., Fernández-Torres, R., & Callejón-Mochón, M. (2012). Analytical applications of hollow fiber liquid phase microextraction (HF-LPME): a review. Analytical Letters, 45(8), 804-830.

[26] Pedersen-Bjergaard, S., & Rasmussen, K. E. (2008). Liquid-phase microextraction with porous hollow fibers, a miniaturized and highly flexible format for liquid–liquid extraction. Journal of Chromatography A, 1184(1-2), 132-142.

[27] Psillakis, E., & Kalogerakis, N. (2003). Developments in liquid-phase microextraction. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 22(9), 565-574.

[28] Chaikhan, P., Udnan, Y., Ampiah-Bonney, R. J., & Chaiyasith, W. C. (2023). Deep eutectic solvent-based electromembrane hollow fiber liquid phase microextraction for determining Pb in water and food samples. Journal of Food Composition and Analysis, 118, 105214.

[29] Altunay, N. (2021). Optimization of ultrasound-assisted dispersive liquid–liquid microextraction of niacinamide in pharmaceutical and cosmetic samples using experimental design. Microchemical Journal, 170, 106659.

[30] Tuzen, M., Elik, A., & Altunay, N. (2021). Ultrasound-assisted supramolecular solvent dispersive liquid-liquid microextraction for preconcentration and determination of Cr (VI) in waters and total chromium in beverages and vegetables. Journal of Molecular Liquids, 329, 115556.

[31] Mehravar, A., Feizbakhsh, A., Sarafi, A. H. M., Konoz, E., & Faraji, H. (2020). Deep eutectic solvent-based headspace single-drop microextraction of polycyclic aromatic hydrocarbons in aqueous samples. Journal of Chromatography A, 1632, 461618.

[32] Purgat, K., Olejarz, P., Kośka, I., Głowacki, R., & Kubalczyk, P. (2020). Determination of homocysteine thiolactone in human urine by capillary zone electrophoresis and single drop microextraction. Analytical biochemistry, 596, 113640.

[33] Bombana, H. S., Dos Santos, M. F., Muñoz, D. R., & Leyton, V. (2020). Hollow-fibre liquid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometric determination of amphetamines in whole blood. Journal of chromatography B, 1139, 121973.

[34] Piao, H., Jiang, Y., Li, X., Ma, P., Wang, X., Song, D., & Sun, Y. (2019). Matrix solid-phase dispersion coupled with hollow fiber liquid phase microextraction for determination of triazine herbicides in peanuts. Journal of separation science, 42(12), 2123-2130.

# DENEYSEL TASARIMIN VE DERİN ÖTEKTİK ÇÖZÜCÜ TEMELLİ MİKROEKSTRAKSİYON TEKNİKLERİNİN FE, MN VE ZN AĞIR METALLERİ İÇİN KULLANIMI

USE OF EXPERIMENTAL DESIGN AND DEEP EUTECTIC SOLVENTS BASED MICROEXTRACTION TECHNIQUES FOR HEAVY METALS Fe, Mn AND Zn

**Arş. Gör. Seçkin FESLİYAN**

Kimya Bölümü, Fen Fakültesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas/Türkiye

seckinf@cumhuriyet.edu.tr, ORCID ID: 0009-0003-3584-3868

**Prof. Dr. Adil ELİK**

Kimya Bölümü, Fen Fakültesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas/Türkiye

elik@cumhuriyet.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3942-4711

**Prof. Dr. Nail ALTUNAY**

Kimya Bölümü, Fen Fakültesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas/Türkiye

naltunay@cumhuriyet.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-9053-7570

## ÖZET

Endüstriyel, biyolojik ve farklı doğal faaliyetler sonucu çevresel ekosistemlerde bulunan ağır metaller, bu çevresel bileşenler üzerinde kirletici rol oynadığı gibi canlı sağlığı için de birçok risk teşkil etmektedir. Demir (Fe), mangan (Mn) ve çinko (Zn) gibi metaller biyolojik sistemler için gerekli olan esansiyel ağır metaller grubunda yer almaktadır. Her ne kadar bazı biyolojik faaliyetlere katılsalarda, esansiyel ağır metaller belirli sınır değerinin üzerinde alındığında toksik etkiye sebep olmaktadır. Fe, Mn ve Zn gibi ağır metallerin alımının kontrolü insan sağlığı için oldukça önemlidir. Bunun için ise ilgili ağır metallerin farklı örneklerden tayin edilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu yolla çevresel sorunların önüne geçmek de mümkündür. Özellikle Yeşil Analitik Kimya'nın ilkelerini karşılamak amacıyla toksik türlerin analitik tayini için geliştirilen yöntemlerin çevre ve sağlık üzerinde olumsuz durumlar teşkil etmemesi önemlidir. Bu amaca uygun olarak araştırmacılar, analitik prosedürlerin verimini ve yeşil karakterini artırmak için mikroekstraksiyon tekniklerini kullanmaktadır. Mikroekstraksiyon teknikleri, analitin kompleks numune ortamından ayrılması ve daha küçük hacme zenginleştirilmesi için de oldukça önemlidir. Mikroekstraksiyon tekniklerinde kullanılan yeşil çözücüler sınıfının bir üyesi olan derin ötektik çözücüler, yüksek çözücü gücü ve toksik olmayan doğalarıyla analitik prosedürlerin hem yeşil karakterini hem de verimini artırmaktadır. Mikroekstraksiyon tekniklerinin verimi ekstraksiyon parametrelerinin optimizasyonuna bağlıdır. Çok değişkenli optimizasyon yaklaşımları, uygun deney tasarım yöntemlerinin kullanımıyla deney sayısını azaltarak zamandan, maliyetten ve enerji kullanımından tasarruf sağlamaktadır. Bu çalışmada,

Fe, Mn ve Zn ağır metallerinin tayini için geliştirilen analitik prosedürler, optimizasyon tekniklerinin ve derin ötektik çözücülerin kullanımıyla elde edilen verimler açısından ele alınacaktır. Ayrıca literatürde bu kapsamda yapılan çalışmalar ve mevcut çalışmaya katkı sağlayan yazarların yer aldığı çalışmalar okuyucuya sunulacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Çok değişkenli optimizasyon, deneysel tasarım, ağır metaller, mikroekstraksiyon teknikleri, derin ötektik çözücüler, yeşil analitik kimya

## ABSTRACT

Heavy metals found in environmental ecosystems as a result of industrial, biological and different natural activities play a polluting role on these environmental components and also pose many risks to living health. Metals such as iron (Fe), manganese (Mn) and zinc (Zn) are in the essential heavy metal group that is necessary for biological systems. Although they participate in some biological activities, essential heavy metals cause toxic effects when taken above a certain limit value. Controlling the intake of heavy metals such as Fe, Mn and Zn is very important for human health. For this, the relevant heavy metals must be determined from different samples. In addition, it is possible to prevent environmental problems in this way. In particular, it is important that the methods developed for the analytical determination of toxic species do not cause negative situations on the environment and health in order to meet the principles of Green Analytical Chemistry. In accordance with this purpose, researchers use microextraction techniques to increase the efficiency and green character of analytical procedures. Microextraction techniques are also very important for the separation of the analyte from the complex sample medium and enrichment to a smaller volume. Deep eutectic solvents, which are members of the green solvent class used in microextraction techniques, increase both the green character and efficiency of analytical procedures with their high solvent power and non-toxic nature. The efficiency of microextraction techniques depends on the optimization of extraction parameters. Multivariate optimization approaches provide time, cost and energy consumption savings by reducing the number of experiments with the use of appropriate experimental design methods. In this study, analytical procedures developed for the determination of heavy metals Fe, Mn and Zn will be discussed in terms of the efficiency obtained with the use of optimization techniques and deep eutectic solvents. In addition, studies conducted in this context in the literature and studies by authors contributing to the current study will be presented to the reader.

**Keywords:** Multivariable optimization, experimental design, heavy metals, microextraction techniques, deep eutectic solvents, green analytical chemistry

## 1. GİRİŞ

Çevre açısından birçok risk unsuru barındıran farklı analitik türler bulunmaktadır. Bunlar organik veya inorganik türler olabilmektedir. Farklı ekosistemlerde yer alan ağır metaller riskli inorganik türlere örnek olarak verilebilir. Ağır metaller çevresel kirletici olarak tanımlanmaktadır. Ağır metallerin bilinen olumsuz yönleri sadece çevre üzerinde etkili olmayıp insan sağlığı açısından da ciddi negatif etkiler barındırmaktadır. Esansiyel ağır metaller belirli derişimlerin üzerinde toksik etkiye sebebiyet verirken, toksik ağır metaller sınıfı ise düşük konsantrasyonlarda bile ölümcül olabilmektedir. İnsanların ağır metal maruziyeti çoğunlukla beslenme yoluyla olmaktadır. Dahası, farklı örneklerin ağır metal içerdiği de bilinmektedir. Ağır metaller analitik kimyacıların gündemini sıklıkla meşgul etmektedir. Bu doğrultuda, birçok örnek grubundan ağır metal tayini için farklı analitik prosedürler geliştirilmektedir. Özellikle Yeşil Analitik Kimya yaklaşımı sonrası araştırmacılar çevre ve insan sağlığı için risk teşkil etmeyen yeni yöntemler oluşturma çabası içerisine girmiştir. Ağır metaller gibi hem çevre hem de canlı sistemlere zararları bulunan analitik türlerin tayini için bu çaba ve elde edilen çıktılar oldukça anlamlı ve önemlidir. Analitik prosedürlerin Yeşil Analitik Kimya yaklaşımının ilkelerini karşılaması bilimsel kalite açısından önemlidir. Literatürde yer alan prosedürlerin büyük çoğunluğu ayırma ve zenginleştirme tekniklerini içermektedir. Ayırma ve zenginleştirme teknikleri analitik tekniklerle sağlanan tespit limitlerini düşürmekte ve daha seçici tayin sunmaktadır. Ayrıca kullanılan yönteme bağlı olarak, geliştirilen prosedüre yeşil bir profil de kazandırılabilmektedir. Mikroekstraksiyon teknikleri, basit ve minimal yapısıyla analitik kimyacılara kolaylık sağlarken, ayrıca bu tekniklerle iyi analitik parametreler de elde edilmektedir. Mikroekstraksiyon tekniklerinde çözücünün rolü çok büyüktür. Hem ekstraksiyon veriminin sağlanması hem de yeşil kriterlerin sağlanması için uygun çözücünün belirlenmesi, üzerinde düşünülmesi gereken bir konudur. Derin ötektik çözücüler birçok analitik türün belirlenmesinde rol oynadığı gibi ağır metal tayininde de oldukça avantajlıdır. Analitik prosedürün verimi ve yeşil karakterini artırmak için, deneysel parametrelerin çok değişkenli optimizasyon stratejileri kullanarak optimizasyonu gerçekleştirilebilmektedir. Çok değişkenli optimizasyon yaklaşımları, deneysel tasarım yöntemlerinin kullanılmasıyla, daha düşük deney sayısı yapılarak sonuca ulaşmayı sağlamaktadır. Ayrıca maliyetten ve zamandan tasarruf edilebileceği gibi bu yolla toksik maruziyet de azaltılmaktadır. Bu çalışmada esansiyel ağır metaller sınıfına ait Fe, Mn ve Zn metallerinin tayini için geliştirilebilecek yeşil prosedürleri oluşturan temel unsurlar hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca hem çalışmaya katkı sağlayan yazarların bu konuda yaptığı çalışmalardan hem de literatürdeki farklı çalışmalardan örnekler okuyucuya sunulmuştur.

## 2. AĞIR METALLER VE TÜRLERİ

Ağır metaller yoğunluğu 5 g $cm^{-3}$'ten daha büyük olan metallere denmektedir. Suyun yoğunluğu esas alınarak yapılan diğer tanımlamada ise yoğunluğu sudan en az 5 kat daha fazla olan metaller ağır metal sınıfına girmektedir [1, 2]. Genel olarak ağır metaller, esansiyel ağır metaller ve toksik ağır metaller olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Esansiyel ağır metaller (Zn, Fe, Mn, Cu gibi) farklı biyolojik reaksiyonlara katılmaktadır. Bu ağır metaller canlılar için gerekli olsalar da aşırı alımları dokularda birikime sebebiyet vermekte ve dolayısıyla toksik etki oluşturmaktadır. Örnek olarak bakır, enzim aktivitesini artırma görevi görürken, aşırı alımları epilepsi, şizofreni ve otizm gibi bozukluklara sebep olmaktadır [3-5]. Toksik ağır metaller (Hg, Cd, As, Pb gibi) ise düşük konsantrasyonlarda bile oldukça toksik etkilere sebebiyet verebilmekte, yüksek derişimleri ölümle bile sonuçlanabilmektedir. Örnek olarak, arsenik (As) düşük seviyelerde kusma, mide bulantısı, kırmızı ve beyaz kan hücrelerinin üretiminde azalma ve kalpte ritim bozukluğu gibi durumlara sebep olabilmektedir. Daha yüksek seviyeleri ile ölümle sonuçlanabilmektedir [6]. Farklı kurumlar tarafından düzenlenen ağır metallerin geçici olarak tolere edilebilir günlük alım değerleri Çizelge 2'de sunulmuştur.

**Çizelge 2.** Ağır metallerin geçici olarak tolere edilebilir günlük alımı [7]

| Ağır Metaller | Konsantrasyon (mg $kg^{-1}$ vücut ağırlığı) | Düzenleyici Kurum |
|---|---|---|
| Ni | 0,0028 | EFSA |
| Pb | 0,0005 | WHO/FAO |
| Cr | 0,3 | EFSA |
| Co | 0,023 | EFSA |
| Zn | 0,43 | SCF |
| Fe | 0,8 | EFSA, FAO/WHO |
| Mn | 8 | EFSA |

## 3. AĞIR METALLERİN ESER ANALİZİ VE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

''Eser düzey'' kavramı çok düşük derişimleri belirmek için kullanılmaktadır. Biyolojik, Endüstriyel, tarımsal ve doğal süreçler sonucu farklı ekosistemlere geçiş yapan ağır metaller, bu ekosistemlerden dolaylı olarak canlıların biyolojik yapısına katılmaktadır. Dolayısıyla ağır metaller farklı örnek gruplarında yer almaktadır. Ağır metaller bu örnek gruplarında eser (<1 ppm) veya ultra eser (<1 ppb) seviyelerde yer aldığı için eser elementler olarak tanımlanmaktadır [8, 9]. Ağır metaller ruhsal bozukluklar, deri ve solunum hastalıkları başta olmak üzere birçok olumsuz duruma sebebiyet vermektedir.

Fe, Mn ve Zn gibi metaller de her ne kadar esansiyel metaller arasında yer alsalar da aşırı seviyeleri ciddi rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Demir (Fe), aşırı alımlarda gastrointestinal

kanamalara, taşikardi ve bazen ölüme sebep olmaktadır. Mangan (Mn), aşırı seviyelerde akut zehirlenmelere, manganizm olarak bilinen nörolojik bozukluğa sebebiyet vermektedir. Aşırı çinko (Zn) alımları ise kusma, uyuşukluk, kas koordinasyon eksikliği ve böbrek yetmezliği gibi rahatsızlıklarla sonuçlanmaktadır [10]. Ağır metallerin sebep olduğu bu zararların ortadan kaldırılması veya en aza indirgenmesi için yer aldığı örnek gruplarından eser analizlerinin yapılması gerekmektedir. Bu durum birçok sorunun çözülmesi için gereken adımların atılması için önemlidir. Bu amaçla literatürde birçok teknik ağır metallerin eser analizinde kullanılmaktadır. Bu tekniklere örnek olarak atomik absorpsiyon spektrofotometrisi (FAAS) [11], indüktif eşleşmik plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) [12], voltametri [13], mor ötesi-görünür bölge spektrofotometrisi (UV-Vis) [14] ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) [15] gibi teknikler örnek olarak verilebilmektedir.

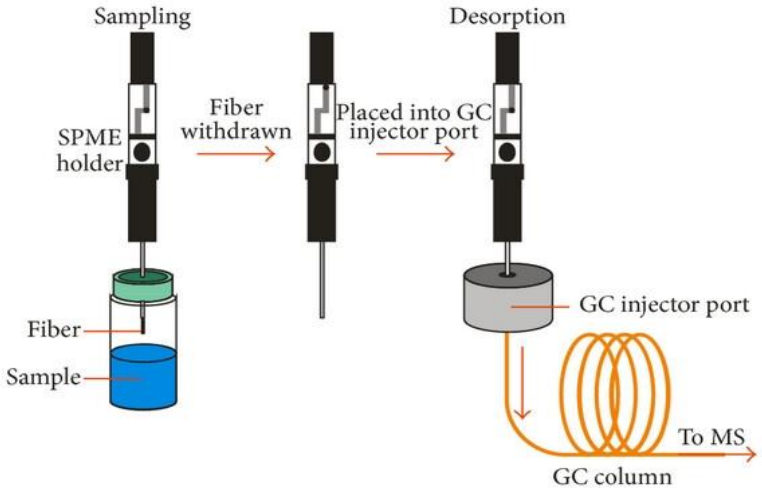
Ağır metallerin eser veya ultra eser seviyelerdeki derişimleri onların tayinleri öncesinde farklı bir faza ayrılmasını ve zenginleştirilmesini gerekli kılmaktadır.

### 3.1. Ağır Metallerin Ayrılması ve Zenginleştirilmesi

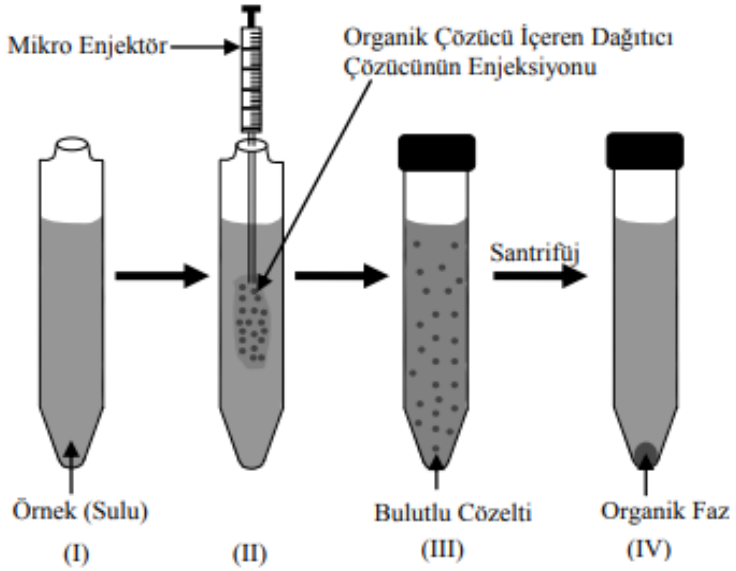
Analitik kimyada birçok analitik türün tayini sırasında önemli bir problemle karşılaşılmaktadır. Bu sorun genelde analitin yer aldığı örnek içerisinde analitin dışında farklı türlerin de yer almasından kaynaklanmaktadır. Bu, örnek ortamını kompleks yapıda yapmaktadır. Ayrıca hedef analitin örnek içerisinde çok düşük derişimlerde bulunduğu zamanlarda bu sorun iyice can sıkıcı hale gelmektedir. Ağır metaller hem eser veya ultra eser düzeyde bulunmakta hem de yer aldıkları örnek matrisleri oldukça karmaşık yapıdadır. Bahsi geçen sorunun önüne geçmek için Ağır metallerin tayini öncesinde uygun bir ayırma ve zenginleştirme tekniği kullanılmalıdır.

Ekstraksiyon teknikleri uzun yıllardır ağır metallerin ayrılması ve zenginleştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Fakat özellikle Yeşil Analitik Kimya yaklaşımı sonrası oluşan yeşil analitik prosedür oluşturma trendi sonrası klasik ekstraksiyon tekniklerinin kullanımı azalmıştır. Bu durumun sebeplerinden biri de klasik ekstraksiyon tekniklerinin çok fazla organik çözücü kullanımı gerektirmesidir. Bu tekniklerde kullanılan organik çözücülerin büyük çoğunluğu toksik yapıda olup araştırmacıların bu toksik çözücülere maruz kalmasına sebep olmaktadır. Ayrıca klasik ekstraksiyon tekniklerinde işlem süreleri uzun olmasından dolayı bu teknikler zaman alıcıdır. Araştırmacılar yeşil prosedür geliştirme arayışlarında en iyi yanıtı mikroekstraksiyon teknikleriyle almışlardır. Mikroekstraksiyon teknikleri oldukça minimal yapıya sahiptir. Ayırmada kullanılan çözücüler mikrolitre seviyelerde olduğu gibi aynı zamanda bu çözücülerin çoğu ya hiç toksik değil ya da ihmal edilebilir toksisitededir. İşleme alınan örnek miktarlarının da çok düşük olması sebebiyle uygulaması kolay olan bu teknikler Yeşil Analitik Kimya'nın ilkelerini karşılamaktadır. Bu minimal yapı mikroekstraksiyon tekniklerinin hem enerji hem de maliyet tasarrufu sağlayan teknikler olmasını sağlamaktadır. Çevre ve insan sağlığı açısından dezavantajlı unsur barındırmaması da oldukça önemlidir [16-18]. Mikroekstraksiyon teknikleri, analitin ayrıldığı son faza bağlı olarak sıvı faz mikroekstraksiyonu (LPME) ve katı faz mikroekstraksiyonu (SPME) olmak üzere iki başlık altında toplanabilmektedir. Ağır metal tayini için katı faz mikroekstraksiyonu (SPME) [19], dağıtıcı sıvı-sıvı mikroekstraksiyonu (DLLME) [20], oyuk fiber sıvı faz mikroekstraksiyonu

(HF-LPME) [21], tek damla mikroekstraksiyonu (SDME) [22] gibi teknikler literatürde yer almaktadır.




**Görsel 1**. SPME tekniği [23]




**Görsel 2.** Bir LPME tekniği olan DLLME'nin uygulanışı [24]

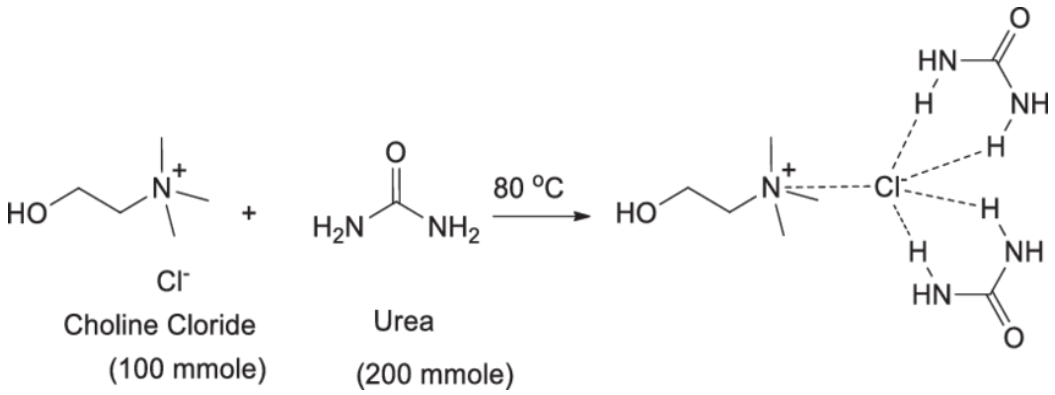
### 3.2. Mikroekstraksiyon Çözücüleri

Mikroekstraksiyon tekniklerinde kullanılacak çözücü, mikroekstraksiyonun veriminin yanı sıra analitik prosedürün kalitesine etki edebilecek en önemli parametrelerden biridir. Bu nedenle bu parametre üzerinde düşünülmesi ve uygun çözücü seçimin yapılabilmesi gerekmektedir. Uygun çözücünün seçiminde bakılacak ilk nokta hedef analitin kimyasal yapısı olmalıdır. Bu yapıya bakılarak, hedef analitin polaritesi ve değerlendirilen çözücü molekülü ile girebileceği olası

etkileşim türleri belirlenebilir. Bu, ayırma veriminin yüksek olması, yüksek zenginleştirme faktörlerinin elde edilmesi ve seçicilik için önemlidir. Üzerinde düşünülmesi gereken diğer bir nokta da çözücünün toksisitesi ve çevre üzerindeki etkileridir. Bu açıdan olumlu sonuçlar sağlayan çözücünün seçimi de Yeşil Analitik Kimya'nın ilkelerinin karşılanması ve bilimsel kalite açısından önemlidir. Mikroekstraksiyon tekniklerinde kullanılan çözücüler, bahsi geçen tüm kriterleri karşıladığı için ''yeşi çözücüler'' olarak tanımlanmaktadır. Bu çözücü grubunda supramoleküler çözücüler (SUPRAS), değiştirilebilir hidrofilik çözücüler (SHS), iyonik sıvılar (IL), amfifilik çözücüler ve derin ötektik çözücülerdir (DES).

### 3.2.1. Derin Ötektik Çözücüler

Derin ötektik çözücüler (DES'ler) ilk kez 2003 yılında Abbot ve arkadaşları tarafından kullanılmıştır [25]. Hidrojen bağı alıcısı (HBA) ve hidrojen bağı vericisi (HBD) olarak adlandırılan iki bileşenin uygun bir molar oranda ve belirli bir sıcaklıkta karıştırılmasıyla DES oluşturulmaktadır. HBA olarak kuaterner amonyum tuzları, HBD olarak ise alkoller, karbohidratlar, karboksilik asitler ve aminler kullanılabilmektedir. DES'lerin bileşenlerden oluşması hidrojen bağı aracılığıyla gerçekleşmektedir. Bu sırada bir yük delokalizasyonu olur ve bu durum elde edilen DES'in erime noktasının bileşenlerinkinden daha düşük olmasını sağlar [26, 27]. Görsel 3'te bileşenlerinden DES oluşumu görülmektedir. DES'ler ihmal edilebilir buhar basıncına sahip olup aynı zamanda toksik değildir. Bu durum araştırmacı sağlığı için önemli olduğu kadar, çevreye toksik buharların yayılmaması açısından da önemlidir. Ayrıca yüksek biyobozunur olma özelliğinin yanı sıra DES'ler yüksek çözme gücüne sahiptir. DES bileşenleri uygun şekilde seçilip hedef analite özgü kombinasyonlar hazırlanabilmektedir. Mikroekstraksiyon tekniklerinde DES'ler yüksek zenginleştirme faktörleri sağlamakatadır [28, 29].




**Görsel 3.** Kolin klorür ve üre bileşenlerinden DES oluşumu [30]

## 4. ÇOK DEĞİŞKENLİ OPTİMİZASYON VE DENEY TASARIMI

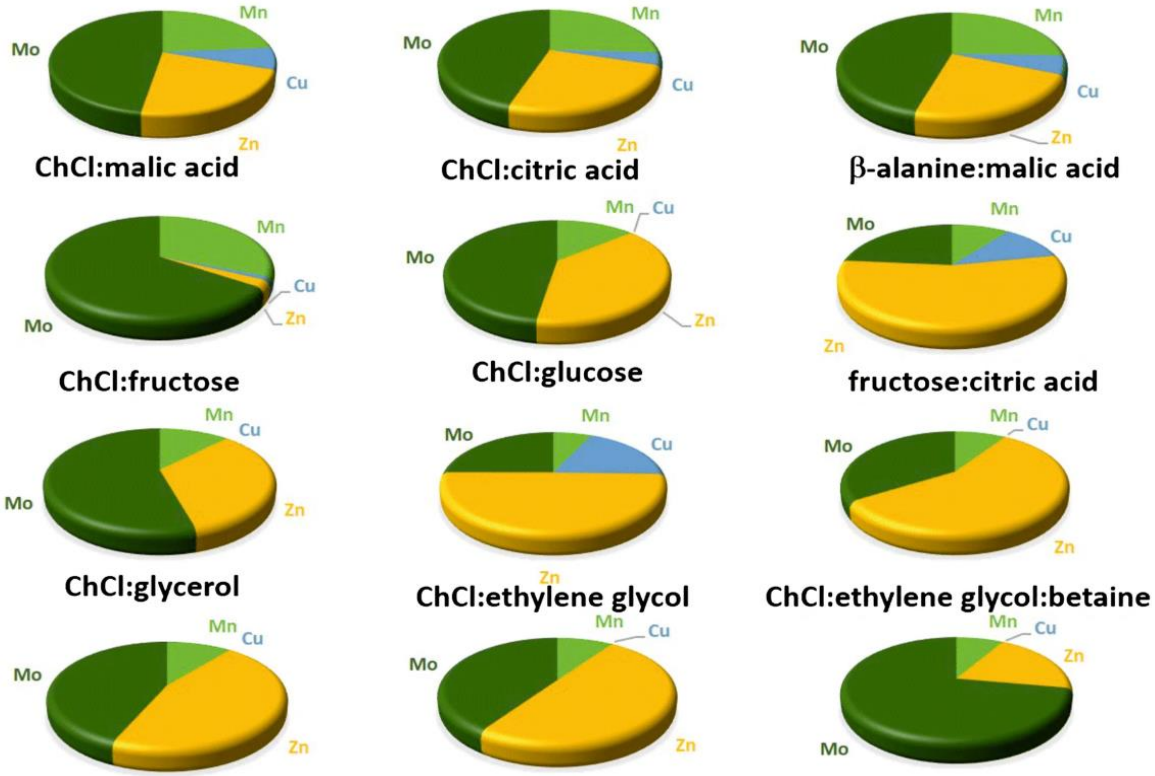
Analitik kimyada deneysel parametrelerin optimizasyonu, doğru ve tekrarlanabilir analitik sonuçlar elde etmek için elzemdir. Analitik süreçte birçok deneysel değişken yer almaktadır. Bunların sayısı ilgili yönteme bağlı olarak değişebileceği gibi kimyacı tarafından da sınırları daraltılabilmektedir. Mikroekstraksiyon tekniğinin kullanımı yer alan bir analitik prosedürde pH, çözücü türü ve hacmi, fiziksel etkileşim sağlayan uygulamanın (sonikasyon, girdap, yörüngesel çalkalama gibi) süresi, sıcaklık, tuz derişimi ve örnek hacmi gibi deneysel parametreler yer alabilmektedir. Bu parametrelerin optimizasyonu, verimli analitik sinyal elde etmek için oldukça önemlidir.

Literatürde birçok çalışmada tek değişkenli optimizasyon yaklaşımının kullanıldığı görülmektedir. Tek değişkenli optimizasyon yaklaşımı ise bazı eksiklikler içermektedir. Bu eksikliklerden birincisi uygulanması gerken deney sayısı çok fazladır. Ayrıca bu yaklaşım, her bir deneyde yalnızca bir parametrenin seviyelerinin değiştirilip diğer parametrelerin seviyelerinin sabit tutulmasıyla varsayıma dayalı unsurlar barındırmaktadır. Gerçekte bir değişkenin seviyesindeki değişim diğer parametreler üzerinde de etkili olabilmektedir. Tek değişkenli yaklaşım bu değerlendirmeden yoksundur. Deney sayısının fazla olması ise zaman sarfiyatı, kimyasal sarfiyatı ve maruziyeti, maliyet ve enerji kullanımının artması anlamına geldiği için yeşil bir prosedürde daha az istenen durumlardandır [31].

Çok değişkenli optimizasyon yaklaşımları, bahsi geçen bu dezavantajları ortadan kaldırmak adına önemli bir alternatiftir. Bu yaklaşım, deneysel tasarım yöntemlerini içermektedir. Yapılan ön denemeler sonucu önemli değişkenler ve bunların seviyelerinin sınırları belirlenmektedir. Bu veriler deney tasarım prosedürüne girilir ve sistem tarafından yapılacak belirli sayıda deneyler önerilir. Bu amaçla kullanılan farklı deney tasarım yöntemleri bulunmaktadır. Bunlar; Merkezi Kompozit Tasarımı (CCD), Doehlert Tasarımı, Box-Behnken Tasarımı (BBD) ve Plackett Burman Tasarımı gibi yöntemlerdir. Araştırmacılar uygun deney tasarım yönteminin seçiminde, deney sayısı, deneydeki faktörlerin sayısı ve deneysel noktaların seçimi gibi farklı kriterleri değerlendirmektedir. Bu kriterlere göre uygun yöntem seçilebilmektedir. Çok değişkenli optimizasyon tekniklerinde Yanıt Yüzey Metodolojisi (RSM) kullanılmaktadır. RSM, ön denemeler sonucu elde edilen verilerin sisteme girilmesiyle, sistem tarafından verilerin istatistiksel tahminine dayanmaktadır. Yapılan tahmin ise analitik sinyalin değişkenlere bağlı birçok terimli fonksiyonuyla verilmektedir. Çok değişkenli optimizasyon yaklaşımlarında daha detaylı bir inceleme yapılmaktadır. Her bir değişkenin analitik sinyale etkisi görülebilir, ayrıca doğrusal, ikili ve karesel etkileşimlerin etkileri de gözlenebilmektedir. Bunların yanı sıra yapılan deney sayısı az ve belirli sayıdadır. Bu yaklaşım analitik prosedürlere yeşil bir profil oluşturmaktadır [31-34].

Yapılan bir çalışmada arpa otu tozundaki esansiyel ağır metallerin (Mn, Zn, Mo, Cu, Co) mikroekstraksiyonu için yeni derin ötektik çözücülerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Üçü klasik ekstraksiyon çözücüsü ve dokuzu derin ötektik çözücü olmak üzere 12 farklı çözücü kullanılan bu çalışmada çözücülerin bileşimleri ve farklı metallere karşı ekstraksiyon verimleri görsel 4'te verilmiştir. Yüksek performanslı sıvı kromatografisi-kütle spektrometresi (HPLC-MS) kullanılan bu prosedürde düşük tespit limitleri (LOD'ler) (Mn 0.59, Co 0.05, Cu 0.33, Zn 1.2 ve Mo 0.12 µg $L^{-1}$) elde edilmiştir [35].

**Görsel 4.** Çalışmada kullanılan çözücüler ve ekstraksiyon verimleri




Bir başka çalışmada Elik ve Altunay [36], kahve ürünlerinden Fe, Mn ve Zn gibi esansiyel ağır metalleri ve toksik Cd, Pb ağır metallerinin ekstraksiyonu için girdap destekli hidrofobik derin ötektik çözücü tabanlı dağıtıcı sıvı faz mikroekstraksiyon (VA-HDES-DLPME) yöntemi geliştirilmiştir. Ekstraksiyon sonrası, DES fazından ağır metallerin tayini alevli atomik absorpsiyon spektrofotometrisi (FAAS) ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 5 farklı DES kullanılmış ve en iyi geri kazanım DES-3 (fenil asetik asit:dimetilglisin, 1:1) kullanılarak elde edilmiştir. Deneysel parametreler optimize edildikten sonra metal iyonları için çalışma aralığı 0,03 ila 280 µg $kg^{-1}$ arasında değişiklik göstermiştir. Ayrıca Fe(II), Mn(II), Zn(II), Cd(II) ve Pb(II) iyonlarının tespit limitleri sırasıyla 0,01, 0,27, 0,02, 0,015 ve 0,18 µg $kg^{-1}$ olarak

hesaplanmıştır. Geliştirilen yöntemin doğruluğu üç sertifikalı referans materyalin kullanılmasıyla tespit edilmiş ve oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir.

## 5. SONUÇ

Çevre ve insan sağlığı üzerinde birçok olumsuz etkide bulunan ağır metaller birçok örnek içerisinde yer almaktadır. Var olan bu zararların önüne geçilmesi için farklı örnek gruplarının analitik tekniklerle analiz edilmesi gerekmektedir. Gelişmiş analitik tekniklerin kullanımına rağmen düşük derişimlerdeki ağır metallerin direkt tayini matris etkisinden dolayı zor olmaktadır. Esansiyel veya toksik ağır metal gruplarının analitik tayini için geliştirilecek yöntemin yeşil karakterde olması çevre ve sağlık açısından önemli olduğu gibi bilimsel değere de sahiptir. Bu açıdan, mikroekstraksiyon teknikleri araştırmacılara istenen katkıyı sağlamaktadır. Derin ötektik çözücüler özellikle kolay hazırlanmaları, ihmal edilebilir buhar basınçları ve yüksek çözme gücüyle bu yöntemlerde araştırmacılar tarafından tercih edilebilmektedir. Geliştirilen prosedürlerin yeşil karakteri ise istatistiksel ve matematiksel optimizasyon teknikleri kullanılarak daha ileriye taşınabilmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada bahsedilen genel bir analitik prosedürde yer alabilecek bileşenler bilimsel değer, çevre ve insan sağlığı açısından oldukça önemlidir.

**TEŞEKKÜR:** Mevcut çalışma, F-2024-704 kodlu araştırma projesi kapsamında Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından finansal olarak desteklenmiştir.

## KAYNAK

[1] ASTDR. Toxicological profile for manganese. Atlanta Georgia. US Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and disease Registry; 2000:1-466.

[2] Özbolat, G., & Tuli, A. (2016). Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. Arşiv Kaynak Tarama Dergisi, 25(4), 502-521.

[3] Guascito, M. R., Malitesta, C., Mazzotta, E., & Turco, A. (2008). Inhibitive determination of metal ions by an amperometric glucose oxidase biosensor: study of the effect of hydrogen peroxide decomposition. Sensors and Actuators B: Chemical, 131(2), 394-402.

[4] Hossain, M., & Patra, P. K. (2020). Water pollution index–A new integrated approach to rank water quality. Ecological Indicators, 117, 106668.

[5] Shrivas, K., & Jaiswal, N. K. (2013). Dispersive liquid–liquid microextraction for the determination of copper in cereals and vegetable food samples using flame atomic absorption spectrometry. Food chemistry, 141(3), 2263-2268.

[6] Martin, S., & Griswold, W. (2009). Human health effects of heavy metals. Environmental Science and Technology briefs for citizens, 15(5), 1-6.

[7] Asomugha, R. N., Udowelle, N. A., Offor, S. J., Njoku, C. J., Ofoma, I. V., Chukwuogor, C. C., & Orisakwe, O. E. (2016). Heavy metals hazards from Nigerian spices. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny, 67(3).

[8] Bohn, H. L., Myer, R. A., & O'Connor, G. A. (2002). Soil chemistry. John Wiley & Sons.

[9] Motomizu, S., & Li, Z. H. (2005). Trace and ultratrace analysis methods for the determination of phosphorus by flow-injection techniques. Talanta, 66(2), 332-340.

[10] Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., & Beeregowda, K. N. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. Interdisciplinary toxicology, 7(2), 60-72.

[11] Sixto, A., Mollo, A., & Knochen, M. (2019). Fast and simple method using DLLME and FAAS for the determination of trace cadmium in honey. Journal of Food Composition and Analysis, 82, 103229.

[12] Guo, X., He, M., Chen, B., & Hu, B. (2012). Solidified floating organic drop microextraction combined with ETV-ICP-MS for the determination of trace heavy metals in environmental water samples. Talanta, 94, 70-76.

[13] Sanna, G., Pilo, M. I., Piu, P. C., Tapparo, A., & Seeber, R. (2000). Determination of heavy metals in honey by anodic stripping voltammetry at microelectrodes. Analytica Chimica Acta, 415(1-2), 165-173.

[14] Chaiyamate, P., Seebunrueng, K., & Srijaranai, S. (2018). Vortex-assisted low density solvent and surfactant based dispersive liquid–liquid microextraction for sensitive spectrophotometric determination of cobalt. RSC advances, 8(13), 7243-7251.

[15] Sheikhloie, H., Saber-Tehrani, M., Abrumand-Azar, P., & Waqif-Husain, S. (2009). Analysis of tributyltin and triphenyltin in water by ionic liquid-headspace single-drop microextraction then HPLC with fluorimetric detection. Acta Chromatographica, 21(4), 577-589.

[16] Spietelun, A., Marcinkowski, Ł., de la Guardia, M., & Namieśnik, J. (2014). Green aspects, developments and perspectives of liquid phase microextraction techniques. Talanta, 119, 34-45.

[17] Ocaña-González, J. A., Fernández-Torres, R., Bello-López, M. Á., & Ramos-Payán, M. (2016). New developments in microextraction techniques in bioanalysis. A review. Analytica chimica acta, 905, 8-23.

[18] Jeleń, H. H., Majcher, M., & Dziadas, M. (2012). Microextraction techniques in the analysis of food flavor compounds: A review. Analytica chimica acta, 738, 13-26.

[19] Wang, H., Wu, Z., Chen, B., He, M., & Hu, B. (2015). Chip-based array magnetic solid phase microextraction on-line coupled with inductively coupled plasma mass spectrometry for the determination of trace heavy metals in cells. Analyst, 140(16), 5619-5626.

[20] Sereshti, H., Khojeh, V., & Samadi, S. (2011). Optimization of dispersive liquid–liquid microextraction coupled with inductively coupled plasma-optical emission spectrometry with the aid of experimental design for simultaneous determination of heavy metals in natural waters. Talanta, 83(3), 885-890.

[21] Xia, L., Wu, Y., & Hu, B. (2007). Hollow-fiber liquid-phase microextraction prior to low-temperature electrothermal vaporization ICP-MS for trace element analysis in environmental and biological samples. Journal of mass spectrometry, 42(6), 803-810.

[22] Fragueiro, S., Lavilla, I., & Bendicho, C. (2006). Hydride generation-headspace single-drop microextraction-electrothermal atomic absorption spectrometry method for determination of selenium in waters after photoassisted prereduction. Talanta, 68(4), 1096-1101.

[23] Schmidt, K., & Podmore, I. (2015). Current challenges in volatile organic compounds analysis as potential biomarkers of cancer. Journal of biomarkers, 2015(1), 981458.

[24] Alver, E., Demirci, A., & Özcimder, M. (2012). Microextraction methods. Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, 30, 75

[25] Abbott, A. P., Capper, G., Davies, D. L., Rasheed, R. K., & Tambyrajah, V. (2003). Novel solvent properties of choline chloride/urea mixtures. Chemical communications, (1), 70-71.

[26] Carasek, E., Bernardi, G., Morelli, D., & Merib, J. (2021). Sustainable green solvents for microextraction techniques: Recent developments and applications. Journal of Chromatography A, 1640, 461944.

[27] Cunha, S. C., & Fernandes, J. O. (2018). Extraction techniques with deep eutectic solvents. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 105, 225-239.

[28] Mbous, Y. P., Hayyan, M., Hayyan, A., Wong, W. F., Hashim, M. A., & Looi, C. Y. (2017). Applications of deep eutectic solvents in biotechnology and bioengineering—Promises and challenges. Biotechnology advances, 35(2), 105-134.

[29] Florindo, C., Romero, L., Rintoul, I., Branco, L. C., & Marrucho, I. M. (2018). From phase change materials to green solvents: hydrophobic low viscous fatty acid–based deep eutectic solvents. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 6(3), 3888-3895.

[30] Azizi, N., Dezfooli, S., & Hashemi, M. M. (2013). A sustainable approach to the Ugi reaction in deep eutectic solvent. Comptes Rendus Chimie, 16(12), 1098-1102.

[31] Anderson, M. J., & Whitcomb, P. J. (2016). RSM simplified: optimizing processes using response surface methods for design of experiments. Productivity press.

[32] Bezerra, M. A., Santelli, R. E., Oliveira, E. P., Villar, L. S., & Escaleira, L. A. (2008). Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry. Talanta, 76(5), 965-977.

[33] Khuri, A. I., & Mukhopadhyay, S. (2010). Response surface methodology. Wiley interdisciplinary reviews: Computational statistics, 2(2), 128-149.

[34] Ferreira, S. L., Lemos, V. A., de Carvalho, V. S., da Silva, E. G., Queiroz, A. F., Felix, C. S., ... & Oliveira, R. V. (2018). Multivariate optimization techniques in analytical chemistry-an overview. Microchemical Journal, 140, 176-182.

[35] Osowska, N., & Ruzik, L. (2019). New potentials in the extraction of trace metal using natural deep eutectic solvents (NADES). Food Analytical Methods, 12, 926-935.

[36] Elik, A., & Altunay, N. (2024). Preparation and investigation of green and cheap deep eutectic solvents for determination of essential and toxic metal ions at trace levels in different coffee products. Sustainable Chemistry and Pharmacy, 39, 101602.

# FLEXURAL PROPERTIES OF NATURAL FIBER REINFORCED HIGH DENSITY POLYETHYLENE COMPOSITES WITH COMPATIBILIZER ADDITIVES

**Chemical Eng. MELİKE NUR YENİGÜN**

Sakarya University of Applied Science, melikenurmacar@gmail.com - ORCID ID: 0009-0005-7208-2353

**Of Prof. Dr. HÜSEYİN ÜNAL**

Sakarya University of Applied Science, unal@subu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-0521-6647

## ABSTRACT

The major disadvantages of using natural fiber reinforced polymers in industry are high neatness and poor dimensional stability. Natural fibers in polymer/natural fiber composites are usually surface treated. The purpose of this treatment is to increase the bonding between the fiber and the matrix. The mechanical properties of natural fiber reinforced composites depend on fiber aspect ratio, fiber morphology, hydrophilic tendency and dimensional stability. In this study, the flexural and microstructural properties of wheat fiber reinforced high density polyethylene (HDPE) bio-composites were investigated. HDPE-based bio-composites with wheat fiber reinforcements of 4wt.% and 8wt.% by weight were fabricated. In addition, 5wt.% HDPE-g-MA compatibilizer was added to the composites to increase the bonding between the fiber and the matrix and to improve the properties. Composite mixtures were prepared with a twin-screw laboratory-type micro-compounder and then mechanical test specimens were moulded on a micro-injection moulding machine. The mechanical properties of the produced composites such as flexural strength, flexural modulus and deformation ratio in bending were investigated. As a result, slight changes were detected in the mechanical performance of the composites depending on the wheat fiber additive rate. Wheat fiber reinforcement increased the flexural strength of the composites by 1.1% and 5.5% and the flexural modulus by 22.4% and 47.8% for 4wt.% and 8wt.% additives, respectively. Scanning electron microscope images showed that wheat fiber bio-additives were homogeneously dispersed in the polymer matrix, but the matrix and the additive were partially bonded. A positive effect of the HDPE-g-MA compatibilizer on the mechanical properties of the bio-composites was observed.

**Keywords**: Wheat fiber, High density polyethylene, Composite, Mechanical Properties

## 1- INTRODUCTION

YYPE (High-Density Polyethylene) is a thermoplastic material with high mechanical strength, chemical resistance, and low moisture absorption. These properties make it widely used in industries such as construction, automotive, and pipeline systems. YYPE also provides flexibility at low temperatures and maintains strength at high temperatures. Its water and gas impermeability allow the production of long-lasting products. Additionally, it is an environmentally friendly material that can be recycled. Its high durability makes it ideal for harsh conditions (Faruk et al., 2012; Davoodi et al., 2011; Facca et al., 2007; Reddy et al., 2020). Natural fibers such as bamboo, flax, wheat, jute, sisal, and cotton are used in polymers due to their environmentally friendly, biodegradable, and recyclable nature (Jankowski et al., 2018; Sanjay et al., 2018; Zhao et al., 2021; Basri et al., 2020; Reddy et al., 2020; Espinach et al., 2021). These features reduce the environmental impact of natural fibers. When added to the polymer matrix, natural fibers generally create lighter and stronger composites, providing high tensile and fracture strength. Some natural fibers can also improve the thermal conductivity of composite materials and provide resistance to temperature changes. Furthermore, natural fibers reduce the density of composites, leading to the production of lighter products. Many publications in the literature have discussed natural fiber-reinforced composites (Ibrahim et al., 2020; Nurazzi et al., 2021; Mohamad et al., 2020; Kamarudin et al., 2018; Abd El-Baky et al., 2021; Lee et al., 2020; Mokhothu et al., 2015; Bernard et al., 2011; Siakeng et al., 2020; Kamarudin et al., 2019; Kalia et al., 2011; Mulinari et al., 2009; Basri et al., 2020). However, there are few publications on wheat fiber-reinforced plastics (Panthapulakkal et al., 2006; Englund et al., 2004; Hornsby et al., 1997a; Hornsby et al., 1997b). This study was conducted to contribute to the missing works in the literature and investigate the flexural properties of wheat fiber in HDPE polymer. In this study, composite materials with high mechanical properties, such as high strength and rigidity, were produced by incorporating wheat fiber at different ratios (4% and 8%) into HDPE polymers with compatibilizer additives. The effects of the compatibilizer and the wheat fiber ratio on the flexural properties of the HDPE-based polymer matrix were investigated.

## 2. EXPERIMENTAL

## 2. Materials and Method

### 2.1. Materials

In this study, high-density polyethylene (HDPE) was used as the base matrix material. The HDPE polymer, with a density of 0.965 g/cm³, a melt flow index of 5.5 g/10 min (190°C/2.16 kg), and a melting temperature of 134°C, is suitable for injection molding and was supplied by PETKIM Petrochemical Holding, İzmir, Turkey (Product code I668). Wheat fiber was obtained in micro size from the company Katkı Deposu, under the brand Alfasol. The HDPE-g-MA compatibilizer was used to strengthen the bonding structure between HDPE and wheat fibers. The compatibilizer, SCONA TSPE 2102 GAHD, is a maleic anhydride grafted (greater than 1.5%) HDPE, supplied by BYK-Chemie GmBH, Germany. This compatibilizer can be used with glass fibers, wood, and other natural fibers. The HDPE-g-MA compatibilizer improves the rigidity, flexural strength, and impact resistance of the composite while reducing the water

absorption rate. The manufacturer recommends using it in amounts of 1-4%. The camera images of the materials used in the experiments are shown in Figure 1. Table 1 provides details about the materials used, their composition, abbreviations, and material codes.

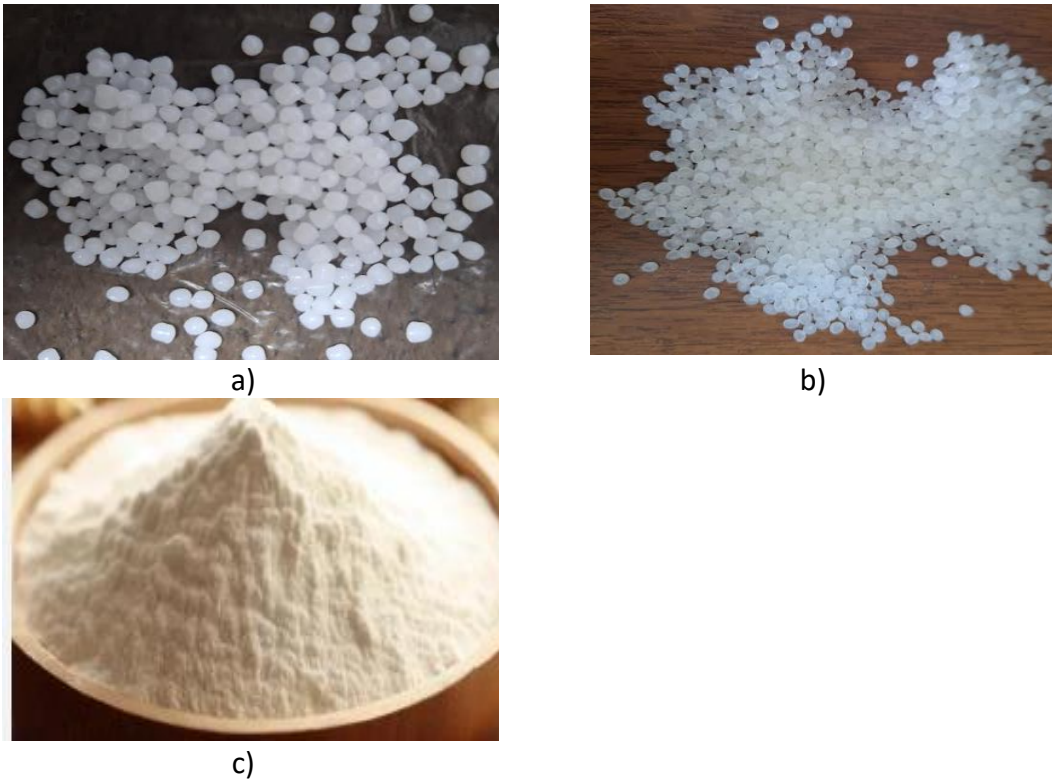



**Figure** 1. Camera photos of the additives used in the experiments a) HDPE polymer main matrix b) HDPE-g-MA compatibilizer c) Wheat fiber images

Table 1. Materials used in experiments, composition, abbreviation and material codes

| Sequence number | Materials | Abbreviation | Material Code |
|---|---|---|---|
| 1 | Pure high density polyethylene | Pure HDPE | 1 |
| 2 | 4wt.% wheat fiber reinforced high density polyethylene composite | HDPE+4WF | 2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 | 4wt.% wheat fiber reinforced + 5wt.% compatibizer filled high density polyethylene composite | HDPE+4WF+5C | 3 |
| 4 | 8wt.% wheat fiber reinforced high density polyethylene composite | HDPE+8WF | 4 |
| 5 | 8wt.% wheat fiber reinforced + 5wt.% compatibizer filled high density polyethylene composite | HDPE+8WF+5C | 5 |

### 2.2. Method

The HDPE-based wheat fiber-reinforced composite mixtures were prepared using an Xplore brand micro-compounder with a 15 $cm^3$ capacity, operating in a vertical position with a twin-screw system. After the mixing process was completed, the composite mixtures were taken from the head of the micro-compounder with a transfer cylinder and molded into flexural test specimens according to ISO 178 standards using an Xplore brand micro-molding device with a 12 $cm^3$ capacity. The composite mixtures were blended using a twin-screw micro-compounder with a screw speed of 100 rpm, a residence time of 3 minutes, and a barrel temperature of 160°C. Pure HDPE was processed under similar conditions, with a residence time of 2 minutes. For micro-molding the HDPE-based composite test specimens, the melt temperature was set to 160°C, the mold temperature to 25°C, and the injection pressure was adjusted as follows: 10 bar (3 seconds) for the first stage, 8 bar (3 seconds) for the second stage, and 8 bar (3 seconds) for the third stage.

## 3. RESULTS AND EVALUATION

Figure 2 shows the variation in the flexural strength of HDPE polymer composites with wheat fiber content and the addition of compatibilizer. The percentage change in the flexural strength of pure HDPE polymer compared to the composites YYPE-4WF, YYPE-4WF-5C, YYPE-8WF, and YYPE-8WF-5C is provided. As seen in the figure, the flexural strength of pure HDPE polymer was found to be 27.2 MPa, while the flexural strengths of the composites with 4wt.% and 8wt.% wheat fiber content were 27.5 MPa and 28.7 MPa, respectively.

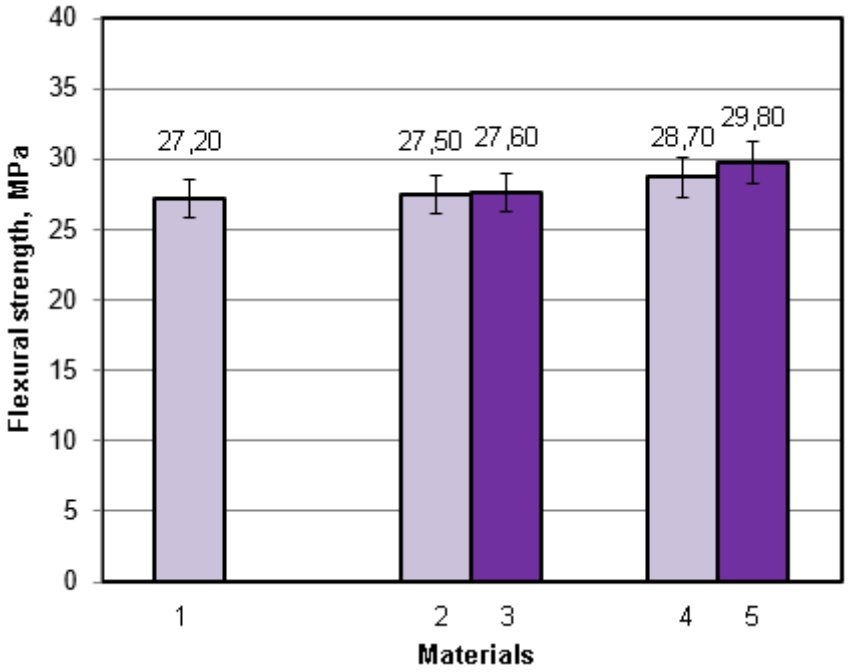



**Figure 2.** Variation of flexural strength of YYPE-4WF, YYPE-4WF-5C, YYPE-8WF, YYPE-8WF-5C composites with pure HDPE polymer

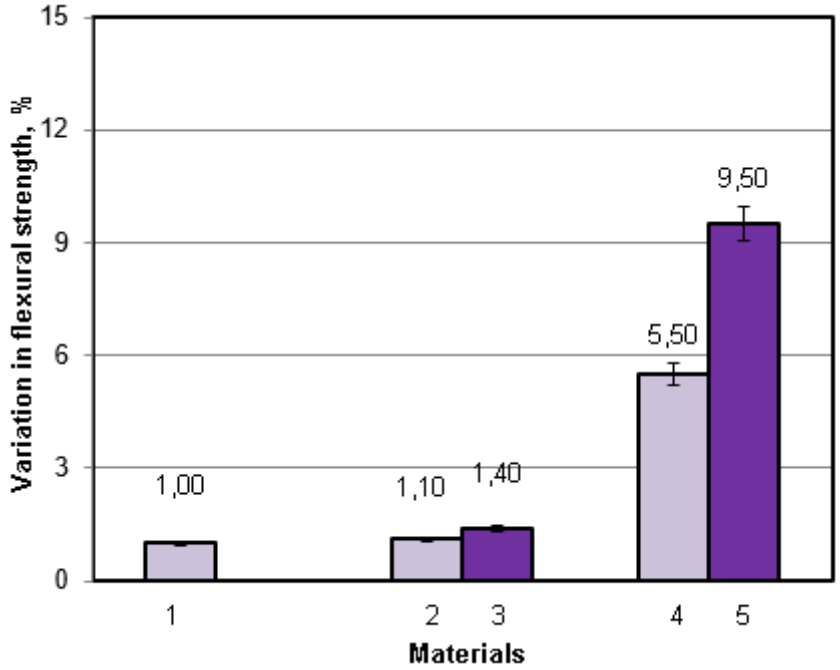



**Figure 3.** % change in flexural strength of YYPE-4WF, YYPE-4WF-5C, YYPE-8WF, YYPE-8WF-5C composites with compared to pure HDPE polymer

When compared to the flexural strength of the base material HDPE, the composites with 4wt.% and 8wt.% wheat fiber showed an increase of 1.1% and 5.5%, respectively (see Figure 3). When 5wt.% PE-g-MA compatibilizer was added to the HDPE polymer, a change in the flexural strength of the HDPE/wheat fiber composite was observed. With the PE-g-MA compatibilizer, the flexural strengths of the composites with 4wt.% and 8wt.% wheat fiber content were 27.6

MPa and 29.8 MPa, respectively. Therefore, the addition of 5wt.% PE-g-MA compatibilizer to the HDPE polymer matrix resulted in an increase in the flexural strength of the composites with 4wt.% and 8wt.% wheat fiber. Compared to the flexural strength of pure HDPE, the flexural strength of the YYPE-4WF and YYPE-8WF composites increased by 1.4% and 9.5%, respectively (see Figure 3).

The variation of tensile modulus of HDPE/wheat fiber composites according to wheat fiber filler ratio and HDPE-g-MA compatibilizer additive is given in Figure 4. While the tensile modulus of pure HDPE polymer in bending was determined as 825 MPa, the tensile modulus of HDPE-4WF, and HDPE-8WF composites were determined as 1010 MPa and 1220 MPa, respectively. Compared to the tensile modulus of HDPE polymer base matrix material, the tensile modulus of HDPE composite materials filled with wheat fiber increased with the addition of wheat fiber. The increase in the tensile modulus of the 4wt.% wheat fiber reinforced HDPE polymer composite increased by 22.4%, while the tensile modulus of the 8wt.% wheat fiber reinforced composites increased by about 47.8% (see Figure 5). The reason for this increase is the increase in the degree of resistance to deformation and the resulting increase in the stiffness of the material (Nuruzzaman et al., 2016). Similar results were obtained by Çuvalcı et al. (2014) and Liang et al. In the study by Liang et al. (2014), it was stated that the fiber plays an important role in increasing the strength of the composite, the fiber is much stiffer/stronger than the polyamide polymer and the formation of a good interface between the fiber and the matrix leads to an effective stress transfer when load is applied and increases the mechanical properties.
In addition, when 5wt.% of HDPE-g-MA compatibilizer was added to 4wt.% and 8wt.% wheat fiber reinforced HDPE composites, the tensile modulus of the composites were obtained as 1050 MPa and 1230 MPa, respectively. In other words, the addition of 5wt.% HDPE-g-MA compatibilizer to HDPE polymer caused a significant increase in tensile modulus of HDPE/wheat fiber composites. Compared to the tensile modulus of HDPE polymer, the increase in the tensile modulus of HDPE-4WF and HDPE-8WF composites increased by 27.2% and 49%, respectively (see Figure 5).

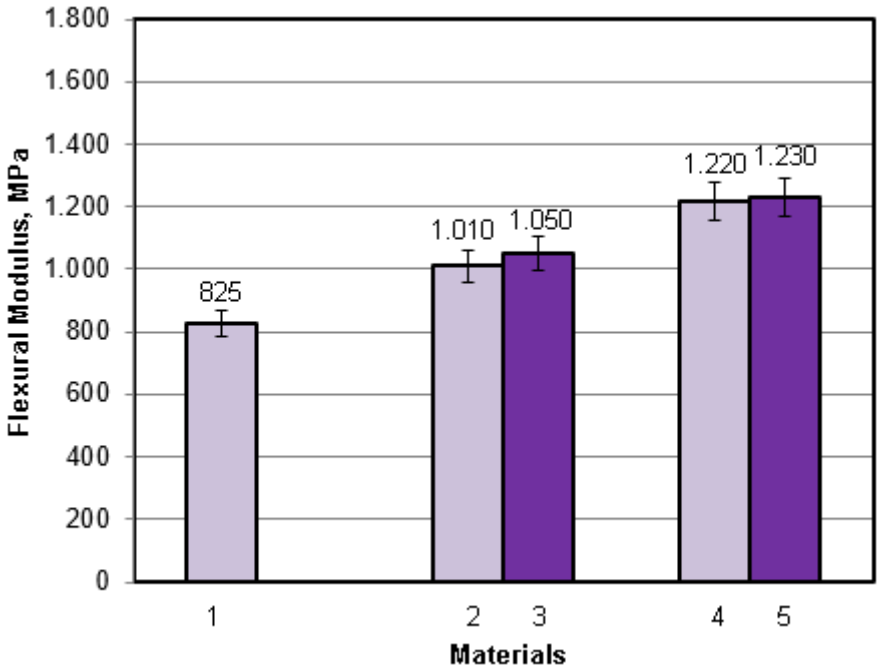



**Figure 4.** Variation of flexural modulus of pure HDPE polymer and YYPE-4WF, YYPE-4WF-5C, YYPE-8WF, YYPE-8WF-5C composites according to material type

Figure 6 shows the variation of shape change values in bending of HDPE based polymer composites containing different ratios (4wt.% and 8wt.%) of wheat fiber and compatibilizer according to both compatibilizer and wheat fiber additive ratio. As seen in the figure, the shape change of pure HDPE polymer in bending was determined as 420%. The flexural strain values of HDPE-4WF and HDPE-8WF composites were determined as 6.6% and 7.2%, respectively. When 5% HDPE-g-MA compatibilizer was added to the HDPE polymer base matrix, the flexural strain values of the 4wt.% and 8wt.% wheat fiber reinforced HDPE composites were determined as 7.7% and 7.2%, respectively. In other words, the addition of 5wt.% HDPE-g-MA compatibilizer to the polymer matrix caused a decrease in the flexural strain values of HDPE-4WF and HDPE-8WF composites

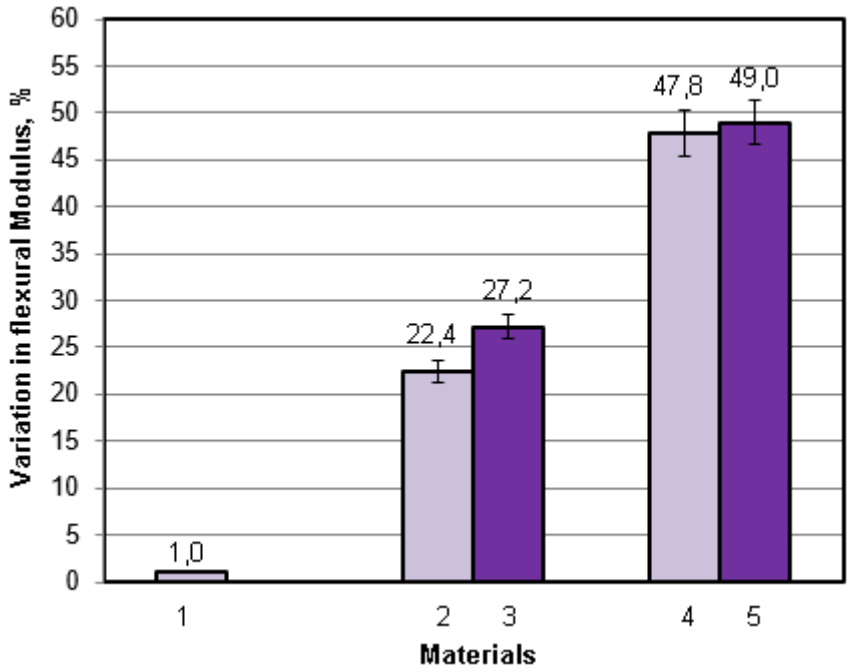



**Figure 5.** % change of flexural modulus of YYPE-4WF, YYPE-4WF-5C, YYPE-8WF, YYPE-8WF-5C composites with compared to pure HDPE polymer

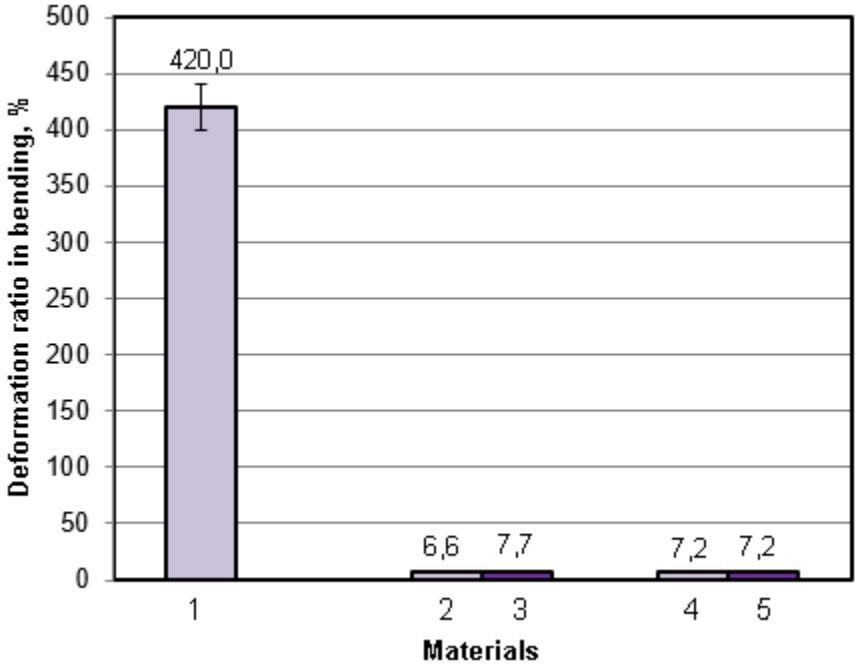



**Figure 6.** Variation of deformation ratio values of pure HDPE polymer and YYPE-4WF, YYPE-4WF-5C, YYPE-8WF, YYPE-8WF-5C composites according to material type

Figure 7'a-d' shows the scanning electron microscope (SEM) images of the fracture surfaces obtained at the end of the tensile test of pure HDPE polymer and YYPE-8WF and YYPE-8WF-5C composites. In the SEM image of the pure HDPE polymer shown in Figure 7-a, it is observed that it shows ductile behavior and the ductility of the polymer is high, that is, the plastic

deformation is high. In the SEM image of HDPE-8WF composite in Figure 7b and HDPE-8WF-5C composite in Figure 7c,d, it can be said that the wheat fibers in the matrix are almost homogeneously distributed. At the same time, it is seen in Figure 7-b-d that the wheat fibers are partially bound by the polymer matrix. When the area where the fibers are located is examined, it is observed that there are sometimes gaps around the fibers and sometimes there is information where there is partially good bonding with the matrix. From this point of view, it can be stated that the interfacial bond between wheat fiber and polymer matrix is partially good.

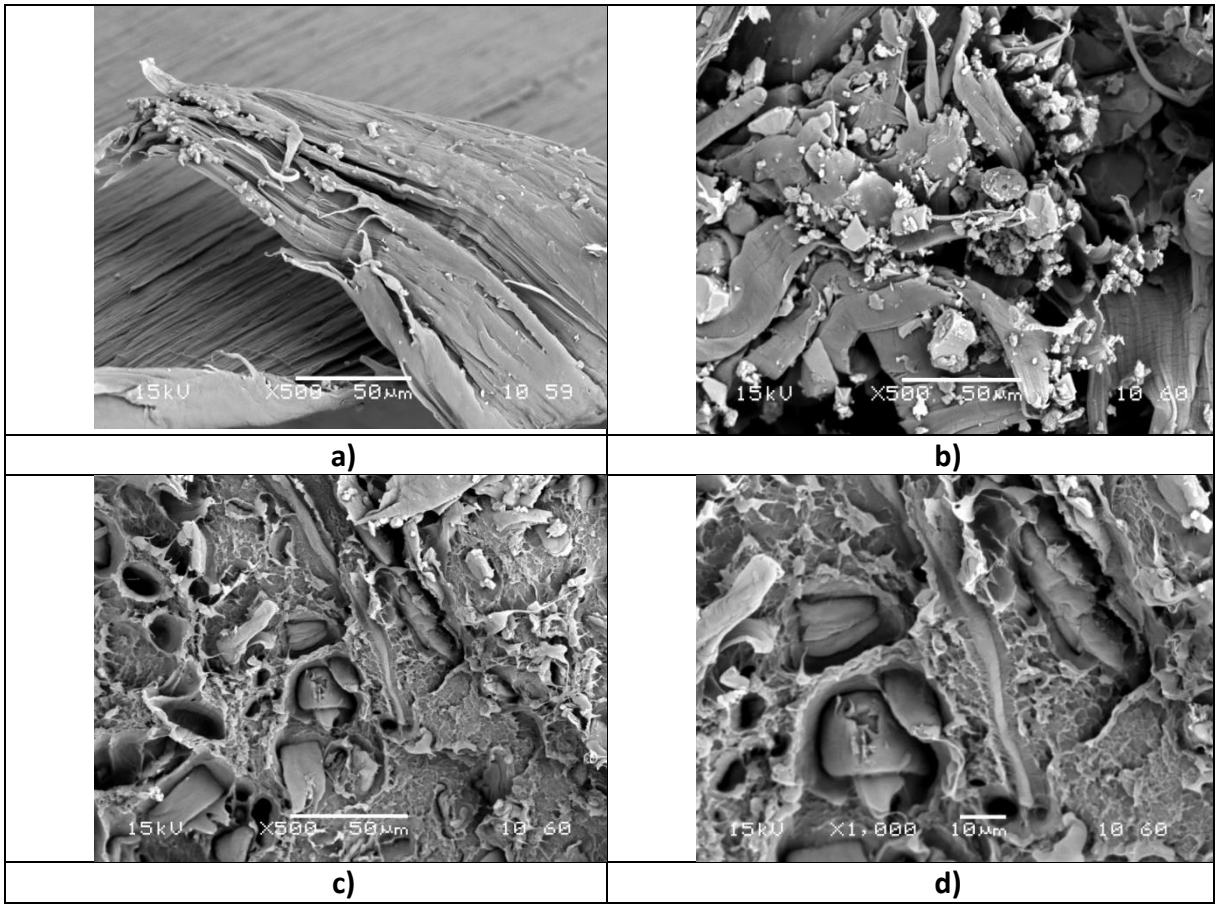



**Figure 7.** SEM images of fracture surface of a) HDPE polymer and b) HDPE-8WF and c,d) HDPE-8WF-5C composites fractured after tensile test

## 4. GENERAL EVALUATION AND CONCLUSIONS

The following conclusions can be drawn from the study.

1. As the proportion of wheat fibers added to the HDPE polymer base matrix increased (from 4wt.% to 8wt.%), the flexural strength and flexural modulus values of the composites increased and the deformation rate decreased.

2. Wheat fibers increased the flexural strength and flexural modulus of HDPE/wheat fiber composites while significantly decreasing the deformation ratio in brnding. Moreover, the

addition of HDPE-g-MA compatibilizer to the polymer base matrix further increased the flexural strength and flexural modulus of the composites.
3. The addition of HDPE-g-MA compatibilizer to the HDPE-based composites with wheat fiber addition generally caused a slight increase in the properties of the composites by acting as a binder between the HDPE main matrix and the fibers.

## REFERENCES

Abd El-Baky, M.A., Megahed, M., El-Saqqa, H.H., Alshorbagy, A.E., (2021), Mechanical Properties Evaluation of Sugarcane Bagasse-Glass/ Polyester Composites. J. Nat. Fibers, 18, 1163–1180.
Basri, M.S.M., Mustapha, F., Mazlan, N., Ishak, M.R., (2020), Optimization of adhesion strength and microstructure properties by using response surface methodology in enhancing the rice husk ash-based geopolymer composite coating. Polymers, 12, 2709.
Bernard, M., Khalina, A., Ali, A., Janius, R., Faizal, M., Hasnah, K.S., Sanuddin, A.B., (2011), The effect of processing parameters on the mechanical properties of kenaf fibre plastic composite. Mater. Des. 2011, 32, 1039–1043.
Davoodi, M. M., Sapuan, S. M., Ahmad, D., Aidy, A., Khalina, A., and Jonoobi, M. (2011). Concept selection of car bumper beam with developed hybrid bio-composite material. Materials & Design 32(10), 4857-4865. DOI: 10.1016/j.matdes.2011.06.011
Englund, K., Wolcott, M.P., Shirip, A., (2004)., Wheat straw residues as a fiber source for thermoplastic composites. In: Proceedings of Progress in Wood Fiber Plastic Composites, p. 105.
Espinach, F.X., (2021), Advances in natural fibers and polymers. Materials, 14, 2607.
Facca, A. G., Kortschot, M. T., and Yan, N. (2007). Predicting the tensile strength of natural fibre reinforced thermoplastics. Composites Science and Technology 67(11- 12), 2454-2466. DOI: 10.1016/j.compscitech.2006.12.018
Faruk, O., Bledzki, A. K., Fink, H. P., and Sain, M. (2012), Bio-composites reinforced with natural fibers: 2000-2010, Progress in Polymer Science 37(11), 1552-1596. DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2012.04.003
Hornsby, P.R., Hinrichsen, E., Trivedi, K., (1997a), Preparation and properties of polypropylene composites reinforced with wheat and flax straw fibers. Part 1. Fiber characterization. J. Mater. Sci. 32, 443–449.
Hornsby, P.R., Hinrichsen, E., Trivedi, K., (1997b)., Preparation and properties of polypropylene composites reinforced with wheat and flax straw fibers. Part 2. Analysis of composite microstructure and mechanical properties, J. Mater. Sci. 32, 443–449.
Ibrahim, M.I.J.; Sapuan, S.M.; Zainudin, E.S.; Zuhri, M.Y.M., (2020), Preparation and characterization of cornhusk/sugar palm fiber reinforced Cornstarch-based hybrid composites. J. Mater. Res. Technol. 9, 200–211.
Kalia, S.; Dufresne, A.; Cherian, B.M.; Kaith, B.S.; Avérous, L.; Njuguna, J.; Nassiopoulos, E., (2011), Cellulose-based bio- and nano-composites: A review. Int. J. Polym. Sci., 2011, 837875.
Kamarudin, S.H.; Abdullah, L.C.; Aung, M.M.; Ratnam, C.T. (2018), A study of mechanical and morphological properties of PLA based bio-composites prepared with EJO vegetable oil based plasticizer and kenaf fibers. IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., 368, 85314.

Kamarudin, S.H.; Abdullah, L.C.; Aung, M.M.; Ratnam, C.T., (2019), Mechanical and physical properties of Kenaf-reinforced Poly(lactic acid) plasticized with epoxidized Jatropha Oil. BioResources, 14, 9001–9020.

Lee, S.H.; Zaidon, A.; Rasdianah, D.; Lum, W.C.; Aisyah, H.A., (2020), Alteration in color and fungal resistance of thermally treated oil palm trunk and rubber-wood particleboard using palm oil. J. Oil. Palm. Res., 32, 83–89.

Mohamad, N.; Abd-Talib, N.; Kelly Yong, T.L., (2020), Furfural production from oil palm frond (OPF) under subcritical ethanol conditions. Mater. Today Proc., 31, 116–121.

Mokhothu, T.H.; John, M.J., (2015), Review on hygroscopic aging of cellulose fibres and their biocomposites. Carbohydr. Polym., 131, 337–354.

Mulinari, D.R.; Voorwald, H.J.C.; Cioffi, M.O.H.; da Silva, M.L.C.P.; Luz, S.M., (2009), Preparation and properties of HDPE/sugarcane bagasse cellulose composites obtained for thermokinetic mixer. Carbohydr. Polym., 75, 317–321.

Nurazzi, N.M.; Asyraf, M.R.M.; Fatimah Athiyah, S.; Shazleen, S.S.; Rafiqah, S.; Harussani, M.M.; Kamarudin, S.H.; Razman, M.R.; Rahmah, M.; Zainudin, E.S., (2021), A Review on Mechanical Performance of Hybrid Natural Fiber Polymer Composites for Structural Applications. Polymers, 13, 2170.

Nurazzi, N.M.; Norrrahim, M.N.F.; Sabaruddin, F.A.; Shazleen, S.S.; Ilyas, R.A.; Lee, S.H.; Padzil, F.N.M.; Aizat, G.; Aisyah, H.A.; Mohidem, N.A., (2021), Mechanical performance evaluation of bamboo fibre reinforced polymer composites and its applications: A review. Funct. Compos. Struct., 4, 1–25.

Panthapulakkal S., Zereshkian A., Sain M., (20069, Preparation and Characterization of wheat straw fibers for reinforcing application in injection molded thermoplastic composites, BioResource Technology, Bioresource Technology 97 , 265–272.

Sanjay, M.R.; Madhu, P.; Jawaid, M.; Senthamaraikannan, P.; Senthil, S.; Pradeep, S., (2018), Characterization and properties of natural fiber polymer composites: A comprehensive review. J. Clean. Prod., 172, 566–581.

Siakeng, R.; Jawaid, M.; Asim, M.; Saba, N.; Sanjay, M.R.; Siengchin, S.; Fouad, H., (2020), Alkali treated coir/pineapple leaf fibres reinforced pla hybrid composites: Evaluation of mechanical, morphological, thermal and physical properties. Express Polymer Letter, 14, 717–730.

Thakur, V.K. Lignocellulosic Polymer Composites: Processing, Characterization, and Properties, 1st ed.; Thakur, V.K., Ed.; Scrivener Publishing: Beverly, MA, USA, 2015; ISBN 9781118773574.

# MATERNAL OBEZİTENİN MATERNAL VE NEONATAL SONUÇLARI

**Dr.Öğr.Üyesi, Demet ÇAKIR**

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

demet.cakir@gop.edu.tr - 0000-0003-4794-516X

**Öğr.Gör, Arslan SAY**

Amasya Üniversitesi

arslan.say@amasya.edu.tr - 0000-0001-5454-3105

**Dr.Öğr.Üyesi, Vasviye EROĞLU**

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

vasviye.eroglu@gop.edu.tr - 0000-0003-0945-698X

## ÖZET

Maternal obezite, gebelik öncesi vücut kitle indeksinin (VKİ) 30 kg/m$^2$'den fazla olması olarak tanımlanan maternal obezitenin yaygınlığı son yıllarda artmıştır. Obezite, maternal sağlığı etkileyen birden fazla olumsuz gebelik riskinin artmasıyla ilişkilidir. Bunlara maternal mortalite, gestasyonel diabetes mellitus ve preeklampsinin yanı sıra tip 2 diyabet gelişimi de dahil olmak üzere uzun vadeli sağlık sonuçları dahildir. Kılavuzlar, obez VKİ'ye sahip kadınların olumsuz gebelik sonucu riskini azaltmak için ek doğum öncesi bakım almalarını önermektedir. Maternal obezite yaygınlığının artması bağlamında, bu durum küresel olarak klinik uygulama için önemli bir zorluk oluşturmaktadır.

Obezite birçok ülkede görülen bir pandemi olarak ifade edilebilir. 2025 yılında dünyadaki kadınların %21'inden fazlasının obezite sorunu yaşayacağı ve sayısının her yıl artacağı tahmin edilmektedir. Gebelikte obezite, anne ve fetüs üzerindeki yaygınlığı ve olası olumsuz etkileri göz önüne alındığında obstetrik hizmetlerdeki önemli zorluklardan biridir. Obez kadınlarda gebelik diyabeti, gebelik hipertansiyonu, preeklampsi, venöz tromboembolizm, doğum sonrası kanama, sezaryen doğum ve anne ölümü gelişme riski daha yüksektir. Çalışmalar, abortus, konjenital anormallikler, glisemik bozukluklarla birlikte mikrozomi veya makrozomi, erken doğum, ölü doğum ve yenidoğan ölümü dahil olmak üzere yenidoğanlarda olumsuz riskler göstermiştir. Risk ayrıca doğum sonrası dönemde de artar; yara enfeksiyonu riski, doğum sonrası depresyon ve emzirme oranları genel popülasyondan daha düşüktür. Anne obezitesi ayrıca çocuklarda ve ergenlerde obezite ile ilişkilidir.

Gebelikte obezite hem anne hem de fetüs için zorluklar oluşturmaktadır. Ebeler bu zorlukların farkında olmalı ve anne, fetüs ve yenidoğan sağlığını korumaya yönelik koruyucu uygulamalarda bulunmalıdır. Prekonsepsiyonel süreçten başlayarak gerekli eğimleri planlamalıdır.

Anahtar Kelimeler: Obezite, Maternal, Neonatal, Sonuç

# MATERNAL AND NEONATAL CONSEQUENCES OF MATERNAL OBESITY

## ABSTRACT

The prevalence of maternal obesity, defined as a pre-pregnancy body mass index (BMI) greater than 30 kg/m$^2$, has increased in recent years. Obesity is associated with an increased risk of multiple adverse pregnancy outcomes that affect maternal health. These include maternal mortality, gestational diabetes mellitus and preeclampsia, as well as long-term health outcomes including the development of type 2 diabetes. Guidelines recommend that women with obese BMI receive additional prenatal care to reduce the risk of adverse pregnancy outcomes. In the context of the increasing prevalence of maternal obesity, this poses a significant challenge to clinical practice globally.

Obesity can be described as a pandemic in many countries. It is estimated that more than 21% of women worldwide will be obese by 2025, and the number will increase every year. Obesity during pregnancy is one of the major challenges in obstetric services, given its prevalence and potential adverse effects on the mother and the fetus. Obese women are at higher risk of developing gestational diabetes, gestational hypertension, preeclampsia, venous thromboembolism, postpartum hemorrhage, cesarean delivery, and maternal death. Studies have shown adverse risks to newborns, including abortion, congenital abnormalities, microsomia or macrosomia with glycemic disorders, premature birth, stillbirth, and neonatal death. The risk also increases in the postpartum period; the risk of wound infection, postpartum depression, and breastfeeding rates are lower than in the general population. Maternal obesity is also associated with obesity in children and adolescents.

Obesity during pregnancy poses challenges for both the mother and the fetus. Midwives should be aware of these challenges and implement preventive practices to protect the health of the mother, fetus, and newborn. They should plan the necessary precautions starting from the preconceptional period.

Keywords: Obesity, Maternal, Neonatal, Outcome

## 1. GİRİŞ

Obezite endişe verici oranlarda artmakta olup gebelik öncesi Vücut Kitle İndeksi (VKİ) 30'u geçtiğinde maternal obezite olarak kabul edilmektedir. Diyet, fiziksel aktivite ve zihinsel stres gibi birden fazla çevresel faktör obeziteye katkıda bulunmaktadır (Ferraro ve ark., 2012). Çevresel etkilere ek olarak, epigenetik programlama obezitenin şiddetini artırabilir. Bunun sonucunda fetüs ve yenidoğanda çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilir (Gaillard ve ark., 2015). Gebelik öncesi vücut ağırlığı, anne boyu ve yaşı, doğum sayısı, sosyoekonomik durum ve etnik köken gibi çeşitli değiştirilemeyen faktörler anne obezitesiyle ilişkilidir (Ferraro ve ark., 2012).

Obezite durumunun yanı sıra, maternal sağlık durumunun bir diğer kritik parametresi, gebelik kilo alımını etkileme potansiyeline sahip olduğundan fiziksel aktivite düzeyidir. Bu nedenle, daha önce hareketsiz bir yaşam tarzına sahip kadınlar için gebelik sırasında egzersiz yapmak

özellikle önemlidir. Çünkü hareketsizlik kendi başına bozulmuş kardiyovasküler fonksiyona ve obeziteye yol açabilir (Rogozinska ve ark., 2017). Bir diğer faktör ise, çoğu maternal obezite ile ilişkili olan hipotiroidizm, polikistik over sendromu ve/veya Cushing sendromu gibi annede önceden var olan hastalık durumudur (Gutvirtz ve ark., 2019). Ayrıca, antidepresanlar, diyabet tedavileri (insülin), oral kontraseptifler ve hipertansiyon ilaçları gibi ilaçlar da maternal obezite ile ilişkilidir. İlişkilerin gücü, ilaca verilen bireysel yanıta bağlı olarak değişir (Shoar ve ark., 2016).

### 1.1.Maternal Obezitenin Annedeki Komplikasyonları

Aşırı gestasyonel obezite, doğum komplikasyonları, sezaryen oranları, doğum sonrası maternal kilo tutulumu, preeklampsi, makrozomi ve yenidoğanın yaşamı boyunca artmış VKİ ile ilişkilidir (McDowell ve ark., 2019). Bununla uyumlu olarak, 2018'de tamamlanan prospektif bir çalışmada, metabolik sendromu olan nullipar kadınlar ile sağlıklı kadınların karşılaştırmasında, metabolik sendromlu grubun yarısından fazlasının gebeliklerinde en az bir komplikasyon yaşadığı, sağlıklı gruptaki kadınların ise yalnızca %33'ünün bir komplikasyon yaşadığını belirlenmiştir (Grieger ve ark., 2018). Komplikasyonlar arasında pulmoner emboli, gestasyonel diabetes mellitus ve hipertansiyon olduğu saptanmıştır. Aşırı gestasyonel obeziteden kaynaklanan diğer komplikasyonlar arasında erken doğum, doğum indüksiyonu, müdahaleli vajinal doğum, daha uzun doğum ve doğum süreleri, ölü doğum, doğum sonrası 7 gün içinde fetal ölüm ve yenidoğan yoğun bakım ünitesine yatışlar yer alabilir (Poston ve ark., 2016). Ayrıca, 2018 tarihli bir meta-analizde, doğum sırasında potansiyel olarak ölümcül bir komplikasyon olan omuz distosisi riskinin maternal obezite ile önemli ölçüde arttığını göstermiştir (Zhang ve ark., 2018). Gebelik öncesi aşamada ise obez olan kadınlarda, gebe kalma süresinde uzama ve doğurganlık oranında azalma olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, obez anneler arasında düşük yapma sıklığında artış ve doğum sonrası kanama riskinde önemli ölçüde artış belirlenmiştir (Poston ve ark., 2016).

Maternal obezite, fiziksel aktivitenin azalması veya tamamen yokluğu ile daha da kötüleşerek gestasyonel obezite riskini artırmaktadır (Downs ve ark., 2012). 2015 yılında yapılan bir incelemede, maternak obeziteli annelerden doğan bebeklerin %15–45'inin makrozomiye sahip olduğu, sağlıklı kilodaki annelerde ise bu oranın %12 olduğunu belirlenmiştir (Kc ve ark., 2015). Bunun nedeni büyük olasılıkla maternal obezitede gözlenen bozulmuş glikoz toleransıdır. Anne kan şekeri seviyesindeki artış, fazla glikozun plasentadan geçip fetal dolaşıma girmesiyle fetal kan şekeri seviyelerinde artışa neden olur. Bu glikozun tamamı fetal metabolizma için kullanılmaz ve bu da nihayetinde makrozomiye katkıda bulunan artan depolamaya yol açar (Kc ve ark., 2015). Ayrıca, tedavi edilmemiş maternal obeziteli annelerden doğan bebekler, yaşamları boyunca bozulmuş insülin direnci ve azalmış beta hücresi işlevselliği riski altındadır (Lowe ve ark., 2019). Amerika Birleşik Devletleri'nde maternal obezitenin gerçek yaygınlığı bilinmemekle birlikte, 2007 ile 2014 yılları arasında 8.185 katılımcıdan alınan verilerde, kadınların %7,6'sının maternal obeziteye sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, maternal obezitesi olan kadınların %19,7'sine doğum sonrası tip 2 diyabet teşhisi konulmuştur (Casagrande ve ark., 2018). Doğurganlık çağındaki kadınlarda fiziksel aktiviteyi artırmak şu anda maternal obeziteyi ve eşlik eden hastalıklarını azaltmak için bir strateji olarak kabul edilmektedir (McIntyre ve ark., 2019).

Maternal obezite gebelik komplikasyonu riskini artırmaktadır. Bu nedenle rutin doğum öncesi bakımın gebeye göre düzenlenmesi gerekir. Maternal obezite, abortus imminens ve açıklanamayan ölü doğum için bir risk faktörüdür. Yapılan bir metaanalizde, maternal obez olanların ölü doğum riskinin normal kilolu gebe kadınlara göre iki kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu ilişki için birkaç mekanizma önerilmiştir; bunlar arasında gebelik sırasında maternal obezitesiyle ilişkili hipertansif bozukluklar ve gestasyonel diyabet risklerinin artması da yer almaktadır (Leddy ve ark., 2008).

### 1.2.Maternal Obezitenin Fetal ve Neonatal Sonuçları

Makrozomi, doğum ağırlığının 90. persentilin üzerinde olması (LGA, gebelik yaşına göre büyük) veya doğum ağırlığının 4000 g'ın üzerinde olması olarak tanımlanır. Maternal obezite, diyabet komplikasyonu için kontrol altında olsa bile makrozomi ve LGA durumu için bağımsız bir risk faktörüdür. Maternal obezitenin artan yaygınlığıyla, anne VKI muhtemelen LGA doğumlarının yaygınlığı üzerinde en büyük etkiye sahiptir. Gebelik diyabetinin olumsuz neonatal sonuçlara (makrozomi dahil) yol açtığı göz önüne alındığında, maternal obezitesi mevcut olmasa bile, maternal obezite ve gestasyonel diyabetin bir araya gelmesi, fetüs üzerindeki zararı daha da kötüleştirecektir (Ruager-Martin ve ark., 2010).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2016), yetişkin nüfusun %39'unun aşırı kilolu veya obez olduğunu ve bu durum doğurganlık çağındaki birçok kadını etkilediğini bildirmiştir (Grieger ve ark., 2021). Hem gestasyonel diyabet hem de maternal obezite ile ilişkili yaygın neonatal komplikasyonlar vardır. Bunlara doğum ağırlığının artması, hiperbilirubinemi, omuz distosisi, yenidoğan yoğun bakım ünitesinde kalma ve fetal ölüm dahildir. Araştırmalar hem maternal obezitenin hem de gestasyonel diyabetin yenidoğanın uzun vadeli sağlığını etkilediği ve çocukluk çağı obezitesi, diyabet, kardiyovasküler hastalık ve otizm spektrum bozukluğu gibi metabolik olmayan hastalık risklerinin arttığını göstermektedir (Lu ve ark., 2020).

### 1.3.Maternal Obezite ve Emzirme

Emzirmenin hem anne hem de bebek için faydaları iyi bilinmektedir. Doğum sonrası dönemin uzun vadeli vücut ağırlığı ve metabolizmanın programlanmasında çok önemli olduğu düşünülmektedir. Yenidoğan döneminde hızlı kilo alımının obezite gelişimi için önemli bir risk faktörü olduğu gösterilmiştir. İlginç bir şekilde, yaşamın ilk haftasında vücut ağırlığında her 100 g'lık artış için, obez olmayan annelerden doğan bebeklerde bile, yetişkinlikte obezite riskinin %28 arttığı gösterilmiştir (Loos ve ark., 2001).

Perinatal diyetin, aşırı kilo alımını teşvik ederek veya azaltarak kilo düzenleyici merkezleri etkilediği düşünülmektedir. Ancak, çalışmaların bulguları çelişkilidir ve sosyoekonomik sınıf ve yaşam tarzı faktörleri gibi kafa karıştırıcı faktörler bunu etkileyebilir. Bununla birlikte, yalnızca anne sütüyle beslenen bebeklerin obeziteye karşı potansiyel bir koruyucu etkiye sahip olduğunu gösteren kanıtlar vardır. Formül mamayla beslenen bebeklerin, anne sütüyle beslenen akranlarına göre daha hızlı kilo aldıkları ve daha sonraki yaşamlarında obezite risklerinin arttığı gösterilmiştir (Mandić ve ark., 2011).

## 2. SONUÇ

Maternal obezite, gelişmekte olan fetüsün büyümesi ve gelişmesi için metabolik olarak zorlu bir ortam yaratır. Fetüs ve yenidoğan üzerindeki etkileri potansiyel olarak hem kısa hem de

uzun vadeli olumsuz etkilerle birden fazladır. Programlama mekanizmaları için bazı kanıtlar vardır, ancak fetüs/yenidoğanın uzun vadeli riskle ilgili ilişkilerin çoğu büyük ölçüde olumsuz yaşam tarzlarından kaynaklansa bile, üreme çağındaki kadınlarda obezite eğilimlerini tersine çevirmek gerekir. Bunu yapamazsak, yenidoğanlarda daha fazla obezite, tip 2 diyabet ve kardiyovasküler hastalıkla ilişkili erken ölümle karşı karşıya kalabiliriz ve bu da gelecek nesiller üzerinde potansiyel olarak farklı etkilere neden olabilir. Obezitenin yaygınlığının dünya çapında arttığı ve tedavi maliyetinin yükseldiği göz önüne alındığında, genç kadınları ve gebeliğin erken dönemindeki gebelerin obezitenin tehlikeleri konusunda eğitmek, obezitenin yarattığı kısır döngüyü ele alma umuduyla çok önemlidir (Santangeli ve ark., 2015). Bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

## 3. KAYNAKLAR

Casagrande, S. S., Linder, B., Cowie, C. C. Prevalence of Gestational Diabetes and Subsequent Type 2 Diabetes Among U.S. Women. Diabetes Res Clin Pract. 141:200–8, 2018.

Downs, D. S., Chasan-Taber, L., Evenson, K. R., Leiferman, J., Yeo, S. Physical Activity and Pregnancy: Past and Present Evidence and Future Recommendations. Res Q Exerc Sport. 83:485–502, 2012.

Ferraro, Z. M., Barrowman, N., Prud'homme, D., Walker, M., Wen, S. W., Rodger, M., et al. Excessive Gestational Weight Gain Predicts Large for Gestational Age Neonates Independent of Maternal Body Mass Index. J Matern Fetal Neonatal Med. 25:538–42, 2012.

Gaillard, R., Steegers, E., Franco, O., Hofman, A., Jaddoe, V. Maternal Weight Gain in Different Periods of Pregnancy and Childhood Cardio-Metabolic Outcomes. The generation R study. Int J Obesity, 39:677–85, 2015.

Grieger, J. A., Bianco-Miotto, T., Grzeskowiak, L. E., Leemaqz, S. Y., Poston, L., McCowan, L. M., et al. Metabolic Syndrome in Pregnancy and Risk for Adverse Pregnancy Outcomes: A Prospective Cohort of Nulliparous Women. PLoS Med., 15:e1002710, 2018.

Grieger, J. A., Hutchesson, M. J., Cooray, S. D., et al. A Review of Maternal Overweight and Obesity and Its Impact on Cardiometabolic Outcomes During Pregnancy and Postpartum. Ther Adv Reprod Health. 2021; 15:2633494120986544. Published 2021 Feb 4.

Gutvirtz, G., Walfisch, A., Wainstock, T., Landau, D., Sheiner, E. Maternal Hypothyroidism and Future Pediatric Neurological Morbidity of the Offspring. Arch Gynecol Obstet., 299:975–81, 2019.

Kc, K., Shakya, S., Zhang, H. Gestational Diabetes Mellitus and Macrosomia: A Literature Review. Ann Nutr Metab., 66(Suppl 2):14–20, 2015.

Leddy MA, Power ML, Schulkin J. The impact of maternal obesity on maternal and fetal health. Rev Obstet Gynecol. 2008 Fall;1(4):170-8. PMID: 19173021; PMCID: PMC2621047.

Loos, R. J. F., Beunen, G., Fagard, R., Derom, C., & Vlietinck, R. (2001). Birth weight and body composition in young adult men—a prospective twin study. International journal of obesity, 25(10), 1537-1545.

Lowe WL Jr, Scholtens DM, Kuang A, Linder B, Lawrence JM, Lebenthal Y, et al. Hyperglycemia and Adverse Pregnancy Outcome Follow-up Study (HAPO FUS): maternal gestational diabetes mellitus and childhood glucose metabolism. Diabet Care. (2019) 42:372–80.

Lu J, Gu Y, Wang L, et al. Glucose metabolism among obese and non-obese children of mothers with gestational diabetes. BMJ Open Diabetes Res Care. 2020; 8(1):e000822.

Mandić, Z., Pirički, A. P., Kenjerić, D., Haničar, B., Tanasić, I. Breast vs. Bottle: Differences in the Growth of Croatian Infants. Maternal & child nutrition, 7(4), 389-396, 2011.

McDowell, M., Cain, M. A., Brumley, J. Excessive Gestational Weight Gain. J Midwifery Womens Health, 64:46–54, 2019.

McIntyre, H. D., Catalano, P., Zhang, C., Desoye, G., Mathiesen, E. R., Damm, P. Gestational Diabetes Mellitus. Nat Rev Dis Primers, 5:47, 2019.

Poston, L., Caleyachetty, R., Cnattingius, S., Corvalan, C., Uauy, R., Herring, S., et al. Preconceptional and Maternal Obesity: Epidemiology and Health Consequences. Lancet Diabetes Endocrinol, 4:1025–36, 2016.

Rogozinska, E., Marlin, N., Jackson, L., Rayanagoudar, G., Ruifrok, A. E., Dodds, J., et al. Effects of Antenatal Diet and Physical Activity on Maternal and Fetal Outcomes: Individual Patient Data Meta-Analysis and Health Economic Evaluation. Health Technol Assess. 21:1–158, 2017.

Ruager-Martin, R., Hyde, M. J., Modi, N. (2010). Maternal obesity and infant outcomes. Early human development, 86(11), 715-722.

Santangeli, L., Sattar, N., & Huda, S. S. (2015). Impact of maternal obesity on perinatal and childhood outcomes. Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology, 29(3), 438-448.

Shoar Z, Zivot A, Nasiri S, Mandhani N, Kelly B. Maternal obesity, maternal gestational diabetes mellitus, and maternal and neonatal outcomes. J Obes Weight Loss Therapy. (2016) 6:1–12.

Zhang C, Wu Y, Li S, Zhang D. Maternal prepregnancy obesity and the risk of shoulder dystocia: a meta-analysis. BJOG. (2018) 125:407–13.

# EBEVEYN OLMA MOTİVASYONU VE EBELİK BAKIMI

**Dr.Öğr.Üyesi, Demet ÇAKIR**

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

demet.cakir@gop.edu.tr - 0000-0003-4794-516X

**Dr.Öğr.Üyesi, Vasviye EROĞLU**

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

vasviye.eroglu@gop.edu.tr - 0000-0003-0945-698X

**Öğr.Gör, Arslan SAY**

Amasya Üniversitesi,

arslan.say@amasya.edu.tr - 0000-0001-5454-3105

## ÖZET

Ebeveynlerde motivasyonun sosyal yönlerini anlamak hayati önem taşır. Çünkü ebeveynlerin motivasyonu yalnızca ebeveynlerin kendileri için değil aynı zamanda çocuk gelişimi, doğurganlık ve toplumun genel sağlığı için de önemli sonuçlar içermektedir. Yetişkin motivasyonunu etkilemede ebeveynliğin sosyal, ekonomik, kültürel ve kurumsal bağlamlarının rolüne odaklanmaktadır.

Ebeveyn olmak, hormonal değişiklikler ve nöroplastisite ile benlik kavramında, sosyal rollerde ve günlük rutinlerde değişimlerle işaretlenen dönüştürücü bir deneyimdir. Yeni bir bebeğin gelişi genellikle neşeli bir olay olsa da, doğum sonrası dönem aynı zamanda önemli uyku bozukluğu ve azalmış fiziksel aktivite gibi artan psikososyal stres ve sağlık davranışı değişiklikleri zamanı olabilir. Fizyolojik stres ve inflamasyon gibi allostatik yük belirteçleri de bu süre zarfında düzensizleşebilir. Bu nörobiyolojik, psikososyal ve davranışsal değişiklikler göz önüne alındığında, ebeveynliğe geçiş orta yaştaki sağlık yörüngelerini şekillendirebilir. Birçok anne ve baba için ebeveynliğe geçiş bir dönüm noktasını temsil eder, böylece perinatal kilo kazanımları uzun vadede korunur. Bu nedenle, birçok kişi postpartum dönemde ilk majör depresyon atağını yaşar.

Özetle, ebeveynliğe geçiş orta yaşta ve sonrasında hem zihinsel hem de fiziksel sağlığı belirlemek için kritik bir pencereyi temsil edebilir. Ebeveynliğe geçişte fiziksel ve ruhsal sağlık sorunları, doğum sonu çalışma koşulları ve ücretli izin alma olanağı olmayan ebeveynler için daha da kötüleşebilir. Ruh hali bozuklukları, obezite ve allostatik yükteki bilinen eşitsizlikler, perinatal dönemden kaynaklanan risk faktörleriyle ilişkilendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Motivasyon, Ebevenynlik, Ebelik

# MOTIVATION TO BE A PARENTER AND MIDWIFERY CARE

## ABSTRACT

Understanding the social aspects of motivation in parents is of vital importance. Because parental motivation has important consequences not only for the parents themselves but also for child development, fertility, and the overall health of society. It focuses on the role of the social, economic, cultural, and institutional contexts of parenthood in influencing adult motivation.

Becoming a parent is a transformative experience marked by hormonal changes and neuroplasticity, as well as changes in self-concept, social roles, and daily routines. While the arrival of a new baby is often a joyous event, the postpartum period can also be a time of increased psychosocial stress and health behavior changes, such as significant sleep disruption and decreased physical activity. Markers of physiological stress and allostatic load, such as inflammation, may also become dysregulated during this time. Given these neurobiological, psychosocial, and behavioral changes, the transition to parenthood may shape health trajectories in midlife. For many mothers and fathers, the transition to parenthood represents a turning point, whereby perinatal weight gains are maintained over the long term. As such, many individuals experience their first episode of major depression in the postpartum period.

In summary, the transition to parenthood may represent a critical window for determining both mental and physical health in midlife and beyond. Physical and mental health problems during the transition to parenthood may be exacerbated by postpartum working conditions and the lack of paid leave for parents. Mood disorders, obesity, and known inequalities in allostatic load may be linked to risk factors originating in the perinatal period.

Keywords: Motivation, Parenting, Midwifery

## 1. GİRİŞ

Ebeveyn olmak dünyadaki en zor ve en motive edici, ödüllendirici iş olarak görülmektedir. Ebeveynler, yetişkinliklerinin uzun bir döneminde bir sonraki nesli yetiştirmede sayısız zorlu sorumluluğu üstlenirler. Ancak çocuk sahibi olmak yetişkinlere hayatta bir amaç ve anlam duygusu da sağlar (Nomaguchi&Milkie, 2017). Ebeveyn motivasyonu çocuğun refahı, doğurganlık ve daha genel olarak toplum üzerinde etkileri vardır. Ebeveynlerde oluşan motivasyon yokluğu, ebeveynlik rolündeki talepler ve çatışmalarla ilgili hissedilen zorluklar olarak tanımlanır ve zayıf ebeveyn refahı, çocukların gelişimsel sonuçları üzerinde önemli etkilere sahip olabilir (Mackler ve ark., 2015). Dahası, ilk doğumdan sonra kişisel refahta yaşanan bir düşüş, sonraki doğumların olasılığını azaltır (Margolis&Myrskylä, 2015). Bu nedenle, ebeveynlerin gelişmesine olanak tanıyan destekler oluşturmak için ebeveynlik ve ebeveynliğin yetişkinlerin motivasyonunu nasıl etkilediğine dair sosyal kalıpları araştırmak zorunludur. Ebeveynlik terimi ebeveynlerin çocuklarını yetiştirme, destekleme ve sosyalleştirme açısından hayatları boyunca yaptıkları şeyleri ifade eder. Motivasyonu, öznel motivasyon (örn. yaşam memnuniyeti, yaşam anlamı, yalnızlık), duygusal sağlığı (örn. öfke, suçluluk), zihinsel sağlığı (örn. depresyon, kaygı) ve fiziksel sağlığı içerecek şekilde geniş bir şekilde tanımlanmalıdır.

Ebeveynlik karmaşık ve çok yönlü bir yaşam olayıdır. Ebeveynliğin gelişi, stres ve ödüllerin farklı bir karışımı olarak da beraberinde getirir. Bu olaya hazırlık gelecek nesiller üzerinde etkili olabilir. Bu nedenle özellikle gelişmiş ülkeler ebeveynleri desteklemek için büyük yatırımlar yapmıştır. Bu çabalara rağmen, dünyanın dört bir yanındaki yeni ebeveynler hala ebeveynlik gerçeğine hazırlıksız hissetmektedir. Ebeveynliğe hazırlık kavramının, ebeveynliğe geçiş sürecinde ebeveynlerin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik yeni, alternatif ve aile merkezli bir yaklaşım sunan bir olgu olarak sağlam bir şekilde yerleşmesi gerekmektedir (Spiteri ve ark., 2014).

2010'larda ebeveynlik, ebeveyn olma ve motivasyonu üzerine yapılan araştırmalar, bu merkezi yetişkin rolünü anlamanın önemini doğrulayan zengin ve çeşitli bir çalışma gövdesinin oluşmasına zemin hazırlamıitır. Son yıllarda, büyük durgunluğun ardından gelişmiş ekonomilerdeki insanlara ekonomik güvensizliğin, ekonomik eşitsizliklerin ve dolayısıyla çocukların gelecekleriyle ilgili belirsizliklerin sert gerçekliğinin hatırlatıldığı dönem başladı (Cooper, 2014). Yoğun ebeveynlik normlarının yaygınlaşmasının ve derinleşmesinin, ekonomik güvensizliklerin yükselişiyle hızlandığı görülmektedir (Lan, 2018). Anneler ve babalar baskı altında görünmesi araştırmacıları ebeveyn motivasyonunu araştırmaya teşvik etmiştir. Son yıllarda, ebeveyn refahı üzerine yapılan uluslararası çalışmalarda ve Avrupalı araştırmacıların çalışmalarında bir artış görülmüştür. Bunların çoğu düşük doğurganlığın nedenlerini anlamakla ilgilidir (Aassve ve ark., 2015). Bu çalışmalar, ebeveynlerin ebeveyn olmayanlardan daha az mutlu ve daha depresif olup olmadıklarının, devletlerin çocuk yetiştirmeye yardımcı olmak için sağladığı desteğin türleri ve düzeyi de dahil olmak üzere sosyal bağlamlara bağlı olduğunu belirlemiştir (Glass ve ark., 2016). Araştırmalar, cinsiyet, sosyal sınıf ve medeni durumuna göre ebeveynlik zorluklarının çeşitli deneyimlerini vurgulamaya yönelik olmakla birlikte, ırk-etnik köken, göçmen statüsü ve farklı cinsel kimlikler gibi diğer önemli sosyal statülere daha fazla dikkat çekmektedir (Goldberg&Smith, 2013). Ayrıca, ebeveynlik zorlukları ve ebeveyn motivasyonundaki değişikliklerin çocuk yaşına göre değerlendirilmesi, küçük çocuklar ile yaşça büyük çocuklar arasındaki farklılıkların ötesine geçmiştir (Simon&Caputo, 2019).

### 1.1.Değişen Ebeveynlik Normları

Eebeveynlik araştırmaları, dönemin kültürel bir arka planı olan yoğun ebeveynliğin yaygınlaştığını gösterdi. Yoğun ebeveynlik, çocuk yetiştirmede ebeveyn olarak daha fazla çocukla zaman geçirme, finansal ve duygusal yatırımlar gerektiren çocuk merkezli bir yaklaşımdır (Hays, 1996). Hays, çocuk merkezli bu yaklaşımın II. Dünya Savaşı sırasında çocuk yetiştirme tavsiyelerinde zaten ortaya çıkmış olmasına rağmen (örn. Benjamin Spock), bir ebeveynin sürekli katılımına vurgunun 1980'lerde daha kapsamlı hale geldiğini savunmuştur. Çocuk Merkezli Ebeveynlik, hassas veya duyarlı ebeveynlik olarak da adlandırılır, bir bakıcının/annenin tutarlı katılımının, duygusal ve sözel tepkisinin ve her çocuğa özel olarak uyarlanmış yaşa uygun uyarımlarının bir çocuğun sağlıklı gelişimi için elzem olduğunu öne sürmektedir. Ebeveynlerin motivasyonunu azaltabilen, yoğun ebeveynliğin önemli bir yönüde, ebeveyn determinizmini varsaymasıdır; yani bireysel ebeveynlerin çocuklarının yetenek ve becerilerini geliştirme eylemlerinin çocukların gelişimsel ve eğitimsel sonuçlarını belirlediği varsayımıdır (Faircloth, 2014). İdeolojinin bir diğer önemli özelliği, çocukların masum ve savunmasız olarak görülmesi ve ebeveynlerin çocuklarını yeterli

gelişimlerini baltalayabilecek her türlü potansiyel zarardan korumaktan sorumlu tutulmasıdır (Nelson, 2010). Bu iki varsayım, ebeveynlerin, özellikle annelerin, çocuklarının fiziksel, sosyal, duygusal ve bilişsel gelişiminin en ince ayrıntılarıyla, bitkinlik noktasına varana kadar ilgilenmeleri gerektiği hissine kapılmalarına neden olur (Wall, 2018).

### 1.2.Gebelik ve Ebeveynliğe Geçiş

Ailelerde geçişler, yaşam tarzlarında bir aşamadan diğerine geçişlerin olduğu değişim dönemlerini temsil eder (Price ve ark., 2000). Gebelik ve ebeveynliğe geçiş, ebeveynler, bebek-ebeveyn ilişkisi ve bebeğin gelişimi için önemli etkileri olan bir gelişim dönemidir. Araştırmalar, bunun genellikle stresli bir olay olduğunu ve aile yaşam döngüsünün diğer tüm gelişim aşamalarından daha derin değişikliklere yol açtığını tutarlı bir şekilde göstermiştir (Priel&Besser, 2002). Kadınlar yaşam tarzlarında ve rutinlerinde büyük değişiklikler bildirmektedir, kolay uyum sağlamak olağan değildir, tekdüze olarak sorunludur ve herhangi bir zaman çerçevesine bağlı değildir (Mercer, 1986).

### 1.3.Sürekli Ebelik Bakımı ve Ebeveynlik

Ebeler, sağlık hizmetlerinde ve önlemede önemli bir yere sahiptir. Kadınları ve aileleri bakımın tüm sürekliliği boyunca destekler (Lohmann, 2018). Bakım sürekliliği, aynı bakım sağlayıcısı tarafından bireylerin bakımının yapıldığı birincil bakıma dayanan bir kavramdır (Bradford ve ark., 2022). Ebelik bakımın sürekliliği, aile planlaması, gebelik, doğum ve lohusalık evrelerinde bakımın sağlanmasını içermekte, bakım aynı ebe veya küçük bir ebe ekibi tarafından sağlanır (WHO, 2021).

Ebelik bakımında sürekliliğin uygulanması, çocuk doğuran kadınlar ve genç ebeveynler tarafından oldukça değerlidir. Kadınlar, ebeler tarafından sağlanan yüksek düzeyde bakım sürekliliği yoluyla güven ilişkileri kurarak kişiselleştirilmiş deneyimi tercih ederler (Cummins ve ark., 2018).

Doğum deneyimi her kadın için önemlidir ve hem annenin hem de çocuğun/çocukların gelecekteki fiziksel ve ruhsal sağlığı için çok önemli olabilir; bu durum Dünya Sağlık Örgütü (WHO) (2018) tarafından da kabul edilmiştir. Doğum boyunca, lohusalık döneminde ve doğumdan sonraki ilk yılın sonuna kadar ve emzirme bir yıldan uzun sürse bile daha uzun süre boyunca ebeler tarafından tıbbi ve psikososyal bakım sağlanabilir.

Doğumdan sonra, lohusalık döneminde, her kadının en az on iki hafta boyunca bir ebenin desteğine hak kazanması önemli bir husustur. Komplikasyon durumunda, ebeler emzirme döneminin sonuna kadar tüm aileye sağlık hizmeti ve destek sağlamalıdır. Ek olarak, bebeğin beslenme sorunlarının olması veya tamamlayıcı gıdaya geçiş için desteğe ihtiyaç duyması durumunda, üç ay boyunca ebe tarafından düzenli olarak ziyaretler ayarlanmalıdır. Ebeler, çocuk ve annenin sağlığıyla ilgili soruları yanıtlayarak lohusalık döneminde ailelere destek olur. Büyük fiziksel ve ruhsal değişikliklerin yaşandığı dönemde önemli iletişim kişileridirler. Ebelerin kadınların lohusalık dönemindeki fizyolojik gelişimlerine eşlik etmeleri, bireysel olarak edindikleri ek becerilerle (örneğin; bebek taşıyıcı desteği, bebek masajı, emzirmeye özel tavsiyeler) desteklemeleri ve gerekirse aşılama, motor gelişim, olası anormalliklerin giderilmesi, pelvik taban sorunlarının giderilmesi vb. konularda diğer sağlık uzmanlarına yönlendirme yapmaları son derece önemlidir (Makarova ve ark., 2024).

## 2. SONUÇ

Ebeveynlik motivasyonu, bireyin çocuk sahibi olmanın ya da olmamanın olası sonuçlarına ilişkin değerlendirmesine dayanır. Ebeler ve diğer sağlık profesyonelleri, annelerin, babaların ve diğer aile üyelerinin sağlık ve refahını artırmak için çabalarlar. Dolayısıyla, kadınların ve erkeklerin ebeveynliğe geçiş konusunda gerçekçi bir bakış açısı benimsemeleri ve adapte olmaları için güven ve yeterlilik geliştirmelerini desteklemede katalizör görevi görürler.

## 3. KAYNAKLAR

Aassve, A., Mencarini, L., Sironi, M. Institutional Change, Happiness, and Fertility. European Sociological Review, 31, 6, 2015.

Bradford, B. F., Wilson, A. N., Portela, A., McConville, F., Fernandez Turienzo, C., Homer, C. S. Midwifery Continuity of Care: A Scoping Review of Where, How, by Whom and for Whom?. PLOS Global Public Health, 2, 10, e0000935, 2022.

Cooper, M. Cut Adrift: Families in Insecure Times. Berkeley, CA: University of California Press, 2014.

Cummins, A. M., Catling, C., Homer, C. S. Enabling New Graduate Midwives to Work in Midwifery Continuity of Care Models: A Conceptual Model for Implementation. Women and Birth, 31, 5, 2018.

Faircloth, C. Intensive Parenting and the Expansion of Parenting. In L. Ellie, J. Bristow, C. Faircloth, & J. Macvarish (Eds.), Parenting culture studies (pp. 25–50). London, UK: Palgrave Macmillan, 2014.

Glass, J., Simon, R. W., Andersson, M. A. Parenthood and happiness: Effects of work-family reconciliation policies in 22 OECD countries. American Journal of Sociology, 122, 3, 2016.

Goldberg, A. E., Allen, K. R., Black, K. A., Frist, R. I., Manley, M. H. 'There is no Perfect School': The Complexity of School Decision-Making Among Lesbian and Gay Adoptive Parents. Journal of Marriage and Family, 80, 2018.

Hays, S. The Cultural Contradictions of Motherhood. New Haven, CT: Yale University Press, 1994.

Lan, P. C. Raising Global Families: Parenting, Immigration, and Class in Taiwan and the US. Stanford, CA: Stanford University Press, 2018.

Lohmann, S. In Hamburg zur Welt kommen–Gesundheit rund um die Geburt. Nachhaltige Stadt Gesundheit Hamburg, 157, 2018.

Mackler, J. S., Kelleher, R. T., Shanahan, L., Calkins, S. D., Keane, S. P., O'Brien, M. Parenting Stress, Parental Reactions, and Externalizing Behavior from Ages 4 to 10. Journal of Marriage and Family, 77, 2, 2015.

Makarova, N., Janke, T. M., Schmittinger, J., Agricola, C. J., Ebinghaus, M., Blome, C., Zyriax, B. C. Women's Expectations, Preferences and Needs in Midwifery Care–Results from the Qualitative Midwifery Care (MiCa) Study: Childbirth and Early Parenthood. Midwifery, 132, 103990, 2024.

Margolis, R., Myrskylä, M. Parental Well-Being Surrounding First Birth as a Determinant of Further Parity Progression. Demography, 52, 4, 2015.

Mercer RT: First-Time Motherhood: Experiences from Teens to Forties. New York: Springer, 1986.

Nelson, M. K. Parenting out of Control: Anxious Parents in Uncertain Times. New York, NY: New York University Press, 2010.

Nomaguchi, K., Brown, S., Leyman, T. M. (2017). Fathers' Participation in Parenting and Maternal Parenting Stress: Variation by Relationship Status. Journal of Family Issues, 38, 8, 2017.

Priel B, Besser A: Perceptions of Early Relationships During the Transition to Motherhood: The Mediating Role of Social Support. Infant Mental Health Journal, 23, 4, 2002.

Price, S., McKenry, P., Murphy, M., Eds: Families across Time: A Life Course. Los Angeles, California: Roxbury Publishing Company, 2000.

Simon, R. W., Caputo, J. The Costs and Benefits of Parenthood for Mental and Physical Health in The United States: The Importance of Parenting Stage. Society and Mental Health, 9, 3, 2019.

Spiteri, G., Borg Xuereb, R., Carrick-Sen, D., Kaner, E., Martin, C. R. Preparation for Parenthood: A Concept Analysis. Journal of Reproductive and Infant Psychology, 32, 2, 2014.

Wall, G. 'Love Builds Brains': Representations of Attachment and Children's Brain Development in Parenting Education Material. Sociology of Health and Illness, 40, 3, 2018.

World Health Organization. WHO Recommendations on Intrapartum Care for a Positive Childbirth Experience. World Health Organization, 2018.

World Health Organization. Global Strategic Directions for Nursing and Midwifery 2021-2025. World Health Organization, 2021.

# GHRELİN VE DOPAMİN: İŞTAHIN DÜZENLENMESİNDEKİ ROLLERİ

**Dyt, RUMEYSA ATA**
Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye, diyetisyenrumeysaata@gmail.com, 0009-0002-9806-3917

**Dr. Öğr. Üyesi, RAHİME EVRA KARAKAYA**
Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye, rekarakaya@aybu.edu.tr, 0000-0003-1368-3501

## ÖZET

İştahın homeostatik kontrolü, hipotalamus aracılığıyla sağlanır. Hipotalamus, vücudun enerji durumu ve besin alımıyla ilgili bilgileri işleyerek açlık ve tokluk sinyallerini birleştirir. Bu sinyallerin çoğu, periferal organlardan salgılanan hormonlar aracılığıyla iletilir. Oreksijenik (iştah artırıcı) bir peptit olan ghrelin, bu sistemde önemli bir rol oynar. Ghrelin, midenin fundus bölgesinden salgılanarak kana karışır ve hedef organlar üzerinde etkili olur. Bu hormon, hipotalamustaki arkuat nükleusta yer alan iştahı artırıcı nöropeptitlerin salınımını uyarır. Aynı zamanda, büyüme hormonu salgılatıcı reseptörlere (GHS-R) bağlanarak hipotalamus ve diğer beyin bölgelerinde gıda alımını teşvik eder. Ghrelinin iştah üzerindeki etkisi, yalnızca enerji dengesinin sağlanmasıyla sınırlı değildir. Aynı zamanda beyindeki ödül sistemlerini de etkileyerek yüksek kalorili ve lezzetli besinlere yönelik motivasyonu artırır. Besin alımı, birçok farklı sistemin ve faktörün etkileşimiyle düzenlenir. Özellikle besinlerin tadı, kokusu ve görünümü, bireylerin besin seçimlerini etkileyen önemli duyusal özelliklerdir. Lezzetli besinler, beynin ödül mekanizmalarını aktive ederek iştahı artırır. Bu süreçte, dopamin başta olmak üzere opioid ve kanabinoid sistemler de rol oynar. Dopamin, beynin ödül merkezlerinde, özellikle ventral tegmental alan (VTA) ve nucleus accumbens gibi bölgelerde etkili olarak besinlerin çekiciliğini artırır ve buna bağlı olarak besin tüketimini teşvik eder. Dopamin ve ghrelin arasındaki etkileşim, bireylerin besin seçimlerini önemli ölçüde şekillendirir. Bu etkileşim, stres, açlık ve çevresel uyarıcılardan daha fazla etkilenir. Böylece, ghrelin ve dopaminin iştahı nasıl düzenlediğini anlamak, beslenme davranışlarını anlamada önemli bir yer tutmaktadır. Bu iki sistemin birlikte çalışarak hem fizyolojik hem de psikolojik olarak iştahı nasıl yönettiğini keşfetmek, sağlıklı beslenme stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olabilir. Ayrıca, bu etkileşimlerin daha derinlemesine anlaşılması, aşırı yemek yeme ve obezite gibi sorunların tedavisi açısından da faydalı olabilir.

**Anahtar Kelimeler:** ghrelin, dopamin, ödül, iştah, yeme davranışı

# GHRELIN AND DOPAMINE: THE ROLES OF APPETITE REGULATION

## ABSTRACT

The homeostatic control of appetite is regulated through the hypothalamus. The hypothalamus processes information related to the body's energy status and food intake, combining hunger and satiety signals. Most of these signals are transmitted via hormones secreted by peripheral organs. Ghrelin, an orexigenic (appetite-stimulating) peptide, plays an important role in this system. Ghrelin is secreted from the fundus of the stomach, enters the bloodstream, and acts on target organs. This hormone stimulates the release of appetite-enhancing neuropeptides in the arcuate nucleus of the hypothalamus. It also binds to growth hormone secretagogue receptors (GHS-R), promoting food intake in the hypothalamus and other brain regions. The effect of ghrelin on appetite is not limited to energy balance. It also influences brain reward systems, increasing motivation for high-calorie and palatable foods. Food intake is regulated through the interaction of various systems and factors. Sensory characteristics of food, especially taste, smell, and appearance, are important factors influencing food choices. Palatable foods activate the brain’s reward mechanisms, increasing appetite. In this process, dopamine, as well as opioid and cannabinoid systems, also play a role. Dopamine acts in the brain's reward centers, particularly the ventral tegmental area (VTA) and nucleus accumbens, enhancing the appeal of food and, consequently, promoting food consumption. The interaction between ghrelin and dopamine significantly shapes individuals’ food choices. This interaction is more influenced by external factors such as stress, hunger, and environmental stimuli. Therefore, understanding how ghrelin and dopamine regulate appetite is crucial for understanding eating behaviors. Exploring how these two systems work together to manage both the physiological and psychological aspects of appetite may help in developing healthy eating strategies. Additionally, a deeper understanding of these interactions could be beneficial in treating issues such as overeating and obesity.

**Keywords:** ghrelin, dopamine, reward, appetite, eating behavior

## 1. GİRİŞ

İştahın düzenlenmesi, merkezi sinir sistemi ve vücutta bulunan çeşitli organlardan gelen sinyallerin etkileşimiyle sağlanan karmaşık bir süreçtir. Hipotalamus bu süreçte temel bir rol oynasa da, iştahın kontrolü için diğer beyin bölgeleri ve çevresel faktörlerle olan etkileşim önemlidir (Harrold vd., 2012). Beyin sapında bulunan nucleus tractus solitarius (NTS), mide ve bağırsaklardan gelen doluluk sinyallerini alır ve bu sinyaller, tokluk hissinin güçlenmesini sağlar. Bu süreç, gastrointestinal sistemin merkezi sinir sistemi ile etkileşime girerek, vücudun doygunluk hakkında bilgi almasına yardımcı olur (Ong vd., 2015).

Periferik hormonlar da iştahın düzenlenmesinde önemli bir işlev görür. Ghrelin, mide tarafından salgılanan ve açlık hissini artıran bir hormondur. Diğer yandan, leptin, yağ dokusundan salgılanarak hipotalamusa tokluk sinyalleri gönderir ve enerji dengesinin sağlanmasına yardımcı olur. Bağırsaklardan salgılanan Peptid-YY (PYY) ve Glukagon like Petid - 1 (GLP-1) gibi hormonlar ise yiyecek alımını sınırlayarak tokluk hissini artırır. Bu hormonlar, vücuda alınan gıda miktarını dengeleyerek, enerji seviyelerinin korunmasına katkıda bulunur (Camilleri, 2015; Suzuki vd., 2010).

Beyin ve vücut arasındaki bu etkileşimin yanı sıra, nörotransmitterlerin de iştah üzerindeki etkisi büyüktür. Serotonin, tokluk hissini artırarak yeme davranışlarını kontrol eder. Gama aminobütirik asit (GABA) ve glutamat gibi nörotransmitterler ise sinirsel aktiviteyi düzenler (Voigt ve Fink, 2015). Dopamin ise, ödül mekanizmaları ile ilişkili olup, özellikle tatmin edici yiyeceklerin tüketimi sırasında artar ve bu da bireyleri yiyecek tüketimine yönlendirir (Hardman vd., 2012).

Ghrelin ve dopamin arasındaki etkileşim, iştahın kontrolü açısından önemlidir. Ghrelin, açlık hissini tetikleyerek dopamin sistemini harekete geçirebilir ve bu da yiyecek arayışını artırır. Dopamin ise ödül mekanizmalarını devreye sokarak yiyeceklerin çekiciliğini artırır. Beyindeki bu karmaşık etkileşimler, iştahın düzenlenmesinde önemli bir rol oynar ve enerji dengesinin korunmasına yardımcı olur (Skibicka vd., 2019; Cone vd., 2014).

## 2. GHRELİN

Ghrelin, oreksijenik özelliklere sahip, iştah artırıcı bir sindirim hormonudur. Bu hormon, esas olarak mide tarafından üretilir ve salgılanır, ancak beyinde ve periferik dokularda da bulunabilir. Ghrelin, 28 amino asitten oluşan bir peptittir ve büyüme hormonu salgılatıcı reseptör 1 (GHSR1α) üzerine bağlanarak etkisini gösterir (Shintani vd., 2001). İnsan plazmasında, ghrelin iki farklı formda bulunur: aktif olmayan açillenmemiş ghrelin (DAG) ve aktif formu olan açillenmiş ghrelin (AG). Ghrelinin açillenmesi, Ghrelin O-Asil Transferaz (GOAT) enzimi aracılığıyla gerçekleşir. Bu açillenme süreci, ghrelinin biyolojik aktivitelerinin düzenlenmesinde önemli bir rol oynar (Hosoda vd., 2000).

AG ve DAG, besin eksikliği, açlık veya enerji açığı gibi durumlarda kan dolaşımına salınır ve bu da iştahı ve yiyecek arama davranışını uyarır. Ancak, yalnızca AG, GHSR1α reseptörünü aktive edebilir. Bu reseptör, beyin ve vücutta çeşitli diğer reseptörlerle etkileşime girerek, ghrelinin iştah üzerindeki etkilerinin çeşitliliğini artırır (Yanagi vd., 2018; Liu vd., 2008).

Ayrıca, GHSR1α reseptörü, dopamin ve serotonin reseptörleri gibi çeşitli nörotransmitter reseptörleriyle etkileşimde bulunabilir. Bu etkileşimler, ghrelinin sadece iştahı artırmakla kalmayıp, aynı zamanda vücutta enerji dengesini ve metabolizmayı düzenleyen daha geniş etkiler oluşturmasını sağlar. Ghrelinin bu etkileri, özellikle uzun vadeli enerji homeostazı ve vücut ağırlığı kontrolü üzerinde önemli sonuçlara yol açabilir (Tian vd., 2019; Zhang vd., 2021).

## 2.1.GHRELİN, İŞTAH, ENERJİ DENGESİ VE OBEZİTE

Ghrelin, leptin ile zıt etkiler gösteren ve iştahı artıran bir hormondur. Açlık hormonu olarak da bilinen ghrelin, yemek zamanlarından önce seviyesini artırırken, yemek sonrasında hızla düşerek iştah düzenlemesinde kritik bir rol oynar (Cummings vd. 2001; Tschöp vd., 2001). Bu hormon, enerji harcamasını azaltmanın yanı sıra yağ asitlerinin yağ dokusunda depolanmasına katkıda bulunur ve böylece enerji dengesinin korunmasına yardımcı olur (Tsubone vd., 2005; Varela vd., 2011).

Ghrelin, yeme davranışlarının düzenlenmesinde önemli bir role sahiptir (Di Bonaventura vd., 2021). Örneğin, sıçanlara ghrelin uygulandığında, özellikle yağ açısından zengin gıdaları tercih ettikleri gözlemlenmiştir (Shimbara vd., 2004). Bununla birlikte ghrelinin yemek yeme isteğini veya dürtüsünü artırabileceği belirtilmektedir. Sağlıklı bireylere ghrelin uygulandığında, bu hormonun en sevdikleri yemeklerin zihinsel temsillerini canlandırdığı, özellikle yemek resimlerinin gösterilmesinden sonra bu etkinin daha da belirginleştiği rapor edilmiştir (Schüssler vd., 2012;, Kroemer vd., 2013). Bu bulgular, ghrelinin hem fizyolojik hem de psikolojik düzeyde yeme davranışlarını etkileyebileceğini desteklemektedir.

Ghrelin aynı zamanda beyindeki belirli bölgeleri etkileyerek yemek miktarını ve süresini artırabilir ve merkezi sinir sistemini etkileyebilir. Örneğin, serebral ventriküllere ghrelin uygulandığında, bireylerin daha fazla ve daha uzun süre yemek yediği gözlemlenmiştir. Bu bulgular, ghrelinin yalnızca çevresel mekanizmalarla değil, aynı zamanda beynin iştah kontrol devreleri üzerinde de etkili olduğunu ortaya koymaktadır (Overduin vd., 2012). Ghrelinin bu özellikleri, obezite ve enerji dengesizliği ile ilişkili sağlık sorunlarının altında yatan mekanizmaların anlaşılmasında önemli bir rol oynar.

Ghrelin, oreksijenik bir hormon olmasının yanı sıra, vücut yağını ve vücut ağırlığını azaltıcı etkiler göstermektedir. Yapılan bir araştırmada BKİ, viseral ve segmental yağ alanı, FA, ile DAG arasında negatif, AG/DAG oranı ile ise pozitif bir korelasyon bulunmuştur ($p<0.01$) (Zang vd., 2022). Yetişkinlerde yürütülen başka bir çalışmada, ghrelin düzeylerinin BKİ ve ($r=-0.39$, $p=0.001$) bel çevresi ($r=-0.37$, $p=0.001$) ile negatif ilişkili olduğu gözlenmiştir (Monti vd., 2006). Bu bulgular, obez bireylerde ghrelin salgılanmasındaki azalmanın, uzun vadeli pozitif enerji dengesi durumuna bir adaptasyon mekanizması olabileceğini öne sürmektedir.

Bununla birlikte, vücut ağırlığı kaybının ghrelin seviyeleri ile ilişkili olduğu öne sürülmüştür. Hill vd. (2013), 12 aylık bir diyet sürecini tamamlayan 71 obez kadında ghrelin seviyelerinde önemli bir artış tespit etmişlerdir. Bu artış, açlık hissinin ve dolayısıyla gıda

alımının yükselmesine neden olabilir. Bu durum, diyet sonrası yeniden kilo alımını açıklayabilecek potansiyel mekanizmalardan biri sayılabilir.

## 3. DOPAMİN

Dopamin, insanlarda vücut hareketlerinin koordinasyonu, motivasyon ve ödül mekanizmalarının yanı sıra öğrenme, bellek ve ruh hali düzenlemesi gibi birçok kritik fizyolojik süreçte rol oynayan bir nörotransmiterdir (Franco vd., 2021). Orta beyin dopamin sistemi, özellikle yeme davranışlarının ödül ve pekiştirme süreçleriyle düzenlenmesinde kritik bir rol oynar. Bu sistemin önemli bir parçası olan VTA, dopamin salgılayan bir nöron popülasyonu içerir. Bu nöronlar, ventral striatum, amigdala, prefrontal korteks ve hipokampus gibi ödül mekanizmasıyla ilişkili beyin bölgelerine projekte olur ve bu yolak mezolimbik dopaminerjik sistem olarak adlandırılır (Settel vd., 2017; Coenen vd., 2018).

Bu sistem, doğal ödüllere (örneğin, yiyecekler) karşı davranışları yönlendirmek için evrimleşmiştir. Mezolimbik dopamin sistemi, yalnızca enerji ihtiyacını karşılamak için yiyecek arama davranışlarını teşvik etmekle kalmaz, aynı zamanda sosyal bağlar ve hayatta kalma için önemli olan diğer davranışları da destekler (Alcaro vd., 2007).

### 3.1. DOPAMİN, BESLENME VE ÖDÜL MEKANİZMASI

Dopamin, özellikle yüksek enerji yoğunluğuna sahip şekerli veya yağlı yiyeceklerin tüketimi sırasında zevk ve memnuniyet hissi yaratarak bireylerin bu yiyeceklere yönelmesini sağlar. Açlık durumunda, dopamin sisteminin hassasiyeti artar ve bu da yiyeceklerin ödül değerini yükseltir. Bu süreç hayatta kalma açısından önemli olsa da, modern toplumda yüksek kalorili yiyeceklere aşırı düşkünlük ve obezite gibi sorunlara yol açabilir (Blum vd., 2014; Cassidyve Tong, 2017).

Gıdalar aynı zamanda insan nörotransmiter sistemlerini etkileyen doğal maddeler içerir. Dopamin içeren veya öncül maddeler bakımından zengin yiyecekler arasında muz, avokado, portakal, domates, ıspanak ve fasulye gibi besinler yer alır (Briguglio vd., 2018). Ancak, gıdalardan alınan dopamin doğrudan kan-beyin bariyerini geçemez. Bunun yerine, L-tirozin ve L-DOPA gibi öncül maddelerin tüketimi, beyin dopamin seviyelerini etkileyebilir (Fernstorm, 1994; Fahn, 2008).

Dopamin sistemi, doğal ödüllere duyarlılığı düzenleyen temel bir sinir devresi olarak evrimleşmiştir. Bu sistem, enerjiyi depolamak ve yaşamı sürdürebilmek için yiyecek arama davranışlarını destekler. Özellikle yüksek kalorili yiyeceklerin dopamin salınımını artırıcı etkisi, bu mekanizmanın işleyişinde önemli bir rol oynar. Günümüzde bu mekanizma, doğal işlevinin aksine yeme bağımlılığı ve obezite gibi sorunlara katkıda bulunabilmektedir (Hartmann vd., 2020; Fritz vd., 2018).

## 4. GHRELİN VE DOPAMİN ETKİLEŞİMİ

Ghrelin hormonun dopaminerjik sistem üzerindeki etkileri, özellikle mezolimbik ödül sisteminde belirgindir. Ghrelin, dopamin hücrelerini doğrudan uyararak yiyecek arama ve tüketim davranışlarını teşvik eder (Stievenard vd., 2017). Açlık sırasında ghrelin seviyelerinin artması, dopamin salınımını da artırarak yalnızca yiyecek alımını değil, aynı zamanda diğer ödül arayışlarını güçlendirebilir (Al Massadi vd., 2019).

Ghrelin, VTA'daki dopamin hücrelerini doğrudan etkileyerek bu sistemi aktive eder. Ghrelin reseptörlerinin hipotalamusun yanı sıra VTA'da da yoğun bulunması, hormonun dopamin sistemini modüle etmesine olanak tanır. Bu etki, özellikle yüksek yağ içeren gıdalara karşı seçici bir iştah artışını tetikler (Wei vd., 2015). Ghrelinin periferik enjeksiyonunun, VTA'nın hedef aldığı amigdala ve nükleus akumbens gibi bölgelerde aktiviteyi artırarak yiyeceklerin ödül değerini yükseltebileceği belirtilmiştir (Keen-Rhinehart ve Bartness, 2005).

Araştırmalar, VTA'daki ghrelin reseptörlerinin bloke edilmesinin, açlıkla tetiklenen beslenme davranışlarını baskıladığını ve ghrelin kaynaklı iştah artışını engellediğini göstermektedir. Bu durum, ghrelinin VTA üzerindeki etkilerinin yiyeceklerin teşvik edici değerini artırarak gıda alımını düzenlediğini ortaya koymaktadır. Ghrelinin bu etkisi, açlık durumunda ödül sisteminin daha hassas hale gelmesiyle birleşerek beslenme davranışlarını şekillendirebilir (Edvardsson vd., 2021; Howell vd., 2019).

Sonuç olarak, dopaminin mezolimbik sistemdeki işlevleri ve ghrelin ile etkileşimi, yeme davranışları ve bağımlılık mekanizmalarını anlamada önemli bir temel sunar. Gıdalardan alınan dopamin ve ghrelin arasındaki etkileşimlerin daha iyi anlaşılması, obezite, yeme bozuklukları ve bağımlılıkla mücadeleye yönelik yeni stratejiler geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, dopaminin mezolimbik sistemdeki işlevleri ve ghrelin ile etkileşimi, yeme davranışları ve bağımlılık mekanizmalarını anlamada önemli bir temel sunar. Gıdalardan alınan dopamin ve ghrelin arasındaki etkileşimlerin daha iyi anlaşılması, obezite, yeme bozuklukları ve bağımlılıkla mücadeleye yönelik yeni stratejiler geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

## 6. KAYNAKÇA

1. Al Massadi, O., Nogueiras, R., Dieguez, C., Girault, J. A. Ghrelin and Food Reward, Neuropharmacology, 148, 2019.
2. Alcaro, A., Huber, R., Panksepp, J. Behavioral Functions of the Mesolimbic Dopaminergic System: An Affective Neuroethological Perspective, Brain Research Reviews, 56,2, 2007.
3. Blum, K., Thanos, P. K., Gold, M. S. Dopamine and Glucose, Obesity, and Reward Deficiency Syndrome, Frontiers in Psychology, 5, 2014.
4. Briguglio, M., Dell'Osso, B., Panzica, G., Malgaroli, A., Banfi, G., Zanaboni Dina, C., Porta, M. Dietary Neurotransmitters: A Narrative Review on Current Knowledge, Nutrients, 10,5, 2018.
5. Camilleri, M. Peripheral Mechanisms in Appetite Regulation, Gastroenterology, 148,6, 2015.
6. Cassidy, R. M., Tong, Q. Hunger and Satiety Gauge Reward Sensitivity, Frontiers in Endocrinology, 8, 2017.
7. Coenen, V. A., Schumacher, L. V., Kaller, C., Schlaepfer, T. E., Reinacher, P. C., Egger, K., Reisert, M. The Anatomy of The Human Medial Forebrain Bundle: Ventral Tegmental Area Connections to Reward-Associated Subcortical and Frontal Lobe Regions. Neuroımage: Clinical, 18, 2018.
8. Cone, J. J., McCutcheon, J. E., Roitman, M. F. Ghrelin Acts as an İnterface Between Physiological State and Phasic Dopamine Signaling, Journal of Neuroscience, 34,14, 2014.
9. Cummings, D. E., Purnell, J. Q., Frayo, R. S., Schmidova, K., Wisse, B. E., Weigle, D. S. A Preprandial Rise in Plasma Ghrelin Levels Suggests a Role in Meal İnitiation in Humans, Diabetes, 50,8, 2001.
10. Di Bonaventura, E. M., Botticelli, L., Del Bello, F., Giorgioni, G., Piergentili, A., Quaglia, W., Di Bonaventura, M. V. M. Assessing the Role of Ghrelin and the Enzyme Ghrelin O-Acyltransferase (GOAT) System in Food Reward, Food Motivation, and Binge Eating Behavior, Pharmacological Research, 172, 2021.
11. Edvardsson, C. E., Vestlund, J., Jerlhag, E. A Ghrelin Receptor Antagonist Reduces the Ability of Ghrelin, Alcohol or Amphetamine to İnduce a Dopamine Release in the Ventral Tegmental Area and in Nucleus Accumbens Shell in Rats, European Journal of Pharmacology, 899, 2021.
12. Fahn, S. The History of Dopamine and Levodopa in the Treatment of Parkinson's Disease, Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society, 23,3, 2008.
13. Fernstrom, J. D. Dietary Amino Acids and Brain Function, Journal of the American Dietetic Association, 94,1, 71-77. 1994.
14. Franco, R., Reyes-Resina, I., Navarro, G. Dopamine in Health and Disease: Much More Than a Neurotransmitter, Biomedicines, 9,2, 2021.

15. Fritz, B. M., Muñoz, B., Yin, F., Bauchle, C., Atwood, B. K. A High-Fat, High-Sugar 'Western'diet Alters Dorsal Striatal Glutamate, Opioid and Dopamine Transmission in Mice, Neuroscience, 372, 2018.
16. Hardman, C. A., Herbert, V. M., Brunstrom, J. M., Munafò, M. R., Rogers, P. J. (2012). Dopamine and Food Reward: Effects of Acute Tyrosine/Phenylalanine Depletion on Appetite, Physiology & Behavior, 105,5, 2012.
17. Harrold, J. A., Dovey, T. M., Blundell, J. E., Halford, J. C. Cns Regulation of Appetite, Neuropharmacology, 63,1, 2012.
18. Hartmann, H., Pauli, L. K., Janssen, L. K., Huhn, S., Ceglarek, U., Horstmann, A. Preliminary Evidence for an Association Between İntake of High-Fat High-Sugar Diet, Variations in Peripheral Dopamine Precursor Availability and Dopamine-Dependent Cognition in Humans, Journal of Neuroendocrinology, 32,12, 2020.
19. Hill, B. R., Rolls, B. J., Roe, L. S., De Souza, M. J., Williams, N. I. Ghrelin and Peptide YY İncrease with Weight Loss During a 12-Month İntervention to Reduce Dietary Energy Density in Obese Women, Peptides, 49, 2012.
20. Hosoda, H., Kojima, M., Matsuo, H., Kangawa, K. Ghrelin and Des-Acyl Ghrelin: Two Major Forms of Rat Ghrelin Peptide in Gastrointestinal Tissue, Biochemical and Biophysical Research Communications, 279,3, 2000.
21. Howell, E., Baumgartner, H. M., Zallar, L. J., Selva, J. A., Engel, L., Currie, P. J. Glucagon-Like Peptide-1 (GLP-1) And 5-Hydroxytryptamine 2c (5-HT2c) Receptor Agonists in the Ventral Tegmental Area (VTA) İnhibit Ghrelin-Stimulated Appetitive Reward, International Journal of Molecular Sciences, 20,4, 2019.
22. Keen-Rhinehart, E., Bartness, T. J. Peripheral Ghrelin İnjections Stimulate Food İntake, Foraging, and Food Hoarding in Siberian Hamsters. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 288,3, 2005.
23. Kroemer, N. B., Krebs, L., Kobiella, A., Grimm, O., Pilhatsch, M., Bidlingmaier, M., Smolka, M. N. Fasting Levels of Ghrelin Covary with the Brain Response to Food Pictures, Addiction Biology, 18,5, 2023.
24. Liu, J., Prudom, C. E., Nass, R., Pezzoli, S. S., Oliveri, M. C., Johnson, M. L., Thorner, M. O. Novel Ghrelin Assays Provide Evidence For İndependent Regulation of Ghrelin Acylation and Secretion in Healthy Young Men, The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 93,5, 2008.
25. Monti, V., Carlson, J. J., Hunt, S. C., Adams, T. D. Relationship of Ghrelin and Leptin Hormones with Body Mass İndex and Waist Circumference in a Random Sample of Adults, Journal of the American Dietetic Association, 106,6, 2006.
26. Ong, Z. Y., Alhadeff, A. L., Grill, H. J. Medial Nucleus Tractus Solitarius Oxytocin Receptor Signaling and Food İntake Control: the Role of Gastrointestinal Satiation Signal Processing, American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 308,9, 2015.
27. Overduin, J., Figlewicz, D. P., Bennett-Jay, J., Kittleson, S., Cummings, D. E. Ghrelin İncreases the Motivation to Eat, but Does not Alter Food Palatability, Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 303,3, 2012.

28. Schüssler, P., Kluge, M., Yassouridis, A., Dresler, M., Uhr, M., Steiger, A. Ghrelin Levels İncrease After Pictures Showing Food, Obes Silver Spring Md, 20,6, 2012.
29. Settell, M. L., Testini, P., Cho, S., Lee, J. H., Blaha, C. D., Jo, H. J., Min, H. K. Functional Circuitry Effect of Ventral Tegmental Area Deep Brain Stimulation: İmaging and Neurochemical Evidence of Mesocortical and Mesolimbic Pathway Modulation, Frontiers in Neuroscience, 11, 2017.
30. Shimbara, T., Mondal, M. S., Kawagoe, T., Toshinai, K., Koda, S., Yamaguchi, H., Nakazato, M. Central Administration of Ghrelin Preferentially Enhances Fat İngestion, Neurosci Lett, 369,1, 2004.
31. Shintani, M., Ogawa, Y., Ebihara, K., Aizawa-Abe, M., Miyanaga, F., Takaya, K., Nakao, K. Ghrelin, an Endogenous Growth Hormone Secretagogue, İs a Novel Orexigenic Peptide that Antagonizes Leptin Action Through the Activation of Hypothalamic Neuropeptide Y/Y1 Receptor Pathway, Diabetes, 50,2, 2001.
32. Skibicka, K. P., Hansson, C., Egecioglu, E., Dickson, S. L. Role of Ghrelin in Food Reward: İmpact of Ghrelin on Sucrose Self-Administration and Mesolimbic Dopamine and Acetylcholine Receptor Gene Expression, Addiction Biology, 17,1, 2012.
33. Stievenard, A., Méquinion, M., Andrews, Z. B., Destée, A., Chartier-Harlin, M. C., Viltart, O., Vanbesien-Mailliot, C. C. Is There a Role for Ghrelin in Central Dopaminergic Systems? Focus on Nigrostriatal and Mesocorticolimbic Pathways, Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 73, 2017.
34. Suzuki, K., Simpson, K. A., Minnion, J. S., Shillito, J. C., Bloom, S. R. The Role of Gut Hormones and the Hypothalamus in Appetite Regulation, Endocrine Journal, 57,5, 2010.
35. Tian, J., Guo, L., Sui, S., Driskill, C., Phensy, A., Wang, Q. I., Du, H. Disrupted Hippocampal Growth Hormone Secretagogue Receptor 1α İnteraction with Dopamine Receptor D1 Plays a Role in Alzheimer′ S Disease, Science Translational Medicine, 11,505, 2019.
36. Tschöp, M., Wawarta, R., Riepl, R. L., Friedrich, S., Bidlingmaier, M., Landgraf, R., Folwaczny, C. Post-Prandial Decrease of Circulating Human Ghrelin Levels, J Endocrinol Invest, 24,6, 2001.
37. Tsubone, T., Masaki, T., Katsuragi, I., Tanaka, K., Kakuma, T., Yoshimatsu, H. Ghrelin Regulates Adiposity in white Adipose Tissue and UCP1 Mrna Expression in Brown Adipose Tissue in Mice, Regul Pept, 130,1–2, 2005.
38. Varela, L., Vázquez, M. J., Cordido, F., Nogueiras, R., Vidal-Puig, A., Diéguez, C., López, M. Ghrelin And Lipid Metabolism: Key Partners in Energy Balance, Journal of Molecular Endocrinology, 46,2, 2011.
39. Voigt, J. P., Fink, H. Serotonin Controlling Feeding and Satiety, Behavioural Brain Research, 277, 2015.
40. Wei, X. J., Sun, B., Chen, K., Lv, B., Luo, X., Yan, J. Q. Ghrelin Signaling in the Ventral Tegmental Area Mediates both Reward-Based Feeding and Fasting-İnduced Hyperphagia on High-Fat Diet, Neuroscience, 300, 2015.
41. Yanagi, S., Sato, T., Kangawa, K., Nakazato, M. The Homeostatic Force of Ghrelin, Cell Metabolism, 27,4, 2018.

42. Zang, P., Yang, C. H., Liu, J., Lei, H. Y., Wang, W., Guo, Q. Y., Shao, J. Q. Relationship Between Acyl and Desacyl Ghrelin Levels with İnsulin Resistance and Body Fat Mass in Type 2 Diabetes Mellitus. Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy, 2022.
43. Zhang, Y., Zhu, M. Z., Qin, X. H., Zeng, Y. N., Zhu, X. H. The Ghrelin/Growth Hormone Secretagogue Receptor System is İnvolved in the Rapid and Sustained Antidepressant-Like Effect of Paeoniflorin. Frontiers in Neuroscience, 15, 2021.

# İRRİTABL BAĞIRSAK SENDROMUNDA SEMPTOM YÖNETİMİ VE YAŞAM KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİNDE BESLENME YAKLAŞIMLARI

**Doç. Dr. Yahya ÖZDOĞAN**
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
yozdogan@aybu.edu.tr - 0000-0002-4697-8042
**Arş. Gör. Zehra Nur BEŞLER**
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
znbesler@aybu.edu.tr - 0000-0001-5289-696X

## ÖZET

Bu çalışma, irritabl bağırsak sendromu (İBS) semptomlarını yönetmek ve yaşam kalitesini iyileştirmek için kullanılan beslenme yaklaşımlarını incelemeyi amaçlamaktadır. İBS, yapısal, fizyolojik veya biyokimyasal anormallikler bulunmayan, semptomlara dayalı bir fonksiyonel bozukluk olarak sınıflandırılan kronik bir hastalıktır. İBS'li bireylerde yaygın semptomlar arasında karın ağrısı, şişkinlik ve bağırsak alışkanlıklarında değişiklik (diyare veya konstipasyon) yer almaktadır. Bu semptomlar, yaşam kalitesinde ciddi bir düşüşe yol açmakta ve kalp yetmezliği, karaciğer sirozu, böbrek yetmezliği ve diyabet gibi diğer önemli kronik hastalıklarla benzer düzeyde bir etki gösterebilmektedir. İBS'nin semptomların yönetilmesinde beslenmenin önemli bir rolü bulunmaktadır. Beslenme yaklaşımları, İBS semptomlarını hem artırabilir hem de doğru seçimlerle semptomları azaltabilmektedir. İBS'li hastalar genellikle, süt ve süt ürünleri, buğday, kafein, belirli et türleri, lahana, soğan, bezelye/fasulye, baharatlı yiyecekler ve kızarmış gıdaların semptomları artırdığını bildirmektedirler. Son yıllarda yapılan araştırmalar, düşük FODMAP (Fermente Edilebilir Oligo-, Di-, Mono-sakkaritler ve Polioller) diyeti ve glutensiz diyetin İBS'li bireylerde semptomları iyileştirdiğini göstermektedir. Ayrıca, yeterli posa tüketimi, yağlı yiyeceklerden kaçınma, probiyotik ve prebiyotik kullanımı, yeterli sıvı alımı gibi beslenme stratejilerinin de sindirim sağlığını destekleyerek semptomların azaltılmasına yardımcı olmaktadır. İBS tedavisinde beslenme, semptomların yönetilmesinde ve yaşam kalitesinin artırılmasında kritik bir rol oynamaktadır. İBS'li bireylerin, semptomları azaltmaya yönelik beslenme alışkanlıklarını kişisel ihtiyaçlarına göre düzenlemeleri, tedavi sürecinin etkinliğini artırmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** İrritabl Bağırsak Sendromu, Beslenme Yaklaşımları, Semptom Yönetimi, Yaşam Kalitesi

# NUTRITIONAL APPROACHES IN SYMPTOM MANAGEMENT AND QUALITY OF LIFE IMPROVEMENT IN IRRITABLE BOWEL SYNDROME

## ABSTRACT

This study aims to examine the nutritional approaches used to manage symptoms of irritable bowel syndrome (IBS) and improve quality of life. IBS is a chronic condition classified as a functional disorder based on symptoms, without structural, physiological, or biochemical abnormalities. Common symptoms in individuals with IBS include abdominal pain, bloating, and changes in bowel habits (diarrhea or constipation). These symptoms lead to a significant decline in quality of life, with effects comparable to other major chronic conditions such as heart failure, liver cirrhosis, kidney failure, and diabetes. Nutrition plays a critical role in managing IBS symptoms, as dietary choices can either exacerbate or alleviate these symptoms. Individuals with IBS often report that dairy products, wheat, caffeine, certain types of meat, cabbage, onions, peas/beans, spicy foods, and fried foods worsen their symptoms. Recent studies have shown that low FODMAP (Fermentable Oligo-, Di-, Monosaccharides, and Polyols) and gluten-free diets can improve symptoms in IBS patients. Additionally, dietary strategies such as adequate fiber intake, avoiding fatty foods, using probiotics and prebiotics, and ensuring sufficient fluid consumption help support digestive health and reduce symptoms. In the treatment of IBS, nutrition plays a pivotal role in symptom management and improving quality of life. Tailoring dietary habits to individual needs to reduce symptoms enhances the effectiveness of the treatment process for individuals with IBS.

**Keywords**: Irritable Bowel Syndrome, Nutritional Approaches, Symptom Management, Quality of Life

## 1. GİRİŞ

İrritabl bağırsak sendromu (İBS), dünya çapında yaygın olarak görülen bir sindirim sistemi bozukluğu olup, karın ağrısı, şişkinlik ve bağırsak alışkanlıklarında değişiklikler gibi semptomlarla kendini göstermektedir. İBS, hastaların yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyen kronik bir durumdur (1).

Son yıllarda, İBS yönetiminde diyetin rolü giderek daha fazla araştırılmakta ve diyet yaklaşımlarının semptomlar üzerindeki etkileri üzerine yapılan çalışmalar artmaktadır. İrritabl Barsak Sendromunun patofizyolojisi karmaşık olup, genetik, çevresel ve psikolojik faktörlerin etkileşimi sonucu gelişmektedir (2). Bu bozukluk, bağırsak motilitesinin, ağrı eşiğinin ve bağırsak florasının değişikliklerine neden olabilmektedir (3).

İBS'nin tedavisinde farmakolojik yaklaşımlar önemli bir yer tutsa da diyet müdahaleleri son yıllarda giderek daha fazla önem kazanmıştır. Özellikle, İBS semptomlarını yönetmede diyetin etkinliği üzerine yapılan çalışmalar, bu hastalığın yönetiminde diyetin kilit bir rol oynadığını göstermektedir. Düşük FODMAP (Fermentable Oligosaccharides, Disaccharides, Monosaccharides and Polyols) diyeti, bu hastaların semptomlarını hafifletmede önemli bir strateji olarak ortaya çıkmaktadır. FODMAP, sindirimi zor olan kısa zincirli karbonhidratları tanımlayan bir terimdir ve bu maddeler bağırsaklarda gaz üretimini artırarak İBS semptomlarını kötüleştirebilmektedir (4). Yapılan bir çalışmada, düşük FODMAP diyetinin İBS hastalarında semptomları belirgin şekilde azalttığını göstermektedir (5). Glutensiz diyetin İBS semptomları üzerindeki etkisi üzerine yapılan araştırmalar ise bazı hastalarda glutenin İBS belirtilerini artırabileceğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, diyetin sağlıkla ilgili yaşam kalitesini artırmaya yardımcı olabileceği gösterilmiştir (6). Düşük FODMAP diyetinin, İBS hastalarında sindirim sistemi semptomlarını azaltmanın yanı sıra, genel sağlık durumunu ve yaşam kalitesini iyileştirme potansiyeline sahip olduğu sonucuna varılmıştır (7).

Bu çalışma, İBS semptomlarını yönetmek ve yaşam kalitesini iyileştirmek için kullanılan beslenme yaklaşımlarını incelemeyi amaçlamaktadır.

## 2. İRRİTABL BAĞIRSAK SENDROMU (İBS) VE DİYET YÖNETİMİ

### 2.1. Semptomlar, Yaşam Kalitesi ve Tedavi Yaklaşımları

İrritabl bağırsak sendromu, gastrointestinal sistemde yapısal, fizyolojik ya da biyokimyasal anormallikler olmaksızın, semptomlara dayalı olarak tanımlanan fonksiyonel bir bozukluktur. İBS, karın ağrısı, şişkinlik ve değişken bağırsak alışkanlıkları (diyare veya konstipasyon) gibi semptomlarla kendini göstermektedir. Semptom şiddeti bireyler arasında farklılık gösterse de hastalar arasında yaşam kalitesinde belirgin bir azalmaya yol açabilmektedir. İBS'nin etkisi, kalp yetmezliği, siroz, böbrek yetmezliği ve diyabet gibi diğer önemli kronik hastalıklarla benzer düzeyde olup, hastaların sosyal ve iş yaşamını da olumsuz etkileyebilmektedir (8, 9).

Amerika Birleşik Devletleri'nde İBS tedavisinin yıllık doğrudan maliyetinin, tıbbi muayene ve tanı testleri de dahil olmak üzere 1.7 ila 10 milyar dolar arasında değiştiği bildirilmektedir. Ayrıca, İBS hastaları ortalama 13.4 gün boyunca iş ve okula gidemedikleri ve bu durum, iş kaybı, terfi tekliflerini reddetme veya çalışma saatlerinin azalması gibi olumsuz sonuçlar doğurabileceği belirtilmektedir (10).

İrritabl bağırsak sendromu hastalarının büyük bir kısmı, semptomlarını yönetmede diyetin önemli bir faktör olduğunu kabul etmektedir. Araştırmalar, İBS hastalarının %63'ünün hangi gıdalardan kaçınılması gerektiğini öğrenmek istediklerini

ortaya koymaktadır (11, 12). Aynı şekilde, İBS hastalarının %60'ından fazlası, yemek yedikten sonra semptomlarının kötüleştiğini bildirmiştir. Bu semptomlar, %28'inde yalnızca 15 dakika içinde, %93'ünde ise 3 saat içinde ortaya çıkmaktadır (13).

İrritabl bağırsak sendromu hastalarının çoğu, belirli gıda maddeleriyle sorun yaşadığını rapor etmişlerdir. Bu gıdalar arasında süt ve süt ürünleri, buğday ürünleri, kafein, et türleri, lahana, soğan, bezelye/fasulye, baharatlar ve kızartılmış yiyecekler gibi maddeler yer almaktadır (13, 14). Ancak, İBS hastaları üzerinde yapılan araştırmalar, hastalarla kontrol grubu arasında diyet kompozisyonu açısından belirgin bir fark göstermemiştir. Bu durum, İBS'nin tedavisinde diyetin bireysel ihtiyaçlara göre özelleştirilmesi gerektiğini düşündürmektedir. İBS'nin semptomları ve yaşam kalitesi üzerindeki etkileri, bu hastalığın yönetimini karmaşık hale getirmektedir (15, 16).

2.2. Düşük FODMAP, Glutensiz ve Dengeli Diyetin İrritabl Bağırsak Sendromu Belirtileri ve Sağlıkla İlgili Yaşam Kalitesi Üzerine Etkisi

Gluten içeren bazı gıdaların semptomları kötüleştirdiğine inanan İBS hastalarının oranı %84'e kadar çıkmaktadır. Ancak, gluten kısıtlamasının İBS üzerindeki etkisi hala belirsizliğini korumaktadır. Bazı çalışmalar, gluten içermeyen bir diyetin İBS-D (diyare dominant) hastalarında semptomatik faydalar sağladığını öne sürerken (17), diğer çalışmalarda bu faydalar gözlemlenmemiştir (18-20).

Son yıllarda, düşük FODMAP diyetinin İBS tedavisindeki etkinliği üzerine yapılan birçok çalışma, bu diyetin İBS semptomlarını hafifletme konusunda etkili olduğunu ortaya koymuştur. FODMAP'lar, ince bağırsakta düşük oranda emilen, ancak bağırsak florası tarafından yüksek oranda fermente edilen kısa zincirli karbonhidratlardır. Bu karbonhidratlar, İBS hastalarında şişkinlik, gaz, karın ağrısı gibi semptomları tetikleyebilmektedir. Düşük FODMAP diyeti, bu maddelerin alımını sınırlayarak semptomları iyileştirmeyi amaçlamakta ve özellikle İBS'deki semptomatik düzelmelerle ilişkilendirilmektedir (21).

Bununla birlikte, daha geniş bir perspektiften bakıldığında, İBS hastalarının yaşam kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla yapılan çalışmalar, farklı diyet yaklaşımlarını karşılaştırmıştır. Düşük FODMAP diyeti, gluten içermeyen diyet ve dengeli bir Akdeniz diyeti arasında yapılan karşılaştırmalar, her bir diyetin İBS semptomları üzerindeki etkilerini ve hastalar tarafından kabul edilme oranlarını incelemiştir. Çalışmalar, düşük FODMAP diyetinin, gluten içermeyen diyet ve Akdeniz diyetine kıyasla daha belirgin bir şekilde karın ağrısı ve şişkinliği azalttığını, aynı zamanda dışkı katılığını artırarak genel yaşam kalitesini iyileştirdiğini göstermektedir (4,7,22).

Düşük FODMAP diyetinin İBS tedavisindeki etkinliği, özellikle bu diyetin hastalar tarafından kabul edilmesi ve uyum sağlanabilirliği açısından da önemlidir. Düşük FODMAP diyetinin, İBS hastalarında şişkinlik, karın ağrısı ve dışkı düzeni üzerinde olumlu etkiler sağladığı bildirilmiş olup, hastalar tarafından genellikle iyi tolere edilmektedir (1). Öte yandan, gluten içermeyen diyet ve Akdeniz diyeti gibi diğer diyet yaklaşımlarının etkinliği, düşük FODMAP diyetiyle karşılaştırıldığında daha sınırlı kalmaktadır (11, 23).

Sonuç olarak, düşük FODMAP diyeti, İBS semptomlarını yönetmede önemli bir diyet yaklaşımı olarak öne çıkmaktadır. Gluten içermeyen diyetin etkinliği daha fazla araştırma gerektirirken, düşük FODMAP diyeti İBS hastalarının semptomlarını azaltma ve yaşam kalitesini iyileştirme konusunda daha fazla kanıt sunmaktadır. Bu bulgular, İBS tedavisinde diyetin kilit rolünü pekiştirmekte ve bireyselleştirilmiş diyet stratejilerinin önemini vurgulamaktadır (15, 16).

2.2.1. Düşük FODMAP Diyeti

Düşük FODMAP diyeti, İBS semptomlarının yönetilmesinde önemli bir yaklaşım olarak öne çıkarken, karın ağrısını azaltmada diğer diyet rejimlerine kıyasla daha etkili olmamış olsa da Bristol Dışkı Skalası'nda 4. sınıfa ulaşarak bağırsak fonksiyonlarını düzenleyen tek diyet rejimi olarak dikkat çekmektedir. İBS-D hastalarında gözlenen dışkı kıvamındaki artış, özellikle FODMAP'lerin kolonik bakteri florası tarafından fermantasyonuyla ilişkili olarak, bağırsak lümenindeki ozmotik olarak aktif maddelerin konsantrasyonunun azalmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum, İBS-D'li hastalarda sıkça gözlemlenen ozmotik olarak aktif gıdalardan yoksunluğa işaret etmektedir. Düşük FODMAP diyeti, tüm İBS türlerinde VAS (Visual Analog Scale) ağrısı ve şişkinlikte belirgin bir iyileşme sağlamış, bu iyileşme kolonik bakteri florasındaki gaz üretiminin azalmasıyla ilişkilendirilmiştir. Özellikle hidrojen ve metan gibi gazların üretiminin azalması, İBS semptomlarının hafifletilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (17, 21, 24, 25).

FODMAP'ların mikrobiyal fermantasyonu ve gaz üretimini artırarak kolon hacmini büyütmesi, ağrı ve şişkinliği artıran temel bir mekanizmadır. Sağlıklı bireylerde FODMAP'lere karşı İBS hastalarıyla benzer fizyolojik tepkiler gözlemlenmekle birlikte, İBS hastalarında iç organların aşırı duyarlılığı, semptomları daha belirgin hale getirebilmektedir (18). Düşük FODMAP diyeti, prebiyotik fruktanların ve galaktooligosakkaritlerin alımını önemli ölçüde kısıtlayarak, kolonik fermantasyon için mevcut substratın azalmasına neden olmaktadır (20, 26). Bu durum, İBS semptomlarında iyileşmeye yol açsa da FODMAP'ler bütirat gibi kısa zincirli yağ asitlerinin sentezi için önemli bir substrat olduğundan, aşırı diyet kısıtlamaları gastrointestinal mikrobiyotanın bileşimini ve işlevini değiştirebilir. Bu değişiklikler, özellikle sağlıklı bireylerde dahi beslenme eksikliklerine yol açabilecek potansiyele sahiptir (17).

Sonuç olarak, düşük FODMAP diyeti İBS hastalarında semptomatik iyileşmeler sağlasa da diyetin uzun vadeli etkileri ve mikrobiyom üzerindeki olası değişiklikler dikkate alınmalıdır. Aşırı diyet kısıtlamalarından kaçınılmalı ve bireyselleştirilmiş tedavi stratejileri geliştirilmelidir.

2.2.2. Glutensiz Diyet

Glutensiz diyetin, İBS semptomlarını yönetmedeki rolü, son yıllarda yapılan araştırmalarla incelenmiştir. Glutensiz diyet uygulaması sonrasında özellikle VAS şişkinliği, VAS ağrısı ve İBS Şiddet Skoru gibi semptomlarda bir iyileşme gözlemlenmiş olsa da bu iyileşme, düşük FODMAP diyetiyle karşılaştırıldığında özellikle şişkinlik konusunda daha sınırlı kalmıştır (27, 28). Glutensiz diyetin İBS üzerindeki etkisi hâlâ

belirsiz olup, bazı çalışmalar İBS'li bireylerde glutenin semptomları tetiklediğini öne sürerken, diğerleri glutenin etkisiz olduğunu bildirmiştir (29, 30).

Bir çalışmada, glutensiz diyetin plasebo ile karşılaştırıldığında, non-çölyak gluten hassasiyeti ve İBS'li hastalarda semptomlar üzerinde hiçbir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir (19). Semptomlardaki iyileşme, yalnızca glutenin dışlanmasıyla değil, aynı zamanda fermente edilebilir şekerler içeren paketli gıdaların sınırlı tüketimiyle de ilişkilidir. Bu durum, glutensiz diyeti uygulayan bireylerin beslenme alışkanlıklarının daha geniş bir perspektiften ele alınmasını gerektirmektedir. Gluten ve amilaz-doyurulmuş inhibe edici proteinler (ATI'ler), lektinler, buğday tohumu aglütini ve fruktanlar gibi buğdayın diğer bileşenlerine birleşik maruz kalma, olası sinerjistik etkiler yoluyla semptomları kötüleştirebilmektedir (31, 32).

Bununla birlikte, glutensiz diyetin bazı olumsuz etkileri de söz konusu olabilir. Glutensiz diyet, bazı durumlarda finansal bir yük oluşturmakta ve bu diyetin uygulanması, özellikle beslenme yetersizlikleri riskini artırabilmektedir. Bu diyeti uygulayan bireyler genellikle daha düşük tam tahıl alımı ve daha yüksek koroner kalp hastalığı insidansına sahip olabilmektedirler (33). Ayrıca, glutensiz diyetin potansiyel olarak yüksek beslenme yetersizliği riski taşıdığı, özellikle posa, B vitamini ve demir gibi temel besin öğelerinin yetersiz alımına yol açabileceği unutulmamalıdır (34).

Sonuç olarak, glutensiz diyetin İBS üzerindeki etkilerinin daha fazla araştırılması gerekmekle birlikte, İBS tedavisinde diyet değişikliklerinin bireyselleştirilmiş olması gerektiği açıktır. Glutensiz diyetin, özellikle şişkinlik ve karın ağrısı üzerinde potansiyel bir iyileşme sağlasa da bu diyeti uzun süre uygulamanın olası beslenme eksikliklerine yol açabileceği ve sağlık üzerinde olumsuz etkiler oluşturabileceği dikkate alınmalıdır.

2.2.3. Dengeli Beslenme

Dengeli beslenme, irritabl bağırsak sendromu (İBS) hastalarında yaşam kalitesinin iyileştirilmesi ve VAS ağrısının azaltılması konusunda önemli bir etkiye sahiptir. Çeşitli çalışmalar, dengeli beslenmenin İBS-D vakalarında, özellikle karın şişkinliği ve ishal gibi semptomların kontrol altına alınmasında etkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, dengeli beslenmenin yalnızca bağırsak fonksiyonlarını düzenlemekle kalmayıp, aynı zamanda yaşam kalitesini iyileştirmede de önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Ancak bu üstünlük, İBS-D hastalarında başka önemli sağlık sorunlarının da varlığını işaret edebilir, bu da tedavi yaklaşımlarının daha kapsamlı olmasını gerektirebilir (35, 36).

Dengeli beslenme, genellikle posa alımının artırılması, öğün alışkanlıklarının düzenlenmesi ve FODMAP'lerin günlük öğünlerde dengeli bir şekilde dağıtılması üzerine odaklanmaktadır. Çalışmalarda, günde beş öğün tüketen hastalarda, FODMAP'lerin öğünler arasında eşit şekilde dağıtılmasının iyileşme sağladığı gözlemlenmiştir. Ancak, bazı hastaların belirli zaman dilimlerinde yoğun FODMAP alımına eğilim göstermeleri, Akdeniz diyetinin yanlış anlaşılmasından kaynaklanabilmektedir. Yeterli ve dengeli beslenme, öğün çeşitliliği ve uyumu yoluyla aşırı FODMAP alımını engellemeyi amaçlar. Ayrıca, bu diyetin, sağlıklı bir vücut ağırlığının korunmasını veya elde edilmesini

desteklediği ve Akdeniz diyetinin temel beslenme kriterlerini karşıladığı görülmektedir. Bu diyet, kısa zincirli yağ asitlerinin üretiminde önemli bir rol oynamakta ve İBS hastaları tarafından genellikle daha yüksek oranda kabul görmektedir (37-39).

Kısa zincirli yağ asitleri, kolon hücrelerinin enerji kaynağı olarak işlev görmelerinin yanı sıra, anti-kanserojen ve anti-inflamatuar özelliklere sahip olmaları nedeniyle kolon sağlığı için son derece önemlidir. Özellikle butirat, kolon hücrelerinin sağlıklı büyümesini desteklerken, kanser hücrelerinin büyümesini inhibe etmekte ve tümör hücrelerinin farklılaşmasını teşvik etmektedir. In vitro çalışmalarda, butiratın tümör hücre dizilerinin büyümesini inhibe ettiği ve apoptoz sürecini tetiklediği gösterilmiştir (40, 41). Ayrıca, butiratın Sp1 transkripsiyon faktörü aktivitesini inhibe ederek ve vasküler endotelyal büyüme faktörü (VEGF) gen ekspresyonunu düzenleyerek anjiyogenezi engellediği de belirlenmiştir (42, 43). Bu bulgular, kısa zincirli yağ asitlerinin kolon sağlığı ve kanser öncesi durumlar üzerindeki potansiyel olumlu etkilerini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, dengeli beslenme, özellikle düşük FODMAP diyetiyle birleştiğinde, İBS semptomlarının yönetilmesinde etkili bir strateji sunmaktadır. Bu diyet yaklaşımı, yalnızca İBS'nin semptomlarını iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda kolon sağlığını da desteklemektedir. Ancak, bu diyetin uzun süreli uygulanmasının olası beslenme yetersizliklerine yol açmaması için dikkatli bir şekilde planlanması gerekmektedir.

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

İrritabl bağırsak sendromu tedavisinde beslenme yaklaşımları önemli bir yer tutmaktadır. Düşük FODMAP diyeti, İBS semptomlarını yönetmede yaygın olarak önerilse de mali yük oluşturabilir ve yaşam kalitesini iyileştirme açısından diğer diyetlerle karşılaştırıldığında belirgin farklar göstermemektedir. İBS'li birçok hasta, semptomlarının belirli gıdalardan kaynaklandığını düşünmekte ancak bu ilişkiyi kanıtlamak zordur ve bazı durumlarda gıda sınırlamaları, zayıf yanıtlar ve yetersiz beslenmeye yol açabilmektedir. Bununla birlikte, çoğu İBS hastası, kısıtlamalar olmadan dengeli bir diyeti tolere edebilmektedir. Beslenme alışkanlıklarının düzenlenmesi, FODMAP'lerin ve diğer potansiyel tetikleyicilerin dikkate alınması semptomların yönetilmesinde önemlidir. Diyet değişikliklerinin uygulanmasının ardından, semptomların izlenmesi ve diyetin etkilerinin uzun vadeli gözlemlenmesi gerektiği vurgulanmalıdır. Ancak, glutensiz diyetin İBS üzerindeki etkisi konusunda halen kesin bir kanıt bulunmamaktadır. Sonuç olarak, İBS tedavisinde bireyselleştirilmiş beslenme yaklaşımlarının, hastaların yaşam kalitesini artırmak ve semptomları yönetmek için önemli bir araç olduğu söylenebilir.

## KAYNAKÇA

1. Biesiekierski, J. R., Muir, J. G., & Irving, P. M. Gluten as a cause of gastrointestinal symptoms in patients with irritable bowel syndrome. Journal of Gastroenterology and Hepatology, 26(1), 41-46, 2011.

2. Camilleri, M., Northcutt, A. R., & Lee, J. S. Irritable bowel syndrome: diagnosis and management. Mayo Clinic Proceedings, 87(10), 972-981, 2012.

3. Gerson, C. D. Irritable bowel syndrome: diagnosis and treatment. American Family Physician, 76(1), 99-104, 2007.

4. Halmos, E. P., Power, V. A., Sheperd, S. J., Gibson, P. R., & Muir, J. G. A diet low in FODMAPs reduces symptoms of irritable bowel syndrome. Gastroenterology, 146(1), 67-75, 2014.

5. Mayer, E. A. Irritable bowel syndrome: From pathogenesis to treatment. Gastroenterology, 140(5), 1145-1155, 2011.

6. Meyer, D., Kesson, C. M., & Sweeney, R. A low FODMAP diet in the treatment of irritable bowel syndrome. American Journal of Gastroenterology, 101(12), 3010-3015, 2006.

7. Staudacher, H. M., Lomer, M. C. E., & Irving, P. M. The low FODMAP diet for irritable bowel syndrome: Mechanisms and efficacy. Journal of Gastroenterology, 52(5), 1-8, 2017.

8. Ostgaard, H., Hausken, T., Gundersen, D., El-Salhy, M. Diet and effects of diet management on quality of life and symptoms in patients with irritable bowel syndrome. Molecular Medicine Reports, received July 28, 2011; accepted October 19, 2011.

9. Müller-Lissner, S. A., & Zopf, Y. Irritable bowel syndrome: Pathophysiology, diagnosis, and treatment. Deutsches Ärzteblatt International, 116(40), 663-670, 2019.

10. Spiegel, B. M., & Targownik, L. E. Economic burden of irritable bowel syndrome: a review of the literature. American Journal of Gastroenterology, 106(3), 556-563, 2011.

11. Schmulson, M., & Drossman, D. A. What is new in the diagnosis and management of irritable bowel syndrome? Current Opinion in Gastroenterology, 33(2), 91-96, 2017.

12. Hesser, J., & Törnblom, H. IBS and diet: A complex relationship. World Journal of Gastroenterology, 20(32), 11210-11221, 2014.

13. Simren, M., Mansson, A., Langkilde, A. M., Svedlund, J., Abrahamsson, H., Bengtsson, U., & Björnsson, E. S. Food-related gastrointestinal symptoms in the irritable bowel syndrome. Digestion, 63, 108-115, 2001.

14. Lacy, B. E., & Patel, N. Irritable bowel syndrome: Pathophysiology and management. Clinical and Experimental Gastroenterology, 10, 143-148, 2017.

15. Bijkerk, C. J., et al. Diet in IBS: A systematic review. World Journal of Gastroenterology, 20(23), 6920-6929, 2014.

16. McKenzie, Y., & Staudacher, H. M. Dietary intervention in irritable bowel syndrome: The importance of individualization. Gastroenterology Clinics of North America, 46(4), 675-689, 2017.

17. Staudacher, H. M., & Whelan, K. The low FODMAP diet: Recent advances in understanding its mechanisms and efficacy in IBS. Gut, 66, 1517-1527, 2017.

18. Fauci, L. (Ed.) Harrison Principi di Medicina Interna, 18th ed.; McGraw Hill: Milan, Italy, 2011; pp. 2472-2473.

19. Biesiekierski, J. R., Peters, S. L., Newnham, E. D., Rosella, O., Muir, J. G., & Gibson, P. R. No effects of gluten in patients with self-reported non-celiac gluten sensitivity after dietary reduction of fermentable, poorly absorbed, short-chain carbohydrates. Gastroenterology, 145, 320-328, 2013.

20. Böhn, L., Störsrud, S., Liljebo, T., Collin, L., Lindfors, P., Törnblom, H., & Simrén, M. Diet low in FODMAPs reduces symptoms of irritable bowel syndrome as well as traditional dietary advice: A randomized controlled trial. Gastroenterology, 149, 1399-1407, 2015.

21. Magge, S., & Lembo, A. Low-FODMAP diet for treatment of irritable bowel syndrome. Gastroenterology & Hepatology, 8, 739-745, 2012.

22. Muir, J. G., & Gibson, P. R. The low FODMAP diet for the treatment of irritable bowel syndrome and other functional gastrointestinal disorders. Gastroenterology Clinics of North America, 42(4), 747-764, 2013.

23. Lomer, M. C. E., et al. The Mediterranean diet and its effects on irritable bowel syndrome: A review. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 115(12), 2057-2065, 2015.

24. Hill, P., Muir, J. G., & Gibson, P. R. Controversies and recent developments of the low-FODMAP diet. Gastroenterology & Hepatology, 13, 36-45, 2017.

25. Gibson, P. R., & Shepherd, S. J. Evidence-based dietary management of functional gastrointestinal symptoms: The FODMAP approach. Journal of Gastroenterology and Hepatology, 25, 252-258, 2010.

26. Staudacher, H. M., Lomer, M. C., Anderson, J. L., Barrett, J. S., Muir, J. G., Irving, P. M., & Whelan, K. Fermentable carbohydrate restriction reduces luminal bifidobacteria and gastrointestinal symptoms in patients with irritable bowel syndrome. Journal of Nutrition, 142, 1510-1518, 2012.

27. Lähdeaho, M. L., Kaukinen, K., & Mäki, M. Gluten-free diet in irritable bowel syndrome: Is it effective? Scandinavian Journal of Gastroenterology, 49(4), 390-396, 2014.

28. Loh, S. Y., & Savas, M. A comparison of gluten-free diet and low FODMAP diet in irritable bowel syndrome: A systematic review. Nutrients, 12(10), 2983, 2020.

29. Tuck, C. J., et al. Gluten and IBS: Does gluten restriction help? Clinical Nutrition, 37(5), 1574-1577, 2018.

30. Cangemi, G., et al. The role of gluten in irritable bowel syndrome: A review. Journal of Clinical Gastroenterology, 51(5), 423-430, 2017.

31. Fasano, A., et al. Non-celiac gluten sensitivity: The new frontier of gluten-related disorders. Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition, 60(1), 1-6, 2015.

32. Silano, M., & Mazzone, L. Amylase trypsin inhibitors (ATI) in wheat and their potential role in functional gastrointestinal disorders. Journal of Nutritional Biochemistry, 24(11), 1851-1856, 2013.
33. Sainsbury, E., & Baines, S. K. Health risks of gluten-free diets: Nutritional consequences and implications for public health. Public Health Nutrition, 19(11), 2082-2092, 2016.
34. Reilly, N. R., et al. Nutrition considerations for patients with celiac disease and gluten intolerance. Nutrition in Clinical Practice, 32(3), 368-376, 2017.
35. Ford, A. C., et al. Efficacy of prebiotics in the treatment of irritable bowel syndrome: A systematic review. The American Journal of Gastroenterology, 109(1), 25-36, 2014.
36. Pimentel, M., Chang, C., & Chowdhury, N. Role of diet in the treatment of irritable bowel syndrome. Journal of Clinical Gastroenterology, 44(5), 370-375, 2010.
37. Singh, R., & Ghosh, S. The role of the Mediterranean diet in the management of functional gastrointestinal disorders. Journal of Clinical Gastroenterology, 54(2), 118-124, 2020.
38. Moseley, G. L., & O'Neill, T. The Mediterranean diet and gut health: A review of the role of nutrition in the management of IBS. Nutrients, 11(5), 1185, 2019.
39. Klement, R. J., & Pazienza, V. Impact of different types of diet on gut microbiota profiles and cancer prevention and treatment. Medicina, 55, 84, 2019.
40. Andoh, A., Tsujikawa, T., & Fujiyama, Y. Role of dietary fibre and short-chain fatty acids in the colon. Current Pharmaceutical Design, 9, 347-358, 2003.
41. Yao, X., et al. Butyrate induces apoptosis and inhibits proliferation in human colorectal cancer cells. Oncology Reports, 36(2), 1081-1086, 2016.
42. Kumar, P., Thippeswamy, G., Sheela, M. L., Prabhakar, B. T., & Salimath, B. P. Butyrate-induced phosphatase regulates VEGF and angiogenesis via Sp1. Archives of Biochemistry and Biophysics, 478, 85-95, 2008.
43. Lee, J. K., et al. Butyrate inhibits angiogenesis in human colon cancer cells by downregulating VEGF expression. Molecular Cancer Therapeutics, 14(7), 1791-1799, 2015.

# İNSÜLİN DİRENCİ VE BESLENME YAKLAŞIMLARI: GÜNCEL ARAŞTIRMALAR VE KLİNİK UYGULAMALAR

**Doç. Dr. Yahya ÖZDOĞAN**
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
yozdogan@aybu.edu.tr - 0000-0002-4697-8042
**Arş. Gör. Zehra Nur BEŞLER**
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
znbesler@aybu.edu.tr - 0000-0001-5289-696X

## ÖZET

Bu çalışma, insülin direnci ile ilişkili metabolik etkileri ve güncel beslenme yaklaşımlarını inceleyerek, klinik uygulamalardaki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. İnsülin direnci, vücutta başta kan glukozunun düzenlenmesi olmak üzere önemli görevleri bulunan insülin hormonunun, yağ, kas ve karaciğer hücrelerinde yeterli cevabı oluşturamaması veya bu cevabın yetersiz olmasından kaynaklanan bir metabolik bozukluktur. İnsülin direnci, obezite, metabolik sendrom, polikistik over sendromu, kardiyovasküler hastalıklar, non-alkolik karaciğer yağlanması, uyku apnesi gibi hastalıklar için risk faktörü olarak kabul edilmektedir. İnsülin direnci tedavisinde uygulanan tıbbi beslenme tedavisi, hastaların kan şekeri ve insülin seviyelerini dengelemeyi, ağırlık yönetimini sağlamayı ve insülin hassasiyetini artırmayı hedeflemektedir. Yapılan çalışmalar, kompleks karbonhidratlar, düşük glisemik indekse sahip besinler, bitkisel proteinler, düzenli öğünler, yeterli posa alımı ve omega-3 yağ asitlerinin insülin direnci üzerinde iyileştirici etkiler sunduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, magnezyum, krom, çinko, selenyum, D ve E vitaminlerinin insülin hassasiyetini artırıcı etkisi de literatürde bildirilmiştir. İnsülin direncinin yönetilmesinde, meyve, sebze, tam tahıllar, kurubaklagiller, sağlıklı yağlar ve yağlı tohumları içeren diyetler önerilmektedir. Aynı zamanda, rafine tahıllar ve basit şekerlerin tüketimi sınırlandırılmalıdır. Günümüzde Akdeniz Diyeti, DASH Diyeti ve vejetaryen diyetler gibi diyetlerin insülin direncinin tedavisinde etkili olduğu önerilen diyetler arasındadır. Bu beslenme yaklaşımlarının, insülin direncini iyileştirmede önemli rol oynadığı vurgulanmaktadır. İnsülin direnci, tedavi edilmediği takdirde önemli metabolik sorunlara yol açabilmektedir. Beslenme tedavileri, insülin hassasiyetini artırarak bu durumu yönetmekte büyük bir rol oynamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** İnsülin Direnci, Tıbbi Beslenme Tedavisi, Metabolik Etkiler, Beslenme Yaklaşımları

# INSULIN RESISTANCE AND NUTRITIONAL APPROACHES: CURRENT RESEARCH AND CLINICAL PRACTICES

## ABSTRACT

This study aims to examine the metabolic effects associated with insulin resistance and current nutritional approaches, evaluating their impacts on clinical applications. Insulin resistance is a metabolic disorder characterized by the inability or insufficiency of insulin, a hormone with crucial roles in regulating blood glucose, to elicit an adequate response in fat, muscle, and liver cells. It is recognized as a risk factor for various conditions, including obesity, metabolic syndrome, polycystic ovary syndrome, cardiovascular diseases, non-alcoholic fatty liver disease, and sleep apnea. Medical nutrition therapy for insulin resistance aims to balance blood glucose and insulin levels, achieve weight management, and improve insulin sensitivity. Research indicates that complex carbohydrates, foods with a low glycemic index, plant-based proteins, regular meals, adequate fiber intake, and omega-3 fatty acids have beneficial effects on insulin resistance. Furthermore, nutrients such as magnesium, chromium, zinc, selenium, and vitamins D and E have been reported in the literature to enhance insulin sensitivity. Diets rich in fruits, vegetables, whole grains, legumes, healthy fats, and seeds are recommended for managing insulin resistance, while the consumption of refined grains and simple sugars should be limited. Currently, dietary patterns such as the Mediterranean Diet, DASH Diet, and vegetarian diets are suggested as effective options for treating insulin resistance. These nutritional approaches are highlighted for their significant role in improving insulin resistance. If left untreated, insulin resistance can lead to serious metabolic issues. Nutritional therapies play a vital role in managing this condition by enhancing insulin sensitivity.

**Keywords**: Insulin Resistance, Medical Nutrition Therapy, Metabolic Effects, Nutritional Approaches

## 1. GİRİŞ

İnsülin, pankreasın β-hücrelerinden salgılanan ve başta plazma glukozu düzenlenmesi olmak üzere çeşitli metabolik görevleri bulunan polipeptid yapılı bir hormondur. Vücutta plazma glukozunu yükselten birçok hormon ve mekanizma bulunmasına karşın, glukozu düşürme görevini yalnızca insülin üstlenmektedir. İnsülinin yetersiz salgılanması ya da salgıya rağmen hedef dokularda kullanılamaması durumunda insülin direnci gelişmektedir (1).

İnsülin direnci, başta obezite, tip 2 diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve metabolik sendrom olmak üzere pek çok kronik hastalığın temelinde yer alır. Modern yaşam tarzı, yetersiz fiziksel aktivite, enerji alımının artışı ve obezite prevalansındaki yükseliş, insülin direncinin yaygınlığını artırmaktadır (2). Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre obezitenin küresel bir sağlık problemi haline gelmesi, insülin direnci ile ilişkili hastalıkların insidansını da önemli ölçüde artırmaktadır (3).

İnsülin direncini yönetmenin temel yolu, yaşam tarzı değişiklikleridir. Bu değişiklikler arasında, ağırlık kaybını hedefleyen dengeli bir beslenme planı ve düzenli fiziksel aktivite önemli yer tutmaktadır. Beslenmede, basit karbonhidrat tüketiminin sınırlandırılması, kompleks karbonhidratların ve posa içeriği yüksek gıdaların tercih edilmesi önerilmektedir. Protein içeriği yüksek beslenme modellerinin, insülin duyarlılığı üzerinde olumlu etkileri olduğu gösterilmiştir (4). Ayrıca düzenli fiziksel aktivitenin, insülin direncini azalttığı ve glukoz metabolizmasını iyileştirdiği bildirilmektedir (5).

Bu çalışma, insülin direncinin patofizyolojisi ve beslenme yaklaşımlarının etkinliği ele alarak, güncel araştırmalar ve klinik uygulamalar ışığında kapsamlı bir değerlendirme sunmayı amaçlamaktadır.

## 2. İNSÜLİN DİRENCİ VE BESLENME

### 2.1. İnsülin Direnci: Tanım, Mekanizma ve Risk Faktörleri

Besin tüketimi sonucunda kan dolaşımındaki glukoz seviyeleri artmaktadır. Bu artışa yanıt olarak pankreasın β-hücrelerinden insülin hormonu salgılanmakta ve insülin, glikozun hücre içerisine taşınmasını sağlayarak kan glukoz seviyelerini düşürmektedir. Ancak insülinin yağ, kas ve karaciğer hücrelerinde oluşturması gereken biyolojik cevabın azalması ya da yetersiz olması durumunda bir metabolik bozukluk olan insülin direnci ortaya çıkmaktadır (6).

İnsülin direnci geliştiğinde, normalde plazma glukozunu düşürmekle görevli olan insülin hormonu işlevini yeterince yerine getirememekte ve bu durumda β-hücreleri, kan glukoz seviyelerini düşürebilmek adına daha fazla insülin salgılamaya çalışmakta ve hiperinsülinemi adı verilen durum ortaya çıkmaktadır. Dolaşımda normal veya artmış seviyelerde insülin bulunmasına rağmen, hedef dokular insüline karşı yeterli biyolojik yanıt verememekte ve insülin duyarlılığında azalma görülmektedir (7, 8).

İnsülin direnci, kalıtsal ve edinsel olmak üzere iki ana mekanizma üzerinden gelişebilmektedir. Kalıtsal mekanizmalara örnek olarak; insülin reseptörlerinde, glukoz taşıyıcı proteinlerde (GLUT-4) ve sinyal iletiminde görevli proteinlerde görülen genetik bozulmalar insülin direncine yol açabilmektedir. Fiziksel inaktivite ve sağlıksız beslenme, insülin direncinin en önemli edinsel nedenleridir. Diğer edinsel nedenler arasında; obeziteyle ilişkili olarak serbest yağ asitleri seviyelerinde artış görülmekte ve bu durum insülin sinyal yolaklarını olumsuz etkilemektedir. Yaşlanma, kullanılan bazı ilaçlar ve hiperglisemi gibi faktörler de edinsel mekanizmalar arasında yer almaktadır (9).

İnsülin direncinin gelişiminde post-reseptör bozukluklar daha önemli bir rol oynamaktadır. Bu bozukluklar, insülin reseptörlerine sinyal iletiminde aksaklıklar ile insülinin hücrelerdeki etkisini azaltmaya neden olmaktadır (10). İnsülin direncine yol açan mekanizmalar Çizelge 1'de gösterilmektedir (11).

Çizelge 1. İnsülin Direncine Neden Olan Mekanizmalar

| | |
|---|---|
| Pre-reseptör Nedenler | • Normal olmayan insülin moleküllerinin oluşumu.<br>• İnsülin karşıtı antikorların varlığı. |

| | |
|---|---|
| Reseptörle İlgili Nedenler | • İnsülin reseptör sayısında azalma.<br>• Reseptörlerin insüline bağlanmasında yetersizlik ve bozulmalar.<br>• Reseptör düzeyinde insülin antagonisti antikorların varlığı. |
| Post-reseptör Nedenler | • Sinyal iletiminde defektler ve anormal fosforilasyon süreçleri.<br>• İnsülin sinyal yolunda görevli proteinlerde bozukluklar. |
| GLUT-4 Proteinindeki Düşüş | • GLUT-4 proteininin azalması, glukozun hücre içine taşınmasını doğrudan olumsuz etkiler. |

İnsülin direncinin gelişiminde obezite ve özellikle abdominal yağ dokusu artışı önemli bir rol oynamaktadır. Visseral yağ dokusundan salınan serbest yağ asitleri ve inflamatuar sitokinler, insülin sinyal iletimini bozarak insülin duyarlılığını azaltmaktadır. Fiziksel inaktivite de insülin direncini tetikleyen önemli bir faktör olduğu gösterilmektedir. Düzenli fiziksel aktivite, glukozun hücre içine taşınmasını kolaylaştırırken hareketsizlik bu mekanizmayı olumsuz etkilemektedir. Genetik yatkınlık da riski artıran faktörlerden biridir; aile öyküsünde tip 2 diyabet veya insülin direnci olan bireylerde bu durum daha sık gözlenmektedir (12).

Sağlıksız beslenme alışkanlıkları, özellikle basit karbonhidratlar ve doymuş yağdan zengin diyetler, pankreasın insülin üretimini artırarak β-hücrelerinde baskı oluşturmakta ve zamanla insülin direncine yol açmaktadır. Yaşlanma süreciyle birlikte kas kütlesinin azalması, visseral yağ birikimi ve metabolik hızın düşmesi insülin duyarlılığında azalmaya neden olmaktadır. Polikistik over sendromu, tiroid fonksiyon bozuklukları ve Cushing sendromu gibi hormonal dengesizlikler, metabolizmayı olumsuz etkileyerek insülin direncinin oluşumuna zemin hazırlamaktadır (13, 14).

Serbest yağ asitlerinin artışı da önemli bir mekanizmadır. Aşırı yağ dokusundan salınan serbest yağ asitleri ve trigliseritler, kas ve karaciğer hücrelerinde insülin sinyal iletimini engelleyerek glukoz kullanımını düşürmektedir. Kronik inflamasyon ise obeziteyle ilişkili olarak artan sitokinlerin insülin sinyal iletimini baskılaması sonucu insülin direncine yol açmaktadır. Ayrıca, kortikosteroidler ve bazı antipsikotikler gibi ilaçlar da insülin duyarlılığını azaltarak riski artırabilmektedir (15).

### 2.2. İnsülin Direnci ile İlişkili Metabolik Hastalıklar

Küresel olarak sağlıklı bireylerin üçte birinde görüldüğü tahmin edilen insülin direnci, kronik inflamasyon ve metabolik disfonksiyonla ilişkili önemli bir bozukluktur (16). İnsülin direnci, tip 2 diyabet ve obezite başta olmak üzere, hipertansiyon, lipid metabolizması bozuklukları ve tedavisinin ihmal edilmesi durumunda bazı kanser türlerinin gelişiminde rol oynayabilen bir durumdur (17). Ayrıca, insülin direnci; metabolik sendrom, polikistik over sendromu, kardiyovasküler hastalıklar, non-alkolik karaciğer yağlanması ve uyku apnesi gibi birçok hastalık için önemli bir risk faktörü olarak kabul edilmektedir (18).

### 2.2.1.Obezite

Obezite, fizyolojik açıdan vücutta sağlığı olumsuz etkileyebilecek seviyede aşırı yağ birikimi olarak tanımlanmaktadır. Beden Kütle İndeksi (BKİ) ise bireyin vücut ağırlığının (kg), boyunun (m) karesine bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, BKİ'nin 30 kg/m² ve üzeri olması obezite olarak kabul edilmektedir (19).

Obezite, genellikle insülin direnci ve tip 2 diyabet gibi metabolik bozukluklarla birlikte görülmekte ve vücutta yağ dokusunun normalin üzerinde artışıyla ilişkilendirilmektedir. Yağ dokusundaki bu artış, yalnızca enerji depolama mekanizmalarını değil, aynı zamanda metabolik ve inflamatuar süreçleri de etkileyerek insülin sinyalizasyonunda bozulmalara yol açmaktadır. Bu nedenle obezite, basit bir enerji dengesizliği sorunu olmaktan öte, sistemik bir metabolik hastalık olarak kabul edilmektedir (20).

Abdominal obezite, insülinin glikoz kullanımını ve yağ asitlerinin kana verilmesini düzenleyici etkilerini azaltarak insülin direncine yol açmaktadır. Artan yağ asidi seviyeleri ve yağ dokudan salınan hormonların bozulmuş regülasyonu, insülin duyarlılığını düşürmektedir. Obezitede insülin duyarlılığını artıran adiponektin seviyelerinin azaldığı da gösterilmiştir (21). Obez bireylerde insülin direnci görülme sıklığının %70,5 olduğu bildirilmiştir (17). Vücut ağırlığında %10 oranında bir düşüşün insülin direncini ve β hücre fonksiyonlarını iyileştirdiği gösterilmiştir (22, 23). 2017 yılında Cossio ve arkadaşlarının fareler üzerinde yaptığı bir çalışmada; vücut ağırlıkları normal aralıklarda olan farelerin bağırsaklarından alınan mikrobiyatanın, bakteriden arındırılmış olan farelerin bağırsak mikrobiyatasına aktarılması sonucunda alıcı olan farelerde insülin direncinde gelişmesindeki artışla beraber ağırlık kazanımlarında da artış olduğu görülmüştür (24).

### 2.2.2. Diyabet

İnsülin direnci, insülin hormonunun fazla salgılanmasına ve dolayısıyla hiperinsülinemiye yol açmaktadır. Hiperinsülinemi, zamanla pankreastaki β hücrelerinin işlevini yitirmesine ve hasar görmesine neden olarak Tip 2 diyabet gelişme riskini artırmaktadır (21). Ayrıca, insülin direncinin yanında obezite, sedanter yaşam tarzı ve yetersiz fiziksel aktivite gibi faktörler, Tip 2 diyabet riskini artıran önemli unsurlar olarak değerlendirilmektedir (25).

İnsülin direnci gelişimi, pankreas β hücrelerinin insülin salgılama kapasitesinin zamanla azalmasına neden olarak insülin yetersizliği ile sonuçlanmaktadır. Bu süreçte, insülin hormonunun salgılanmasında görülen bozulmalar, insülin direncinin temel nedenleri arasında yer almaktadır. Vücutta insülin salınımının yetersizliği, başlangıçta glukoz toleransında bozulmaya yol açmakta, bu durum da ilerleyen evrelerde Tip 2 diyabet gelişimine zemin hazırlamaktadır. Yapılan çalışmalar, glukoz toleransındaki bu bozulmanın insülin direncine eşlik eden hiperinsülinemiyle birlikte β hücreleri üzerinde olumsuz etkiler yaratarak, bu hücrelerin fonksiyon kaybını hızlandırdığını göstermektedir (26-29).

### 2.2.3. Metabolik Sendrom

Metabolik sendrom, gelişim nedeni tam olarak aydınlatılamamış ancak, özellikle diyabet hastalığı için önemli bir risk faktörü oluşturan, bir dizi metabolik anormalliği içeren bir hastalıklar topluluğu olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte, metabolik sendromun tanımlanmasında kullanılan kriterler zamanla evrilmiş olup, günümüzde yaygın olarak kabul edilen kriterler, kardiyovasküler hastalıklar ve diyabet gibi komplikasyonların önlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (30).

İnsülin direnci, metabolik sendromun oluşumunda temel etiyolojik faktörlerden biri olarak görülmektedir. İnsülinin etkili bir şekilde çalışmaması, vücutta insülinin yeterli miktarda üretilmesine rağmen hücrelerin bu hormona yanıt vermemesi, metabolik sendromun temel mekanizmalarından biri olarak öne çıkmaktadır. İnsülin direnci, genellikle aşırı vücut yağlanması, sedanter yaşam tarzı ve genetik yatkınlık gibi faktörlerle ilişkilidir (31).

### 2.3. Beslenme ve İnsülin Direnci: Temel İlkeler ve Güncel Beslenme Yaklaşımları

İnsülin direncinin tedavisinde, bireyin günlük ihtiyaçlarına uygun bir beslenme planı, yeterli fiziksel aktivite ve yaşam tarzı değişiklikleri kritik bir rol oynamaktadır. Obez veya fazla kilolu bireylerde, ideal vücut ağırlığına ulaşmak tedavi sürecinde temel hedeflerden biridir. Yapılan bir çalışmada, vücut ağırlığında %5-15 oranında bir kayıp sağlanmasının kandaki insülin hormonu düzeylerinde anlamlı bir düşüşle ilişkili olduğu bildirilmiştir (32-34).

Günlük enerjinin, karbonhidratlardan %50-65, proteinlerden %20-35 ve yağlardan %25-35 oranında karşılanmasını içeren dengeli bir beslenme planı, insülin direnci olan bireylerde etkili bir yaklaşım olarak önerilmektedir. Karbonhidrat kaynakları olarak posa açısından zengin tam tahıllar, kurubaklagiller, sebzeler, meyveler ve düşük glisemik indeksli besinler tercih edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, bitkisel protein kaynaklarının tüketiminin insülin direncini azaltmada olumlu etkileri olabileceği belirtilmektedir (35, 36).

Diyetle alınan yağlar, insülin direncinin başlangıcında etkili bir faktör olarak görülmekle birlikte, omega-3 yağ asitleri bu genellemenin dışında tutulmaktadır. Omega-3 yağ asitleri üzerine yapılan çalışmalarda, bu yağ asitlerinin mitokondriyal bozulmaları ve endoplazmik retikulumda oluşan stresi düzenleyerek insülin direncini önleyici bir etki gösterebileceği sonucuna ulaşılmıştır (37).

İnsülin direncinin gelişiminde minerallerin önemli bir rolü vardır. Çinko, krom, magnezyum, kalsiyum demir, iyot başta olmak üzere klorür, flor, potasyum, sodyum, bor, bakır, kobalt, kükürt ve molibden gibi minerallerin, insülin reseptör bölgeleri üzerinde etkili olabileceği düşünülmektedir (38). Ayrıca, D vitamini üzerine yapılan araştırmalar, bu vitaminin insülin hassasiyetini %60 oranında artırabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, insülin direnci riski olan bireylerde D vitamini düzeylerinin değerlendirilmesi önerilmektedir (39, 40).

Beslenme planlamasında, az ve sık öğünler şeklinde 4-6 öğün tüketim, öğün aralarının 2-3 saati geçmemesi ve porsiyonların kontrol altında tutulması önerilmektedir. Sedanter yaşam tarzı olan ve vücut ağırlığı idealin üzerinde olan bireylerde, düşük karbonhidrat içeriğine ve düşük glisemik indeksli besinlere dayalı, posa açısından zengin ve tokluk sağlayıcı gıdalar içeren bir diyetin uygulanması etkili bir yöntem olduğu gösterilmektedir. Ayrıca, protein içeriği yüksek bir beslenme, tokluk süresini uzatması ve yağsız vücut kütlesinin korunmasına yardımcı olması açısından önerilmektedir (35, 41).

Akdeniz Diyeti, DASH Diyeti ve vejetaryen diyet gibi modeller; meyve, sebze, tam tahıllar, kurubaklagiller, sağlıklı yağlar ve yağlı tohumlar gibi çeşitli besinleri içermesi, rafine tahıllar ve basit şeker tüketimini sınırlandırması sebebiyle insülin direncinin yönetiminde etkili olabilecek yaklaşımlar arasında yer almaktadır (41).

Yapılan çalışmalarda, karbonhidrat içeriği yüksek bir öğünden 30-45 dakika sonra insülin seviyelerinin maksimum düzeye ulaştığı gözlemlenmiştir. Buna karşılık, protein ağırlıklı öğünlerin ardından insülin düzeylerinin daha düşük seviyelerde kaldığı rapor edilmiştir. Bu bulgular, protein içeriği yüksek beslenmenin insülin direncinin yönetiminde faydalı olabileceğini desteklemektedir (42, 43).

### 2.4. Klinik Uygulamalarda İnsülin Direnci Yönetimi

Klinik uygulamalarda insülin direnci yönetimi, bireyselleştirilmiş beslenme planları, beslenme uzmanı ve hekim iş birliği ile beslenme tedavisinin takibini içeren multidisipliner bir yaklaşımı gerektirmektedir. Bireyselleştirilmiş beslenme planları, insülin direnci tedavisinde en etkili yöntemlerden biridir. Düşük glisemik indeksli gıdaların tercih edilmesi, karbonhidrat alımının dengelenmesi ve ağırlık kaybını teşvik eden bir diyet planı, insülin duyarlılığını artırabilmektedir (44). Düzenli fiziksel aktivite, glukoz kullanımını artırarak insülin duyarlılığını geliştirebilmektedir. Özellikle aerobik egzersizler ve direnç egzersizlerinin birlikte uygulanması önerilmektedir (45). Metformin gibi ilaçlar, glukoz üretimini azaltarak ve insülin duyarlılığını artırarak etkili bir yönetim sağlamaktadır. İnsülin direnci tedavisinde diğer farmakolojik ajanlar da hasta profiline göre tercih edilebilmektedir (46). Hekim, diyetisyen ve gerektiğinde psikoloğun iş birliği ile hastanın genel sağlık durumunun ele alınması, tedaviye uyum ve uzun vadeli sonuçlar optimize edilmesi, bütüncül bir yaklaşım sağlayarak, hastanın fiziksel ve psikolojik iyileşme sürecini desteklemektedir (47). İnsülin direnci yönetiminde bireyselleştirilmiş tedavi yaklaşımları, düzenli takip ve multidisipliner bir ekip çalışması oldukça önemlidir. Bu stratejiler, sadece semptomların yönetimiyle kalmayıp, uzun vadeli komplikasyonların önlenmesinde de etkili olabilir.

### 2.5. Gelecekteki Yönelimler ve Araştırmalar

İnsülin direncinin yönetiminde gelecekteki araştırmalar, kişiselleştirilmiş yaklaşımlar ve yenilikçi teknolojilere odaklanmaktadır. Nutrigenetik ve nutrigenomik çalışmaları, genetik varyantların insülin duyarlılığı üzerindeki etkilerini anlayarak bireylere özgü diyet planlarının oluşturulmasını sağlamayı hedeflemektedir (48). Bağırsak mikrobiyotasının insülin direnci ile ilişkisi önemli bir araştırma alanı olup, probiyotik ve prebiyotik içerikli yaklaşımlar mikrobiyota modülasyonu yoluyla tedaviye

katkıda bulunabilmektedir (49). Yeni biyobelirteçlerin geliştirilmesi, insülin direncinin erken tanı ve takibini kolaylaştırabilirken (50), bitki bazlı diyetler ve fonksiyonel besinlerin etkileri daha ayrıntılı şekilde incelenmektedir (51). Dijital sağlık teknolojileri ve yapay zeka uygulamaları, bireysel verilerin analiziyle daha etkin tedavi yöntemleri sunma potansiyeline sahip olduğu görülmektedir (52). Ayrıca, sürdürülebilir beslenme yaklaşımları, çevresel ve metabolik sağlık açısından giderek daha fazla önem kazanmaktadır (53).

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

İnsülin direnci, insülin hormonunun yetersiz üretimi veya etkin kullanılmaması sonucunda glikozun hücre içine giremeyerek plazma glukozunun yükselmesine neden olan metabolik bir bozukluktur. Pek çok hastalıkla ilişkili olan bu durum, son yıllarda yapılan çalışmalarla daha iyi anlaşılmaya başlanmış ancak kesin patogenezi hala tam olarak aydınlatılamamıştır. İnsülin direncinin yönetiminde, beslenme stratejilerinin önemi giderek artmaktadır. Beslenme düzeninde glisemik indeksi düşük, bol posalı ve tokluk hissi sağlayan besinler tercih edilerek insülin duyarlılığı iyileştirilebilmektedir. Ayrıca, obezite insülin direncinin önemli bir risk faktörü olduğundan, ağırlık kontrolü sağlamak tedavi sürecinde kritik bir rol oynamaktadır. Beslenme değişikliklerinin yanı sıra, düzenli fiziksel aktivite de insülin duyarlılığını artırarak tedaviye katkı sağlamaktadır. Günümüzde, insülin direncinin tedavisinde yaşam tarzı değişikliklerinin etkinliği üzerine yapılan araştırmalar devam etmekte olup, bu alandaki klinik uygulamalar da hızla gelişmektedir.

## KAYNAKÇA

1. DeFronzo, R. A., Dysfunctional fat cells, lipotoxicity, and type 2 diabetes. International Journal of Clinical Practice, 58(9), 25-32, 2004.

2. Samuel, V. T., & Shulman, G. I., Mechanisms for insulin resistance: common threads and missing links. Cell, 148(5), 852-871, 2012.

3.https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight. (Erişim Tarihi: 17.12.2024)

4. Gannon, M. C., & Nuttall, F. Q., Effect of a high-protein, low-carbohydrate diet on blood glucose control in people with type 2 diabetes. Diabetes, 53(9), 2375-2382, 2004.

5. Hawley, J. A., & Lessard, S. J., Exercise training-induced improvements in insulin action. Acta Physiologica, 192(1), 127-135, 2008.

6. Wang, Y., Zhong, J., Zhang, X., et al., The Role of HMGB1 in the Pathogenesis of Type 2 Diabetes. Journal of Diabetes Research, 2016.

7. Garbossa, S. G., & Folli, F., Vitamin D, sub-inflammation, and insulin resistance: A window on a potential role for the interaction between bone and glucose metabolism. Rev Endocr Metab Disord, 18, 243-258, 2017.

8. Devran, B. S., & Mendane, S., Postbiyotikler ve İnsülin Direnci. Van Sağlık Bilimleri Dergisi, 16(3), 268-273, 2023.

9. Lutsey, P. L., Steffen, L. M., & Stevens, J., Dietary intake and the development of the metabolic syndrome: the Atherosclerosis Risk in Communities Study. Circulation, 117(6), 754-761, 2008.

10. Richter, E. A., & Hargreaves, M., Exercise, GLUT4, and skeletal muscle glucose uptake. Physiol Rev, 93, 993-1017, 2013.

11.Ahren, B., & Pacini, G., Islet adaptation to insulin resistance: mechanisms and implications for intervention. Diabetes Obes Metab, 7(1), 2-8, 2005.

12.Savaş, H. B., & Gültekin, F., İnsülin Direnci ve Klinik Önemi. SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi, 24(3), 116-125, 2017.

13. Honda, Y., & Kirimura, K., Generation of circularly permuted fluorescent-protein-based indicators for in vitro and in vivo detection of citrate. PLoS One, 8(5), e64597, 2013.

14. Magar, N. A., Dabova-Missova, S., & Gjerdingen, D. K., Effectiveness of targeted anticipatory guidance during well-child visits: a pilot trial. J Am Board Fam Med, 19(5), 450-458, 2006.

15. Stevens, J., Kumanyika, S., Keil, J. E., & Seibert, L., Body size perceptions and eating attitudes in elderly men. Obes Res., 2(2), 127-134, 1994.

16. Watson, K., Nasca, C., Aasly, L., McEwen, B., & Rasgon, N., Insulin resistance, an unmasked culprit in depressive disorders: Promises for interventions. Neuropharmacology, 136, 327-334, 2018.

17. Bilge, U., Gültekin, G., Bilgin, M., & Ünlüoğlu, İ., Bir Aile Hekimliği Polikliniğine Başvuran Kırk Yaş Altı Popülasyonda Obezite ve İnsülin Direnci Oranları. Türkiye Aile Hekimliği Dergisi, 20(2), 50-53, 2016.

18. Reaven, G. M., Pathophysiology of insulin resistance in human disease. Physiological Reviews, 75(3), 473-486, 1995.19.

19.https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/a-healthy-lifestyle---who-recommendations#:~:text=BMI%20is%20derived%20from%20a,24.9%20as%20a%20normal%20BMI. (Erişim tarihi: 17.12.2024)

20. National Heart, Lung, and Blood Institute, Clinical Guidelines on the Identification, Evaluation and Treatment of Overweight and Obesity in Adults, Bethesda, MD, 2000.

21. Jensen, M. D., Obesity. In: Cecil Medicine, 23rd Edition, Goldman L., Ausiello D. (Eds.), Elsevier, PA, USA, 1643-1652, 2008.

22. Mohammad, T., Farzad, N., Tagie, G. M., & Ranjbar, K., The impact of rapid weight loss on the leptin, adiponectin levels, and insulin resistance among adult freestyle wrestlers. J Sports Med Phys Fitness, 55(7-8), 805-812, 2015.

23. Tzotzas, T., Papadopoulou, F. G., Tziomalos, K., Karras, S., Gastaris, K., Perros, P., et al., Rising serum 25-hydroxy-vitamin D levels after weight loss in obese women correlate with improvement in insulin resistance. J Clin Endocrinol Metab., 95(9), 4251-4257, 2010.

24. de Cossío, L. F., Fourrier, C., Sauvant, J., Everard, A., Capuron, L., Cani, P. D., Laye, S., Castanon, N., Impact of prebiotics on metabolic and behavioral alterations in a mouse model of metabolic syndrome. Brain, Behavior, and Immunity, 64, 33-49, 2017.25.

25. Aguiree, F., Brown, A., Cho, N. H., et al., IDF diabetes atlas, 2013.

26. Katz, M. J., Ness, S. M., Diabetes Mellitus, Type 2, Wild Iris Medical Education. Available at: wildirismedicaleducation.com, 2024.

27. Ginter, E., & Simko, V., Type 2 diabetes mellitus, pandemic in 21st century. Diabetes: Springer, 42-50, 2013.

28. Donath, M. Y., Targeting inflammation in the treatment of type 2 diabetes: time to start. Nat Rev Drug Discov, 13(6), 465-476, 2014.

29. Rivas, T., Lauro, M., Grimes, C., et al., Probing the Inflammatory Response Behind Diabetes and Obesity via the Biochemical Characterization of NOD1, an Innate Immune Receptor. The FASEB Journal, 29, 559.40, 2015.

30. Haffner, S., & Taegtmeyer, H., Epidemic obesity and the metabolic syndrome. Circulation, 30, 108(13), 1541-1545, 2003.

31. Reaven, G. M., Banting lecture 1988. Role of insulin resistance in human disease. Diabetes, 37, 1595-1607, 1988.

32. Muscogiuri, G., Barrea, L., Caprio, M., Ceriani, F., Chavez, A. O., El Ghoch, M., et al., Nutritional guidelines for the management of insulin resistance. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 62(25), 6947-6960, 2022.33.

33. Mastrototaro, L., & Roden, M., Insulin resistance and insulin sensitizing agents. Metabolism, 125, 154892, 2021.

34. TEMD, Obezite, Lipid Metabolizması, Hipertansiyon Çalışma Grubu, “Obezite tanı ve tedavi kılavuzu”, 6. Baskı, Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği, Ankara, 2018.

35. Türkiye Diyabet Vakfı, İnsülin Direnci Çalıştayı Sonuç Raporu, İstanbul, 2017.

36. Kahleova, H., Petersen, K. F., Shulman, G. I., Alwarith, J., Rembert, E., Tura, A., et al., Effect of a low-fat vegan diet on body weight, insulin sensitivity, postprandial metabolism, and lipid profiles in overweight individuals. Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 103(4), 1497-1506, 2018.

37. Lepretti, M., Martucciello, S., Burgos Aceves, M. A., Putti, R., & Lionetti, L., Omega-3 fatty acids and insulin resistance: focus on the regulation of mitochondria and endoplasmic reticulum stress. Nutrients, 10(3), 350, 2018.

38. Erdoğdu, Ş., İnsülin Direnci Ve Diyabette Eser Element Ve Minerallerin Rolü: Araştırma Makalesi. Europeanatolia Health Sciences Journal, 1(1), 1-5, 2023.

39. Clemente-Postigo, M., Muñoz-Garach, A., Serrano, M., et al., Serum 25-hydroxyvitamin D and adipose tissue vitamin D receptor gene expression: relationship with obesity and type 2 diabetes. J Clin Endocrinol Metab., 100(4), E591-5, 2015.

40.Yücel, K., İnsülin Direnci ve Güncel Gelişmeler. Güncel Biyokimya Çalışmaları 2, 97–110, Akademisyen Kitabevi, 2019.

41. Augustin, L. S., Kendall, C. W., Jenkins, D. J., Willett, W. C., Astrup, A., Barclay, A. W., ... & Poli, A., Glycemic index, glycemic load and glycemic response: an International Scientific Consensus Summit from the International Carbohydrate Quality Consortium (ICQC). Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 25, 2015.

42. Betacell Biology Consortium, Betacell Biology and Its Implications for Diabetes, 2004.

43. Pacini, G., & Ahrén, B., Glucagon-like peptide-1 and glucose-dependent insulinotropic peptide: effects alone and in combination on insulin secretion and glucose disappearance in mice. Physiol Rep., 5(11), 2017.

44. Esposito, K., et al., Effect of Mediterranean diet on metabolic syndrome. Diabetes Care, 27(12), 2722-2727, 2004.

45. Colberg, S. R., et al., Physical activity/exercise and diabetes: A position statement of the American Diabetes Association. Diabetes Care, 39(11), 2065-2079, 2016.

46. Bailey, C. J., & Turner, R. C., Metformin. N Engl J Med., 334(9), 574-579, 1996.

47. American Diabetes Association (ADA), Standards of Medical Care in Diabetes. Diabetes Care, 45(Supplement 1), S1-S96, 2022.

48. Kaput, J., & Rodriguez, R. L., Nutritional genomics: the next frontier in the postgenomic era. Physiol Genomics, 16(2), 159-165, 2004.

49. Sonnenburg, J. L., & Bäckhed, F., Diet-microbiota interactions as moderators of human metabolism. Nature, 529(7585), 212-217, 2016.

50. Matsuda, M., & DeFronzo, R. A., Insulin sensitivity indices obtained from oral glucose tolerance testing. Diabetes Care, 22(9), 1462-1470, 1999.

51. Babio, N., et al., Mediterranean diets and metabolic syndrome status in the PREDIMED randomized trial. CMAJ, 186(17), E672-E680, 2014.

52. Topol, E. J., High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. Nat Med., 25(1), 44-56, 2019.

53. Willett, W., et al., Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. The Lancet, 393(10170), 447-492, 2019.

# TÜRKİYE'NİN İPEK ÜRETİM POTANSİYELİNİN GELİŞTİRİLMESİNDEKİ KISITLAR VE ÖNERİLER: BİR TEDARİK ZİNCİRİ YAKLAŞIMI

**Zir. Müh. Gül BİNBOĞA**

Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi ABD,

gulbinboa@gmail.com- ORCID ID: 0009-0006-2366-1858

**Prof. Dr. Nevin DEMİRBAŞ**

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü,

nevin.demirbas@ege.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-0541-1437

## ÖZET

Türkiye, ipek üretiminde tarihsel bir deneyime ve öneme sahip olmasına rağmen, son yıllarda yaşanan çeşitli sorunlara bağlı olarak ipek ve ipekli ürünler sektöründe ciddi gerilemeler meydana gelmiştir. Bu çalışmanın amacı, ipek üretiminde oldukça büyük bir potansiyele olan Türkiye'nin, ipek tedarik zincirini ve tedarik sorunlarını ortaya koyarak söz konusu sorunlara etkin çözüm önerileri geliştirmektir. Bu amaçla, ipek böceği yetiştiriciliği ve ipek üretimi konusunda yapılmış çalışmalar; Web of Science, Google Scholar, ScienceDirect, Researchgate ve Ulusal Tez Merkezi gibi çevrimiçi veri tabanlarında araştırılmıştır. Ayrıca, koza üretimi konusunda faaliyet gösteren kooperatiflerin yetkililerinden de sözlü görüşmeler ile bilgi alınmıştır. Elde edilen veri ve bilgilerin birlikte değerlendirilmesi neticesinde; ipek tedarik zincirindeki en temel sorunun yeterli miktarda, kalitede ve ucuz hammaddeye erişimdeki güçlük olduğu tespit edilmiştir. Bu sorunun temelinde ise ipek böceği yetiştiriciliğindeki yapısal sorunlar olan; yetersiz dut yaprağı üretimi, besleme evlerinin eksikliği ve yetersizliği, teknolojik alt yapı eksikliği, üreticilerin eğitim ve ilgi düzeyinin düşük olması ile örgütlenme ve organizasyonel yetersizlik gibi birçok sorunun olduğu ve bu sorunları çözebilecek etkin tarım politikalarının uygulanamamasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Ayrıca, ipek ve ipek ürünleri üretimi için gerekli olan yeterli sayıda ve coğrafi dağılımda işleme ve çekim tesisinin olmaması ve pazarlama-dağıtımda aksaklıklar da diğer önemli sorunlar arasındadır. Türkiye ipek tedarik zincirinin birincil aşamasındaki ipek böceği yetiştiriciliğindeki sorunların çözümüne yönelik selektif tarım politikaları ile birlikte, ipek üretimindeki teknolojik kapasitesinin artırılması, pazarlama ve dağıtım gibi sorunların çözümünde sanayi ve ticaret politikalarının bütüncül bir şekilde uygulanması, sektörün sürdürülebilir bir rekabet düzeyine ulaşması açısından kritik önemdedir.

**Anahtar Kelimeler:** İpek, İpek Böceği Yetiştiriciliği, Tedarik Zinciri, Türkiye

## 1.GİRİŞ

İpek, Çin'de doğup İpek Yolu boyunca tüm dünyaya yayılmıştır (ISC, 2021). Tekstil, medikal, havacılık olmak üzere geniş bir kullanım alanına sahip olan doğal ipek elyafı, tarım sektörüne bağlıdır (DPT, 1982; Popescu, 2013). Dokumacılıkta yaklaşık 5000 yıldır kullanılan doğal bir polimer olan ipek, ipek böceğinin koza örmek için salgıladığı 1000-1500 m uzunluğunda parlak, güçlü ve çok ince bir liftir (Pereira et al., 2014; Zhang et al., 2015). İpek, sağlıklı olması, inceliği, dayanıklılığı, yumuşaklığı, parlaklığı, esnekliği gibi birçok özelliği nedeniyle doğal liflerin kraliçesi olarak nitelendirilen kıymetli ve pahalı bir elyaftır (Sydykova, 2009; Popescu et al., 2024).

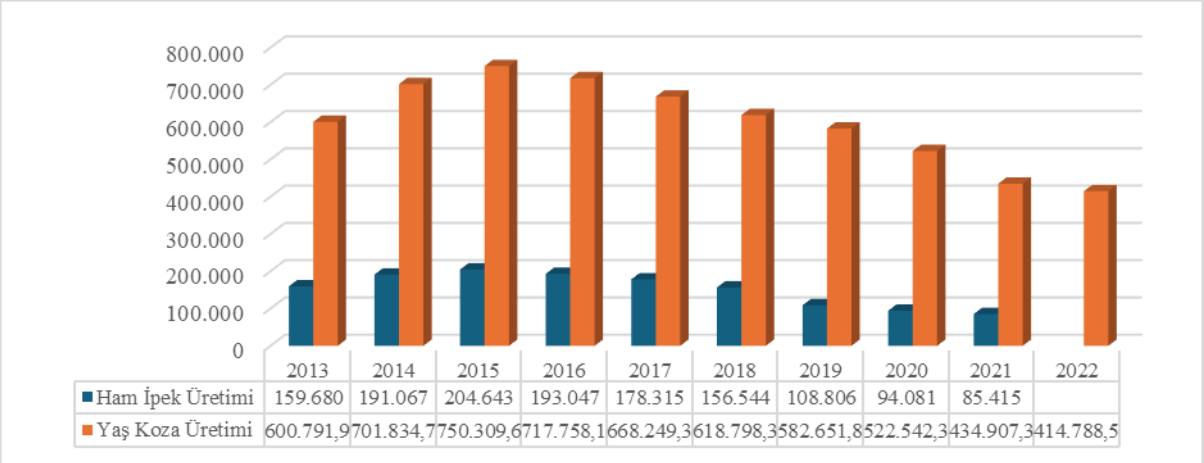
Dut ipeği, dut yapraklarını yiyen ve 28-30 gün içinde ipek kozası yapan ve ardından koza ören ipek böcekleri (*Bombyx mori*) tarafından üretilir. İpek böcekçiliği; ipek böceği yetiştiriciliği ve koza üretiminin yanı sıra ipek böceği tırtıllarının tek doğal besin kaynağı olan dut yetiştiriciliğini içeren tarımsal bir üretim faaliyetidir (Güler, 2021; Grześkowiak et al., 2022; Mushtaq et al., 2023). Dünyada emek yoğun üretimi yapılan ipek böcekçiliğinde, makine kullanımı ve öz sermaye miktarının düşük olması; hasat süresinin kısa olması; kırsal nüfus, özellikle kadınlar ve yaşlılar başta olmak üzere tüm aile üyeleri için istihdam yaratması; atıl dönemlerin değerlendirilerek alternatif/ek geçim kaynağı yaratması; tarım alanlarının sınırlı olduğu yerlerde kırdan kente göçün sınırlandırılmasına olan katkısı; hem küçük hem de büyük ölçekli çiftlikler için uygun olması, en düşük maliyetle en fazla kârı sağlayabilmesi (ipek elyafın değeri pamuktan yaklaşık 20 kat daha fazladır); tekstil sektörüne hammadde sağlayarak ülkenin hem dışa bağımlılığını azaltma ve hem de ihracatla milli gelire katkı sağlayabilmesi açılarından son derece önemlidir. Bunların yanı sıra çevre dostu olarak nitelendirilen ipek böcekçiliğinde dut yetiştiriciliğinin toprak erozyonunu önlemede olumlu etkisi de bulunmaktadır. Yine, yenilenebilir bir malzeme olan ipek üretiminin, toprağı kirletmediği gibi çok az miktarda $CO_2$ emisyonuna ve biyolojik olarak parçalanabilen atıklara sahip olduğu belirtilmektedir. İpek böceği yetiştiriciliğinin sosyo-ekonomik ve çevresel açıdan sağladığı bu yararların yanı sıra, ülkelerin ve özellikle kırsal alanların sürdürülebilir kalkınmasını sağlayarak; yoksulluğun, açlığın, cinsiyet ayrımcılığının azaltılmasına katkı sunma potansiyeli de yüksektir (Taşkaya Top vd., 2015; Şahan ve Turhan, 2020; Popescu et al., 2024).

İpek üretiminin hammadde kaynağı olan yaş koza üretimi dolayısıyla yetiştiricilik Türkiye'de 1990'lı yıllardan itibaren önemli oranda azalmıştır (Şahinler ve Şahinler, 2002; Karaca, 2008; Başkaya, 2013; Taşkaya Top vd., 2015; TÜİK, 2024a). İpek üretimi geniş bir değer zincirine sahip olan yapısıyla yüksek gelir sağlama potansiyeline rağmen, Türkiye'de yıllar itibariyle ipek üretiminin azalması ciddi bir sorun olarak değerlendirilmektedir. Bu durum, ipek üretimi ve tedarik zincirindeki yapısal sorunların önemini ortaya koymaktadır. Örgütsel verimliliği ve kârlılığı artırmaya yönelik rekabet stratejisinin önemli bir bileşeni olan tedarik zinciri, malzemelerin tedariki, malzemelerin ara ve nihai ürünlere dönüştürülmesi ve nihai ürünlerin müşterilere dağıtımı işlevlerini yerine getiren tesisler ağı olarak tanımlanmaktadır (Lee and Billington, 1993; Gunasekaran et al., 2004). İpek ürünlerine yönelik talebe rağmen yeterli üretimin olmamasının nedenlerini belirlemede; tedarik zincirinin bir halkasındaki sorunların, diğer halkaları nasıl etkileyerek arz ve talep arasında bir boşluk yarattığının analiz edilmesi gereklidir (Islam et al., 2023). Bu kapsamda, ipek üretim sürecinin

temel bileşeni olanı ipek böcekçiliği başta olmak üzere tedarik zincirindeki sorunların nedenlerinin tespit edilerek, tüm paydaşların katılımını sağlayacak etkin politikaların hayata geçirilerek tedarik zincirinin iyileştirilmesi kritik önemdedir. Bu çalışmayla, Türkiye'nin ipek tedarik zincirindeki sorunlarını belirlemek ve bu sorunlara çözüm önerileri geliştirmek amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda hem ipek böcekçiliği ve hem de ipek üretimi konusunda yapılmış çalışmalar; Web of Science, Google Scholar, ScienceDirect, Researchgate ve Ulusal Tez Merkezi gibi çevrimiçi veri tabanlarında araştırılmış; ayrıca koza üretimi konusunda faaliyet gösteren kooperatiflerin yetkilileri ile sözlü görüşme yapılarak elde edilen veriler bir bütün olarak değerlendirilmiştir.

## 2.DÜNYA'DA İPEK ÜRETİMİ VE TİCARETİ

Yüksek fiyatlı bir tarımsal ürün olan ipek, küresel tekstil elyaf pazarı değerinin yaklaşık %0.2'den azını oluşturmakla birlikte katma değeri yüksek bir üründür (Popescu, 2013; Kaya ve Ateş, 2022; Anonymous, 2024). Bununla birlikte, dünya ham ipek ve yaş koza üretimi yıllar itibariyle azalmıştır. 2013 yılında 159.680 ton olan ham ipek üretimi 2021 yılında %46.51 oranında azalarak, 85.415 tona; 2013 yılında 600.791.9 ton olan yaş koza üretimi de %30.96 oranında azalarak 414.788.5 tona gerilemiştir (Görsel 1).

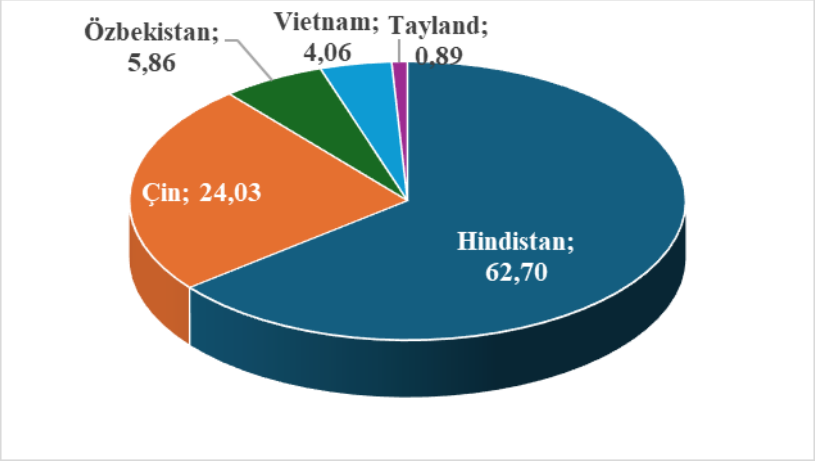



**Görsel 1.Dünya Ham İpek ve Yaş Koza Üretimi (Ton)**

*2022 verisi açıklanmamış.

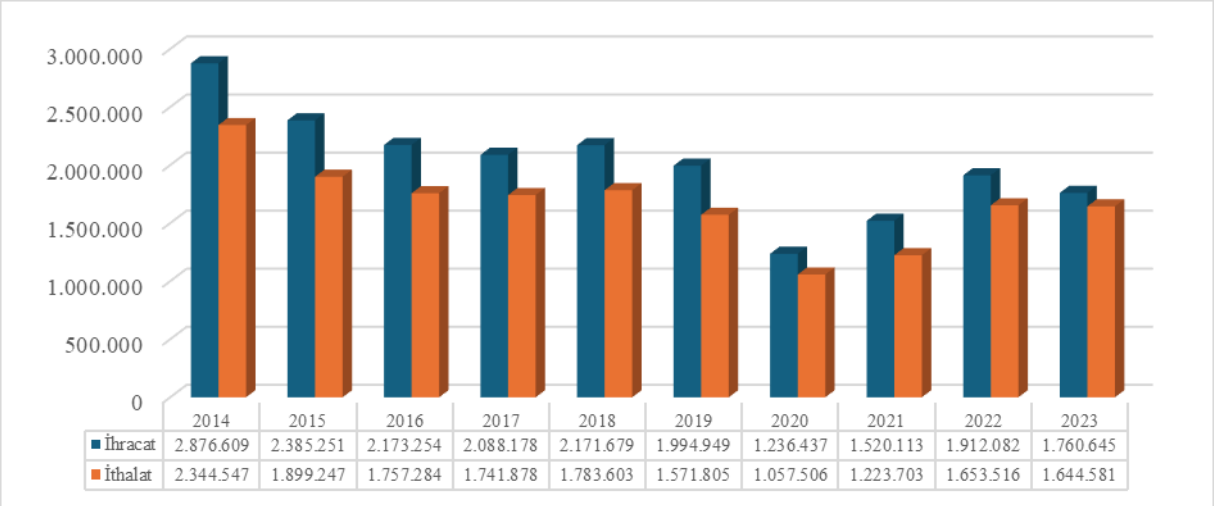
Kaynak: FAOSTAT, 2024.

2022 yılı itibariyle dünya yaş koza miktarının %62.70'ini karşılayan Hindistan ilk sıradadır. Bunu, Çin (%24.03), Özbekistan (%5.86), Vietnam (%4.06) ve Tayland (%0.89) takip etmektedir (Görsel 2). Türkiye'nin dünya üretiminde %0.02 payla 15. sıradadır.




**Görsel 2. Dünya Yaş Koza Üretim Miktarında Öne Çıkan Ülkeler (2022, %)**
Kaynak: FAOSTAT, 2024.

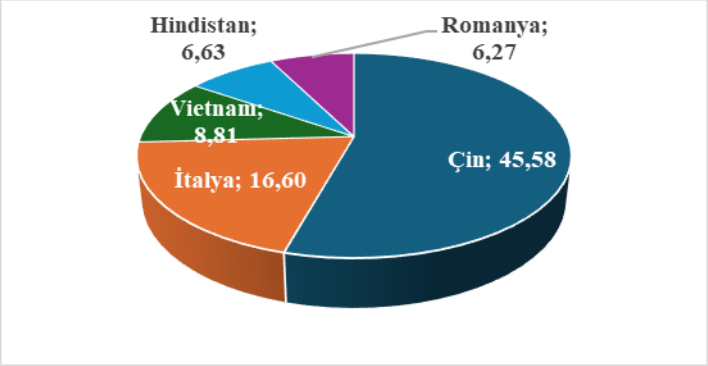
Dünya ipek ticaretinde son on yılda önemli bir daralma meydana gelmiştir. Dünya ipek ihracatı 2023 yılında 2014 yılına göre %38.79 oranında azalarak, 1.760.645 bin US dolar olarak gerçekleşmiştir. 2023 yılında 1.644.581 bin US dolar olarak gerçekleşen ipek ithalatı, 2014 yılına göre %29.86 oranında gerilemiştir (Görsel 3).




| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| İhracat | 2.876.609 | 2.385.251 | 2.173.254 | 2.088.178 | 2.171.679 | 1.994.949 | 1.236.437 | 1.520.113 | 1.912.082 | 1.760.645 |
| İthalat | 2.344.547 | 1.899.247 | 1.757.284 | 1.741.878 | 1.783.603 | 1.571.805 | 1.057.506 | 1.223.703 | 1.653.516 | 1.644.581 |

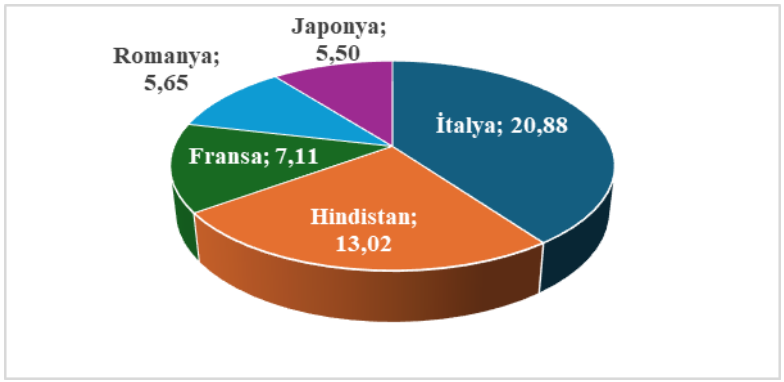
**Görsel 3. Dünya İpek Ticareti (Bin US$)**
Kaynak: ITC Trade Map, 2024.

Dünya ipek ihracatında 2023 itibariyle aldığı %45.58'lik payla Çin ilk sıradadır. Çin'i İtalya (%16.60), Vietnam (%8.81), Hindistan (%6.63) ve Romanya (%6.27) takip etmektedir (Görsel 4). Türkiye 1991 bin US dolarlık ihracat değeriyle 28. sıradadır.




**Görsel 4. İpek İhracatında Öne Çıkan Ülkeler (2023, %)**
Kaynak: FAOSTAT, 2024.

2023 yılı dünya ipek ithalatında öne çıkan ülkeler sırasıyla İtalya (%20.88), Hindistan (%13.02), Fransa (%7.11), Romanya (%5.65) ve Japonya'dır (%5.50) (Görsel 5).




**Görsel 5. İpek İthalatında Öne Çıkan Ülkeler (2023, %)**
Kaynak: FAOSTAT, 2024.

## 3.TÜRKİYE'DE İPEK ÜRETİMİ VE TİCARETİ

Dünyada ipek üretimi yapan yaklaşık otuz ülkeden biri olarak Türkiye'ye ipek böcekçiliği ilk defa 552 yılında Bizans İmparatorluğu zamanında girmiştir. Üretim öncelikle Bursa ve çevresine daha sonra da Marmara Bölgesi'ne yayılmıştır. Türkiye'nin iklimi Orta Anadolu'nun kurak bölgeleri ile Doğu Anadolu'nun yüksek ve soğuk yaylaları hariç ipek böceği yetiştirmeye ve koza üretmeye uygun fiziksel koşullara ve iklimsel özelliklere sahiptir (Şahan ve Turhan, 2020). Türkiye'de Cumhuriyet sonrası dönemde ipek böcekçiliğin gelişmesinde 1930 yılında kurulan "Bursa İpek Böcekçiliği Enstitüsü" ve 1940 yılında kısa adı "Kozabirlik" olan Koza Tarım Satış Kooperatifleri Birliği'nin önemli yeri vardır (Yurtoğlu, 2017). Türkiye, yaş koza üretiminde hastalıktan ari ipek böceği yumurtası üreten dünyanın yedi ülkesinden biridir. Avrupa Birliği ülkeleri arasında ipek böcekçiliğinde tohum üreticisi olan tek ülke olması sebebiyle dünyada önemli bir konumda yer almaktadır (TEPGE, 2022).

İpek üretiminin tarihsel geçmişinin yaklaşık 1500 yıl önceye dayandığı Türkiye'de ipek böceği yetiştiriciliği, günümüzde halen yardımcı bir tarımsal faaliyet olma özelliğini korumakta olmakta olup; son yıllarda yaş koza üretiminde ciddi bir daralmayla karşı karşıya kalınmıştır (Sydykova, 2009; Ağırgan, 2016; Şahan, 2024). Ayrıca, ipek böcekçiliği dut yaprağının teminine bağlı olarak yılda iki kez yapılabilecek bir tarımsal faaliyet olmasına karşın,

Türkiye'de ikinci besleme yaygınlaştırılamamış olması ve sadece ilkbahar beslemesi olarak yılda bir kez üretimi yapılması da önemli kısıtlar arasında gösterilmektedir(Taşkaya Top, 2011).

Tarım ve Orman Bakanlığı, ipek böceği yetiştiriciliğini desteklemek için 2006 yılından itibaren ipek böceği tohumunu üreticiye ücretsiz olarak vermektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020). Ayrıca, "Arıcılık, İpekböcekçiliği, Kaz ve Hindi Yetiştiriciliği Yatırımlarının Desteklenmesine İlişkin Uygulama Esasları Tebliği" doğrultusunda 2020-2022 yılları arasında Tarım ve Orman Bakanlığı'nca belirlenen illerde ipek böcekçiliğine yönelik; besleme evi inşası, dut bahçesi tesisi, makine, alet ve ekipman alımlarına hibe desteği verilmiştir (Resmi Gazete, 2020; Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021). Yaş koza üretimi için 2024 yılı açıklanan temel destek tutarı 1.000 TL/kg'dır (Resmi Gazete, 2024). Yapılan desteklemeler ve dünyada ipek ürünleri pazarının büyüme potansiyeline rağmen, yerel koza ve ipek üretimi talebi karşılamaya yetmemektedir (Binboğa ve Demirbaş, 2024a; Binboğa ve Demirbaş, 2024b). Bu yetersizliğin giderilmesi için ipek böceği yetiştiriciliğindeki ve ipek tedarik zincirindeki sorunların çözülmesi gerekmektedir.

Türkiye'de yaş koza üretimi son 33 yılda ciddi bir azalma göstermiştir (Çizelge 1). Türkiye'de 1991 yılında 1.353 ton olan yaş koza üretimi 2023 yılında %94.22 oranında azalarak, 78 tona gerilemiştir. Bu düşüşte hem iç (dut yaprağı temininde güçlük, teknolojik alt yapı eksikliği vb.) hem de dış faktörler (yerli üretime göre daha düşük ithal fiyatları gibi) etkili olmuştur. Özellikle ipek üretiminde lider olan Çin'in 1989 yılı sonlarında damping yaparak ham ipek kg fiyatını 50-60 dolardan, 20-25 dolara indirmesi birçok üretici ülke gibi Türkiye'yi de etkilemiştir ve Çin halen ucuz ham ipek politikasını devam ettirmektedir (Şahan, 2022).

**Çizelge 1. Türkiye Yaş İpek Kozası Üretimi (Ton)**

| Yıl | Koza Üretimi | İndeks (1991=100) | Yıl | Koza üretimi | İndeks (1991=100) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1991** | 1.353 | 100.00 | **2008** | 125 | 9.21 |
| **1992** | 782 | 57.80 | **2009** | 136 | 10.09 |
| **1993** | 724 | 53.51 | **2010** | 126 | 9.34 |
| **1994** | 452 | 33.41 | **2011** | 151 | 11.13 |
| **1995** | 271 | 20.03 | **2012** | 134 | 9.88 |
| **1996** | 215 | 15.86 | **2013** | 121 | 8.98 |
| **1997** | 161 | 11.88 | **2014** | 80 | 5.92 |
| **1998** | 136 | 10.02 | **2015** | 115 | 8.48 |
| **1999** | 133 | 9.85 | **2016** | 103 | 7.60 |
| **2000** | 60 | 4.42 | **2017** | 102 | 7.53 |
| **2001** | 47 | 3.46 | **2018** | 94 | 6.92 |
| **2002** | 100 | 7.39 | **2019** | 90 | 6.62 |
| **2003** | 169 | 12.51 | **2020** | 90 | 6.63 |
| **2004** | 143 | 10.60 | **2021** | 76 | 5.63 |
| **2005** | 157 | 11.60 | **2022** | 69 | 5.10 |
| **2006** | 127 | 9.39 | **2023** | 78 | 5.78 |
| **2007** | 125 | 9.21 | | | |

Kaynak: TÜİK, 2024a.

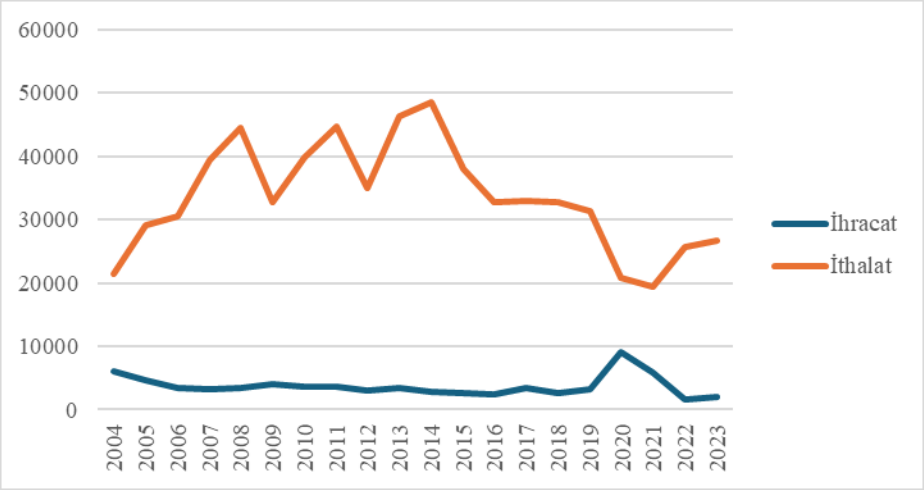
2023 yılı itibariyle yaş ipek kozası üretiminin büyük bir bölümü Diyarbakır'da (%70.01) gerçekleştirilmiştir. Diyarbakır'ı, Ankara (%6.46), Antalya (%5.06), Muğla (%4.26) ve İzmir (%4.10) takip etmektedir (Çizelge 2).

**Çizelge 2. 2023 Yılı İllere Göre Yaş İpek Kozası Üretimi (Ton)**

| İl | Koza Üretimi | % | İl | Koza Üretimi | % |
|---|---|---|---|---|---|
| Diyarbakır | 54.61 | 70.01 | Yozgat | 0.16 | 0.20 |
| Ankara | 5.04 | 6.46 | Kayseri | 0.12 | 0.16 |
| Antalya | 3.95 | 5.06 | Ordu | 0.09 | 0.11 |
| Muğla | 3.33 | 4.26 | Aydın | 0.09 | 0.11 |
| İzmir | 3.20 | 4.10 | Amasya | 0.08 | 0.10 |
| Bolu | 2.86 | 3.67 | Denizli | 0.08 | 0.10 |
| Batman | 1.64 | 2.11 | Bursa | 0.07 | 0.09 |
| Bilecik | 1.02 | 1.30 | Çanakkale | 0.07 | 0.09 |
| Eskişehir | 0.89 | 1.14 | Mardin | 0.06 | 0.08 |
| Kırşehir | 0.21 | 0.27 | Diğer | 0.44 | 0.57 |
| Sakarya | 0.20 | 0.25 | **Toplam** | **78.00** | **100.00** |

Kaynak: TÜİK, 2024b.

İpek dış ticaretinde ithalatçı konumda olan Türkiye'nin 2023 yılındaki ihracatı 1991 bin US dolar, ithalatı 26.646 bin US dolardır. Dış ticaret açığı 2014 yılında 45.694 bin US dolar ile en üst seviyesine ulaşmıştır. 2020 yılında en düşük seviyesini gören dış ticaret açığı, 2022 yılından itibaren tekrar artmıştır (Görsel 6). 2023 yılı ipek ihracatının %38.37'si Çin'e yapılmıştır. İhracatta öne çıkan diğer ülkeler; Avustralya, İtalya, Almanya ve Bulgaristan'dır. 2023 yılında Çin'den yapılan ipek ithalat oranı ise %79.21'dir. İthalat yapılan diğer ülkeler; İtalya, Tayland, Azerbaycan ve Hindistan'dır.



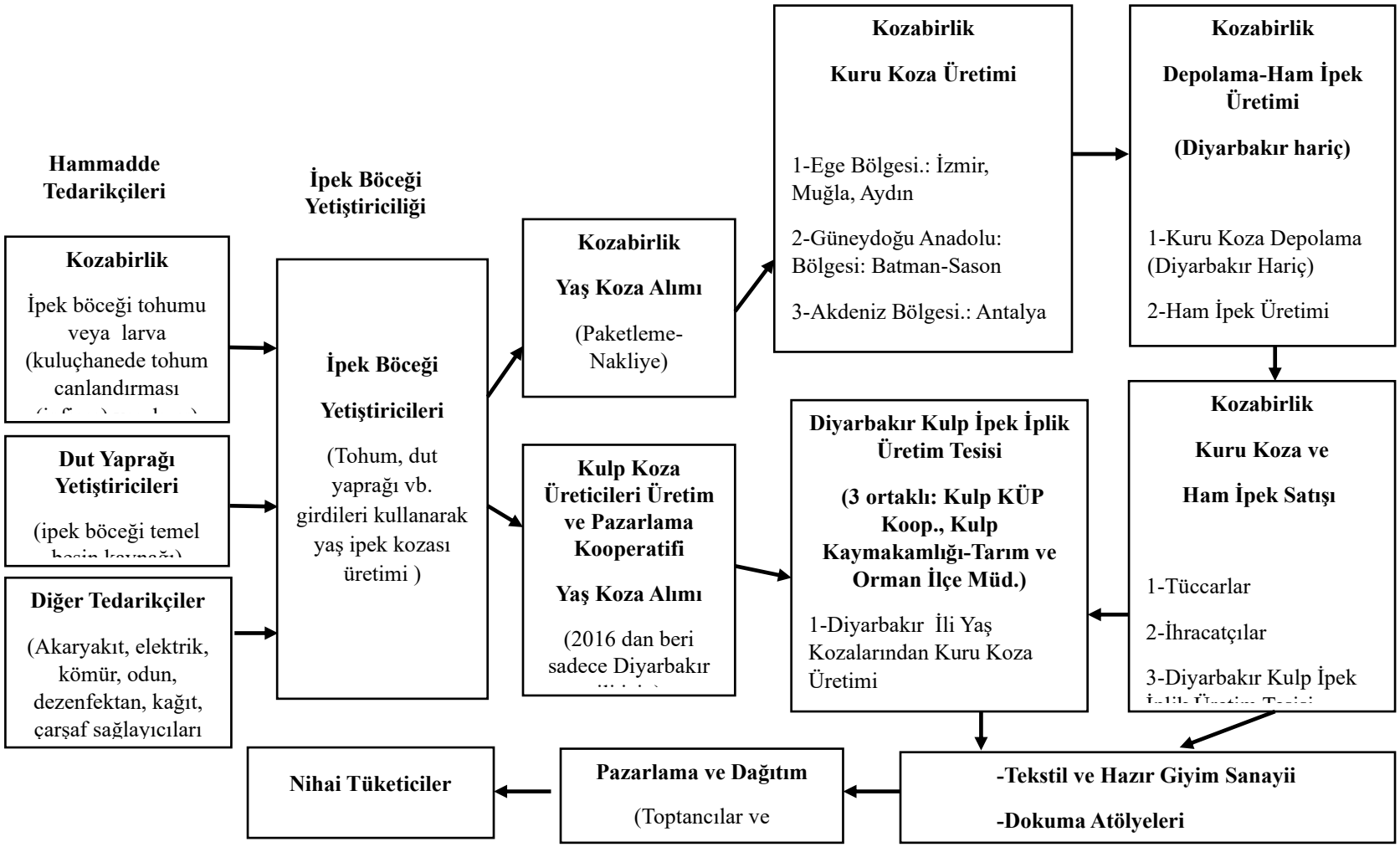

**Görsel 6. Türkiye İpek Dış Ticareti (Bin US $)**
Kaynak: ITC Trade Map, 2024.

## 4.TÜRKİYE'DE İPEK TEDARİK ZİNCİRİ: SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Ürünlerin bulunabilirliğini ve maliyetini belirlemede son derece önemli bir rol oynayan tedarik zinciri; "bir dizi işletmenin (tedarikçiler, üreticiler, dağıtıcılar ve perakendeciler) hammadde temin etmek, bu hammaddeleri belirli nihai ürünlere dönüştürmek ve bu nihai ürünleri müşterilere ulaştırmak amacıyla tüm değer zinciri boyunca iş birliği yaptığı (iş birliği

ve koordinasyon sağladığı) bir organizasyon ve süreçler ağı" olarak tanımlanmaktadır (Lapinskaitė and Kuckailytė, 2014; Ivanov et al., 2021; Demirbaş, 2024).

İpek tedarik zinciri; dut yetiştiriciliğinden başlayarak, ipek böceği yetiştiriciliği, koza hasadı, ham ipek iplik üretimi, ham ipek ipliğinin işlenmesi, bükülmesi ve dokunması, sonraki ürünlere dönüşmesi için baskı, boyama ve son işlemden geçerek nihai halini alan ürünlerin pazarlama-dağıtım kanallarıyla nihai tüketicilere ulaştırılmasını içeren geniş bir iş birliği sürecine sahiptir ve yarattığı katma değerle ülke ekonomileri için önemlidir (Görsel 7). Tedarik zincirindeki her bir paydaş/katman birbiriyle bağlantılı olup; bunlar arasındaki herhangi bir kesinti ürün arzı ve talebi arasında boşluğa neden olabilmektedir (Islam et al., 2023). Bu ise, üretim ve ticaretin başarısını dolayısıyla ülkelerin ekonomisini ve refahını olumsuz yönde etkileme gücüne sahiptir. Birçok çalışmada, Türkiye'de ipek tedarik zincirindeki temel güçsüzlüğün hammadde tedarik ve ipek kozası üretimi ile ilgili olduğu belirtilmektedir (Şahinler ve Şahinler, 2002; Başkaya, 2013; Taşkaya Top vd., 2015; İleri, 2017; Akgül, 2021; Camuz ve Gül, 2022). Görsel 7'de Türkiye için hazırlanan tedarik zinciri kapsamında yaş koza üretiminin temel hammaddelerinden biri olan tohum temininde tek yetkili olan Kozabirlik'in Diyarbakır ili dışında yaş koza alım ve satım sürecinde tek aktör olmasının kırılganlığı arttırdığı da değerlendirilebilir. Yine, Kozabirlik tarafından Ege, Güneydoğu, Akdeniz ve Marmara Bölgeleri'nden toplanan kozaların, Eskişehir'deki Sarıcakaya Koza Çekim Tesisi Mayıslar Şubesi'nde depolanarak satışların bu merkezden yapılmasının, tekstil ve hazır giyim sanayii ile dokuma atölyelerinin tedarik maliyetlerini arttırarak rekabet gücünü azalttığı, dolayısıyla etkin bir organizasyon yapısının geliştirilmesinin önemli olduğu değerlendirilmektedir.




**Görsel 7. Türkiye'de İpek Tedarik Zinciri**

Kaynak: Min and Zhou, 2002; TTSİS, Tarih Belirtilmemiş, M. Çaçan, 2024, sözlü görüşme; M. Çakır, 2024, sözlü görüşme kaynaklarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

Tedarik zinciri, malzemelerin tedarik edilmesi, ara ve nihai ürünlere dönüştürülmesi ve tüketicilere ulaştırılması aşamalarında etkin bir iş birliği ve koordinasyonu gerektirmektedir (Demirbaş, 2024). Bu kapsamda, Türkiye'de ipek üretiminin ve ticaretinin gelişimini etkileyen temel sorunların tedarik zinciri boyunca ele alınarak bütüncül bir yaklaşımla ortaya konulması son derece önemlidir. Nitekim, tedarik zincirindeki sorunlar; ipekböceği yetiştiriciliği öncesinden başlayarak, ipek iplik temini ve nihai ürüne işleme ve bu ürünlerin pazarlamasına kadar tüm süreçleri etkileyerek sektörde ciddi darboğazlara ve mevcut potansiyelinin değerlendirilmesinde kısıtlara yol açmaktadır. Türkiye'de ipek üretimindeki tedarik zinciri sorunları ve çözüm önerileri birkaç ana başlık altında aşağıda özetlenmiştir (Çizelge 3).

**Çizelge 3. Türkiye'de İpek Tedarik Zincirindeki Sorunlar ve Çözüm Önerileri**

| Sorunlar | Çözüm Önerileri |
|---|---|
| **-Hammadde yetersizliği:** İpek üretiminde karşılaşılan temel sorun, yeterli miktar ve kalitede ucuz hammaddeye erişimdeki güçlüktür. Tedarik zincirindeki iki noktada hammadde yetersizliği yaşanmaktadır. Birincisi, ipek böceği temel besin maddesi olan taze, kimyasal ilaçla teması olmayan, temiz, kaliteli dut yaprağı yetersizliğidir. İkincisi ise, ipek sanayii ve dokuma atölyelerinin ihtiyacı olan ve birincil üretime bağlı olan ham ipek miktarındaki yetersizliktir. Dolayısıyla sektördeki hammadde yetersizliğinin temel sebebi tedarik zincirinin birinci halkasındaki ipek böceği larvalarının ihtiyacı olan dut yaprağı üretimindeki yetersizlikle yakından ilgilidir. Bunda, üreticilerin ipek böcekçiliğine göre getirisi daha yüksek ve istikrarlı olan diğer tarım ürünlerini tercih ederek arazilerini dut ağaçlarına tahsis etmek istememeleri yatmaktadır. | **-Dut yaprağı üretimi artırılmalı:** Üreticilere kapama dut bahçe tesisi için yeterli destek ve teşvikler sağlanmalıdır. Üreticilere yüksek verimli dut fidanı destekleri verilmelidir.<br>Yüksek verimli dut çeşitlerinin geliştirilmesi için araştırma geliştirme çalışmaları desteklenmelidir.<br>Atıl arazilerin dut ağacı yetiştiriciliği için kullanılmasına yönelik devlet teşvikleri yapılabilir. Bu kapsamda, ipek böcekçiliği yapan üreticilere, kooperatiflere dut ağacı yetiştiriciliği için uygun hazine arazilerini kiralama önceliği verilebilir.<br>**-Alternatif besin kaynakları kullanımı:** İpek böceği yetiştiriciliğinde koza üretimini ciddi oranda kısıtlayan dut yapraklarının tüm yıl boyunca bulunmamasını bertaraf etmeye yönelik yapay yemle besleme çalışmaları desteklenmelidir.<br>**-Organik tarım alanlarında dut yetiştiriciliğinin yapılması teşvik edilebilir.** |
| **-Besleme evlerinin eksikliği ve yetersizliği:** Türkiye'de yeterli sayıda ve özellikte besleme evinin olmayışı, verimliliği ve üretimin sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir. Besleme evlerinin çoğunun fiziksel açıdan yetersiz ve bakımsız yapılarda yapılması üretim sürecini zorlaştırmakta ve ciddi kayıplara neden olabilmektedir. | **-Mevcut besleme evlerinin sayısı ve durumunu ortaya koyan bir envanter yapılmalı ve hedeflenen üretim miktarına uygun besleme evi yapımı sağlanmalıdır.**<br>**-Standartlara uygun yeni besleme evlerinin inşa edilmesi ve mevcut besleme evlerinin standartlara uygun şekilde modernize edilmesi sağlanmalıdır. Bu kapsamda, üreticilere uzun vadeli düşük faizli kredi desteği sağlanmalıdır.**<br>**-Üreticilerin ortak besleme evi kurmaları teşvik edilerek yapım maliyetleri azaltılabilir.** Bu amaçla, ortak besleme evi kuranlara ek destek, vergi indirimleri gibi teşvikler sağlanabilir. |

| | |
|---|---|
| | **-Besleme evleri için yapı ve işletme standartları oluşturulmalı ve küçük, orta ve büyük ölçekli üretime uygun tip projeler hazırlanarak proje maliyetleri ve zaman kaybı azaltılabilir.**<br>**-Besleme evlerine akıllı tarım teknolojileri (sıcaklık ve nem sensörleri, uzaktan izleme sistemleri vb.) entegre edilerek etkinlik artırılabilir.**<br>**-Tarım ve Orman Bakanlığı önderliğinde modernize edilmiş örnek besleme evleri yapılarak üreticilerin modern besleme evlerine geçişleri özendirebilir.** |
| **-Teknolojik altyapı eksikliği:** İpek böceği yetiştiriciliğinde ve ipek işlemede kullanılan makineler ve ekipmanların eski ve yetersiz oluşu verim, kalite ve maliyetleri olumsuz yönde etkilemektedir. | **-Teknolojik alt yapı güçlendirilmeli:** Sektörde modern makinelerin ve ekipmanların kullanımını sağlayacak hibe ve destekler verilmelidir. Bu kapsamda, ipek böceği üreticilerine ve ipek işleyen işletmelere proje bazlı hibeler ve düşük faizli uzun vadeli kredi destekleri verilebilir. |
| **-Yeterli sayıda ve dağılımda ipek işleme ve çekim tesisinin olmaması: Türkiye'de** Eskişehir ve Diyarbakır illerinde olmak üzere iki modern ipek çekim ve büküm tesisi bulunmaktadır. Bu durum lojistik maliyetleri artırarak ürün fiyatlarının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca, Batman-Sason'da toplanan kozaların, işlenmek için Diyarbakır yerine Eskişehir Sarıcakaya'daki tesise götürülmesi hem ulaşım maliyetlerini artırmakta hem de Diyarbakır'daki tesisin atıl kalmasına neden olmaktadır. | **-İpek işleme ve çekim tesislerinin üretimin yapıldığı merkezlere yakın olacak şekilde kuruluş yeri seçimi yapılarak tesis sayısı artırılabilir.**<br>**-Diyarbakır'daki ipek işleme ve çekim tesisinin atıl kalmaması için yöredeki kozaların işlenmesini sağlayacak yasal ve idari düzenlemeler yapılabilir.** |
| **Pazarlama ve dağıtım sorunları:** Yurt içi pazarda talebin sınırlı, yurt dışındaki pazarlarda rekabetin yüksek olmasının yanı sıra markalaşma çabalarının yetersiz olması sektörün gelişmesini engellemektedir**.** Bununla birlikte koza üretiminin yapıldığı kırsal bölgelerden sınırlı sayıda olan ipek işleme ve dokuma tesisleri ile ihracat noktalarına taşıma yüksek maliyetlidir. | **-Kaliteli ve ucuz ipek hammaddesine erişim için yurt içi üretim artırılmalı.**<br>**-Türk ipekli ürünleri için markalaşma sağlanmalıdır:** Bunun için ipekçilikteki tarihi ve kültürel değerler vurgulanabilir.<br>**-Yeni pazarlara girmek için pazar araştırmaları yapılmalı.**<br>**-Araştırma-Geliştirme ve İnovasyon desteklenmeli:** İpekten yapılan yenilikçi ürünlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar desteklenmeli.<br>**-Bursa gibi tarihi ipek merkezlerinde ipek turizmi yapılarak Türk ipeğinin uluslararası tanınırlığı artırılabilir.**<br>**-Üretim merkezlerinin özelliğine bağlı olarak yeterli sayıda ve dağılımda ipek işleme ve dokuma tesislerinin kurulması sağlanabilir. Ayrıca, mevcut tesislerin en yakın bölgeden koza** |

| | |
|---|---|
| | **alımına sağlayacak düzenlemelerin yapılması önemlidir.** |
| **-Eğitim ve Bilgi eksikliği:** Üreticilerin ipek böceği yetiştiriciliğinde yeterli eğitim ve bilgiye sahip olmaması verim ve kalite düşüklüğüne dolayısıyla maliyet artışına neden olmaktadır. | **-İpek böceği yetiştiriciliği konusunda eğitimlerin sayısı artırılabilir. Eğitimlerin etkinliğini arttırmak için üreticilerden düzenli geri bildirimler alınabilir. Üreticilere verilen eğitimlerin içeriği video, görsel ve yazılı materyallerle zenginleştirerek etkinliği arttırılabilir.**<br>**-Uygulamalı eğitimler verilebilir. Örnek besleme evlerinde demonstrasyon yapılarak modern yöntemlere geçiş hızlandırabilir.**<br>**-E-öğrenme kapsamında çevrimiçi kurslar verilebilir.**<br>**-Mobil uygulama geliştirilerek üreticilerin bilgiye erişimi kolaylaştırılabilir.**<br>**-Uzmanlarca teknik destek sağlanarak üretim sürecinde oluşabilecek sorunlara etkin çözümler sunulabilir.** |
| **-İpek böceği yetiştiriciliğine karşı ilginin düşük olması:** İpek böcekçiliği hasat süresinin kısa ve alım garantisinin olması gibi birçok avantajına rağmen, yeterli miktarda dut yaprağına erişimde güçlük yaşanan faaliyette gerekli teknik ve hijyen koşullarına uyulmadığında tüm ürünün kayıp riski oldukça yüksektir. Bununla birlikte, tarım sektöründe yaşanan sorunlara bağlı olarak gençlerin tarımdan uzaklaşması da ipek böcekçiliği faaliyetine ilginin azalmasına neden olmaktadır. | **-İpek böceği yetiştiricilerine halihazırda bazı destekler verilmekle birlikte belirtilen hammadde ve altyapı eksiklerinin giderilmesi elzemdir.**<br>**-İpek böcekçiliğine ilgiyi artırmak için basılı ve görsel medyada tanıtıcı bilgiler verilebilir. Başarı hikayeleri öne çıkarılarak özellikle gençler özendirilebilir.**<br>**-İpek böcekçiliği agroturizm ve ekoturizm faaliyetleriyle desteklenebilir.** |
| **-Örgütlenme düzeyinin yetersiz olması:** İpek böceği yetiştiriciliği yapılan il sayısı 2022 yılı itibariyle 53 il olmakla birlikte Kozabirlik'in Bursa, Bilecik, Adapazarı, Eskişehir-Sarıcakaya ve Alanya olmak üzere beş kooperatifi il bazında teşkilatlanmıştır. Kozabirlik dışında yer alan bir diğer kooperatif ise Kulp Koza Üreticileri Üretim ve Pazarlama Kooperatifi'dir. Dolayısıyla kooperatifleşmede bir merkezileşme sorunu olduğu değerlendirilmektedir. İzmir ili Ödemiş ilçesinde yapılan saha çalışmasında üreticilerin ipek üretimi ile ilgili bir kooperatife üye olmadığı tespit edilmiştir. İpek böceği yetiştiriciliği ve ipek işlemede | **-İpek böceği yetiştiriciliği yapılan illerde ve bölgelerde kooperatifleşme düzeyini artırıcı devlet desteği verilmelidir.**<br>**-Kozabirlik'in üretimin yoğun yapıldığı Batman, Antalya, Muğla, Ankara, İzmir, Bolu, Rize, Hatay gibi illerde de kooperatifleşerek, üreticilerin kolaylıkla üye olabileceği şartların oluşturulması ve böylelikle daha güçlü bir örgütlenme düzeyi sağlanabilir.**<br>**-Üreticilere kooperatifleşmenin önemi ve faydalarını içeren eğitimler verilebilir.** |

| | |
|---|---|
| kooperatifleşme düzeyinin düşük olması gelişmede önemli bir sorundur. | |
| **-Organizasyonel yapının yetersizliği:** Türkiye'de ipek böcekçiliğinin temel hammaddelerinden biri olan tohum üretiminde tek yetkili kuruluş olan Kozabirlik'in Diyarbakır ili dışında yaş koza alım ve kuru koza satımda baş aktör olması sektörün kırılganlığını artırmaktadır. Bununla birlikte, Kozabirlik'in Ege, Güneydoğu, Akdeniz ve Marmara bölgelerinden topladığı kozalar, Eskişehir'deki Sarıcakaya Koza Çekim Tesisi Mayıslar Şubesinde depolanarak satışların bu merkezden yapılması, tekstil ve hazır giyim sanayii ile dokuma atölyelerinin tedarik maliyetlerini artırmaktadır. | **-Koza alım ve satım sürecinde Kozabirlik dışında özel teşebbüsün de yer aldığı daha etkin bir organizasyon yapısının kurulması maliyet ve fiyatları daha etkin bir hale getirebilir. Mevcut organizasyon yapısı aksak rekabet koşullarına neden olmakta, bu ise ülkenin rekabet gücünü zayıflatmaktadır.** |

Kaynak: Şahinler ve Şahinler, 2002; Başkaya, 2013; Taşkaya Top vd., 2015; İleri, 2017; Akgül, 2021; Yamamoto et al., 2022; Camuz ve Gül, 2022; Gürel, 2023; TÜİK, 2024b.

## 5.SONUÇ

Geçmişte ipek ticaretinde önemli bir konumda yer alan Türkiye, günümüzde ipek üretim ve üretim sürecinin de dahil olduğu tedarik zincirindeki çeşitli sorunlar nedeniyle dışa bağımlı bir konuma gelmiştir. Dolayısıyla Türkiye, ipek tedarik zincirinin halkalarındaki sorunlara bağlı olarak fiyat ve maliyet avantajı sağlayamadığından uluslararası pazarda rekabet edememektedir. İpek tedarik zincirindeki en temel sorun yeterli miktarda, kalitede ve ucuz hammaddeye erişimdeki güçlüktür. Bu sorunun temelinde tedarik zincirinin birincil halkası olan ipek böceği yetiştiriciliğindeki; dut yaprağı üretimindeki yetersizlik, besleme evleri ve teknolojik alt yapıdaki eksikler, üreticilerin ilgi ve eğitim düzeyinin düşüklük ile örgütlenme ile üretim ve pazarlamadaki organizasyonel yapının yetersizliği gibi birçok sorunun halihazırda devam etmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, ipek ve ipek ürünleri üretimi için elzem olan işleme ve çekim tesislerinin yeterli sayıda ve etkin bir coğrafi dağılımda olmaması, pazarlama ve dağıtımdaki maliyetleri artırarak tedarik zincirinin verimliliğini ve kârlılığını olumsuz etkilemektedir. Üretim sürecinin her aşamasını etkileyen ve sürdürülebilirliği kısıtlayan bu sorunların çözümüne yönelik etkin politikaların hayata geçirilmesi kritik önemdedir. Bu noktada, desteklemeler ve teşviklerin daha etkin hale getirilerek dut yaprağı üretiminin artırılması ve alternatif besin kaynaklarının araştırılması, beslenme evlerinin modernize edilmesi, teknolojik altyapının güçlendirilmesi, eğitim, kooperatifleşme gibi çözümleri içeren tarım politikaları ile birlikte sanayi ve ticaret politikalarının bütüncül bir anlayışla hayata geçirilmesi gerekmektedir. Böylelikle, sahip olduğu elverişli coğrafi konum ve ipek üretimindeki tarihsel deneyimiyle Türkiye'nin, ipek ve ipekli ürün üretim ve ticaretinde katma değeri yüksek sürdürülebilir bir rekabet gücü kazanması mümkündür.

## KAYNAKÇA

Ağırgan, M., Cumhuriyet Döneminde Edirne'de İpek Böcekçiliği, Electronic Journal of Vocational Colleges, 6,1, 2016.

Akgül, K., *Kırsal Kalkınma Bağlamında Türkiye'de İpek Böcekçiliği: Bursa İli Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir, 2021.

Anonymous. (2024). Silk Market–Global Industry Analysis and Forecast (2024-2030). https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-silk-market/26259/ (Erişim tarihi: 05.09.2024).

Başkaya, Z., Gelişimi ve Dağılışı Bakımından Türkiye İpekböcekciliğinde Bilecik İlinin Yeri, Sorunları ve Çözüm Önerileri, Doğu Coğrafya Dergisi, 18,30, 2013.

Binboğa, G. ve Demirbaş, N., Türkiye'de Son On Yılda İpekli Dokuma Halı Üretim ve Dış Ticaretinde Ortaya Çıkan Gelişmeler, Africa 4th International Conference on New Horizons in Sciences, Casablanca, 171-186, 2024a.

Binboğa, G. ve Demirbaş, N., Türkiye'de Son On Yılda İpekli Dokuma Kumaş Üretim ve Dış Ticaretinde Ortaya Çıkan Gelişmeler: Kısıtlar ve Öneriler, Africa 4th International Conference on New Horizons in Sciences, Casablanca, 156-170, 2024b.

Camuz, E. ve Gül, A., Hatay İli, Defne, Antakya, Samandağ ve Yayladağı İlçelerinde İpek Böceği Yetiştiriciliğinin Genel Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri, Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 27,3, 2022.

Demirbaş, N., 2024, Kısa Tedarik Zincirlerinin Tarım-Gıda Ürünleri Lojistik Sorunlarına Çözüm Üretme Kapasitesinin Değerlendirilmesi, K. Özrenk, A. Bolat (Eds.), Ziraat ve Orman Ürünleri Alanında Uluslararası Çalışmalar, (s.100-111), Serüven Yayınevi, Ankara, 2024.

DPT. (1982). Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Programı, Halıcılık Alt Komisyon Raporu. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/5-DokumaveGiyimSektoru_HalicilikAltKomisyonuRaporu.pdf ( Erişim tarihi: 07.09.2024).

FAOSTAT. (2024). Livestock Statistics, https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL, (Erişim tarihi: 10.09.2024).

Grześkowiak, J., Łochyńska, M. and Frankowski, J., Sericulture in Terms of Sustainable Development in Agriculture, Problemy Ekorozwoju – Problems of Sustainable Development, 17, 2, 2022.

Gunasekaran, A., Patel, C., and McGaughey, R. E., A Framework for Supply Chain Performance Measurement, International Journal of Production Economics, 87,3, 2004. doi:10.1016/j.ijpe.2003.08.003

Güler, D., Türkiye'de İpek Böcekçiliğinin Çok Boyutlu Ölçekleme ve Kümeleme Analizleri ile İncelenmesi, KSÜ Tarım ve Doğa Derg., 24,1, 2021.

Gürel, F., İpekböceği (Bombyx mori L.) Yetiştiriciliğinde Yapay Yem Karışımlarının Kullanımı, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 51, 2023.

ISC, (International Sericultural Commission), Raw Silk Production in Major Silk Producing

Countries from 2015 to 2020, Journal of Silk, 58, 2021.

ITC Trade Map. (2024). Trade Statistics, https://www.trademap.org/Index.aspx (Erişim tarihi: 10.09.2024).

Islam, S., Shill, A.C., Alam, S., Asha, A.A. and Hossain, R., Silk Industry Supply Chain Complexity: A Comparative Study on Finding the Gap Between Demand and Supply, Supply Chain Insider, 11, 01, 2023.

Ivanov, D., Tsipoulanidis, A. and Schönberger J., Global Supply Chain and Operations Management: A Decision-Oriented Introduction to The Creation of Value, Springer Nature, Switzerland, 2021.

İleri, B., *Hatay İlinde İpekböceği Yetiştiriciliği, İpek Dokumacılığı ve Sürdürülebilirlik Önerileri*, Sanatta Yeterlilik Tezi, Gazi Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Ankara, 2017.

Karaca, E. (2008). Bursa'da İpekböcekçiliği ve İpek Üretiminde Mevcut Durum, Yaşanan Sorunlar ve Çözüm Önerileri, KÖKSAV E-Bülteni http://www.koksav.org.tr/ebulten/eyl-ek-kas2008/081127_kok_hk-ekaraca.pdf (Erişim tarihi: 10.09.2024).

Kaya, A. ve Ateş, M., Türkiye'de İpek Böceği Yetiştiriciliğinin Gelişimi, 3. International Anatolian Congress on Scientific Research, 706-712, Kayseri, 2022.

Lapinskaitė, I. and Kuckailytė, J., The Impact of Supply Chain Cost on the Price of the Final Product, Business Management and Education, 12,1, 2014.

Lee, H.L. and Billington, C., Material management in decentralized supply chains, Operations Research, 41, 5, 1993.

Mushtaq, R., Qadiri, B., Lone, F.A., Raja, T.A., Singh, H., Ahmed, P. and Sharma, R., Role of Sericulture in Achieving Sustainable Development Goals, Problemy Ekorozwoju, 18, 1, 2023.

Min, H. and Zhou, G., Supply Chain Modeling: Past, Present and Future, Computers & Industrial Engineering, 13, 2002.

Pereira, R.F.P., ilva, M.M. and de Zea Bermudez, V., *Bombyx mori* Silk Fibers: An Outstanding Family of Materials, Macromolecular Materials and Engineering, 30,12, 2014.

Popescu, A., The EU Textile and Clothing Trade and Its Impact on Silk Worm Rearing Development, Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development, 13, 1, 2013.

Popescu, A., Şerban, V. and Ciocan, H.N., New Trends in the Global Silk Production in the Period 2011-2022, Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development, 24, 1, 2024.

Resmi Gazete. (2020). Arıcılık, İpekböcekçiliği, Kaz ve Hindi Yetiştiriciliği Yatırımlarının Desteklenmesine İlişkin Uygulama Esasları Tebliği (Tebliğ No: 2020/36). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/12/20201205-4.htm (Erişim tarihi: 25.09.2024).

Resmi Gazete. (2024). 2024-2026 Yıllarında Yapılacak Hayvancılık Desteklemelerine ilişkin Karar, Karar Sayısı: 8760. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2024/07/20240726-4.pdf (Erişim tarihi: 25.09.2024).

Şahan, Ü. (2022). İpek Böceği Yetiştiriciliği ve Sorunları, İpekböcekçiliği Çalıştayı Sonuç Raporu, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Diyarbakır, https://arastirma.tarimorman.gov.tr/gaputaem/Belgeler/projeler/hayvancılık/İpekböceği%20Çalıştay%20Sonuç%20Raporu%2026-27%20Mayıs%202022.pdf (Erişim tarihi: 18.11.2024).

Şahan, Ü. (2024). The Development of Sericulture History and Present Situation in Turkey. https://www.bacsa-silk.org/user_pic/files/Prof.Sahan.Seric.in%20Turkey.pres..pdf, (Erişim tarihi: 15.09.2024).

Şahan, Ü. ve Turhan, Ş., Türkiye İpekböcekçiliğinde Kadının Rolü ve Önemi, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34, 2, 2020.

Şahinler, N. ve Şahinler, S., Hatay İl'inde İpekböceği Yetiştiriciliğinin Mevcut Durumu Sorunları ve Çözüm Önerileri Üzerine Bir Araştırma, MKU Ziraat Fakültesi Dergisi, 7, 1-2, 2002.

Sydykova, G., *Türkiye'de İpekli Tekstil Ürünlerinin ve Sanayisinin Dünü ve Bugününün Saptanması ve Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2009.

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2020). İpek Böceği Besleme Evi ve Dut Bahçesi Tesisi Yatırımcı Rehberi. https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/TARYAT/Belgeler/Projeler/ipek.pdf (Erişim tarihi: 17.09.2024).

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2021). Arıcılık, İpekböcekçiliği, Kaz ve Hindi Yetiştiriciliği Yatırımlarının Desteklenmesine İlişkin Proje Uygulama Rehberi. https://www.tarimorman.gov.tr/HAYGEM/Duyuru/140/Aricilik-Ipekbocekciligi-Kaz-Ve-Hindi-Yetistiriciligi-Yatirimlarinin-Desteklenmesine-Iliskin-Proje-Uygulama-Rehberi-Yayinlanmistir (Erişim tarihi: 17.09.2024).

Taşkaya Top, B., Türkiye İpekböcekçiliğinde Kozabirliğin Rolü, TEPGE Bakış, ISSN: 1303–8346, 2011.

Taşkaya Top, B., Özüdoğru, T., Özer, O. O., Bars, T., Polat, K., Yasan Ataseven, Z., Uçum, İ. ve Albayrak, M., Türkiye'de İpekböcekçiliği Yapan İşletmelerin Sosyo-Ekonomik Yapısının Belirlenmesi, TEPGE Yayın No:263, Ankara, 2015.

TEPGE. (2022). Tarım Ürünleri Piyasaları: İpekböcekçiliği. https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tarım%20Ürünleri%20Piyasaları/2022-Ocak%20Tarım%20Ürünleri%20Raporı/İpekböcekçiliği,%20Ocak-2022%20Tarım%20Ürünleri%20Piyasa%20Raporu--+.pdf (Erişim tarihi: 05.09.2024).

TÜİK. (2024a). Tarım İstatistikleri. https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111 (Erişim tarihi: 05.09.2024).

TÜİK. (2024b). Hayvancılık İstatistikleri. https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr (Erişim tarihi: 05.09.2024).

TTSİS (Türkiye Tekstil Sanayii İşverenleri Sendikası). (Tarih Belirtilmemiş), Tekstil ve Hazır Giyim Sanayiinin Türk Ekonomisindeki Yeri. https://www.tetsiad.org/files/raporlar/thg%20raporu.pdf (Erişim tarihi: 05.11.2024).

Yamamoto, M., Machida, J., Shinohara, M., Igarashi, A. and Kawahara, Y., Influence of Tobiko-Mixed Artificial Diet on Textile Properties of *Bombyx mori* Silkworm Cocoons, Journal of Natural Fibers, 19, 13, 2022.

Yurtoğlu, N., Cumhuriyet Döneminde Türkiye'de İpek Böcekçiliği (1923-1950), Çağdaş Türkiye Tarihi Araştırmaları Dergisi, XVII, 34, 2017.

Zhang, Y., Zhao, P., Dong, Z., Wang, D., Guo, P., Guo, X., Song, Q., Zhang, W. and Xia, Q., Comparative Proteome Analysis of Multi-Layer Cocoon of the Silkworm, *Bombyx mori*, PLoSONE, 10, 4, 2015.

# THE POTENTIAL AND POSSIBILITIES OF USING MYCORRHIZA IN SUSTAINABLE AGRICULTURE

**Research Assist. Merve KARAKOYUN**

University of Bilecik, Faculty of Agriculture and Natural Science, Department of Horticulture, Bilecik, Türkiye,

merve.karakoyun@bilecik.edu.tr, 0000-0001-7438-4738

**Assoc. Prof. Dr. Muzaffer İPEK**

University of Selçuk, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Konya, Türkiye,

mipek@selcuk.edu.tr, 0000-0002-5773-7236

## ABSTRACT

Increasing urbanization, which is based on the rapid increase in the world population and global climate change, has caused a decrease in fertile agricultural areas and, accordingly, the use of unproductive lands in agricultural production. With the emergence of the Green Revolution in the 20$^{th}$ century, the food necessary for the increasing world population was provided by agricultural machinery and equipment, irrigation techniques, the development of hybrid seeds, and the use of synthetic fertilizers. As a result of excessive tillage and the use of synthetic fertilizers, the infertility of agricultural lands cannot be prevented. In the last few decades, studies have been conducted on making unproductive agricultural lands usable or the use of beneficial soil-based microbes that can survive with plants. The results of these studies have shown that nutrient-poor soils and soils exposed to abiotic stress are made usable by beneficial microorganisms, and it has been concluded that these problems are solved in plant–microorganism cocultivation. In this context, mycorrhizae have come to the forefront because of their ability to help plants take up some plant nutrients by converting them into soluble forms.

**Keywords**: Food security, next-generation sequencing, biocontrol, symbiosis

## 1.INTRODUCTION

Crop production, food security, and soil health are all under severe stress in emerging nations because of the world's rapidly expanding population and decreasing supply of agricultural land. Many problems threaten the ability of agriculture to meet human needs now and in the future. These include a high loss of biodiversity; land degradation from soil erosion, compaction, salinization, and pollution; depletion and pollution of water resources; higher production costs; a decrease in the number of businesses and poverty; a decrease in the rural population; and an increase in the number of people living in cities (Rivera-Ferre et al. 2013; Lemke 2014). In the face of these problems, the idea of sustainable agriculture has gained importance alongside the concept of inclusive sustainable development since the publication of the Brundtland Report in 1987 (Tait and Morris 2000). Increasing crop output while mitigating climate change and safeguarding agroecosystems is one of the most important aims of sustainable agriculture. However, as agricultural demand has increased and intensive synthetic fertilizers and pesticides have been used, living creatures in the world's flora have led to land degradation and environmental contamination in many agroecosystems, both of which have negative consequences. As a result of the increase in agricultural demand and the use of intensive synthetic fertilizers and pesticides, living things in the world's flora have led to land degradation and environmental pollution in various agroecosystems that have negative effects. It integrates biological, physical, chemical, and ecological principles to develop new practices that are not harmful to the environment (Lichtfouse et al. 2009). Furthermore, sustainability can potentially help meet food and agricultural needs worldwide (Singh et al. 2011). Because of the need to reduce chemical products (chemical fertilizers, pesticides, and supplements) while promoting sustainable agriculture and conserving the environment, the use and research of microorganisms has become increasingly popular worldwide (Figueiredo et al. 2010).

Plants, in conjunction with microbes, can achieve adequate growth development. Mycorrhizae in contact with the soil turn nonexistent nutrients into their existing form, making them useful to plants. Furthermore, soil mycorrhizae act as barriers against pathogens. Natural plant growth promoters, such as microorganisms, also help maintain soil fertility and provide biocontrol of plant diseases; thus, they are attractive long-term options for increasing crop yields. Microorganisms are important components of soil, and their helpful or destructive actions directly or indirectly impact soil health (Dilnashin et al. 2020). Microorganisms are only successful when appropriate and ideal metabolic circumstances, such as accessible water, oxygen, pH, and ambient temperature, are present. Owing to advances in technology, a significantly greater number of microbial cultures and vaccine variants are now accessible on the market. Significant results have been attained in settings where technical guidance and the marketing of microbial goods are coordinated with one another (Keswani 2015; Singh et al. 2016).

The harmful effects of overusing or misusing chemical-based fertilizers, as well as a growing understanding of the interaction between rhizosphere microorganisms and plants, are driving a global increase in the manufacture and application of microbial fertilizers (Babalola et al. 2007; Babalola 2010; Alori et al. 2017). Mycorrhizae play a critical role in reducing plant stress and enhancing agricultural output. They indirectly help reduce agricultural chemical consumption and pollution.

## *2. MYCORRHIZAE AND THEIR FEATURES*

Mycorrhizae are widespread mutualistic symbionts that form between plant roots and soil fungi. The majority of mycorrhizae are plant-forming; however, their distribution is diverse: arbuscular mycorrhizal fungi are the most common (72%), followed by orchid mycorrhizal fungi (10%), ectomicorhizal fungi (2%), and ericoid mycorrhizal fungi (1.4%) (Tedersoo et al. 2020). Multiple mycorrhizal types coexist in many habitats where plant and fungal species create multiple mycorrhizal species under some circumstances. Furthermore, by colonizing different hosts, a single fungus can form a "common mycorrhizal network." Several researchers have reported that mycorrhiza and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation may be advantageous for agriculture (Table 1) (Ordookhani et al. 2010; Najafi et al. 2012;). Mycorrhizae are beneficial microorganisms that encourage plant growth and play a vital role in enhancing plant nutrition (Roesti et al. 2006; Behl et al. 2012;). When plant roots are inoculated with mycorrhizae, the plant is able to increase its uptake of nutrients such as nitrogen, potassium, phosphorus, calcium, and magnesium (Meding and Zasoski 2008; Javaid 2009; Latef and Hamed 2011).

Mycorrhizae can improve plant growth, productivity, and yield by increasing the rate of photosynthesis and facilitating the uptake of essential minerals (Chugh, et al. 2022). They also help protect plants from root pathogens, toxic elements, and drought stress (Yousefi 2018; Iradhatullah 2023;). Mycorrhizae contribute to maintaining soil structure and fertility by promoting aggregate formation, improving water and air flow, and enhancing nutrient cycling (Pagano et al. 2011; Adnan et al. 2022).

Mycorrhizal fungi can also play a key role in ecosystem restoration. They enable the establishment of host plants on degraded soils by improving soil quality and health (Chidi et al. 2022). Mycorrhizae have been found to be useful in ecological restoration, enabling the establishment of host plants on degraded soil through improved soil quality and health (Chidi et al. 2022).

***Table 1.*** Examples of studies reporting beneficial interactions between mycorrhizae and plant growth-promoting bacteria under conditions of abiotic and biotic stress

| ***Mycorrhizae*** | ***Bacteria*** | ***Plant species*** | ***Type of stress/benefits*** | ***Reference*** |
|---|---|---|---|---|
| Gigasporarosea BEG9 | Pseudomonas reactans EDP28,and Pantoea alli ZS 3-6 | Cucumber | Amelioration of plant growth under salt stress | (Gamalero et al. 2010) |
| Gigaspora morgorita | Paenibacillus rhizospherae | Apricot | Tolerance to the soilborne pathogen Rosellinia necatrix infection | (Cruz et al. 2014) |
| Rhizophagus irregularis | Pseudomonas jessenii R62 and Pseudomonas synxantha R81 | Tomato | Protection against the root-knot nematode Meloidogyne İncognita | (Sharma and Sharma, 2017) |
| Glomus mosseae and G.etunicatum | Azobacter chroococcum and Azospirillium lipofrum | Walnut | Reduction of negative effects of drought stress and stimulation of | (Behrooz et al. 2019) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | antioxidant enzymatic activites | |
| *Claroideoglomus etunicatum* | Dracocephalum moldavica | Plant growth promotion under drought stress and stimulation of antioxidant enzymatic activites | (Ghanbarzadeh et al. 2020) |

## 2.1. BENEFICIAL ROLES IN NUTRIENT UPTAKE

Inoculation with mycorrhizal fungi encourages the growth of plants, improves their ability to absorb nutrients, and increases their tolerance to a variety of environmental stresses, including drought, heavy metal stress, salt stress, high temperature, floods, diseases, and pests. Mycorrhizal colonization not only increases plant growth but also increases the number of blooms, enhances the quality of the fruit, and causes changes in root development, architecture, and hair. Mycorrhizae provide a multitude of additional benefits to plants, one of which is that they encourage the intake of nutrients, particularly phosphates. In addition, mycorrhizae encourage the growth of healthy seedlings, increase productivity and survival during cultivation, and fortify plants against both biotic (Azcón-Aguilar and Barea, 2015) and abiotic challenges (Swaty et al. 2004). Many researchers have focused their attention on the possibility of mycorrhizal addiction and mineral nutrition, and the positive effects of AM fungi on plant growth can vary greatly depending on the plant species, as well as between cultivars of the same species that are grown in different geographic regions and even between AM fungi themselves (Plenchette et al. 2005; Sousa et al. 2013).

The root systems of plants include large hyphae that increase the surface area of the plant. The outer hyphae of the root system are responsible for extracting nutrients from the soil and transporting them to the appropriate location on the plant. He provided an overview of the connection that exists between the root systems of a plant and the level of mycorrhizal dependency. In general, the degree of dependence on mycorrhizae increases with the coarseness of the roots. Mycorrhizae, also known as symbionts, are located between plants and soils and act as conduits for the exchange of energy and materials. Arbuscular mycorrhizal fungi are obligate biotrophs that feed nutrients and water to plants while also consuming photosynthesis (Jiang et al. 2017).

In terms of sustainable agriculture, it is recognized as an excellent biofertilizer for crop production. Some studies have shown that mycorrhizal inoculation enhances plant development by increasing P nutrition, possibly through a dilution effect, and increasing plant tolerance to Cd and Zn (Table 2). When PGPB and AM were combined to stimulate plant growth and photosynthetic capacity, a synergistic effect was observed, demonstrating that ACC deaminase activity is significant when they interact with the fungus.

***Table 2.*** Mycorrhizal fungi response to metal contamination

| ***Mycorrhizal fungi*** | ***Plant*** | ***Heavy Metal*** | ***Mechanism*** | ***Reference*** |
|---|---|---|---|---|
| Mixed and AM fungi | Red clover | Pb | Stimulation of plant growth under heavy-metal contamination | (Vivas et al. 2003) |
| Mixed species | Carrot and lettuce | Sb | Phytoremediation of Sb | (Lee et al. 2015) |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Glomus versiforme, Rhizophagus intraradices* | *Lotus japonika* | Cd | Increase P nutrition and antioxidant activity | (Jiang et al. 2016) |
| *Funneliformis mosseae* | Pepper | *Cu* | Promote photosynthesis rate and dry mass production | *(Ruscitti et al. 2017)* |
| *Rhizophagus irregularis* | Willows | Pb and Cu | Immobilize metals in soil | (Dagher et al. 2020) |
| *Rhizophagus intraradices* | *Pea* | *Cd* | *Increased accumulation and tolerance to cadmium* | *(Belimov et al. 2020)* |

### *2.2. ATTRIBUTES TO WATER UPTAKE*

Mycorrhizae play crucial roles in plant development. Mycorrhizae and plants have a symbiotic relationship. (Augé 2004) conducted research on a wide range of host plants and fungi. This link is significant in terms of better phosphorus nutrient uptake, and the ability to absorb water required for plant growth can be found in plants. Fungal hyphae are much larger in diameter than plant roots. They also improve water accessibility for the host, even in the smallest soil pores.

Drought stress on host plants is alleviated by arbuscular fungi, which play a crucial role in plant water relationships. Many studies have also shown that plants positively promote water uptake by these fungi (Neumann and George, 2004; Voříšková et al. 2019).

Fungi influence plant water uptake in two ways: the active path and the passive path. They are, in reality, related to plant morphology as well as soil. AM hyphae can grow to be 100 m long in one cm3 of soil. Furthermore, because mycorrhizal hyphae are typically only approximately 2 µM long, they can even allow access to impenetrable soil pores. When the actual volume of water available from smaller pores is determined and compared with the volume from large pores, the advantage linked with AM hyphae's ability to penetrate small pores becomes disputed (Allen 2007).

As a consequence, numerous issues remain unanswered, and the role of AM fungal hyphae in active water uptake has yet to be established unequivocally (Smith and Read 2008). As a result, the continuity between the water-filled pores decreases, the tortuosity of the soil-to-root channel increases, and the soil hydraulic conductivity decreases (Tinker and Nye 2000). In such instances, hyphae can serve as bridges between air-filled pores, allowing water-filled pores to connect to root surfaces (Miller and Jastrow 2000).

### *3.MYCORRHIZAE IN SUSTAINABLE AGRICULTURE*

Agriculture is critical to human sustenance and fundamental development. To meet the demand for items as the human population grows, annual production must increase by 50%. However, in the present world, land degradation has an impact on the physicochemical and biological integrity of soil (Naveen et al. 2017). This condition deteriorates the yield, reduces the product yield, and worsens the supply–demand gap (Ramachandra et al. 2009; Ramachandra and Mahapatra 2015;). Furthermore, the overuse of synthetic fertilizers (Mekonnen et al. 2016) has resulted in water contamination, toxicity, and poor health implications (Chanakya et al. 2012; Chanakya et al. 2013; Li et al. 2017). Because agricultural chemicals can disrupt enzymatic systems and contribute to plant growth, they are the most significant causes of ecological stress in plants (Saladin and Clément, 2005).

Mycorrhizae play a vital role in enhancing crop output by minimizing plant stress. As a result, their contribution to reducing both environmental pollution and agricultural chemical use is significant (Wang et al. 2020). Mycorrhizae, which play important roles in lowering plant

nutrient supplies and the demand for fertilizers, have high potential for regeneration in current agricultural ecosystems. Many plant roots create symbiotic associations with mycorrhizal fungi. Several mycorrhizal fungal species colonize a variety of agricultural plant species (Naher et al. 2013).

Mycorrhizae play crucial roles in sustainable agriculture, particularly in organic farming systems. Several studies have highlighted the benefits of using mycorrhizal fungi in organic farming practices. Mycorrhizal fungi form a symbiotic relationship with plant roots, where the fungi provide the plants with improved nutrient and water uptake, whereas the plants provide the fungi with carbohydrates (Natawijaya et al. 2022; Orji et al. 2022; Akbar 2023). This mutually beneficial relationship is especially important in organic farming systems, where the external input of nutrients is limited (Raviv 2010; Getman-Pickering et al. 2021).

Numerous studies have shown that the application of mycorrhizal inoculants can increase plant growth, yield, and nutrient content in organic farming systems (Raviv 2010; Jamiołkowska et al. 2021; Iqbal 2022; Akbar 2023). Mycorrhizae can increase the uptake of nutrients such as phosphorus, zinc, and nitrogen, which are often limited in organic systems (Harkes et al. 2019; Sethi et al. 2021; Raviv 2010). This can lead to increased crop productivity and quality without the need for synthetic fertilizers (Asadi et al. 2022; Akbar 2023).

Furthermore, mycorrhizal associations can also improve plant resistance to biotic and abiotic stresses, such as drought, pathogens, and herbivores (Long et al. 2010; Gollner et al. 2010; Begum et al. 2019). This can contribute to the overall sustainability and resilience of organic farming systems.

Organic farming practices, such as the use of cover crops, crop rotation, and reduced tillage, have been shown to promote the abundance and diversity of mycorrhizal fungi in the soil (Verbruggen et al. 2010; Heckman and Grantham 2015; Johnson et al. 2016). This, in turn, can increase the benefits of mycorrhizal associations for crop growth and productivity (Raviv 2010; Talwar et al. 2017). Mycorrhizae play crucial roles in sustainable agriculture, particularly in organic farming systems. Several studies have highlighted the benefits of using mycorrhizal fungi in organic farming practices. A large amount of research is now being conducted on the role of mycorrhizae in stimulating plant development via root colonization and plant feeding (Table 3).

***Table 3.*** Effects of mycorrhizal fungi (MFs) on plant growth

| **Influence on** | **Plant** | **Reference** |
|---|---|---|
| Nutrient uptake | pepper, tomato, cereals | Oseni et al. 2010; Wu et al. 2010 ;Cavagnaro and Martin 2011; Guru et al. 2011; Alvarez et al. 2012; Tanwar et al. 2013; Motha et al. 2014 ; Jamiolkowska et al. 2020 |
| Photosynthesis | maize, tomato, poplar | Sheng et al. 2008; Zuccarini and Okurowska 2008; Zhu et al. 2012; Liu et al. 2015 |
| Growth | tomato, olive | Oseni et al. 2010; Guru et al. 2011; Claudia et al. 2013; Conversa et al. 2013 |
| Yield | tomato | Nzanza et al. 2012; Salvioli et al. 2012; Candido et al. 2013; Colella et al. 2014; Jamiołkowska et al. 2020; ). |

## 4.CONCULUSION

Mycorrhizae interact with the majority of cultivated plants and are gaining popularity because of their potential applications in sustainability and organic plant production. Different concepts have emerged from research on plant growth and mycorrhizal productivity. Recent research has

revealed a plethora of mycorrhizal advantages. The reduced use of conventional inorganic chemical fertilizers and pesticides is necessary for sustainable agricultural development (Philippot et al. 2013; Bumunang and Babalola 2014; Alori et al. 2017). Mycorrhizae are considered to have the potential to replace inorganic fertilizers in the future. Mycorrhizae can also improve the condition of deteriorated soils because of their ability to bind heavy metals (Asmelash et al. 2016).

Plants do not develop specific mechanisms of resistance to AM fungal colonization, as they do to biotrophic shoot pathogens, but the degree of colonization (as a percentage of root length and per entire root system) varies depending on many factors, including fungal identity, propagulant density, and P source. It helps the vast majority of plants absorb nutrients and influences higher-level processes, including plant competition and ecological stability.

Mycorrhizae have significant functions, particularly as limiting factors for biotic and abiotic plant stressors, thereby contributing to the reduction in the consumption of agrochemicals, such as pesticides (Wang et al. 2012; Jamiołkowska et al. 2018; Wang et al. 2020;). Mycorrhizae are ancient and widespread symbiotic relationships between a small group of soil fungi and higher plant roots that influence host plant growth in a variety of ways (physiology, phytopathology, biochemistry).

In conclusion, the integration of mycorrhizal fungi into organic farming systems can be a valuable strategy to improve nutrient uptake, plant growth, and stress tolerance while reducing the need for synthetic inputs. The synergistic effects of mycorrhizae in sustainable agricultural practices can contribute to the overall sustainability and productivity of agricultural systems.

## *5.FUTURE PERSPECTIVE*

In light of the issue of climate change, additional research should be carried out to bolster the role of mycorrhizae in enhancing resistance to environmental pressures; hence, both fundamental and applied systematic research should be prioritized.

A comprehensive understanding of the mechanical mechanisms that enable mycorrhizal host plants to resist or withstand the effects of environmental stressors is also important. In addition, genomic methods, such as transcriptomics, metabolomics, and proteomics, will be useful in identifying genes expressed in mycorrhizal plants that are associated with a decrease in abiotic stresses, such as drought, as well as disease resistance. The control of mycorrhizas should be a priority in future studies, as should the importance of preserving mycorrhiza inoculant varieties in the soil rhizosphere to develop agricultural applications that are both effective and feasible. Because mycorrhizal treatment can reduce energy inputs and fertilizer use while simultaneously enhancing plant health, mycorrhizal application should not be overlooked in the creation of future policies pertaining to the promotion of sustainable agriculture. The use of mycorrhizal inoculants may become increasingly relevant as a result of the adverse effects that agrochemicals have on the environment. These impacts must be avoided or reduced to increase food yield, improve food quality and safeguard the ecosystem. Confirming the consequences of interactions between microorganisms in the mycorrhiza-containing rhizosphere and evaluating their environmental implications as feasible options for agriculture and land reclamation are both topics that should be the subject of further research. We can transition to a low-cost, lucrative, and sustainable agricultural system with fewer health risks in the future without sacrificing productivity.

## REFERENCES

Adnan, M., Wahid, F., Fahad, S., Arif, M., Shi, S. M., He, X. H.Mycorrhizae and soil health,2022.

Akbar, M., Chohan, S. A., Yasin, N. A., Ahmad, A., Akram, W., Nazir, A. Mycorrhizal inoculation enhanced tillering in field grown wheat, nutritional enrichment and soil properties,2007, PeerJ ,11,15686.

Allen, M. F. Mycorrhizal fungi: highways for water and nutrients in arid soils. *Vadose Zone Journal*,2007, *6*(2), 291-297.

Alori, E. T., Dare, M. O., Babalola, O. O. (2017). Microbial inoculants for soil quality and plant health. In *Sustainable agriculture reviews* ,2017, 281-307.

Alvarez, M., Huygens, D., Diaz, L. M., Villanueva, C. A., Heyser, W., Boeckx, P. The spatial distribution of acid phosphatase activity in ectomycorrhizal tissues depends on soil fertility and morphotype, and relates to host plant phosphorus uptake. *Plant, Cell & Environment*, *2012*,*35*(1), 126-135.

Asadi, M., Rasouli, F., Amini, T., Hassanpouraghdam, M. B., Souri, S., Skrovankova, S., Ercisli, S. Improvement of photosynthetic pigment characteristics, mineral content, and antioxidant activity of lettuce (Lactuca sativa L.) by arbuscular mycorrhizal fungus and seaweed extract foliar application. Agronomy, 2022,12(8), 1943.

Asmelash, F., Bekele, T., Birhane, E. (2016). The potential role of arbuscular mycorrhizal fungi in the restoration of degraded lands,2016, *Frontiers in microbiology*, *7*, 1095.

Augé, R. M. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. *Canadian Journal of Soil Science*,2004, *84*(4), 373-381.

Azcón-Aguilar, C., Barea, J. Nutrient cycling in the mycorrhizosphere. *Journal of soil science and plant nutrition*,2015, *15*(2), 372-396.

Babalola, O. O. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnology letters*, *2010*,*32*(11), 1559-1570.

Babalola, O. O., Sanni, A. I., Odhiambo, G. D., Torto, B. Plant growth-promoting rhizobacteria do not pose any deleterious effect on cowpea and detectable amounts of ethylene are produced. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*,2007, *23*(6), 747-752.

Begum, N., Qin, C., Ahanger, M. A., Raza, S., Khan, M. I., Ashraf, M., Zhang, L.Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: implications in abiotic stress tolerance. Frontiers in plant science,2019, 10, 1068.

Behl, R. K., Ruppel, S., Kothe, E., & Narula, N.Wheat x Azotobacter x VA Mycorrhiza interactions towards plant nutrition and growth–a review. *Journal of Applied Botany and Food Quality*,2012, *81*(2), 95-109.

Behrooz, A., Vahdati, K., Rejali, F., Lotfi, M., Sarikhani, S., Leslie, C. Arbuscular mycorrhiza and plant growth-promoting bacteria alleviate drought stress in walnut. *HortScience*,2019, *54*(6), 1087-1092.

Belimov, A. A., Shaposhnikov, A. I., Azarova, T. S., Makarova, N. M., Safronova, V. I., Litvinskiy, V. A., Nosikov, V. V., Zavalin, A. A., Tikhonovich, I. A. Microbial consortium of PGPR, rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungus makes pea mutant SGECdt comparable with Indian Mustard in cadmium tolerance and accumulation. *Plants*, 2020, *9*(8), 975.

Bumunang, E. W., Babalola, O. O. Characterization of rhizobacteria from field grown genetically modified (GM) and non-GM maizes. *Brazilian Archives of Biology and Technology*,2014, *57*, 1-8.

Candido, V., Campanelli, G., D'Addabbo, T., Castronuovo, D., Renco, M., Camele, I. Growth and yield promoting effect of artificial mycorrhization combined with different fertiliser rates on field-grown tomato. *Italian Journal of Agronomy*,2013, *8*(3), e22-e22.

Cavagnaro, T. R., & Martin, A. W.Arbuscular mycorrhizas in southeastern Australian processing tomato farm soils. *Plant and soil*,2011, *340*(1), 327-336.

Chanakya, H., Mahapatra, D. M., Ravi, S., Chauhan, V.,Abitha, R. Sustainability of large-scale algal biofuel production in India. *Journal of the Indian Institute of Science, 2012,92*(1), 63-98.

Chanakya, H., Mahapatra, D. M., Sarada, R., Abitha, R. Algal biofuel production and mitigation potential in India. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*,2013, *18*(1), 113-136.

Chidi, P. N., Fagbolab, O., Akorodab, M. O., Egbokab, N. T. (2022). Influence Of Organic Amendment And Mycorrhiza Association On Cowpea. INWASCON Technology Magazine (i-TECH MAG), 2022,4, 56-58.

Chugh, R. K., Mehta, S., Yadav, N. S., Raj, K. Impact Assessment of Different Level of Mycorrhiza on the Growth Parameters and Nutrient Content of Capsicum annum. *International Journal of Environment and Climate Change*, 2022, *10*(11), 728-736.

Claudia, C., Alfredo, M., Rosa, R., Jose, M. B., O, B. Interactions between native arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing fungi and their effect to improve plant development and fruit production by Capsicum annuum L. *African Journal of Microbiology Research*, *7*(26),2013, 3331-3340.

Colella, T., Candido, V., Campanelli, G., Camele, I., Battaglia, D. Effect of irrigation regimes and artificial mycorrhization on insect pest infestations and yield in tomato crop. *Phytoparasitica*,2014, *42*(2), 235-246.

Conversa, G., Lazzizera, C., Bonasia, A., Elia, A. Yield and phosphorus uptake of a processing tomato crop grown at different phosphorus levels in a calcareous soil as affected by mycorrhizal inoculation under field conditions. *Biology and fertility of soils, 2013,49*(6), 691-703.

Cruz, A., Soares, W., Blum, L. Impact of the arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria on biocontrol of white root rot in fruit seedlings. *J Plant Physiol Pathol,2014, 2, 1*, 2.

Dagher, D. J., Pitre, F. E., & Hijri, M. Ectomycorrhizal fungal inoculation of sphaerosporella brunnea significantly increased stem biomass of salix miyabeana and decreased lead, tin, and zinc, soil concentrations during the phytoremediation of an industrial landfill. *Journal of Fungi*, *2020,6*(2), 87.

Dilnashin, H., Birla, H., Hoat, T. X., Singh, H., Singh, S., Keswani, C. (2020). Applications of agriculturally important microorganisms for sustainable crop production. In *Molecular aspects of plant beneficial microbes in agriculture* ,2020, 403-415.

Figueiredo, M. d.V.B., Seldin, L., Araujo, F. F. d.,Mariano, R.d.L.R. (2010). Plant growth promoting rhizobacteria: fundamentals and applications. In *Plant growth and health promoting bacteria,2010,* 21-43.

Gamalero, E., Berta, G., Massa, N., Glick, B., Lingua, G. Interactions between Pseudomonas putida UW4 and Gigaspora rosea BEG9 and their consequences for the growth of cucumber under salt-stress conditions. *Journal of Applied Microbiology*,2010, *108*(1), 236-245.

Getman-Pickering, Z. L., Stack, G. M., Thaler, J. S. Fertilizer quantity and type alter mycorrhizae-conferred growth and resistance to herbivores. Journal of Applied Ecology,2021, 58(5), 931-940.

Ghanbarzadeh, Z., Mohsenzadeh, S., Rowshan, V.,Zarei, M. Mitigation of water deficit stress in Dracocephalum moldavica by symbiotic association with soil microorganisms. *Scientia Horticulturae*,2020, *272*, 109549.

Gollner, M. J., Wagentristl, H., Liebhard, P., Friedel, J. K. Yield and arbuscular mycorrhiza of winter rye in a 40-year fertilisation trial. Agronomy for Sustainable Development, 2011,31, 373-378.

Guru, V., Tholkappian, P., Viswanathan, K. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and Azospirillum co-inoculation on the growth characteristics, nutritional content, and yield of tomato crops grown in south India. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*,2011, *1*(4), 84-92.

Harkes, P., Suleiman, A. K., van den Elsen, S. J., de Haan, J. J., Holterman, M., Kuramae, E. E., Helder, J. Conventional and organic soil management as divergent drivers of resident and active fractions of major soil food web constituents. Scientific reports,2019, 9(1), 13521.

Heckman, J., Grantham, A. Plentiful Support for Organic Farming Practices as Drivers of Increased Soil Functionality,2015,CSA News, 60(7), 28-29.

Iqbal, M. T. A Holistic Approach to Utilize Mycorrhizae for Improving Soil Health and Enhancing Yield of Wheat in Bangladesh. Journal of Science and Technology Research, 2021,3(1), 1-10.

Iradhatullah, I. R. Bioremediation of Cement Mining Waste as a Medium for Growth and Production of Chilies with Mycorrhiza and Biohumate Application. Bioremediation of Cement Mining Waste as a Medium for Growth and Production of Chilies with Mycorrhiza and Biohumate Applicatio,2023, 2(2), 231-236.

Jamiołkowska, A., Księżniak, A., Gałązka, A., Hetman, B., Kopacki, M., Skwaryło-Bednarz, B. Impact of abiotic factors on development of the community of arbuscular mycorrhizal fungi in the soil: a Review. *International Agrophysics*,2018, *32*(1), 133.

Jamiołkowska, A., Skwaryło-Bednarz, B., Patkowska, E., Buczkowska, H., Gałązka, A., Grządziel, J., Kopacki, M. Effect of mycorrhizal inoculation and irrigation on biological properties of sweet pepper rhizosphere in organic field cultivation. *Agronomy*,2020, *10*(11), 1693.

Jamiołkowska, A., Skwaryło-Bednarz, B., Thanoon, A. H., Kursa, W. Contribution of mycorrhizae to sustainable and ecological agriculture: a review. International Agrophysics, 2021,35(4), 331-341.

Jamiolkowska, A., Thanoon, A. H., Skwarylo-Bednarz, B., Patkowska, E., Mielniczuk, E. Mycorrhizal inoculation as an alternative in the ecological production of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.). *International Agrophysics*,*2020*,*34*(2).

Javaid, A. Arbuscular mycorrhizal mediated nutrition in plants. *Journal of Plant Nutrition*, *2009*,*32*(10), 1595-1618.

Jiang, Q.-Y., Zhuo, F., Long, S.-H., Zhao, H.-D., Yang, D.-J., Ye, Z.-H., Li, S.-S., Jing, Y.-X. Can arbuscular mycorrhizal fungi reduce Cd uptake and alleviate Cd toxicity of Lonicera japonica grown in Cd-added soils, *Scientific Reports*,2016, *6*(1), 1-9.

Jiang, Y., Wang, W., Xie, Q., Liu, N., Liu, L., Wang, D., Zhang, X., Yang, C., Chen, X., & Tang, D. Plants transfer lipids to sustain colonization by mutualistic mycorrhizal and parasitic fungi. *Science*,2017, *356*(6343), 1172-1175.

Johnson, S. P., Miller, Z. J., Lehnhoff, E. A., Miller, P. R., & Menalled, F. D. (2017). Cropping systems modify soil biota effects on wheat (Triticum aestivum) growth and competitive ability. Weed Research, 57(1), 6-15.

Keswani, C. Ecofriendly management of plant diseases by biosynthesized secondary metabolites of Trichoderma spp,2015, J Brief Idea In.

Latef, A., Hamed, A. A. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and copper on growth, accumulation of osmolyte, mineral nutrition and antioxidant enzyme activity of pepper (Capsicum annuum L.). *Mycorrhiza*,2011, *21*(6), 495-503.

Lee, P.-K., Choi, B.-Y., Kang, M.-J. Assessment of mobility and bio-availability of heavy metals in dry depositions of Asian dust and implications for environmental risk. *Chemosphere*,2015, *119*, 1411-1421.

Lemke, H. (2014). *Politik des Essens: Wovon die Welt von morgen lebt*. transcript Verlag.

Li, R., Tao, R., Ling, N., Chu, G. Chemical, organic and bio-fertilizer management practices effect on soil physicochemical property and antagonistic bacteria abundance of a cotton field: implications for soil biological quality. *Soil and Tillage Research*,2017, *167*, 30-38.

Lichtfouse, E., Navarrete, M., Debaeke, P., Souchère, V., Alberola, C., Ménassieu, J. Agronomy for sustainable agriculture: a review. *Sustainable agriculture*,2009, 1-7.

Liu, T., Sheng, M., Wang, C., Chen, H., Li, Z.,Tang, M. Impact of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth, water status, and photosynthesis of hybrid poplar under drought stress and recovery. *Photosynthetica*,2015, *53*(2), 250-258.

Long, L. K., Yao, Q., Huang, Y. H., Yang, R. H., Guo, J., Zhu, H. H. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on zinnia and the different colonization between Gigaspora and Glomus. World Journal of Microbiology and Biotechnology,2010, 26, 1527-1531.

Meding, S., Zasoski, R.Hyphal-mediated transfer of nitrate, arsenic, cesium, rubidium, and strontium between arbuscular mycorrhizal forbs and grasses from a California oak woodland. *Soil Biology and Biochemistry*,2008, *40*(1), 126-134.

Miller, R., & Jastrow, J. Mycorrhizal fungi influence soil structure. In *Arbuscular mycorrhizas: physiology and function,2000*, 3-18.

Motha, S. V., Hindumathi, A., Bhumi, N. R.. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth promotion and biological control of verticillium wilt of tomato (Lycopersicon esculentum). *International Journal of Pharma and Bio Sciences*,2014, *5*(4).

Naher, U. A., Othman, R., Panhwar, Q. A.Beneficial Effects of Mycorrhizal Association for Crop Production in the Tropics-A Review. *International Journal of Agriculture & Biology*,2013, *15*(5).

Najafi, A., Ardakani, M. R., Rejali, F., Sajedi, N. Response of winter barley to co-inoculation with Azotobacter and Mycorrhiza fungi influenced by plant growth promoting rhizobacteria. *Ann Biol Res*, *3*(8),2012, 4002-4006.

Natawijaya, D., Yulianto, Y., Hodiyah, I., Manik, V. T., Meylani, V. Inoculation by mycorrhizal on combinations of planting media and host plant types and their effect on plant vegetative growth,2022.

Naveen, B., Mahapatra, D. M., Sitharam, T., Sivapullaiah, P.,Ramachandra, T. Physico-chemical and biological characterization of urban municipal landfill leachate. *Environmental Pollution*,2017, *220*, 1-12.

Neumann, E., George, E. Colonisation with the arbuscular mycorrhizal fungus Glomus mosseae (Nicol. & Gerd.) enhanced phosphorus uptake from dry soil in Sorghum bicolor (L.). *Plant and soil,2004,261*(1), 245-255.

Nzanza, B., Marais, D., Soundy, P. Effect of arbuscular mycorrhizal fungal inoculation and biochar amendment on growth and yield of tomato,2012.

Ordookhani, K., Khavazi, K., Moezzi, A.,Rejali, F. Influence of PGPR and AMF on antioxidant activity, lycopene and potassium contents in tomato. Afr J Agric Res 5,2010, 1108–1116. In.

Oseni, T. O., Shongwe, N. S., Masarirambi, M. T. Effect of arbuscular mycorrhiza (AM) inoculation on the performance of tomato nursery seedlings in vermiculite. *Int. J. Agric. Biol*,2010, *12*, 789-792.

Pagano, M. C., Cabello, M. N. Mycorrhizal interactions for reforestation: Constraints to Dryland Agroforest in Brazil. International Scholarly Research Notices, 2011(1), 890850.

Philippot, L., Raaijmakers, J. M., Lemanceau, P., Van Der Putten, W. H. Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. *Nature Reviews Microbiology*,2013, *11*(11), 789-799.

Plenchette, C., Clermont-Dauphin, C., Meynard, J. M., Fortin, J. Managing arbuscular mycorrhizal fungi in cropping systems. *Canadian Journal of Plant Science*,2005, *85*(1), 31-40.

Ramachandra, T., Mahapatra, D. M. The science of carbon footprint assessment. *The carbon footprint handbook*,2015, 3-44.

Ramachandra, T., Mahapatra, D. M.,Gordon, R.Milking diatoms for sustainable energy: biochemical engineering versus gasoline-secreting diatom solar panels. *Industrial & Engineering Chemistry Research*,2009, *48*(19), 8769-8788.

Raviv, M. The use of mycorrhiza in organically-grown crops under semi-arid conditions: a review of benefits, constraints and future challenges. Symbiosis,2010, 52(2), 65-74.

Rivera-Ferre, M. G., Ortega-Cerdà, M., Baumgärtner, J. Rethinking study and management of agricultural systems for policy design. *Sustainability*, 2013, *5*(9), 3858-3875.

Roesti, D., Gaur, R., Johri, B., Imfeld, G., Sharma, S., Kawaljeet, K., Aragno, M.Plant growth stage, fertiliser management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. *Soil Biology and Biochemistry*,2006, *38*(5), 1111-1120.

Ruscitti, M., Arango, M., Beltrano, J. Improvement of copper stress tolerance in pepper plants (Capsicum annuum L.) by inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*,2017, *29*(1), 37-49.

Saladin, G., Clément, C. (2005). Physiological side effects of pesticides on non-target plants. *Agriculture and soil pollution: New research*, 2005, 53-86.

Salvioli, A., Zouari, I., Chalot, M., Bonfante, P. The arbuscular mycorrhizal status has an impact on the transcriptome profile and amino acid composition of tomato fruit. *BMC Plant Biology*,2012, *12*(1), 1-12.

Sethi, D., Subudhi, S., Rajput, V. D., Kusumavathi, K., Sahoo, T. R., Dash, S., Kalinitchenko, V. P. Exploring the role of mycorrhizal and rhizobium inoculation with organic and inorganic fertilizers on the nutrient uptake and growth of Acacia mangium saplings in acidic soil. Forests,2021, 12(12), 1657.

Sharma, I. P., Sharma, A. Physiological and biochemical changes in tomato cultivar PT-3 with dual inoculation of mycorrhiza and PGPR against root-knot nematode. *Symbiosis*,2017, *71*(3), 175-183.

Sheng, M., Tang, M., Chen, H., Yang, B., Zhang, F., Huang, Y. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. *Mycorrhiza*,2008, *18*(6), 287-296.

Singh, H. B., Sarma, B. K., Keswani, C. *Agriculturally important microorganisms*. 2016.

Singh, J. S., Pandey, V. C., Singh, D. P. Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, ecosystems environment*,2011, *140*(3-4), 339-353.

Smith, S., Read, D. Mycorrhizal Symbiosis Third Edition Introduction. *Mycorrhizal Symbiosis*,2008, 1-9.

Sousa, C. d. S., Menezes, R. S. C., Sampaio, E. V. d. S. B., Lima, F. d. S., Oehl, F., Maia, L. C. Arbuscular mycorrhizal fungi within agroforestry and traditional land use systems in semi-arid Northeast Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy*,2013, *35*, 307-314.

Swaty, R. L., Deckert, R. J., Whitham, T. G.,Gehring, C. A. Ectomycorrhizal abundance and community composition shifts with drought: predictions from tree rings. *Ecology*, *2004*,*85*(4), 1072-1084.

Tait, J., Morris, D. Sustainable development of agricultural systems: competing objectives and critical limits. *Futures*,2000, *32*(3-4), 247-260.

Talwar, D., Singh, K., Singh, J.Effect of biofertilizers on soil microbial count, nutrient availability and uptake under november sown onion. Journal of Applied and Natural Science,2017, 9(1), 55-59.

Tanwar, A., Aggarwal, A., Kadian, N., Gupta, A. Arbuscular mycorrhizal inoculation and super phosphate application influence plant growth and yield of Capsicum annuum. *Journal of soil science and plant nutrition*,2013, *13*(1), 55-66.

Tedersoo, L., Bahram, M., Zobel, M. How mycorrhizal associations drive plant population and community biology. *Science*,2020, *367*(6480), eaba1223.

Tinker, P. B., Nye, P. H. *Solute movement in the rhizosphere*. Oxford University Press,2000.

Verbruggen, E., Röling, W. F., Gamper, H. A., Kowalchuk, G. A., Verhoef, H. A., van der Heijden, M. G. Positive effects of organic farming on below-ground mutualists: large-scale comparison of mycorrhizal fungal communities in agricultural soils. New phytologist,2010, 186(4), 968-979.

Vivas, A., Azcón, R., Biró, B., Barea, J., & Ruiz-Lozano, J. Influence of bacterial strains isolated from lead-polluted soil and their interactions with arbuscular mycorrhizae on the growth of Trifolium pratense L. under lead toxicity. *Canadian journal of microbiology*,2003, *49*(10), 577-588.

Voříšková, A., Jansa, J., Püschel, D., Vosátka, M., Šmilauer, P., Janoušková, M. Abiotic contexts consistently influence mycorrhiza functioning independently of the composition of synthetic arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Mycorrhiza*,2019, *29*(2), 127-139.

Wang, F., Adams, C. A., Yang, W., Sun, Y., Shi, Z. Benefits of arbuscular mycorrhizal fungi in reducing organic contaminant residues in crops: Implications for cleaner agricultural production. *Critical reviews in environmental science and technology*,2020, *50*(15), 1580-1612.

Wang, K., Yin, X., Huang, H., Fu, J., Feng, H., Wang, Q., Sun, G. Production status and industrialization development countermeasures of Poria in Hubei Province. *Mod. Chin. Med*,2012, *14*, 24-27.

Wu, Q., Zou, Y., Liu, W., Ye, X., Zai, H., Zhao, L. Alleviation of salt stress in citrus seedlings inoculated with mycorrhiza: changes in leaf antioxidant defense systems. *Plant, Soil and Environment*,2010, *56*(10), 470-475.

Yousefi, Z., Zanganeh, S., Riahi, H., Kaya, Y. Controlling Powdery Mildew; Use of Arbuscular Mycorrhizal Fungi as Biocontrol Agent instead of Chemical Fungicides.2018.

Zhu, X., Song, F., Liu, S., Liu, T., Zhou, X. Arbuscular mycorrhizae improves photosynthesis and water status of Zea mays L. under drought stress. *Plant, Soil and Environment*, *2012*,*58*(4), 186-191.

Zuccarini, P., Okurowska, P. Effects of mycorrhizal colonization and fertilization on growth and photosynthesis of sweet basil under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, *2008*,*31*(3), 497-513.

# TOKSİN BAĞLAYICILARIN RASYONA EKLENMESİNİN YUMURTA KABUĞU AĞIRLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ

**Prof. Dr. İsmail ÜLGER**
Erciyes Üniversitesi/Ziraat Fakültesi,
ismailulger@erciyes.edu.tr - 0000-0003-3606-0737
**Arş. Gör. Hüseyin Mert YÜKSEL**
Erciyes Üniversitesi/Ziraat Fakültesi,
huseyinmertyuksel@erciyes.edu.tr- 0000-0002-9429-8877
**Arş. Gör. Mustafa ÖZDEMİR**
Erciyes Üniversitesi/Ziraat Fakültesi,
mustafa.ozdemir@erciyes.edu.tr- 0000-0001-6160-2484

## ÖZET

Yumurta kabuğu karmaşık bir yapıdır ve embriyonun kullanımı için bir mineral rezervi olmasının yanı sıra, büyümesi için fiziksel koruma sağlar. Bu nedenle, kaliteli yumurta kabukları, damızlık hayvanların tüm üreme yaşamı boyunca mevcut olmalıdır çünkü embriyonik gelişimi etkilerler. Yumurta kabuğu kalitesi, genotip, damızlık yaşı, oda sıcaklığı ve beslenme gibi faktörlerden etkilenebilir. Hayvan beslenmesinde toksin bağlayıcıların kullanımı, yem kaynaklı mikotoksinlerin zararlı etkilerini azaltmak ve hayvan performansını iyileştirmek için kritik bir strateji olarak görülmektedir.

Çalışmada, hayvan materyali olarak 45 günlük yaşta toplam 50 adet yumurtacı bıldırcın (n=10) kullanılmıştır. Denemenin başlangıcında bıldırcınlar tartılarak, canlı ağırlıkları arasında minimum farklılık olacak şekilde gruplara rastgele dağıtılmıştır. Deneme süresince kontrol grubu ve farklı toksin bağlayıcıların eklendiği gruplar ile beslenmiştir. Bu gruplar, AGRO (bitkisel toksin bağlayıcı, 1 g/kg), MYA (maya, 1 g/kg), MYK (maya+kil, 1 g/kg) ve HSCAS (hidrate sodyum kalsiyum aluminosilikat, 1 g/kg) içeren rasyonlardan oluşmuştur. Deneme 8 hafta sürmüş ve bu süreçte haftalık olarak yumurta kabuk ağırlıkları ölçülmüştür. Elde edilen veriler, gruplar arasında yumurta kabuk ağırlığı bakımından istatistiksel bir fark olup olmadığını belirlemek için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Agro grubu (1,06 ± 0,02 g), 1. haftada diğer gruplara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük kabuk ağırlığına sahiptir. Diğer gruplar (Kontrol, MYA, MYK,

NOVASİL) arasında fark istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. 2. ve 7. haftalarda gruplar arasında kabuk ağırlığı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Kabuk ağırlıkları her grup için benzerdir. 8. Haftada P değeri 0,079 olup, istatistiksel anlamlılık sınırını ($P < 0,05$) aşmaktadır. Novasil grubu ($1,22 \pm 0,08$ g) diğer gruplardan daha yüksek bir kabuk ağırlığına sahip gibi görünse de bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Çalışmada kabuk ağırlığında genel bir tutarlılık gözlenmiştir. Gruplar arasında belirgin bir fark çoğu hafta için bulunmamıştır. Sadece 1. hafta Agro grubunda kabuk ağırlığı diğer gruplardan anlamlı olarak düşüktür. Bu durum, uygulamanın başlangıç etkisiyle ilişkili olabilir. Tedavi grupları kabuk ağırlığı üzerinde kalıcı bir etki göstermemiştir. İlk haftadaki farklılık dışında, muamele grupları arasında kabuk ağırlığı açısından fark bulunmaması, toksin bağlayıcıların rasyona eklenmesinin kabuk ağırlığı üzerinde uzun vadede etkili olmadığı çıkarımına varılabilir. Novasil grubu 8. haftada en yüksek kabuk ağırlığını göstermiştir. Ancak bu fark sınırda olsa da istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Çalışmanın verileri ışığında muamele gruplarının yumurta kabuğu ağırlığı üzerindeki etkilerinin sınırlı olduğu söylenebilir. 1. haftadaki Agro grubundaki düşüş ve 8. haftadaki Novasil grubunun yüksek çıkması gelecek çalışmalar için yol gösterici veriler olabilir. Daha büyük bir örneklem grubu ile belirli haftalarda ortaya çıkan farklılığın biyolojik nedenleri araştırılabilir.
**Anahtar Kelimeler:** toksin bağlayıcı, bıldırcın, kabuk ağırlığı, yumurta.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde düzenli olarak artan yumurta üretimine rağmen yüksek kaliteli ve sağlam kabuklu yumurta üretimi, yumurtacı kanatlı hayvan yetiştiriciliğinin temel sorunlarından biri olmaya devam etmektedir (Özpınar, 1987; Keshavarz, 1994). Her yıl üretilen yumurtaların yaklaşık olarak %4.8'inin kabuk kalitesindeki yetersizlikler nedeniyle hasat edilemediği bildirilmiştir (Özpınar, 1987; Keshavarz, 1994). Türkiye'de gerçekleştirilen bir araştırmaya göre, kırık ve çatlak yumurtaların oranı %5 seviyelerinde bulunmuş olup, bu durumun üreticilere yıllık yaklaşık 60 milyon TL ekonomik kayıp oluşturduğu belirtilmiştir (Atik ve Ceylan, 2009). Ayrıca, üretilen yumurtalar arasında kabuk kırıkları nedeniyle tüketime sunulamayanların oranının %6 ile %20 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Çetin ve Gürcan, 2006). Kabuk kırıkları nedeniyle tüketim için değerlendirilemeyen yumurtalar, yalnızca üreticiler açısından ekonomik bir kayıp oluşturmakla kalmayıp, aynı zamanda dünya nüfusunun sağlıklı beslenmesi için

önemli bir protein kaynağı olan yumurtanın israfı anlamına gelmektedir. Kabuk bütünlüğü bozulmuş yumurtaların piyasaya sunulması ise gıda güvenliği açısından ciddi riskler taşımaktadır (Çetin ve Gürcan, 2006). Bu nedenle, günümüzde daha yüksek yumurta üretimi hedeflenmekte olup, ince kabuklu veya kabuksuz yumurta üretimi gibi sorunların çözülmesi giderek daha önemli bir hale gelmiştir. Normal şartlarda kırık, çatlak veya kabuksuz yumurtaların oranı %2-5 arasında değşirken, çeşitli faktörlerin etkisi ile %10-15'e kadar çıkabilmektedir (Ayaşan ve Okan, 1999). Yumurtanın kabuk kalitesinin arttırılmasına yönelik olarak yapılacak iyileştirmeler ekonomik kayıpları da ciddi ölçüde azaltacaktır (Ayaşan ve Okan, 1999).

Yumurta kabuğu karmaşık bir yapıdır ve embriyonun kullanımı için bir mineral rezervi olmasının yanı sıra, büyümesi için fiziksel koruma sağlar. İçten dışa doğru sırasıyla iç ve dış kabuk altı zarları, mamiller tabakası, süngerimsi tabaka, kristal yapıdaki katman ve en dışta yer alan kütiküla katmanından oluşan çok katmanlı bir yapıya sahiptir (Nys ve ark., 1999; Hincke ve ark., 2012). Bu katmanlar, yumurta içeriğini mikrobiyal ve fiziksel tehditlerden korumanın yanı sıra, embriyonik gelişim sürecinde porlar aracılığıyla gaz ve su değişimini düzenler ve embriyo gelişimi için gerekli olan kalsiyumu sağlar (Ayim-Akonor ve Akonor, 2014). Kütikül, yumurta kabuğunun yüzeyini kaplayan, organik ve protein benzeri yapıya sahip oldukça ince bir tabakadır. Bu yapı, kabuğun dayanıklılığını ve kalınlığını artırırken aynı zamanda ağırlığını da belirli bir ölçüde arttırmakta ve yüzeydeki pigmentasyonu sağlayan pigmentleri içermektedir (Munoz ve ark., 2015; Cordeiro, 2015). Kalsiyum ve fosfor, yumurtacı hayvanların yaşamlarını sürdürebilmesi için gerekli en önemli mineraller arasında yer almakta olup, yumurta kabuğunun kalitesini doğrudan etkilemektedir (Keshavarz, 1996; Schwartz, 1997). Yumurtanın dış etkenlere karşı korunmasını sağlayan ve dış kalite özelliklerini belirleyen temel yapı, yumurta kabuğudur (Atik ve Ceylan, 2009). Kalsiyum ve fosfor'un eksikliği hayvanlarda yumurta üretiminde düşüşe, kabuk kalitesinin ve ağırlığının bozulmasına ve direkt olarak yumurta ağırlığının da azalması gibi kayıplara yol açmaktadır (Keshavarz, 1996; Schwartz, 1997).

Kabuk kalitesi ve ağırlığı, genotip, yaş, yumurtlama zamanı, rasyon, su kalitesi, yetiştirme sistemi, stres, sıcaklık, nem ve hastalıklar tarafından etkilenmektedir (Tabib ve Onbaşılar, 2019). Genetik seleksiyon sonucunda, farklı yumurtacı bıldırcın ırkları yumurta kabuğu kalitesi, yumurta büyüklüğü ve üretim açısından önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Curtis ve ark., 1985) ve modern ırklar ile geleneksel ırklar arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır (Hocking et al., 2000). Üretim veya yumurta ağırlığı gibi tek bir özelliğin seleksiyonu, yumurta

kabuğu kalitesi veya yumurta kabuk ağırlığı gibi diğer özellikleri etkileyebilir (Poggenpoel ve ark., 1996). Çeşitli çalışmalar, kuşların ilerleyen dönemlerde yumurta kabuğu kalitesinin azaldığını göstermektedir (Nys, 1995; Roland ve ark., 1975; Roland, 1979; Roberts, 2005). Yumurta kabuğu kalitesinde ve kabuk ağırlığında yaşlanmaya bağlı meydana gelen olumsuz etkiler, indüklenmiş tüy değişimi süreci ile belirli bir ölçüde tersine çevrilebilir (Ahmed ve ark., 2003; Berry, 2003). Ancak elde edilen sonuçlar, tüy değişiminin doğasına, şiddetine ve yaşa bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Roland ve Brake (1982), bu faydaların yaşlı kuşlarda uzun süreli olmadığını bildirmiştir. Bu faktörlerin yanı sıra en fazla etki eden faktörlerden biri de beslenmedir. Yumurta kabuğu kalitesi ve ağırlığı için rasyonda yeterli ve kullanılabilir kalsiyum içermesi gereklidir. Fosforun yetersizliği iskelet demineralizasyonuna yol açabilir; ancak yüksek fosfor seviyeleri, kalsiyum emilimini engelleyerek kabuk kalitesini azaltabilir (Boorman ve Gunaratne, 2001).

Toksin bağlayıcılar, hayvan yemlerinde bulunan mikotoksinlerin zararlı etkilerini azaltmak amacıyla kullanılan bileşiklerdir. Mikotoksinler, özellikle aflatoksin ve okratoksin gibi bileşikler, sindirim sisteminden emilerek bağışıklık sistemini baskılar, büyüme performansını olumsuz etkiler ve ikincil enfeksiyonlara karşı duyarlılığı artırarak ciddi sağlık sorunlarına yol açar (Razmgah ve ark., 2020; Fan ve ark., 2013; Lawal ve Bolu, 2014). Bu durum, hayvanların besinlerden yararlanma kapasitesini düşürürken, hayvancılık sektöründe verim kayıpları ve ekonomik zararlarla sonuçlanabilir (Richard, 2007; Kang ve ark., 2012; Tavangar ve ark., 2021). Toksin bağlayıcılar, mikotoksinlerle fiziksel ya da kimyasal etkileşime girerek onların gastrointestinal sistemden emilimini engeller ve bağlanmış toksinlerin dışkı yoluyla atılmasını sağlar (Abdallah ve ark., 2015). Bu bileşikler, organik ve inorganik bağlayıcılar olmak üzere iki ana gruba ayrılır. İnorganik bağlayıcılar, bentonit, zeolit gibi kil minerallerinden oluşur ve polar mikotoksinleri fiziksel adsorpsiyon yoluyla bağlar. Organik bağlayıcılar ise maya hücre duvarı türevleri veya enzimler gibi bileşiklerden oluşur ve polar olmayan mikotoksinleri kimyasal yapısını bozarak inaktive eder (Santin, 2005; Mgbeahuruike ve ark., 2018). Toksin bağlayıcıların etkinliği, kullanılan bağlayıcının türü, mikotoksin yapısı ve yem bileşimi gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterir (Huwig ve ark., 2001; Richard et al., 2007). Bu nedenle, yem kontaminasyonunun kontrol altına alınması için doğru toksin bağlayıcı seçimi büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı, farklı toksin bağlayıcıların yumurtacı bıldırcınlarda yumurta kabuğu ağırlığı üzerindeki etkilerini belirlemektir. Mikotoksinlerin hayvan sağlığı ve performansı

üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için yemlere eklenen toksin bağlayıcıların etkinliği incelenmiş, bu amaçla bitkisel toksin bağlayıcı (AGRO), maya (MYA), maya+kili (MYK) ve hidrate sodyum kalsiyum aluminosilikat (HSCAS) içeren rasyonlar kullanılmıştır. Yumurta kabuğu ağırlığının, yumurta kalitesini doğrudan etkileyen önemli bir parametre olması ve özellikle taşıma ile pazarlama sırasında kırılmalara karşı dayanıklılığı artırması nedeniyle, çalışmanın sonuçlarının pratik uygulamalarda değerli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda, farklı toksin bağlayıcıların yumurta kabuğu kalitesi üzerindeki potansiyel etkilerinin belirlenmesi, bıldırcın yetiştiriciliğinde verimliliği artırmaya yönelik stratejilere ışık tutabilir.

## 2. MATERYAL METOT

Bu çalışmada hayvan materyali olarak, 45 günlük yaşta toplam 50 adet yumurtacı bıldırcın (Coturnix coturnix japonica) kullanılmıştır. Deneme başlangıcında bıldırcınlar bireysel olarak tartılmış ve elde edilen canlı ağırlık verileri doğrultusunda, gruplar arasında canlı ağırlık farklarını en aza indirecek şekilde rastgele dağıtım yapılmıştır. Çalışma, tamamen rastgele tasarıma dayalı olarak düzenlenmiş olup, her grupta 10 bıldırcın olmak üzere toplamda 5 grup oluşturulmuştur.

Deneme grupları, kontrol grubu ve farklı toksin bağlayıcıların eklendiği gruplardan oluşmuştur. Deneme süresince uygulanan rasyonlar, bitkisel toksin bağlayıcı içeren AGRO grubu (1 g/kg), maya bazlı bağlayıcı içeren MYA grubu (1 g/kg), maya+kili içeren MYK grubu (1 g/kg) ve hidrate sodyum kalsiyum aluminosilikat (HSCAS) içeren grup (1 g/kg) olarak belirlenmiştir. Kontrol grubunda ise herhangi bir toksin bağlayıcı madde kullanılmamıştır. Tüm gruplar, isoenerjetik ve isoproteik özellikte hazırlanmış ticari yemler ile beslenmiştir.

Deneme süresi toplamda 8 hafta sürmüş olup, bu süreçte bıldırcınlara yem ve su ad libitum olarak sağlanmıştır. Yemleme programı boyunca hayvanların genel sağlık durumu gözlemlenmiş, stres faktörlerinin etkisini en aza indirmek için uygun barınma koşulları sağlanmıştır. Bıldırcınlar, 14 saat aydınlık ve 10 saat karanlık sağlanan kontrollü bir ışık rejiminde tutulmuştur. Çalışma ortamının sıcaklığı 22-25°C aralığında sabit tutulmuş, hava sirkülasyonu ve nem kontrolü sağlanarak hayvan refahı desteklenmiştir.

Deneme süresince yumurta kabuk ağırlıkları haftalık olarak ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Her hafta elde edilen yumurtalar dikkatlice toplanarak, dijital hassas terazide (±0.01 g hassasiyetle)

tartılmıştır. Yumurta kabukları, yumurta içeriği boşaltıldıktan sonra temizlenmiş, kurutulmuş ve ölçüm için hazır hale getirilmiştir. Elde edilen verilerin istatistiksel analizi, gruplar arasında yumurta kabuk ağırlığı bakımından anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizlerde anlamlılık seviyesi $P < 0,05$ olarak kabul edilmiştir. Bu materyal ve metot uygulamaları ile toksin bağlayıcıların, yumurtacı bıldırcınlarda yumurta kabuk ağırlığı üzerindeki kısa ve uzun vadeli etkilerinin değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada yumurtacı bıldırcın rasyonuna ilave edilen toksin bağlayıcıların yumurta kabuk ağırlığı üzerine etkisi araştırılmıştır. Kontrol grubu ve 4 farklı toksin bağlayıcının rasyona ilavesinin yumurta kabuk ağırlığı üzerine etkisi Çizelge 1.'de gösterilmiştir.

**Çizelge 1. Yumurta kabuk ağırlığı parametresinin haftalara göre değişimi**

| Dönem | Kontrol | AGRO | MYA | MYK | NOVASİL | P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. hafta | 1,14 ± 0,02a | 1,12 ± 0,01a | 1,06 ± 0,02b | 1,13 ± 0,03a | 1,12 ± 0,02a | 0,049 |
| 2. hafta | 1,13 ± 0,01 | 1,12 ± 0,01 | 1,12 ± 0,02 | 1,11 ± 0,02 | 1,10 ± 0,02 | 0,828 |
| 3. hafta | 1,12 ± 0,02 | 1,11 ± 0,01 | 1,06 ± 0,02 | 1,09 ± 0,03 | 1,12 ± 0,02 | 0,200 |
| 4. hafta | 1,16 ± 0,02 | 1,12 ± 0,02 | 1,12 ± 0,04 | 1,11 ± 0,03 | 1,11 ± 0,02 | 0,614 |
| 5. hafta | 1,15 ± 0,02 | 1,11 ± 0,02 | 1,12 ± 0,03 | 1,09 ± 0,03 | 1,11 ± 0,02 | 0,619 |
| 6. hafta | 1,14 ± 0,01 | 1,12 ± 0,01 | 1,10 ± 0,02 | 1,11 ± 0,02 | 1,15 ± 0,03 | 0,395 |
| 7. hafta | 1,14 ± 0,01 | 1,12 ± 0,01 | 1,09 ± 0,02 | 1,11 ± 0,02 | 1,17 ± 0,04 | 0,253 |
| 8. hafta | 1,12 ± 0,02 | 1,12 ± 0,02 | 1,05 ± 0,02 | 1,13 ± 0,03 | 1,22 ± 0,08 | 0,079 |
| Genel P | 0,731 | 0,999 | 0,205 | 0,979 | 0,312 | |

Farklı toksin bağlayıcıların yumurtacı bıldırcınlarda yumurta kabuğu ağırlığı üzerindeki etkileri incelenmiş ve elde edilen veriler doğrultusunda önemli bulgular ortaya konmuştur. Sekiz hafta süren deneme süresince, kontrol grubu ile AGRO (bitkisel toksin bağlayıcı), MYA (maya), MYK (maya+kili) ve NOVASIL (hidrate sodyum kalsiyum aluminosilikat) grupları arasında yumurta kabuğu ağırlıkları karşılaştırılmıştır. Genel olarak, gruplar arasında kabuk ağırlığı bakımından tutarlı bir eğilim gözlenmiş ve istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar çoğu hafta için tespit edilmemiştir.

Denemenin 1. haftasında, AGRO grubunda (1,06 ± 0,02 g) diğer gruplara kıyasla yumurta kabuğu ağırlığında istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş gözlenmiştir ($P < 0,05$). Bu durum, uygulamanın başlangıç etkisi ile ilişkili olabilir ve toksin bağlayıcının sindirim sistemi tarafından uyum sürecinden kaynaklandığı düşünülebilir. Ancak, bu farklılık sonraki haftalarda

devam etmemiştir. 2. ve 7. haftalarda, tüm gruplar arasında kabuk ağırlığı açısından herhangi bir istatistiksel fark tespit edilmemiş ve kabuk ağırlıkları benzer değerler göstermiştir.

8. hafta sonuçlarında, NOVASIL grubunda (1,22 ± 0,08 g) kabuk ağırlığı diğer gruplara kıyasla daha yüksek olmasına rağmen, elde edilen P değeri (0,079) istatistiksel anlamlılık sınırını aşmıştır (P > 0,05). Bu bulgu, NOVASIL grubunun kabuk ağırlığı üzerinde olumlu bir eğilim gösterebileceğini ancak bu etkinin daha büyük örneklem grupları ile doğrulanması gerektiğini ortaya koymaktadır.

İlk haftada AGRO grubunda gözlenen düşüş ve 8. haftada NOVASIL grubundaki artış, toksin bağlayıcıların başlangıç döneminde veya denemenin ilerleyen haftalarında kısa süreli etkiler oluşturabileceğini düşündürmektedir. Ancak bu etkilerin istatistiksel anlamlılığa ulaşmaması, toksin bağlayıcıların kabuk ağırlığı üzerine doğrudan belirgin bir katkı sağlamadığını göstermektedir.

## 4. SONUÇLAR

Çalışma sonuçları ışığında, toksin bağlayıcıların rasyona eklenmesinin yumurta kabuğu kalitesine olan etkisinin sınırlı olduğu söylenebilir. Elde edilen veriler, gelecekteki araştırmalar için önemli ipuçları sunmaktadır. Özellikle daha büyük örneklem grupları ile farklı haftalarda gözlenen kısa süreli değişimlerin biyolojik mekanizmalarının detaylı olarak araştırılması gerekmektedir. Ayrıca, toksin bağlayıcıların uzun vadeli etkilerinin değerlendirilmesi için farklı dozajlarda ve farklı sürelerde uygulamalarla desteklenen çalışmaların yapılması önerilmektedir. Bu tür araştırmalar, toksin bağlayıcıların yumurta kalitesi üzerindeki potansiyel etkilerinin daha iyi anlaşılmasını ve pratik kullanımdaki etkinliğinin optimize edilmesini sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

1. Abdallah, M. F., Girgin, G., & Baydar, T. (2015). Mycotoxin detection in feed and animal-derived foodstuffs. Current Opinion in Food Science, 5, 59-63.
2. Ahmed, A. M., Rodriguez, A., Vidal, M. L., Gautron, J., Garcia-Ruiz, J. M., & Nys, Y. (2003). Effect of moult on eggshell quality. British Poultry Science, 44(5), 782-783.
3. Atik, Z., & Ceylan, N. (2009). Yumurta kabuk kalitesine mineral maddelerin etkisi. Tavukçuluk Araş Derg, 6, 50-57.

**4.** Ayaşan, T., & Okan, F. (1999). Japon Bıldırcınlarının Karma Yemlerine Katılan Kalsiyum ve Fosfor'un Yumurta Verim Özellikleri İle Yumurta Kabuk Kalitesine Olan Etkisi. Hayvansal Üretim, 39(1), 98-104.

**5.** Ayim-Akonor, M., & Akonor, P. T. (2014). Egg consumption: patterns, preferences and perceptions among consumers in Accra metropolitan area. International Food Research Journal, 21(4).

**6.** Balnave, D., & Yoselewitz, I. (1987). The relation between sodium chloride concentration in drinking water and egg-shell damage. British Journal of Nutrition, 58(3), 503-509.

**7.** Berry, W. D. (2003). The physiology of induced molting. Poultry science, 82(6), 971-980.

**8.** Bollengier-Lee, S., Mitchell, M. A., Utomo, D. B., Williams, P. E. V., & Whitehead, C. C. (1998). Influence of high dietary vitamin E supplementation on egg production and plasma characteristics in hens subjected to heat stress. British Poultry Science, 39(1), 106-112.

**9.** Boorman, K. N., & Gunaratne, S. P. (2001). Dietary phosphorus supply, egg-shell deposition and plasma inorganic phosphorus in laying hens. British Poultry Science, 42(1), 81-91.

**10.** Çetin, S., & Gürcan, İ. S. (2006). Kahverengi ve beyaz yumurtacı hibrit tavuk yemlerine istiridye kabuğu ilavesinin yumurta kabuk kalitesine ve serum kalsiyum düzeyine etkileri. Journal of Lalahan Livestock Research Institute (Turkey), 46(2).

**11.** Cordeiro C. 2015. Eggshell membrane proteins provide innate immune protection, Doctoral dissertation, Université d'Ottawa/University of Ottawa.

**12.** Curtis, P. A., Gardner, F. A., & Mellor, D. B. (1985). A Comparison of Selected Quality and Compositional Characteristics of Brown and White Shell Eggs: I. Shell Quality. Poultry Science, 64(2), 297-301.

**13.** Daghir, N. J. (1995). Nutrient requirements of poultry at high temperature. Poultry production in hot climate, 101-125.

**14.** ELAROUSSI, M. A., FORTE, L. R., EBER, S. L., & BIELLIER, H. V. (1994). Calcium homeostasis in the laying hen.: 1. Age and dietary calcium effects. Poultry Science, 73(10), 1581-1589.

**15.** Fan, Y., Zhao, L., Ma, Q., Li, X., Shi, H., Zhou, T., Ji, C. (2013). Effects of Bacillus subtilis ANSB060 on growth performance, meat quality and aflatoxin residues in

broilers fed moldy peanut meal naturally contaminated with aflatoxins. Food and Chemical Toxicology, 59, 748-753.

**16.** Glatz, P. C. (1993). Cool drinking water for layers and broilers in summer. In Proceedings of the 9th Australian Poultry and Feed Convention, Gold Coast, Australia, 1993 (pp. 202-205).

**17.** Hincke, M. T., Nys, Y., Gautron, J., Mann, K., Rodriguez-Navarro, A. B., & McKee, M. D. (2012). The eggshell: structure, composition and mineralization. Front Biosci, 17(1), 1266-1280.

**18.** Hurwitz, S., & Bar, A. (1971). The effect of pre-laying mineral nutrition on the development, performance and mineral metabolism of pullets. Poultry Science, 50(4), 1044-1055.

**19.** Huwig, A., Freimund, S., Käppeli, O., & Dutler, H. (2001). Mycotoxin detoxication of animal feed by different adsorbents. Toxicology Letters, 122(2), 179-188.

**20.** Joyner, C. J., Peddie, M. J., & Taylor, T. G. (1987). The effect of age on egg production in the domestic hen. General and comparative endocrinology, 65(3),

**21.** Kang, G. H., Kim, S. H., Kim, J. H., Kang, H. K., & Kim, D. W. (2012). Effect of Flammulina velutipes on spent-hen breast meat tenderization. Poultry Science, 91(1), 232-236.

**22.** Keshavarz, K. (1994). Laying hens respond differently to high dietary levels of phosphorus in monobasic and dibasic calcium phosphate. Poultry science, 73(5), 687-703.

**23.** Keshavarz, K. (1996). The effect of different levels of vitamin C and cholecalciferol with adequate or marginal levels of dietary calcium on performance and eggshell quality of laying hens. Poultry Science, 75(10), 1227-1235.

**24.** Lawal, M., ve Bolu, S. A. (2014). Effects of gallic acid (isolated from grape rind) on serum biochemistry, histology and haematology of Aspergillus flavus challenged broilers. Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management, 7(2), 840-849.

**25.** Mgbeahuruike, A. C., Urtti, A., Heinonen, M., & Yli-Kauhaluoma, J. (2018). Mycotoxin binders for feed detoxification: Synthesis, characterisation, and efficacy assessment of novel binders. Journal of Food Science and Technology, 55(10), 4113-4120.

**26.** Munoz A, Dominguez-Gasca N, Jimenez-Lopez C, RodriguezNavarro AB. 2015. Importance of eggshell cuticle composition and maturity for avoiding trans-shell Salmonella contamination in chicken eggs. Food Control, 55, 31-38.

**27.** Nys, Y. (1995). Influence of nutritional factors on eggsshell quality at high environmental temperature.

**28.** Nys, Y., Hincke, M. T., Arias, J. L., Garcia-Ruiz, J. M., & Solomon, S. E. (1999). Avian eggshell mineralization. Poultry and Avian Biology Reviews, 10(3), 143-166.

**29.** Özpinar, A. (1987). Kafeste beslenen yumurta tavuklarında serum Ca, P ve Mg düzeyleri ile yumurta kabuğu oluşumu arasındaki ilişkiler.

**30.** Poggenpoel, D. G., Ferreira, G. F., Hayes, J. P., & Du Preez, J. J. (1996). Response to long-term selection for egg production in laying hens. British Poultry Science, 37(4), 743-756.

**31.** Razmgah, N., Torshizi, M. A. K., Sanjabi, M. R., & Mojgani, N. (2020). Anti-mycotoxigenic properties of probiotic Bacillus spp. in Japanese quails. Tropical Animal Health and Production, 52, 2863-2872.

**32.** Richard, J. L., Payne, G. A., Desjardins, A. E., Maragos, C. M., Norred, W. P., & Pestka, J. J. (2007). Mycotoxins: Risks in plant, animal, and human systems. Council for Agricultural Science and Technology.

**33.** Richard, JL (2007). Bazı önemli mikotoksinler ve mikotoksikozları - Genel bir bakış. Uluslararası gıda mikrobiyolojisi dergisi , 119 (1-2), 3-10.

**34.** Roberts, J. R. (2005). Egg quality guidelines for the Australian egg industry.

**35.** Roland Sr, D. A. (1979). Factors influencing shell quality of aging hens. Poultry Science, 58(4), 774-777.

**36.** Roland Sr, D. A., & Brake, J. (1982). Influence of premolt production on postmolt performance with explanation for improvement in egg production due to force molting. Poultry Science, 61(12), 2473-2481.

**37.** Roland Sr, D. A., Sloan, D. R., & Harms, R. H. (1975). The ability of hens to maintain calcium deposition in the egg shell and egg yolk as the hen ages. Poultry science, 54(5), 1720-1723.

**38.** Roland, D. A. (2000). Nutrition and feeding for optimum egg shell quality. In Proceedings of the XXI World's Poultry Congress, Montreal, Canada, August 20-24, 2000.

**39.** Santin, E. (2005). Mycotoxins and their effects in poultry: Mechanisms and control. Revista Brasileira de Ciência Avícola, 7(1), 1-10.

**40.** Schwartz, R. W. (1997). Practical Calcium and Phosphorus Nutrition. Poultry International. September, 110.

**41.** Tabib, I., & Onbaşilar, E. E. (2019). Tavuk Yumurtasında Kabuk Yapısı ve Kabuk Kalitesini Etkileyen Faktörler. Tavukçuluk Araştırma Dergisi, 16(2), 48-54.

**42.** Tavangar, P., Gharahveysi, S., Rezaeipour, V., & Irani, M. (2021). Efficacy of phytobiotic and toxin binder feed additives individually or in combination on the growth performance, blood biochemical parameters, intestinal morphology, and microbial population in broiler chickens exposed to aflatoxin B1. Tropical Animal Health and Production, 53(3), 335.

# BILDIRCIN RASYONUNA FARKLI TOKSİN BAĞLAYICI İLAVESİNİN YUMURTA SARI RENK PARAMETLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

**Prof. Dr. İsmail ÜLGER**
Erciyes Üniversitesi/Ziraat Fakültesi,
ismailulger@erciyes.edu.tr - 0000-0003-3606-0737
**Arş. Gör. Hüseyin Mert YÜKSEL**
Erciyes Üniversitesi/Ziraat Fakültesi,
huseyinmertyuksel@erciyes.edu.tr- 0000-0002-9429-8877
**Arş. Gör. Mustafa ÖZDEMİR**
Erciyes Üniversitesi/Ziraat Fakültesi,
mustafa.ozdemir@erciyes.edu.tr- 0000-0001-6160-2484

ÖZET

Yumurta, proteinler, mineraller, vitaminler ve antioksidanlar gibi insan sağlığını desteklemede hayati öneme sahip temel makro ve mikro besinleri içeren, besin açısından yoğun bir gıda kaynağıdır. Yumurta tüketimi günlük alınması gereken B6 miktarının yaklaşık %10'unu, A, E ve B12 vitaminlerinin %20-30'unu karşılayabilir. Bunun yanı sıra yumurta omega-3 ve omega-6 çoklu doymamış yağ asitleri ile selenyum açısından da önemli bir kaynaktır. Yumurta sarısı, karotenoidler ve vitaminler açısından zengin olduğu bildirilmektedir. Fakat yumurta sarısındaki karotenoid ve vitamin miktarı genel olarak kanatlıların beslendiği rasyonla alakalı bir durumdur.

Mikotoksinler, farklı mantar türlerinin toksijenik suşları tarafından üretilen ikincil metabolitlerdir ve toksikolojik açıdan önemlidir çünkü hem insan sağlığını hem de hayvan ve kümes hayvanlarının sağlığını veya verimliliğini olumsuz etkileyebilirler. Aspergillus, Penicillium ve Fusarium gibi toksijenik cinslerin 400'den fazla farklı mikotoksin ürettiği gösterilmiştir. Yumurta tavuğunda, yemlerin aflatoksin ile kontaminasyonu, yumurta üretimi ve yumurta ağırlığı gibi üreme durumunu olumsuz etkilediği bildirilmiştir.

Bu çalışmada, 45 günlük yaşta toplam 50 adet (n=10) yumurtacı bıldırcın kullanılmıştır. Bıldırcınlar, toksin bağlayıcı eklenmeyen kontrol grubu yanı sıra farklı toksin bağlayıcıların (AGRO, MYA, MYK ve HSCAS) eklendiği rasyonlarla 8 hafta boyunca beslenmiştir. Her hafta yumurta sarı rengi parametleri (L*, a* ve b*) kaydedilmiş ve gruplar arasındaki farklar analiz edilmiştir. Gruplar arasında yumurta ağırlığı açısından istatistiksel fark olup olmadığını belirlemek için ANOVA testi uygulanmıştır.

Çalışma sonucunda L* değerinde 8 haftalık bir süre boyunca gruplar (Kontrol, Agro, Mya, Myk, Novasil) arasında istatistiksel olarak bir farklılığa rastlanmamıştır. İkinci parametre olan a* değerinde ise 7. haftada Mya grubu diğer gruplardan daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır fakat diğer hiçbir haftada istatistksel olarak fark oluşmamıştır. Üçüncü parametre olan b* grununda hiçbir haftada gruplar arasında anlamlı bir fark oluşmamıştır.

Bu çalışmada, farklı rasyonlara ilave edilen toksin bağlayıcı uygulamalarının renk parametreleri (L*, a*, b*) üzerindeki etkisi 8 haftalık bir süre boyunca değerlendirilmiştir. L* ve b* değerlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken, a* parametresi için yalnızca 7. haftada anlamlı bir fark gözlenmiştir ($P<0.05$). Genel olarak, rasyona toksin bağlayıcı ilavesinin renk parametrelerine belirgin bir etkisi olmadığı, ancak kırmızımsı renk tonu (a*) üzerinde bazı haftalarda farklılık gösterebileceği sonucuna ortaya çıkmıştır. Bu durum, rasyona toksin bağlayıcı ilavesinin renk özellikleri üzerindeki potansiyel etkisinin daha fazla araştırılmasını gerektirmektedir.

Anahtar Kelimeler: bıldırcın, sarı rengi, yumurta, toksin.

## 1. GİRİŞ

Yumurta, insan sağlığını destekleyen temel besin ögelerini içeren, besin değeri yüksek bir gıda kaynağıdır. Özellikle protein, mineral, vitamin ve antioksidan içeriği sayesinde dengeli beslenmenin önemli bir bileşenidir (Miranda ve ark., 2015). Yumurta, insan vücudunun ihtiyaç duyduğu makro ve mikro besin ögelerini karşılamada etkili bir role sahiptir.Günlük alınması gereken B6 vitamini miktarının yaklaşık %10'unu, A, E ve B12 vitaminlerinin ise %20-30'unu karşılayabilmektedir (Asare ve ark., 2024). Bunun yanı sıra, yumurta, omega-3 ve omega-6 gibi çoklu doymamış yağ asitlerinin yanı sıra selenyum açısından da önemli bir kaynaktır (McNaughton ve Marks, 2002; Meyer ve ark., 2003). Omega-3 yağ asitleri, kardiyovasküler sağlığın korunmasında ve iltihabi süreçlerin düzenlenmesinde etkili olurken, selenyum bağışıklık sistemi işlevleri ve antioksidan savunma mekanizmasında kritik rol oynar. Bu nedenle, yumurta tüketimi, özellikle besinsel ihtiyaçların karşılanmasında fonksiyonel bir gıda olarak değerlendirilmektedir (McNaughton ve Marks, 2002; Meyer ve ark., 2003).

Yumurta sarısı, içeriğinde bulunan karotenoidler ve yağda çözünen vitaminler (A, D, E ve K vitaminleri) açısından zengin bir bileşime sahiptir (Ruxton ve ark., 2010). Karotenoidler, özellikle lutein ve zeaksantin gibi pigmentler, göz sağlığının korunması ve yaşa bağlı makula dejenerasyonunun önlenmesinde önemli rol oynar. Ancak yumurta sarısındaki karotenoid ve vitamin miktarının büyük ölçüde kanatlı hayvanların beslenme rejimiyle ilişkili olduğu

bilinmektedir (Zaheer, 2017). Yumurta sarısı rengi, tüketicilerin kalite algısı üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Tüketiciler, görsel ve duyusal kalitesi yüksek gıdaları tercih etmektedirler (Ueda ve ark., 2009). Yumurta sarısının rengi, yumurtaların ve yumurta ürünlerinin yüksek kalitesiyle genellikle ilişkilendirilen niteliksel bir özelliktir. Yumurta sarısının daha yoğun renk tonlarının tazelik ve besleyicilikle ilişkili olduğunu düşünülmektedir (Christensen, 1983).

Yumurta sarısı renginin oluşumu, rasyonda bulunan karotenoid pigmentlere bağlıdır. Pigmentlerin gelişen ovada birikimiyle oluşur ve homojen yapı sayesinde renk değerlendirmesi daha kolay ve güvenilir hale gelir. Ancak görsel görünüm, pigment çeşitliliği ve oksi-karotenoidlerin besinsel düzeyleriyle olan doğrusal olmayan ilişki nedeniyle karmaşıktır (Nys, 2000). Ksantofiller gibi karotenoidleri sentezleyemedikleri için bu pigmentler dışarıdan rasyon yoluyla alınmalıdır (Goodwin, 1980; Marusich ve Bauernfeind, 1981). Bıldırcınlar ksantofilleri sentezleyemediklerinden, üniform ve tutarlı bir rengin korunması doğrudan rasyonlar ile alınan karotenoidlerin miktarına, renklendirme kapasitesine ve stabilitesine bağlıdır. Pigment birikimi besin alımıyla artsa da görsel görünüm bir noktada plato yapar. Bu nedenle, analitik ve görsel yöntemlerin birlikte kullanılması gerekmektedir (Nys, 2000). Doğal pigment kaynakları arasında mısır, yonca ve kadife çiçeği gibi bitkiler bulunurken, sentetik pigmentler de yaygın olarak kullanılmaktadır (Belyavin ve Marangos, 1987). Ayrıca, yemlerdeki pigment etkinliği, sindirilebilirlik, metabolizma ve hedef dokudaki birikime bağlı olarak değişmektedir (Belyavin ve Marangos, 1987).

Mümkün olduğunca, ‘renk’ terimi yalnızca öznel olarak algılanan rengi tanımlamak için kullanılmalıdır. ‘Kromatizm’ terimi ise bir ışık kaynağının özelliklerini ve renk özelliklerini (spektral bileşimi) tanımlamak için kullanılır (Drdák, 1985). ‘Renklenme’ terimi ise nesnelerin renk özelliklerini tanımlar. Renklenme, radyasyon kaynağının spektral bileşimine ve belirli bir malzemenin spektral yansıtma veya geçirgenliğine bağlıdır; bu durum, hem spektrumda hem de radyasyonun yoğunluğunda değişikliklere yol açar (Dvořák ve ark., 2012).

Yumurta sarısı rengini ölçmek için farklı yöntemler geliştirilmiştir. En yaygın kullanılan yöntemlerden biri Roche Renk Fanı’dır (RCF). RCF, yumurta sarısı rengini 1’den 15’e kadar numaralandırılmış bir skalada değerlendirir (Vuilleumier, 1969). Ancak bu yöntem subjektif olup, gözlemcinin yorgunluğu ve ışık koşulları gibi faktörlerden etkilenebilir (Fletcher, 1992). Daha objektif değerlendirmeler için spektrofotometreler kullanılır ve bu yöntem, CIELAB sistemine dayanır. CIELAB sistemi; kırmızı-yeşil (a*), sarı-mavi (b*) ve siyah-beyaz (L*) eksenlerindeki değerler ile toplam renk farkını (E*) tanımlar (Colorimetry, 1986). Tamamlayıcı renk modeli, üç temel renk çiftinin farklılıklarına dayanır: kırmızı–yeşil (a∗ parametresi), sarı–mavi (b∗

parametresi) ve siyah–beyaz (L∗ parametresi). Üçüncü özellik olan L∗ ışıklılık değeri, yansıtma fonksiyonu olup, yansıyan ışık yoğunluğunun gelen ışık yoğunluğuna oranını temsil eder.

Yumurta sarısı rengi, tüketici tercihleri ve pazarlama stratejileri açısından büyük önem taşımaktadır. Üreticiler, bölgesel tüketici tercihlerine uygun yumurta sarısı rengini elde edebilmek için rasyon formülasyonlarını dikkatlice düzenlemelidir. Hem doğal hem de sentetik pigmentlerin etkin kullanımı, istenilen renk tonunun sağlanmasında kritik bir rol oynar (Bunnell ve ark., 1962; Olson ve Krinsky, 1995).

Mikotoksinler, çeşitli toksijenik mantar türlerinin ikincil metabolizma ürünleri olarak tanımlanan kimyasal bileşiklerdir ve toksikolojik açıdan büyük öneme sahiptir. Bu bileşikler, hem insan sağlığı hem de hayvan ve kümes hayvanlarının sağlığı üzerinde ciddi olumsuz etkiler oluşturabilir (Lee ve ark., 2012). Özellikle Aspergillus, Penicillium ve Fusarium gibi toksijenik mantar cinslerinin ürettiği mikotoksinler, gıda güvenliği ve hayvan verimliliği açısından kritik bir risk faktörü olarak değerlendirilmektedir (Bünger ve ark., 2004). Yapılan araştırmalar, bu toksijenik cinslerin 400'den fazla farklı mikotoksin ürettiğini ortaya koymuştur (Bünger ve ark., 2004). Mikotoksinler, çevresel koşullara bağlı olarak tahıllar, yağlı tohumlar ve diğer yem hammaddelerinde yaygın şekilde oluşmaktadır.

Aflatoksinler, kümes hayvanlarında önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Yumurta tavuklarında yapılan çalışmalarda, yemlerin aflatoksinler ile kontaminasyonu sonucunda yumurta üretimi, yumurta ağırlığı ve genel üreme performansı üzerinde olumsuz etkiler gözlemlenmiştir (Danicke ve ark., 2002; Rizzi ve ark., 2003). Mikotoksin kontaminasyonunun etkisi, hayvanların maruz kaldığı doza, maruziyet süresine ve hayvanın genetik duyarlılığına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. (Lee ve ark., 2012; Rizzi ve ark., 2003).

## 2. MATERYAL METOT

Bu çalışmada, toplam 50 adet 45 günlük yaşta yumurtacı bıldırcın (Coturnix coturnix japonica) kullanılmıştır. Deneme hayvanları, rastgele seçilerek her biri 10 bıldırcından oluşan 5 farklı grup halinde düzenlenmiştir (n=10). Deneysel gruplar; toksin bağlayıcı içermeyen kontrol grubu ve farklı toksin bağlayıcılar (AGRO, MYA, MYK ve HSCAS) eklenen deney grupları olarak oluşturulmuştur. Bıldırcınlar, 8 hafta süresince deneysel rasyonlarla beslenmiş ve çalışmanın tüm aşamaları boyunca yem ve suya ad libitum erişimleri sağlanmıştır.

Bıldırcın rasyonları, NRC (1994) tarafından belirlenen yumurtacı bıldırcın besin gereksinimlerini karşılayacak şekilde formüle edilmiş ve toksin bağlayıcıların etkisini değerlendirmek amacıyla aynı temel yem üzerinde spesifik bağlayıcı maddeler eklenmiştir. Rasyonların hazırlanmasında kullanılan yem hammaddeleri mikotoksin kontaminasyonu açısından analiz edilmiş ve standart

değerlere uygunluğu doğrulanmıştır. Her bir deneysel grup için yem numuneleri haftalık olarak toplanmış ve kompozisyonlarında herhangi bir değişim olmamasına dikkat edilmiştir.

Araştırma süresince her hafta, elde edilen yumurtaların sarı renk parametreleri (L, a ve b*)** ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Ölçümler, CIELAB renk uzayı standartlarına uygun olarak dijital spektrofotometre (örneğin, Konica Minolta CR-400) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Renk parametreleri;

L*: Yüzeyin ışıklılığını (0: siyah, 100: beyaz),

a*: Yeşil (-) ile kırmızı (+) arasındaki renk tonunu,

b*: Mavi (-) ile sarı (+) arasındaki renk tonunu temsil edecek şekilde analiz edilmiştir.

Yumurta ağırlıkları ise dijital terazi kullanılarak gram (g) cinsinden haftalık olarak ölçülmüş ve gruplar arasındaki farklılıklar değerlendirilmiştir. Deneysel verilerin istatistiksel analizi için Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) kullanılmıştır. ANOVA testi, gruplar arasında yumurta ağırlığı ve sarı renk parametreleri açısından istatistiksel anlamlılık olup olmadığını belirlemek amacıyla uygulanmıştır. Elde edilen veriler SPSS 25.0 istatistik programı kullanılarak analiz edilmiştir.

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada farklı toksin bağlayıcıların yumurta sarısı renk parametreleri (L*, a* ve b*) üzerindeki etkileri 8 haftalık bir süre boyunca değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler, toksin bağlayıcı uygulamalarının renk parametrelerine olan etkisinin sınırlı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1. Farklı toksin bağlayıcıların L* parametresi üzerindeki etkileri

| Dönem | Kontrol | Agro | Mya | Myk | Novasil | P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.hafta | 57,56 ± 1,28 | 59,30 ± 0,85 | 59,78 ± 0,87 | 58,29 ± 0,94 | 60,46 ± 0,78 | 0,220 |
| 2.hafta | 61,17 ± 1,04 | 61,70 ± 0,53 | 60,73 ± 0,68 | 62,50 ± 0,83 | 62,04 ± 1,07 | 0,618 |
| 3.hafta | 58,69 ± 1,02 | 57,77 ± 0,88 | 58,68 ± 0,78 | 58,30 ± 0,90 | 58,64 ± 0,86 | 0,941 |
| 4.hafta | 58,21 ± 1,15 | 60,25 ± 0,61 | 59,13 ± 1,03 | 59,60 ± 0,86 | 57,72 ± 0,80 | 0,286 |
| 5.hafta | 59,08 ± 1,10 | 59,92 ± 0,67 | 59,85 ± 0,72 | 59,27 ± 0,84 | 61,46 ± 0,77 | 0,286 |
| 6.hafta | 58,83 ± 0,98 | 59,81 ± 0,59 | 59,73 ± 0,60 | 59,64 ± 0,72 | 60,29 ± 0,55 | 0,686 |
| 7.hafta | 58,74 ± 0,93 | 59,70 ± 0,58 | 59,48 ± 0,67 | 59,74 ± 0,69 | 59,13 ± 0,51 | 0,828 |
| 8.hafta | 58,99 ± 1,03 | 59,59 ± 0,66 | 59,26 ± 0,89 | 60,05 ± 0,79 | 57,97 ± 0,68 | 0,464 |

Farklı toksin bağlayıcıların rasyona ilavesinin yumurta sarısında L* değeri üzerine etkisi Çizelge 1.'de gösterilmiştir. Birinci parametre olan L* değeri (ışıklılık), 8 haftalık sürede kontrol grubu ile deney grupları (AGRO, MYA, MYK, Novasil) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık

göstermemiştir (P>0.05). Bu sonuç, toksin bağlayıcı ilavesinin yumurta sarısının ışıklılık düzeyi üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir.

Çizelge 2. Farklı toksin bağlayıcıların L* parametresi üzerindeki etkileri

| Dönem | Kontrol | Agro | Mya | Myk | Novasil | P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.hafta | 57,56 ± 1,28 | 59,30 ± 0,85 | 59,78 ± 0,87 | 58,29 ± 0,94 | 60,46 ± 0,78 | 0,891 |
| 2.hafta | 61,17 ± 1,04 | 61,70 ± 0,53 | 60,73 ± 0,68 | 62,50 ± 0,83 | 62,04 ± 1,07 | 0,433 |
| 3.hafta | 58,69 ± 1,02 | 57,77 ± 0,88 | 58,68 ± 0,78 | 58,30 ± 0,90 | 58,64 ± 0,86 | 0,087 |
| 4.hafta | 58,21 ± 1,15 | 60,25 ± 0,61 | 59,13 ± 1,03 | 59,60 ± 0,86 | 57,72 ± 0,80 | 0,230 |
| 5.hafta | 59,08 ± 1,10 | 59,92 ± 0,67 | 59,85 ± 0,72 | 59,27 ± 0,84 | 61,46 ± 0,77 | 0,091 |
| 6.hafta | 58,83 ± 0,98 | 59,81 ± 0,59 | 59,73 ± 0,60 | 59,64 ± 0,72 | 60,29 ± 0,55 | 0,120 |
| 7.hafta | 58,74 ± 0,93 | 59,70 ± 0,58 | 59,48 ± 0,67 | 59,74 ± 0,69 | 59,13 ± 0,51 | 0,031 |
| 8.hafta | 58,99 ± 1,03 | 59,59 ± 0,66 | 59,26 ± 0,89 | 60,05 ± 0,79 | 57,97 ± 0,68 | 0,397 |

Farklı toksin bağlayıcıların rasyona ilavesinin yumurta sarısında a* değeri üzerine etkisi Çizelge 2.'de gösterilmiştir. İkinci parametre olan a* değeri (kırmızı-yeşil ekseni) için yapılan analizlerde, 7. haftada MYA grubunun diğer gruplardan anlamlı derecede daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir (P<0.05). Ancak, çalışma süresince diğer haftalarda gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık gözlenmemiştir. Bu durum, belirli haftalarda toksin bağlayıcıların rasyona eklenmesinin yumurta sarısındaki kırmızımsı renk tonunu etkileyebileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, bu etkinin süreklilik göstermemesi, toksin bağlayıcıların a* parametresi üzerindeki etkisinin kısa vadeli veya geçici olabileceğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 3. Farklı toksin bağlayıcıların b* parametresi üzerindeki etkileri

| Dönem | Kontrol | Agro | Mya | Myk | Novasil | P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.hafta | 51,43 ± 0,83 | 50,13 ± 0,92 | 50,63 ± 1,06 | 50,87 ± 0,85 | 51,26 ± 0,93 | 0,866 |
| 2.hafta | 52,53 ± 0,73 | 50,50 ± 1,08 | 50,03 ± 1,22 | 52,82 ± 0,92 | 52,77 ± 0,94 | 0,119 |
| 3.hafta | 50,74 ± 0,78 | 49,19 ± 1,18 | 50,34 ± 1,01 | 51,02 ± 1,05 | 50,95 ± 1,10 | 0,712 |
| 4.hafta | 50,43 ± 1,19 | 49,89 ± 1,18 | 50,78 ± 1,13 | 51,14 ± 1,09 | 49,39 ± 1,21 | 0,837 |
| 5.hafta | 52,13 ± 0,81 | 50,75 ± 0,93 | 50,81 ± 1,05 | 51,70 ± 0,78 | 52,57 ± 0,90 | 0,531 |
| 6.hafta | 51,29 ± 0,61 | 48,85 ± 0,93 | 49,50 ± 1,00 | 50,87 ± 0,80 | 50,76 ± 0,71 | 0,186 |
| 7.hafta | 50,99 ± 0,79 | 49,64 ± 1,06 | 50,58 ± 0,98 | 51,46 ± 0,95 | 50,50 ± 0,96 | 0,731 |
| 8.hafta | 50,73 ± 1,08 | 50,47 ± 1,05 | 50,89 ± 1,15 | 51,83 ± 0,98 | 50,56 ± 1,10 | 0,902 |

Farklı toksin bağlayıcıların rasyona ilavesinin yumurta sarısında b* değeri üzerine etkisi Çizelge 3.'de gösterilmiştir. Üçüncü parametre olan b* değeri (sarı-mavi ekseni) açısından yapılan değerlendirmelerde ise, çalışma süresince hiçbir haftada kontrol grubu ile toksin bağlayıcı

uygulanan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (P>0.05). Bu sonuç, toksin bağlayıcı ilavesinin yumurta sarısının sarı tonları üzerinde belirgin bir etki oluşturmadığını göstermektedir.

Genel olarak, rasyona farklı toksin bağlayıcıların eklenmesi, yumurta sarısı renk parametreleri üzerinde L* (ışıklılık) ve b* (sarı ton) değerlerinde anlamlı bir değişikliğe neden olmamış; ancak a* (kırmızımsı ton) değerinde 7. haftada kısa süreli bir artışa neden olmuştur. Bu durum, toksin bağlayıcıların yumurta sarısının renk özellikleri üzerinde sınırlı ve spesifik haftalara bağlı etkiler gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

## 4. SONUÇLAR

Sonuç olarak, toksin bağlayıcıların renk parametreleri üzerindeki etkilerinin daha ayrıntılı bir şekilde incelenebilmesi için uzun süreli çalışmalar yapılması gerekmektedir. Özellikle a* parametresindeki kısa süreli artışların mekanizmasının anlaşılması, toksin bağlayıcıların yumurta sarısı pigmentasyonu üzerindeki etkilerinin daha iyi kavranmasına katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda, farklı toksin bağlayıcı türlerinin dozajı, uygulama süresi ve tavukların fizyolojik durumları gibi faktörlerin de dahil edildiği kapsamlı çalışmalar önerilmektedir.

## KAYNAKÇA

1. Asare, B. K., Achaglinkame, M. A., Sam, F. E., Atuna, R. A., & Amagloh, F. K. (2024). Yellowness of egg yolks influences consumer preference for eggs in Ghana. International Food Research Journal, 31(2).
2. Belyavin, C. G., & Marangos, A. G. (1987). Natural products for egg yolk pigmentation.
3. Bünger, J., Westphal, G., Mönnich, A., Hinnendahl, B., Hallier, E., & Müller, M. (2004). Cytotoxicity of occupationally and environmentally relevant mycotoxins. Toxicology, 202(3), 199-211.
4. Bunnell, R. H., Marusich, W. L., & Bauernfeind, J. C. (1962). β-apo-8′-carotenal as an egg yolk pigmenter. Poultry Science, 41(4), 1109-1115.
5. Christensen, C. M. (1985). Effect of color on judgments of food aroma and flavour intensity in young and elderly adults. Perception, 14(6), 755-762.
6. Colorimetry, C. I. E. (1986). official recommendations of the International Commission on Illumination. Publication CIE No. 15.2.
7. Danicke, S., Ueberschar, K. H., Halle, I., Matthes, S., Valenta, H., & Flachowsky, G. (2002). Effect of addition of a detoxifying agent to laying hen diets containing uncontaminated or

Fusarium toxin-contaminated maize on performance of hens and on carryover of zearalenone. Poultry science, 81(11), 1671-1680.

8. Drdák, M. (1985). Objectification Evaluation of Colour of Some Foodstuffs.

9. Dvořák, P., Suchý, P., Straková, E., & Kopřiva, V. (2012). Possibilities of enhancing the colour of egg yolk. Journal of the Science of Food and Agriculture, 92(4), 853-856.

10. Fletcher, D. L. (1992). Methodology for achieving pigment specifications. Poultry science, 71(4), 733-743.

11. Goodwin, T. W. (1980). Nature and distribution of carotenoids. Food Chemistry, 5(1), 3-13.

12. Karunajeewa, H., Hughes, R. J., McDonald, M. W., & Shenstone, F. S. (1984). A review of factors influencing pigmentation of egg yolks. World's Poultry Science Journal, 40(1), 52-65.

13. Lee, J. T., Jessen, K. A., Beltran, R., Starkl, V., Schatzmayr, G., Borutova, R., & Caldwell, D. J. (2012). Effects of mycotoxin-contaminated diets and deactivating compound in laying hens: 2. Effects on white shell egg quality and characteristics. Poultry science, 91(9), 2096-2104.

14. Marusich, W. L., & Bauernfeind, J. C. (1981). Oxycarotenoids in poultry feeds. Carotenoids as colorants and vitamin A precursors, 319-462.

15. McNaughton, S. A., & Marks, G. C. (2002). Selenium content of Australian foods: a review of literature values. Journal of Food Composition and Analysis, 15(2), 169-182.

16. Meyer, B. J., Mann, N. J., Lewis, J. L., Milligan, G. C., Sinclair, A. J., & Howe, P. R. (2003). Dietary intakes and food sources of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids. Lipids, 38(4), 391-398.

17. Miranda, J. M., Anton, X., Redondo-Valbuena, C., Roca-Saavedra, P., Rodriguez, J. A., Lamas, A., Cepeda, A. (2015). Egg and egg-derived foods: effects on human health and use as functional foods. Nutrients, 7(1), 706-729.

18. Nys, Y. (2000). Dietary carotenoids and egg yolk coloration. Archiv für Geflugelkunde, 64(2), 45-54.

19. Olson, J. A., & Krinsky, N. I. (1995). Introduction: the colorful, fascinating world of the carotenoids: important physiologic modulators. The FASEB Journal, 9(15), 1547-1550.

20. Rizzi, L., Simioli, M., Roncada, P., & Zaghini, A. (2003). Aflatoxin B1 and clinoptilolite in feed for laying hens: effects on egg quality, mycotoxin residues in livers, and hepatic mixed-function oxygenase activities. Journal of Food Protection, 66(5), 860-865.

21. Ruxton, C. H. S., Derbyshire, E., & Gibson, S. (2010). The nutritional properties and health benefits of eggs. Nutrition & Food Science, 40(3), 263-279.

22. Ueda, R., Okamoto, N., Araki, T., Shibata, M., Sagara, Y., Sugiyama, K., & Chiba, S. (2009). Consumer preference and optical and sensory properties of fresh cod roe. Food science and technology research, 15(5), 469-478.

23. Vuilleumier, J. P. (1969). The 'Roche Yolk Colour Fan '—An Instrument for Measuring Yolk Colour. Poultry Science, 48(3), 767-779.

24. Zaheer, K. (2017). Hen egg carotenoids (lutein and zeaxanthin) and nutritional impacts on human health: a review. CYTA-Journal of Food, 15(3), 474-487.

# INFLUENCE OF EARTHQUAKE FREQUENCY CONTENT IN REDUCING ACCELERATIONS OF STRUCTURES UNDER GROUND MOTIONS

**Doç. Dr. Onur ARAZ**
Gumushane University,
onuraraz29@hotmail.com - 0000-0002-6218-0559

## ABSTRACT

The study of the dynamic behavior of structures under the influence of seismic loads and the investigation of the effective parameters on the dynamic behavior of structures are important research topics. Many studies have been presented in the literature on this subject. However, the damages and loss of life that have occurred after the recent severe earthquakes have kept the interest in this subject alive. For this purpose, it is important to design structures in an earthquake-resistant manner and to increase the seismic performance of existing structures. Different strengthening techniques are applied to increase the seismic performance of existing structures. In addition, the seismic performance of the structure is increased with the help of control systems added to the structure. To control the seismic response of structures, the tuned mass damper (TMD) is placed at the floor where the largest displacement is obtained, i.e., at the top floor. This study deals with the reduction of acceleration responses of structures under the influence of earthquake loads using TMD. For this purpose, 3 different structures and 80 different ground motions are considered in this paper. The optimum mechanical properties of the TMD are obtained using the genetic algorithm (GA). Numerical results show that the earthquake frequency content and the structure's dynamic characteristics are effective on the control performance of the TMD.

**Keywords :** Acceleration, seismic control, optimum parameters, tuned mass damper.

## 1. INTRODUCTION

Many studies have been conducted to determine the parameters that affect the dynamic responses of structures under the influence of earthquake loads, and these studies have an important place in terms of earthquake-resistant structural design. However, the damages and loss of life that have occurred after the recent severe earthquakes have kept the interest in this

subject alive. For this purpose, it is important to design structures in an earthquake-resistant manner and to increase the seismic performance of existing structures. Different strengthening techniques are applied to increase the seismic performance of existing structures. In addition, the seismic performance of the structure is increased with the help of control systems added to the structure.

The characteristics of earthquakes play an important role in the dynamic response of structures and the performance of control systems. Therefore, it is extremely important to take seismic loads into account correctly in the design of structures. Otherwise, irreparable consequences are encountered. For this reason, many researchers have conducted studies on the behavior of different structural systems under the influence of seismic loads. These studies can generally be divided into four different groups.

While examining the dynamic behavior of structures under the influence of seismic loads, a significant majority of researchers assume that the structure is rigidly connected to the ground [1-5]. Therefore, the interaction between the structure and the ground is neglected in dynamic analyses.

In cases where the soil-structure interaction (SSI) is important; changes are observed in the dynamic characteristics of the structures. This situation may cause a decrease or an increase in the dynamic behavior of the structures. Therefore, researchers have investigated the effect of soil-structure interaction on the dynamic behavior of different types of structures [6-12]. In these studies, the numerical results obtained by considering different soil types are compared with the results obtained for the fixed base structure.

In the third group of studies [13-19], the effects of the dynamic characteristics of the structure and the earthquake characteristics on the seismic behavior of the structures are considered. The main characteristics of the ground motion that affect the dynamic behavior of the structures are peak ground motion, peak ground velocity, magnitude, distance to the fault rupture, and fault mechanism, respectively.

The last group of studies focused on reducing vibrations in structures affected by earthquake loads [20-24]. Control systems used to reduce dynamic loads are divided into 4 groups. These are passive, active, semi-active and hybrid. The most widely used system among these systems is passive control systems. The reasons for the widespread use of passive control systems include low maintenance and repair costs, mechanical simplicity and the fact that they do not require any external energy.

In this paper, the effectiveness of TMD in reducing the accelerations occurring in structures with different number of floors under the effect of earthquake is investigated. For this purpose, 3 different structures and 80 ground motions are considered. The ground motions considered are divided into three different groups (i.e., low, intermediate, and high frequency content).

## 2. NUMERICAL EXAMPLE

Figure 1 shows an *n*-story shear building equipped with tuned mass damper (TMD) under the influence of ground motion. The equations of motion of this system are given below. To obtain

the dynamic responses of the structure under ground motion in the time domain analysis, Eq. (1) is solved the using the Newmark integration method.

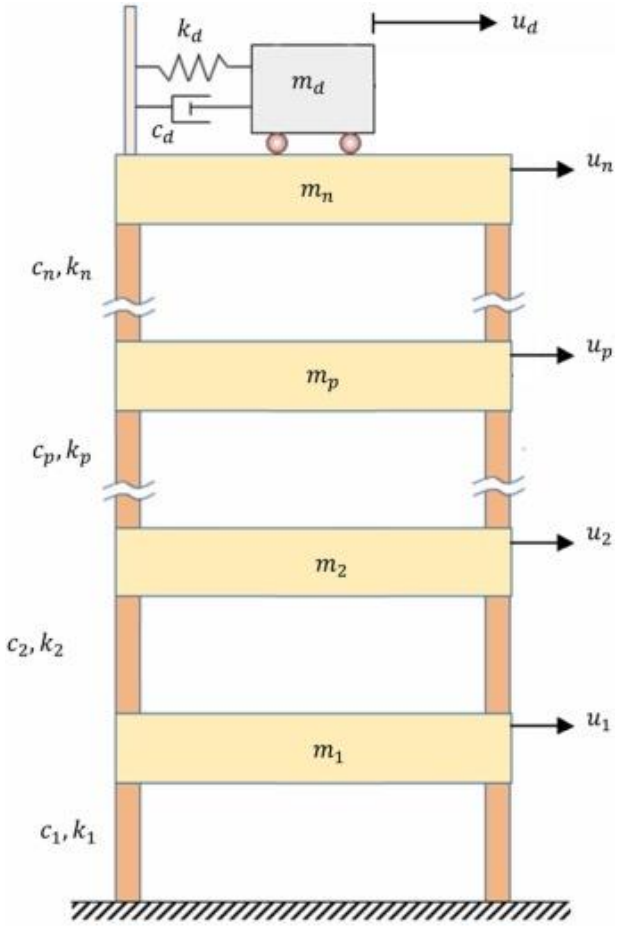



**Figure 1.** An *n*-story shear building with TMD.

$$\boldsymbol{M}\ddot{\boldsymbol{u}}(t)+\boldsymbol{C}\dot{\boldsymbol{u}}(t)+\boldsymbol{K}\boldsymbol{u}(t)=-\boldsymbol{m}\ddot{\boldsymbol{u}}_g(t) \tag{1}$$

where $\boldsymbol{M}$, $\boldsymbol{C}$, and $\boldsymbol{K}$ are the mass, damping and stiffness matrices of the structure system.

$$\boldsymbol{M}=\begin{bmatrix} m_1 & & & & \\ & m_2 & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & m_n & \\ & & & & m_d \end{bmatrix} \tag{2}$$

$$\boldsymbol{C}=\begin{bmatrix} c_1+c_2 & -c_2 & & & \\ & c_2+c_3 & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & c_n+c_d & -c_d \\ sym & & & & c_d \end{bmatrix} \tag{3}$$

$$\boldsymbol{K} = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & & & \\ & k_2 + k_3 & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & k_n + k_d & -k_d \\ sym & & & & k_d \end{bmatrix} \tag{4}$$

$$\boldsymbol{m} = \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ \vdots \\ m_n \\ m_d \end{bmatrix} \tag{5}$$

$$\boldsymbol{u}(t) = \begin{bmatrix} u_1 & u_2 & \ldots & u_n & u_d \end{bmatrix}^T \tag{6}$$

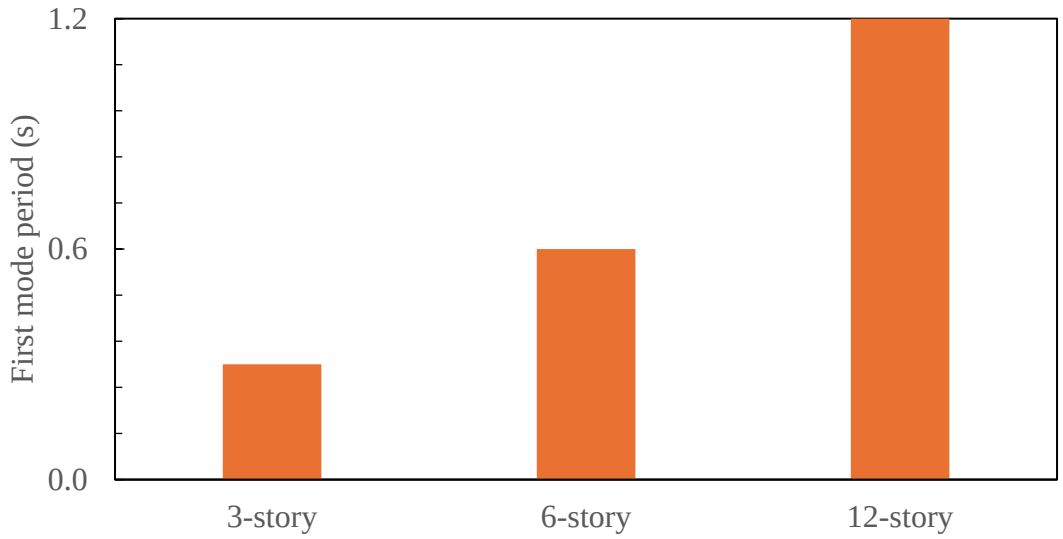



**Figure 2.** The fundamental period of the buildings.

The period values of the first mode of the structures considered in the study are shown in Figure 2. As can be seen from Figure 2, the dominant period of the building increases as the number of floors increases. In determining the dynamic properties of the structures, the formula $T$=0.1$N$ is considered. Here, $N$ indicates the number of floors. The floor mass is considered as 150t for each building. Also, the structural damping ratio is 0.05 for all structures.

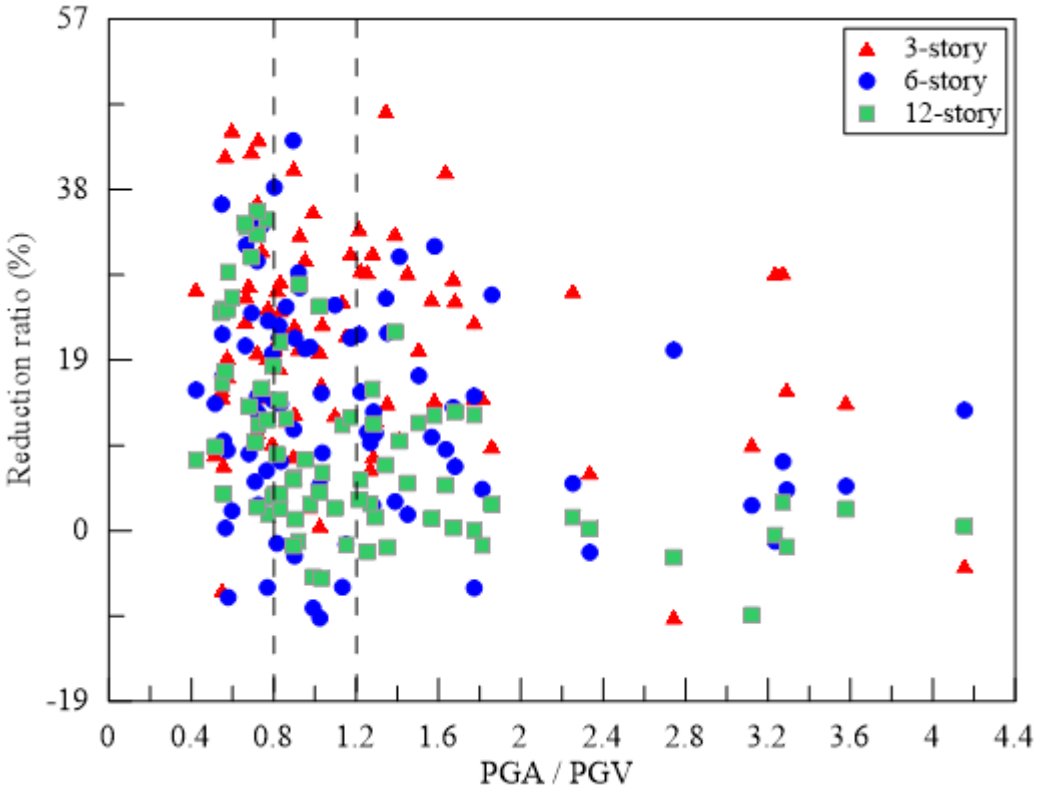



**Figure 3.** The reduction ratios for the maximum acceleration responses.

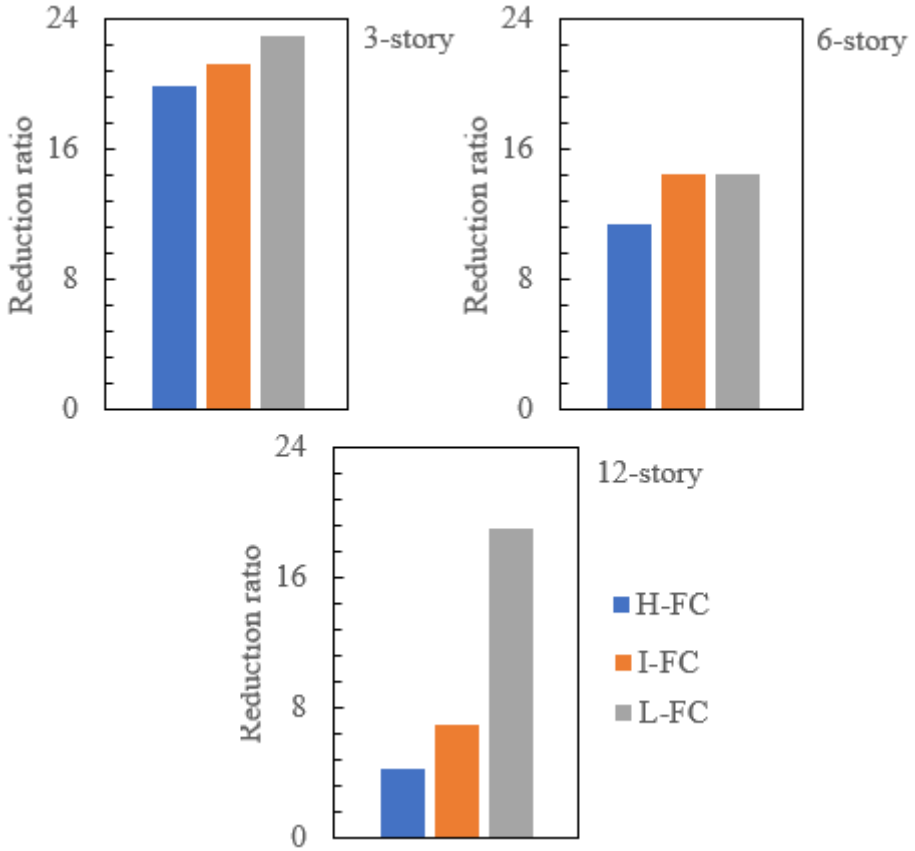



**Figure 4.** The average reduction ratios for the maximum acceleration responses.

Figure 3 shows the reduction rates in maximum acceleration responses of the structures under various earthquakes. As can be seen, the PGA/PGV ratio plays an important role in the control performance of the TMD. Therefore, it is seen that the performance of the TMD changes significantly from one ground motion to another. Another important parameter that plays a role in the control performance of the TMD is the number of floors of the structure.

Figure 4 shows the average reduction ratios for the maximum acceleration responses. As can be seen, TMD is an effective device in reducing the accelerations occurring on the top floor of the structure under earthquakes with low frequency content.

## 3. CONCLUSIONS

The main findings obtained from this study, which aimed to reduce seismic loads by using TMD, are given below.

- The frequency content of the ground motion has an important effect on the control performance of the TMD.
- The dynamic properties of the structure have an important effect on the control performance of TMD.
- As a result, it has been observed that the number of floors as well as the PGA/PGV ratio have an important effect on the effectiveness of the TMD.

## REFERENCES

**[1]** Hokmabadi AS, Fatahi B, Samali B (2012) Recording inter storey drifts of structures in time-history approach for seismic design of building frames. Australian Journal of Structural Engineering 13(2): 175–179.

**[2]** Son H, Park J, Kim H, et al. (2017) Generalized finite element analysis of high-rise wall-frame structural systems. Engineering Computations 34(1): 189–210.

**[3]** Tabatabaiefar HR, Mansoury B (2016) Detail design, building and commissioning of tall building structural models for experimental shaking table tests. The Structural Design of Tall and Special Buildings 25(8): 357–374.

**[4]** Robert T, Laure P (2005) Seismic performance of concentrically braced steel frames in multistory buildings with mass irregularity. Journal of Structural Engineering 131: 1363–1375.

**[5]** Tremblay R, Poncet L (2007) Improving the seismic stability of concentrically braced steel frames. Engineering Journal (ASCE) 2: 103–116.

**[6]** Balkaya C, Yuksel SB, Derinoz O (2012) Soil-structure interaction effects on the fundamental periods of the shear-wall dominant buildings. The Structural Design of Tall and Special Buildings 21(6): 416–430.

**[7]** Carbonari S, Dezi F, Leoni G (2012) Nonlinear seismic behaviour of wall-frame dual systems accounting for soil structure interaction. Earthquake Engineering & Structural Dynamics 41(12): 1651–1672.

**[8]** Far H (2019) Dynamic behaviour of unbraced steel frames resting on soft ground. Steel Construction 12(2): 135–140.

**[9]** Tabatabaiefar HR, Fatahi B, Ghabraie K, et al. (2015) Evaluation of numerical procedures to determine seismic response of structures under influence of soil-structure interaction. Structural Engineering & Mechanics 56(1): 27–47.

**[10]** Kamal M, Inel M, Cayci BT (2022) Seismic behavior of midrise reinforced concrete adjacent buildings considering soilstructure interaction. Journal of Building Engineering 51: 104296.

**[11]** Liu ST, Li PZ, Zhang WY, et al. (2020) Experimental study and numerical simulation on dynamic soil-structure interaction under earthquake excitations. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 138: 106333.

**[12]** Scarfone R, Morigi M, Conti R (2020) Assessment of dynamic soil-structure interaction effects for tall buildings: a 3D numerical approach. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 128: 105864.

**[13]** Ardebili MAH, Mirzabozorg H (2012) Effects of pulse-like ground motions in seismic performance evaluation of a symmetric arch dam. Soil Mech Found Eng 49(5):192–9.

**[14]** Bray JD, Rodriguez-Marek A (2004) Characterization of forward-directivity ground motions in the pulse-like region. Soil Dyn Earthq Eng 24(11):815–28.

**[15]** Davoodi M, Jafari MK, Hadiani N (2013) Seismic response of embankment dams under pulse-like and far-field ground motion excitation. Eng Geol 158:66–76.

**[16]** Gorai S, Maity D (2019) Seismic response of concrete gravity dams under near field and far field ground motions. Eng Struct 196:16.

**[17]** Malhotra PK (1999) Response of buildings to near-field pulse-like ground motions. Earthq Eng Struct D 28(11):1309–26.

**[18]** Mavroeidis GP, Dong G. Papageorgiou AS (2004) Near-fault ground motions, and the response of elastic and inelastic single-degree-of-freedom (SDOF) systems. Earthq Eng Struct D 33(9):1023–49.

**[19]** Mavroeidis GP, Papageorgiou AS (2003) A mathematical representation of pulse-like ground motions. Bull Seismol Soc Am 93(3):1099–131.

**[20]** Salvi J, Rizzi E (2017) Optimum earthquake-tuned TMDs: seismic performance and new design concept of balance of split effective modal masses. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 101: 67-80.

**[21]** Wang LK, Shi WX, Zhou Y (2022) Adaptive-passive tuned mass damper for structural aseismic protection including soil–structure interaction. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 158: 107298.

**[22]** Araz O (2025) Effect of basic parameters defining principal soil-structure interaction on seismic control of structures equipped with optimum tuned mass damper. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 189:109085.

**[23]** Araz, O (2021) Optimization of three-element tuned mass damper for single degree of freedom structures under ground acceleration. El-Cezerî Journal of Science and Engineering 8(3):1264-1271.

**[24]** Araz O (2021) Optimum passive tuned mass damper systems for main structures under harmonic excitation. Journal of Engineering Sciences and Design 9(4):1062-1071.

# INFLUENCE OF SOIL STRUCTURE INTERACTION IN REDUCING DISPLACEMENTS OF STRUCTURES UNDER GROUND MOTIONS

**Doç. Dr. Onur ARAZ**
Gumushane University,
onuraraz29@hotmail.com - 0000-0002-6218-0559

## ABSTRACT

In the design of structures, it is generally assumed that the structures are rigidly supported on the soil. However, in real life, structures are always in interaction with the soil. Therefore, failure to consider soil-structure interaction (SSI) effects during the design process may lead to unrealistic designs. Because the periods of structures constructed on soft ground are greater than those obtained for the fixed foundation approach. Since the dominant period of the structure is considered when determining the mechanical properties of the tuned mass dampers (TMDs), it is extremely important to consider the SSI effects in the design process of the TMD. Therefore, a significant part of the previous studies on TMD considering SSI have focused on finding the optimum mechanical properties of TMD. To control the seismic response of structures, the TMD is placed at the floor where the largest displacement is obtained, i.e., at the top floor. This study deals with the reduction of displacement responses of structures under the influence of earthquake loads using TMD. For this purpose, 3 different structures, two different support conditions (i.e., fixed base and flexible base), and 80 different ground motions are considered in this paper. The optimum mechanical properties of the TMD are obtained using the genetic algorithm (GA). Numerical results show that the SSI effects and the PGA/PGV ratio have significant effects on the control performance of the TMD.

**Keywords :** Soil-structure interaction, optimum parameters, vibration control.

## 1. INTRODUCTION

The two important elements that must be provided in the construction of earthquake resistant structures are undoubtedly that the structures have sufficient rigidity and sufficient ductility. One of the methods used to reduce damage to structures under the influence of earthquake loads is the addition of control systems to the structure. The main purpose of control systems is to reduce the dynamic responses corresponding to the dominant period of the structure. Therefore, the mechanical properties of control systems are determined according to the dominant period of the structure.

The characteristics of earthquakes play an important role in the dynamic response of structures and the performance of control systems. Therefore, it is extremely important to take seismic loads into account correctly in the design of structures. Otherwise, irreparable consequences are encountered. For this reason, many researchers have conducted studies on the behavior of different structural systems under the influence of seismic loads. These studies can generally be divided into four different groups.

While examining the dynamic behavior of structures under the influence of seismic loads, a significant majority of researchers assume that the structure is rigidly connected to the ground [1-4]. Therefore, the interaction between the structure and the ground is neglected in dynamic analyses.

In cases where the soil-structure interaction (SSI) is important; changes are observed in the dynamic characteristics of the structures. This situation may cause a decrease or an increase in the dynamic behavior of the structures. Therefore, researchers have investigated the effect of soil-structure interaction on the dynamic behavior of different types of structures [5-10]. In these studies, the numerical results obtained by considering different soil types are compared with the results obtained for the fixed base structure.

In the third group of studies [11-17], the effects of the dynamic characteristics of the structure and the earthquake characteristics on the seismic behavior of the structures are considered. The main characteristics of the ground motion that affect the dynamic behavior of the structures are peak ground motion, peak ground velocity, magnitude, distance to the fault rupture, and fault mechanism, respectively.

The last group of studies focused on reducing vibrations in structures affected by earthquake loads [18-24]. Control systems used to reduce dynamic loads are divided into 4 groups. These are passive, active, semi-active and hybrid. The most widely used system among these systems is passive control systems. The reasons for the widespread use of passive control systems include low maintenance and repair costs, mechanical simplicity and the fact that they do not require any external energy.

The effectiveness of TMD in reduction the displacements occurring in structures with different number of floors under earthquake considering soil structure interaction is investigated in this paper. For this purpose, 3 different structures and 80 ground motions are considered. The ground motions considered are divided into three different groups. The classification is determined by the PGA/PGV ratio: low-frequency content with PGA/PGV <0.8, intermediate-frequency content with $0.8 \leq PGA/PGV \leq 1.2$, and high-frequency content with PGA/PGV> 1.2.

## 2. NUMERICAL EXAMPLE

Figure 1 shows an *N*-story shear building equipped with tuned mass damper (TMD) under earthquake considering soil-structure interaction (SSI).

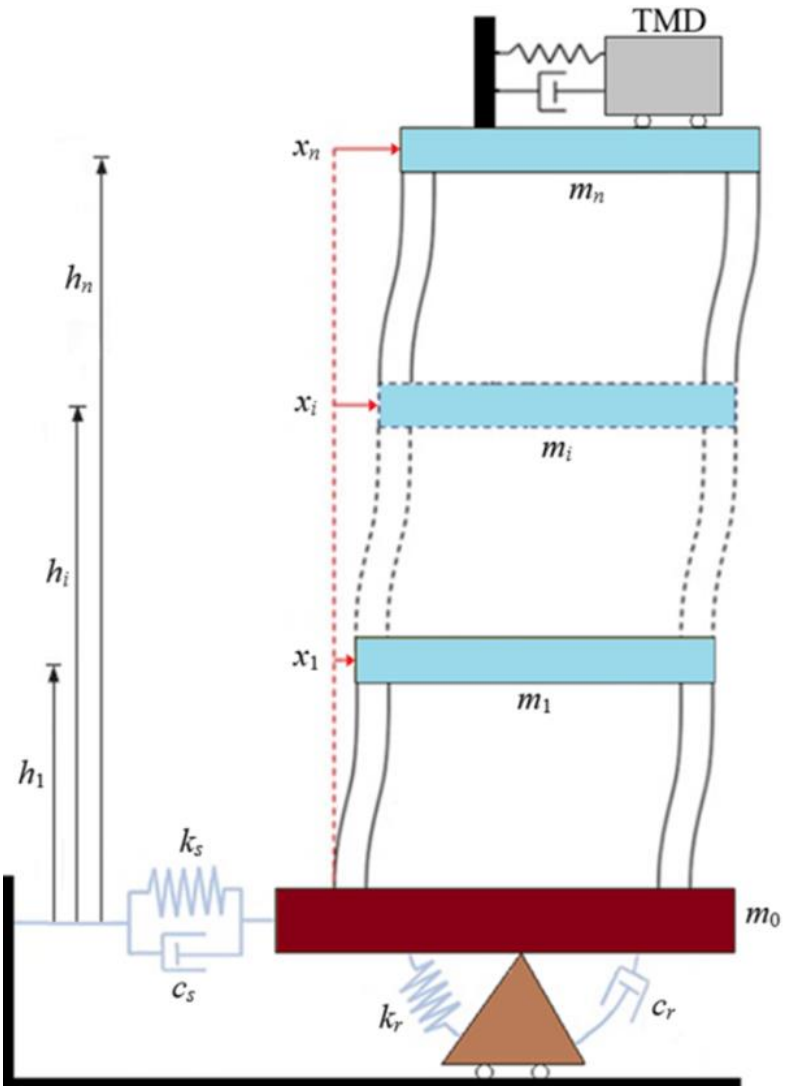



**Figure 1.** An *N*-story shear building with TMD.

The period values of the first mode of the structures considered in the study are shown in Figure 2. As can be seen from Figure 2, the dominant period of the building increases as the number of floors increases. In determining the dynamic properties of the structures, the formula $T$=0.1$N$ is considered. Here, $N$ indicates the number of floors. The floor mass is considered as 150t for each building. Also, the structural damping ratio is 0.05 for all structures.

In numerical analysis, the properties of the soil type are as follows: Poisson's ratio, mass density, and shear wave velocity of the soil are 0.4, 1700kg/m$^3$, and 125m/s, respectively. The $k_s$, $k_r$, $c_s$ and $c_r$ values shown in Figure 1 are obtained depending on the soil properties. The optimum parameters of TMD (i.e., frequency ratio and damping ratio) are also shown in Figures 3 and 4, respectively.

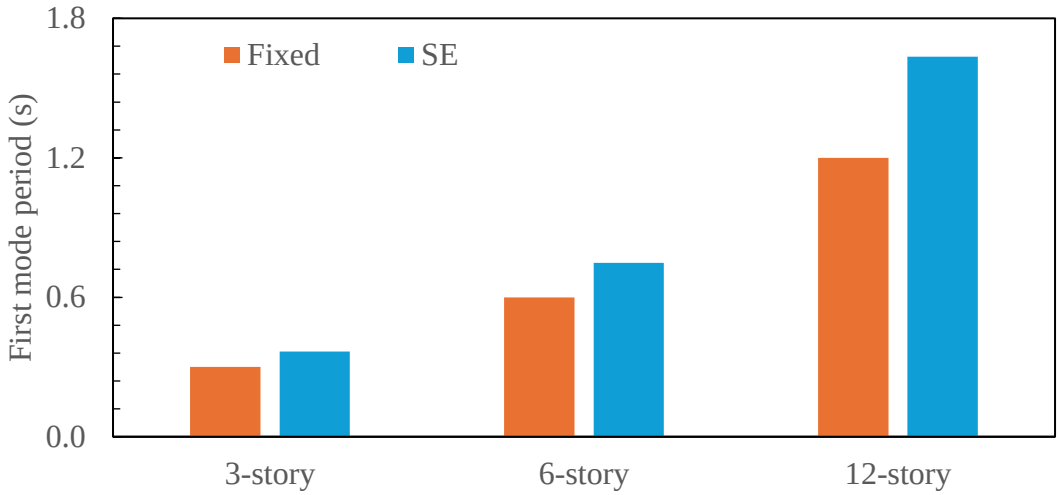



**Figure 2.** The fundamental period of the buildings.

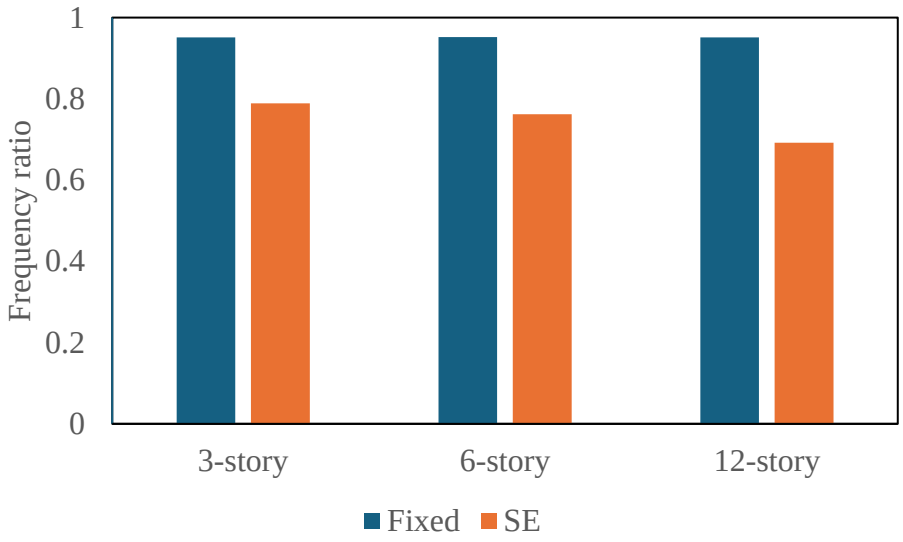



**Figure 3.** The optimum frequency ratio of the TMD.

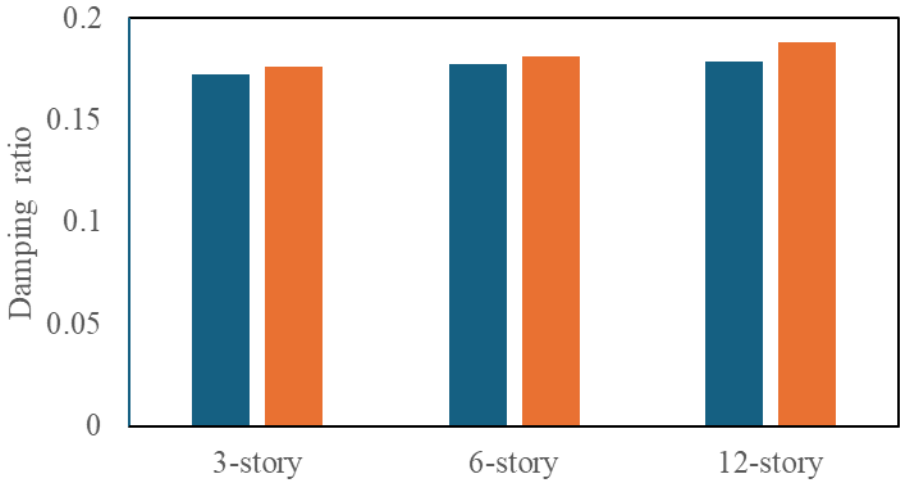



**Figure 4.** The optimum damping ratio of the TMD.

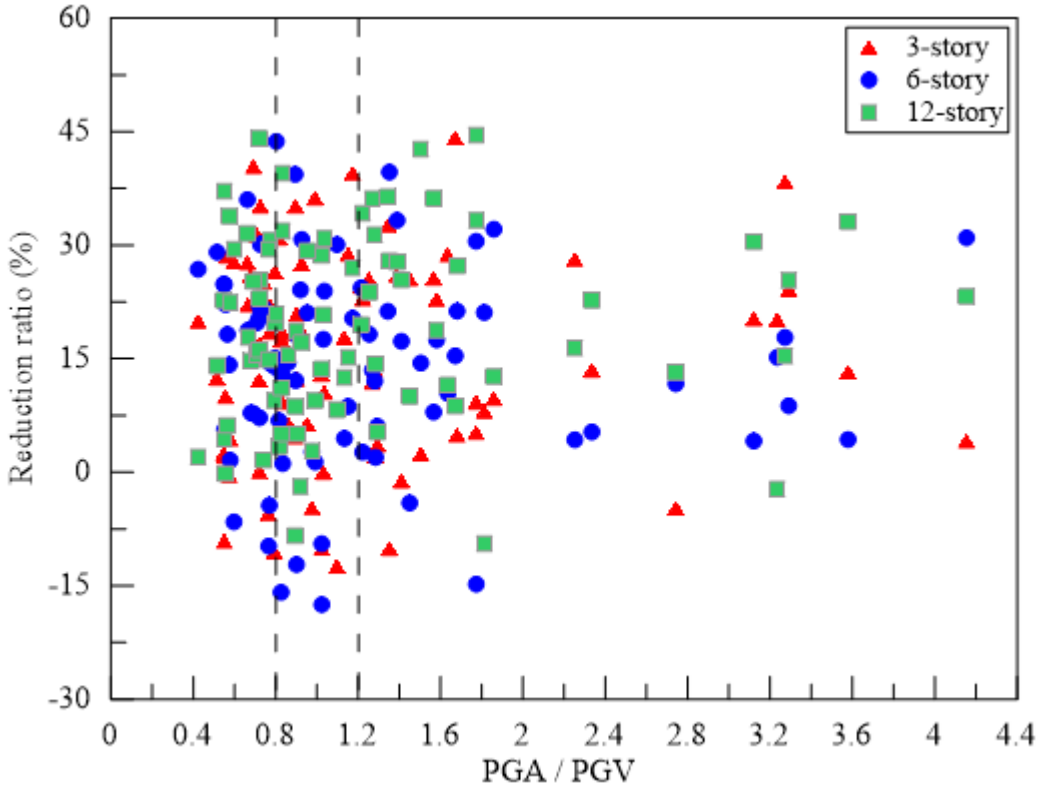



**Figure 5.** Reduction ratios in the maximum displacements of the fixed base structure.

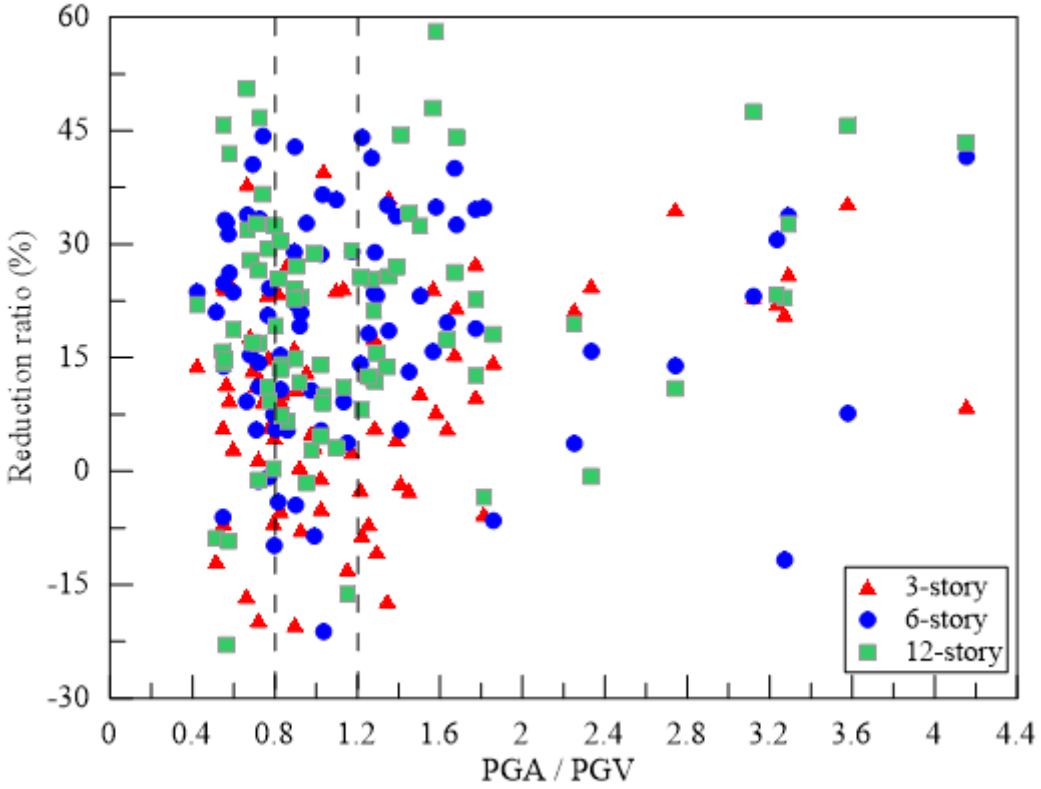



**Figure 6.** Reduction ratios in the maximum displacements of the flexible base structure.

Figures 5 and 6 show the reduction rates in maximum displacement responses of the structures under various earthquakes. As can be seen, the PGA/PGV ratio plays an important role in the control performance of the TMD. Therefore, it is seen that the performance of the TMD changes significantly from one ground motion to another. Another important parameter that plays a role in the control performance of the TMD is the number of floors of the structure.

## 3. CONCLUSIONS

The main findings obtained from this study, which aimed to reduce seismic loads by using TMD, are given below.

- The PGA/PGV ratio of the earthquake has an important effect on the effectiveness of the TMD.
- The soil-structure interaction (SSI) has an important effect on the effectiveness of TMD.
- As a result, it has been observed that the support condition as well as the frequency content of the earthquake have an important effect on the control performance of the TMD.

## REFERENCES

**[1]** Hokmabadi AS, Fatahi B, Samali B (2012) Recording inter storey drifts of structures in time-history approach for seismic design of building frames. Australian Journal of Structural Engineering 13(2): 175–179.

**[2]** Son H, Park J, Kim H, et al. (2017) Generalized finite element analysis of high-rise wall-frame structural systems. Engineering Computations 34(1): 189–210.

**[3]** Tabatabaiefar HR, Mansoury B (2016) Detail design, building and commissioning of tall building structural models for experimental shaking table tests. The Structural Design of Tall and Special Buildings 25(8): 357–374.

**[4]** Robert T, Laure P (2005) Seismic performance of concentrically braced steel frames in multistory buildings with mass irregularity. Journal of Structural Engineering 131: 1363–1375.

**[5]** Balkaya C, Yuksel SB, Derinoz O (2012) Soil-structure interaction effects on the fundamental periods of the shear-wall dominant buildings. The Structural Design of Tall and Special Buildings 21(6): 416–430.

**[6]** Carbonari S, Dezi F, Leoni G (2012) Nonlinear seismic behaviour of wall-frame dual systems accounting for soil structure interaction. Earthquake Engineering & Structural Dynamics 41(12): 1651–1672.

**[7]** Far H (2019) Dynamic behaviour of unbraced steel frames resting on soft ground. Steel Construction 12(2): 135–140.

**[8]** Tabatabaiefar HR, Fatahi B, Ghabraie K, et al. (2015) Evaluation of numerical procedures to determine seismic response of structures under influence of soil-structure interaction. Structural Engineering & Mechanics 56(1): 27–47.

**[9]** Kamal M, Inel M, Cayci BT (2022) Seismic behavior of midrise reinforced concrete adjacent buildings considering soilstructure interaction. Journal of Building Engineering 51: 104296.

**[10]** Liu ST, Li PZ, Zhang WY, et al. (2020) Experimental study and numerical simulation on dynamic soil-structure interaction under earthquake excitations. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 138: 106333.

**[11]** Ardebili MAH, Mirzabozorg H (2012) Effects of pulse-like ground motions in seismic performance evaluation of a symmetric arch dam. Soil Mech Found Eng 49(5):192–9.

**[12]** Bray JD, Rodriguez-Marek A (2004) Characterization of forward-directivity ground motions in the pulse-like region. Soil Dyn Earthq Eng 24(11):815–28.

**[13]** Davoodi M, Jafari MK, Hadiani N (2013) Seismic response of embankment dams under pulse-like and far-field ground motion excitation. Eng Geol 158:66–76.

**[14]** Gorai S, Maity D (2019) Seismic response of concrete gravity dams under near field and far field ground motions. Eng Struct 196:16.

**[15]** Malhotra PK (1999) Response of buildings to near-field pulse-like ground motions. Earthq Eng Struct D 28(11):1309–26.

**[16]** Mavroeidis GP, Dong G. Papageorgiou AS (2004) Near-fault ground motions, and the response of elastic and inelastic single-degree-of-freedom (SDOF) systems. Earthq Eng Struct D 33(9):1023–49.

**[17]** Mavroeidis GP, Papageorgiou AS (2003) A mathematical representation of pulse-like ground motions. Bull Seismol Soc Am 93(3):1099–131.

**[18]** Salvi J, Rizzi E (2017) Optimum earthquake-tuned TMDs: seismic performance and new design concept of balance of split effective modal masses. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 101: 67-80.

**[19]** Wang LK, Shi WX, Zhou Y (2022) Adaptive-passive tuned mass damper for structural aseismic protection including soil–structure interaction. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 158: 107298.

**[20]** Araz O (2025) Effect of basic parameters defining principal soil-structure interaction on seismic control of structures equipped with optimum tuned mass damper. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 189:109085.

**[21]** Araz, O (2021) Optimization of three-element tuned mass damper for single degree of freedom structures under ground acceleration. El-Cezerî Journal of Science and Engineering 8(3):1264-1271.

**[22]** Araz O (2021) Optimum passive tuned mass damper systems for main structures under harmonic excitation. Journal of Engineering Sciences and Design 9(4):1062-1071.

**[23]** Araz O, Kahya V (2021) Optimization of non-traditional tuned mass damper for damped structures under harmonic excitation. Bursa Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering 26(3):1021-1034.

**[24]** Araz O, Cakir T, Ozturk KF, Kaya D (2023) Effect of foundation embedment ratio in suppressing seismic-induced vibrations using optimum tuned mass damper. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 171:107981.

# SİSMİK HIZLARDAN ZEMİN SIVILAŞMASI TAHMİNİ: ALANYA ÖRNEĞİ

**Jeofizik Müh., Mehmet Ali SİVRİ**

Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı
mehmetalisivri@alanya.bel.tr - 0009-0009-5243-6280

**Doç. Dr., Nevbahar EKİN**

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, nevbaharsabbag@sdu.edu.tr - 0000-0003-4959-8077

**Prof. Dr., Osman UYANIK**

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, osmanuyanik@sdu.edu.tr - 0000-0002-7089-4340

## ÖZET

Deprem sonucunda suya doygun kumlu siltli zeminlerde sıvılaşma meydana gelebilmektedir. Zeminin sıvılaşıp sıvılaşmayacağı makaslama dalga hızı, standart penetrasyon N değeri ve konik penetrasyon değerleri kullanılarak tahmin edilebilir. Makaslama dalga hızına bağlı sıvılaşma analizlerinin diğer sıvılaşma değerlendirme yöntemlerine göre üstünlükleri vardır. Bunlar noktasal değil alansal bir çözüm üretmesi, sıvılaşabilecek zeminde deprem dalgasının yayılım hızını kullanıyor olması ve zeminin dinamik özelliklerinin de belirlenmesi şeklinde sıralanabilir. Buna karşın sıvılaşma olayında büyük yer değiştirmeler söz konusu iken sismik hızlarda küçük yer değiştirmeler meydana gelmesi dezavantaj olarak düşünülebilir.

Bu çalışmada tarihi ve turistik bir öneme sahip yerlerden biri olan Antalya iline bağlı Alanya ilçesinin bazı kesimlerinde sismik hızlara bağlı zemin sıvılaşma analizi yapılmıştır. Bu kapsamda çalışma alanında jeoteknik çalışmalar (Çok kanallı yüzey dalgası analizi (MASW), Doğru akım özdirenç (DAÖ) ve mekanik sondaj) yapılmıştır. Sondaj çalışmaları, sismik hız oranları ve özdirenç değerleri birlikte değerlendirilerek yeraltı su seviyeleri belirlenmiştir. Yeraltı su seviyelerinin altındaki suya doygun zeminlerin, makaslama dalga hızları, kalınlıkları, birim hacim ağırlıkları, deprem parametreleri ve literatürde mevcut olan sismik hızlara bağlı sıvılaşma analiz tekniği kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak çalışma alanı civarında meydana gelebilecek büyük bir deprem etkisiyle ortaya çıkabilecek sıvılaşır ve sıvılaşmaz alanlar depremin büyüklüğüne, uzaklığına ve ivmesine bağlı tahmin edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sıvılaşma, Makaslama dalga hızı, Zemin, Alanya

## 1. GİRİŞ

Depremlerin sık yaşandığı gelişmemiş ya da gelişmekte olan ülkelerde yanlış yerleşim yerlerinde hatalı yapılaşmalar nedeniyle çoğu yapı az ya da çok hasar almaktadır. Bu durumun ortaya çıkmasındaki en önemli faktörlerin başında zemin koşullarının doğru bir biçimde araştırılmadan ya da zeminde elde edilen dinamik parametreler dikkate alınmadan üzerine yapıların yapılmasıdır. Bir bölgedeki yerleşime uygun yerlerin belirlenmesinde önce makro-bölgelendirme ve mikro-bölgelendirme yapılarak ardından parsel bazında değerlendirmeye geçilmesi gerekmektedir (Uyanık ve Uyanık, 2022; Uyanık vd., 2023; Uyanık vd., 2024a; Uyanık ve Mutlutürk, 2024). Makro-bölgelendirme kapsamında derin yeraltı topoğrafyası ile yer altındaki deprem dalgalarının saçılmasına ya da odaklanmasına sebep olabilecek antiklinal veya senklinal şeklindeki tabakalar ortaya konulmaktadır. Ayrıca, yine deprem dalgalarının tekrarlı yansımalarına sebep olabilecek düşük hız tabakaları ile fay içeren birimlerin varlığı araştırılmaktadır. Mikro-bölgeleme çalışmaları kapsamında ise zemine ait dinamik özellikler (zemin hâkim titreşim periyodu, zemin büyütmesi, zeminin en büyük yatay yer ivmesi, 30 m derinliğe ait ortalama kayma dalga hızı ($V_{S30}$), zeminin alüvyon kalınlığı, zeminin elastik parametreleri, taşıma gücü ve zeminin sıvılaşma potansiyeli) belirlenmektedir. Böylece uygun yer seçimini yapılması ağır hasar alanlarının oluşmasının önüne geçilmesini sağlayacaktır (Uyanık, (2012; 2015; 2020); Uyanık vd., (2006; 2021; 2024a; 2024b)). Tüm bu çalışmalar kapsamında özellikle suya doygun zeminlerde önemli zemin hasarları oluşabilmektedir. Bu yüzden zeminlerin sıvılaşma durumunu ve sıvılaşma olayını irdelemek yapılaşma açısından önemlidir. Yerin sıvılaşması; suya doygun ince taneli kum ve siltli katmanların, sarsıntı etkisi ile boşluk suyu basıncını artırarak, etkin yatay gerilmeyi sıfır yapması sonucunda oluşmaktadır. Bunun sonucunda, o katman son taşıma gücünü bütünüyle yitirerek sıvı gibi davranış göstermektedir. Böylece, katman üst yapıyı taşıyamaz, sonra yoğrulmakta ve akmaktadır. Buna bağlı olarak yapı yan yatmakta, batmakta, devrilmekte ya da dönmektedir (Uyanık, 2002). Makaslama dalga hızına bağlı zemin sıvılaşma analiz yöntemi Andrus ve Stokee (1997; 2000), Uyanık (2002; 2006; 2020), Uyanık ve Taktak (2009), Uyanık vd. (2013) tarafından geliştirilmiştir. Tahribatsız olarak yapılan makaslama dalga ölçümleri zeminin doğal yapısını bozmadan veri elde edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, makaslama dalga verileri geniş alanlarda toplanabilmekte ve bu sayede büyük projelerde kapsamlı analizler yapılabilmektedir. Makaslama dalga hızına bağlı zemin sıvılaşma analizlerinin yan sıra sismik çalışmalardan elde edilen basınç ve makaslama dalga hızlarından (Vp, Vs) yararlanılması zeminlerin dinamik özelliklerini anlamak için detaylı bilgiler de sunmaktadır.

Yürütülen çalışma kapsamında Alanya'nın farklı noktalarında MASW yöntemi ve mekanik sondaj deneyleri yapılmıştır. MASW yönteminden derine doğru makaslama dalga hızları hesaplanmıştır. Andrus ve Stokee (2000) ve Uyanık (2020) tarafından geliştirilen makaslama dalga hızlarına bağlı zemin sıvılaşma analiz teknikleri kullanılarak değerlendirme yapılıp sonuçlar karşılaştırılmıştır. Böylece Alanya ilçesindeki çalışma alanında sıvılaşır ve sıvılaşmaz alanlar ortaya konulmuştur.

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

### 2.1. Çalışma Alanı ve Jeolojisi

Çalışma alanı Türkiye'deki Antalya İlinin Alanya ilçesindeki Alanya kalesi civarıdır (Görsel 1). Alanya bölgesi morfolojik bakımdan bir kıyı ovası ile dağlık bir alandan oluşmaktadır (Peyronnet, 1971). Alanya Masifi'nin yapısı, güneye doğru yönelen bir anti-klinoriden ve çoğunlukla Mesozoyik yaşlı birimlerden oluşan, çekirdeğinde genellikle Paleozoik yaşlı birimleri kapsayan Prekambriyen öncesi bir temelden oluşan güneydoğu senkloryumuna bölünmüştür. Bu yapılar ve kuzeye bakan tektonik dilimlenme, zaman ve mekân boyutunda ilerleyici, Alpin yaşlı eski bir deformasyon süreciyle bağlantılıdır (Şengün, 1986). İnceleme alanındaki Alanya'nın da içerinde yer aldığı Antalya ili ve çevresinde T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı'ndan alınan verilere göre 1900 yılından günümüze kadar magnitüdü 4.0'den büyük (M>4,0) 103 adet deprem meydana gelmiştir.




Görsel 1. Çalışma alanı ve ölçü noktaları

Yürütülen çalışma kapsamında, Alanya kalesi yakınlarında bulunan kıyı şeridi boyunca MASW, DAÖ ve mekanik sondaj çalışmaları yapılmıştır. Çalışma alanındaki mekanik sondaj, DAÖ ve sismik hız oranına bağlı olarak yapılan değerlendirmeler sonucunda bölgede yer altı suyunun 1.5-5.0 m aralığında değiştiği belirlenmiştir.

### 2.2. MASW Yöntemi

Sığ jeofizik araştırma yöntemlerinden biri olan çok kanallı yüzey dalgası analiz (MASW) tekniği, yüzeye yakın olan toprak katmanlarının kalınlığının belirlenmesi, makaslama dalga hız analizi ve zemin özelliklerinin ortaya konulması amacıyla yaygın olarak uygulanmaktadır (Park vd., 1999; Anukwu vd., 2018; Abdelrahman vd., 2024). Son yıllarda MASW yöntemi, üretimi, güvenilirliği, kayıt ve işleme kolaylığı açısından zemin uygulamalarının yanı sıra inşaat mühendisliği uygulamalarında da en çok tercih edilen yöntemlerden biri haline gelmiştir (Xia, 2014; Olafsdottir vd., 2018; Abdelrahman vd., 2024). Bu yöntemde, araştırma derinliği; sahaya, ölçüm profilinin boyuna, alıcıların doğal frekansına ve kullanılan sismik kaynağın türüne göre değişmektedir (Park vd., 2007; Park ve Carnevale, 2010).

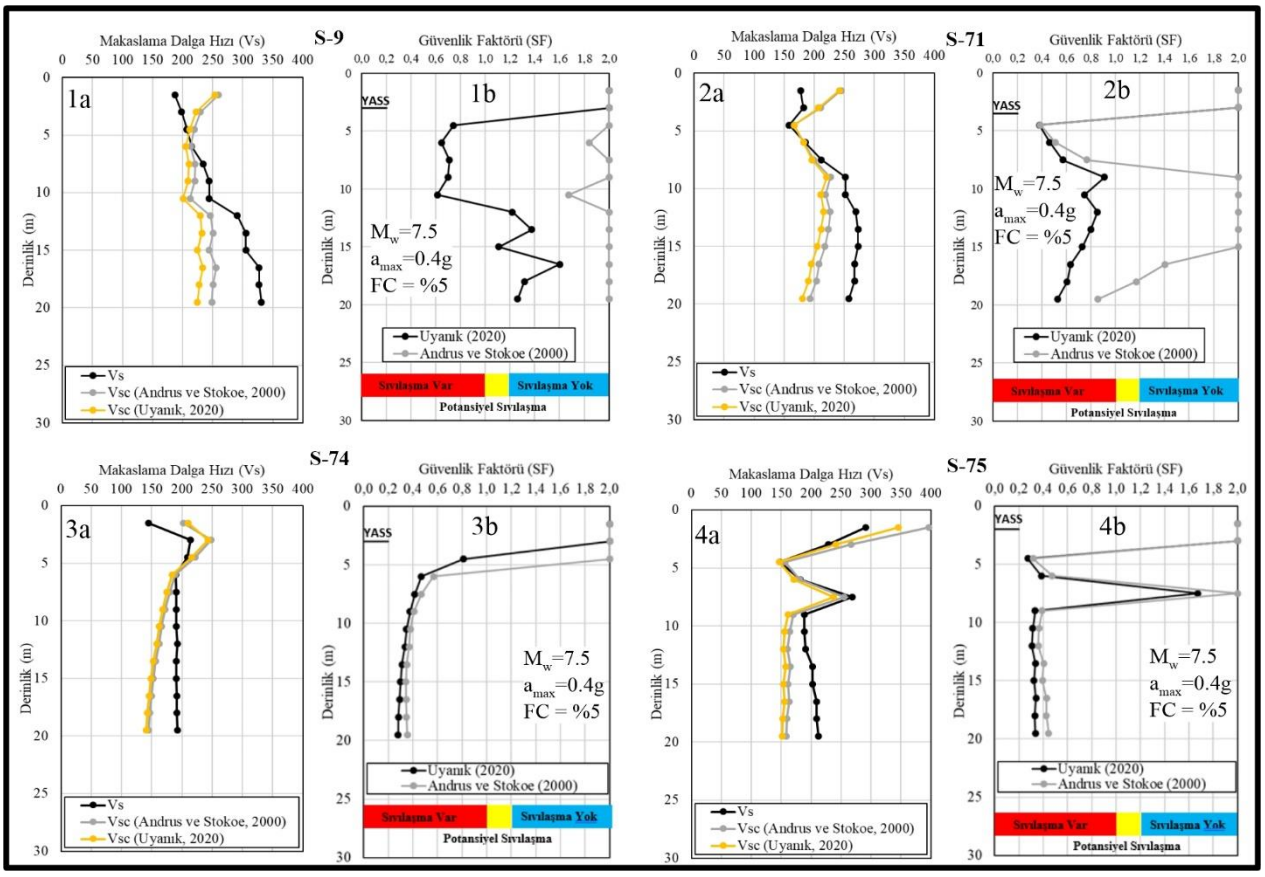
### 2.3. Makaslama Dalga Hızından Zemin Sıvılaşma Analizi

Sismik hızlar kullanılarak yapılan zemin sıvılaşma analizlerinde (Andrus ve Stokoe 2000; Uyanık, 2020) temel olarak üç ana parametre hesaplanmaktadır. Bu parametreler depremin zeminde oluşturacağı tekrarlı gerilme oranı (CSR), zeminin doğal koşullardaki tekrarlı direnç oranı (CRR) ve güvenlik faktörü (SF)'dür. Andrus ve Stokoe (2000)'de CSR hesabında Seed ve İdriss (1971)'den yararlanmıştır. Uyanık (2020)'de ise Uyanık (2002)'deki sismik hızlar, birim hacim ağırlık ve deprem parametrelerine bağlı geliştirilen CSR parametresini kullanmıştır. Ayrıca zemin sıvılaşma analizinde sıvılaşan ve sıvılaşmayan zeminleri ayırt eden CRR eğrisini Andrus ve Stokoe (2000) düzeltilmiş makaslama dalga hızına ve sabit katsayılara (a=0.022, b=2.8, $Vs_{max}$=220m/s) bağlı olarak geliştirmiştir. Benzer şekilde Uyanık (2020)'de Andrus ve Stokoe (2000) verilerine ek olarak Dinar 1995 ve Kocaeli 1999 depremlerinden elde ettiği zemin sıvılaşma verilerini ayırt etmek için Andrus ve Stokoe (2000)'deki CRR eğrisindeki sabit katsayıları (a=0.025, b= 4, $Vs_{max}$=250m/s) farklı belirlemiştir. Son olarak CSR ve CRR parametrelerin oranından yararlanılarak SF parametresi elde edilmektedir. Seed ve Idriss (1982)'de SF parametresinin 1 ve daha küçük olması durumunda zeminin sıvılaştığına, 1-1.2 arasında potansiyel sıvılaşma olabileceğine ve 1.2 den büyük olması halinde ise zeminin sıvılaşmadığına kararı verildiği ifade edilmiştir. Bu analizlerin detayları için Andrus ve Stokoe (2000) ve Uyanık (2020) incelenmelidir.

## 3. DEĞERLENDİRME

Çalışma kapsamında Andrus ve Stokoe (2000) ve Uyanık (2020) teknikleri kullanılarak Alanya kalesi civarındaki kıyı şeridi boyunca zemin sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Çok sayıda ölçüm noktası olduğu için sadece birkaç tanesine ait sonuçlar Görsel 2'de gösterilebilmiştir. Buna göre, MASW yönteminden elde edilen basınç ve makaslama dalga hızları kullanılarak S-9 (1a ve 1b), S-71(2a ve 2b), S-74 (3a ve 3b) ve S-75 (4a ve 4b) lokasyonlarında 20 m derinlik için yeraltı su seviyesi (Yass) altındaki tabakaların sıvılaşma analiz sonuçları görülebilmektedir. Bu analizlerdeki hesaplamalarda, depremin büyüklüğü $M_w$=7.5, depremin en büyük yatay yer

ivmesi $a_{max}$=0.4g ve zemin tabakalarının incelik içeriği FC=%5 olarak sabit alınmıştır. Ayrıca, her bir nokta için düzeltilmiş makaslama dalga hızları Andrus ve Stokoe (2000) ve Uyanık (2020) için sırasıyla 220 m/s ve 250 m/s olarak kabul edilmiştir. Görsel 2'de (a) ile gösterilen şekiller her bir noktada derinliğe bağlı olarak elde edilen makaslama dalga hızının (siyah renk), efektif gerilmeye bağlı düzeltilmiş makaslama dalga hızlarının Andrus ve Stokoe (2000) (gri renk) ve Uyanık (2020) (sarı renk) için ayrı ayrı gösterimidir. Bu şekilleri incelendiğinde, genel itibariyle Uyanık (2020)'a göre belirlenen düzeltilmiş kayma dalga hızları Andrus ve Stokoe (2000)'ye göre hesaplanan değerlerden daha düşük bulunmuştur.




Görsel 2. Zemin sıvılaşma analiz sonuçlarına ait örnekler (Andrus ve Stokoe (2000) ve Uyanık (2020) göre)

Görsel 2'de (b) ile gösterilen şekiller derinliğe bağlı Güvenlik faktöründeki değişim sergilenmiştir (Andrus ve Stokoe (2000) (gri renk) ve Uyanık (2020) (siyah renk)). Böylece, güvenlik faktörü 1'den küçük olan alanlarda sıvılaşma riski olduğu, 1-1.2 aralığında potansiyel sıvılaşma olduğu ve 1.2'den büyük değerlerde ise sıvılaşma riskinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Şekiller incelendiğinde, Uyanık (2020)'a göre güvenlik faktörü değerleri Andrus ve Stokoe (2000)'ye göre hesaplanan değerler ile eşit ya da daha düşük bulunmuştur. Özellikle Görsel 2'deki 3b ve 4b şeklilerinde Andrus ve Stokoe (2000) ve Uyanık (2020) göre hesaplanan değerler birbirine oldukça yakın sonuçlar bulunmuştur. Buna karşın, 1b ve 2b şekillerinde düzeltilmiş makaslama dalga hızlarının birbirinden farklı elde edilmesi ve kullanılan yöntemlerdeki en büyük makaslama dalga hızının farklı olmasının da etkisiyle Uyanık (2020)'de sıvılaşabilir şeklinde sonuç elde edilen bazı derinliklerde Andrus ve Stokoe (2000)'ye göre sıvılaşma olmadığı şeklinde sonuçlara varılmıştır. Bu durumda Uyanık (2020)'ye göre hesaplanan değerler daha güvenli bir tercih yapılmasını sağlayacaktır.

## 4. SONUÇLAR

Zeminlerde sıvılaşma olup olmadığı makaslama dalga hızına bağlı olarak ortaya konulabilmektedir. Zemin sıvılaşma analizinde makaslama dalga hızının kullanılması ve bu analizlerin derinliğe bağlı olarak hesaplanması hem alansal hem de düşey yöndeki değişimin ortaya konulması anlamında değerlidir. Zeminlerin sıvılaşma analizinde, sadece yeraltı su seviyesi altında kalan tabakanın değil, daha derinlerdeki diğer tabakaların da sıvılaşma analizlerinin yapılması daha yararlı olmaktadır. Andrus ve Stokoe (2000) ve Uyanık (2020) göre zemin sıvılaşması analizlerin oluşan farklılığın esasen hesaplamalardaki farklılıktan dolayı düzeltilmiş kayma dalga hızının farklı elde edilmesi ve yöntemlerin incelik içeriğine bağlı en büyük makaslama dalga hızlarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

Abdelrahman, K., Saadon, A.B., Qaysi, S., 2024. Estimating shear wave velocity and site characterization of western Riyadh City, Saudi Arabia based on multichannel analysis of surface waves. Front. Earth Sci. 12, 1395431.

Andrus, R.D., Stokoe K.H., 2000. Liquefaction resistance of soils from shear-wave velocity. J. Geotech. Geoenviron. Eng. ASCE 126 (11), 1015–1025.

Andrus, R. D., Stokoe, K.H., 1997. Liquefaction resistance based on shear wave velocity. Proc., NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, Tech. Rep. NCEER-97-0022, T. LYoud and I. M. Idriss, eds., National Center for Earthquake Engineering Research, Buffalo, 89–128.

Anukwu, G., Khalil, A.E., Nawawi, M., Abdullah, K., Abdullah, F.M., 2018. Multi-channel analysis of surface waves (MASW) using CMP analysis to identify soil problems threat on the heritage site at Georgetown, Malaysia. Seg. Glob. Meet. Abstr., 1640–1643.

Olafsdottir, E.A., Erlingsson, S., Bessason, B., 2018. Tool for analysis of multichannel analysis of surface waves (MASW) field data and evaluation of shear wave velocity profiles of soils, Can. Geotech. J. Vol. 55, 2018

Park, C.B., Carnevale, M., 2010. Optimum MASW survey–revisit after a decade of use. In Proceedings of GeoFlorida 2010: Advances in Analysis, Modeling & Design, Geo-Institute Annual Meeting Conference Proceedings, American Society of Civil Engineers, 1303–1312.

Park, C.B., Miller, R.D., Xia, J., Ivanov, J., 2007. Multichannel analysis of surface waves (MASW)–active and passive methods. The Leading Edge, 26(1): 60–64.

Park, C., Miller, R., Xia, J., 1999. Multichannel analysis of surface waves (MASW). Geophysics. 64, 800-808. 10.1190/1.1444590.

Peyronnet, P., 1971. Geology of Alanya district and genesis of metamorphic bauxites (South Taurus). Mineral Res. Expl. Turkey Bull. 76, 98–123 (in Turkish).

Seed, H.B., Idriss, I.M., 1971. Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division ASCE 97, 1249–1273.

Seed, H.B., Idriss, I.M., 1982. Ground motions and soil liquefaction during earthquakes. Earthquake Engineering Research Institute Berkeley, California.

Şengün, M., Acarlar, M., Çetin, F., Doğan, O.Z., Gök, A., 1978. Structural position of Alanya massive; geological engineering. Geol. Eng. Soc. Turkey Publ. 6, 39–44 (in Turkish).

Uyanık, O. 2020. Soil liquefaction analysis based on soil and earthquake parameters. Journal of Applied Geophysics, 176, 104004. doi:10.1016/j.jappgeo.2020.104004

Uyanık, O., 2015. Deprem ağır hasar alanlarının önceden belirlenmesi ve şehir planlaması için makro ve mikro bölgelendirmelerin önemi. SDU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19(2), 24–38.

Uyanık, O., 2012. Şehir yapılanmaları için deprem mastır planlaması ve Alanya için yapılması gerekenler. Alanya XII. Tarih ve Kültür Sempozyumu, 152-169.

Uyanık, O., 2006. Sıvılaşır ya da sıvılaşmaz zeminlerin yinelemeli gerilme oranına bir secenek. DEU. Engineering Faculty Journal of Science and Engineering, 8(2), 79–91.

Uyanık, O., 2002. Kayma dalga hızına bağlı potansiyel sıvılaşma analiz yöntemi. Dokuz Eylul University Natural and Applied Sciences, Doktora Tezi, 190s.

Uyanık, O., Uyanık, N.A., Ekin, N., 2024a. Local site effects evaluation using geophysical methods. Innovations in Engineering and Food Science Chapter 2, 23-56, ISBN:9798369308196;9798369308202: IGI Global Publisher of Timely Knowledge, Usa.

Uyanık, O., Öncü, Z., Uyanık, N.A., Ekin N., 2024b. Seismic microzonation and geotechnical modeling studies considering local site effects for Inegöl plain (Bursa-Turkey). Earth and Space Science, 1-28. Doi: 10.1029/2023EA003460.

Uyanık, O., Mutlutürk, M., 2024. Deprem hasarlarının kestirilmesinde derin yeraltı modelinin etkisi. MÜHJEO'2024 Ulusal Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Sempozyumu, 06-08 Haziran 2024, NEVÜ, Nevşehir.

Uyanık, O., Uyanık, N.A., Ekin, N., 2023. Yapılaşma amaçlı yer seçiminde makro-bölgelendirmenin önemi. Ölçü Dergisi, Eylül-2023, 23-28.

Uyanık, O., Uyanık, N.A., 2022. Yapılaşmada yanlış yer seçiminin afet oluşumuna katkısı. TMMOB Afet Sempozyumu Bildiriler Kitabi, 435-446, Ankara-Türkiye.

Uyanık, O., Ekin, N., Çoşkun, O., 2021. Zemin ve deprem parametrelerinden ivme azalım ilişkisi. DEÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 23(68), 575–593.

Uyanık, O., Ekinci, B., Uyanık, N.A., 2013. Liquefaction analysis from seismic velocities and determination of lagoon limits Kumluca/Antalya example. Journal of Applied Geophysics. 95, 90–103. doi:10.1016/j.jappgeo.2013.05.008

Uyanık, O., Taktak, A.G., 2009. Kayma dalga hızı ve etkin titreşim periyodundan sıvılaşma çözümlemesi için yeni bir yöntem. SDU Fen Bilimleri Enst. Dergisi, 13(1), 74–81.

Uyanık, O., Türker, E., İsmailov, T., 2006. Sığ sismik mikro-bölgeleme ve Burdur/ Türkiye örneği. Ekologiya və Su Təsərrüfatı Elmi-Texniki və istehsalat Jurnalı, 9-15.

Xia, J. 2014. Estimation of near-surface shear-wave velocities and quality factors using multichannel analysis of surface-wave methods. Journal of Applied Geophysics,10, 140–151. doi:10.1016/j.jappgeo.2014.01.016.

# MICROPLASMA DEVICE WITH INGAASP CATHODE

**Erhan ONGUN**
Department of Physics, Faculty of Science, Gazi University, Ankara, Türkiye
eongun1975@gmail.com- ORCID ID: 0009-0007-4966-1044

**Hatice Hilal YÜCEL**
Department of Physics, Faculty of Science, Gazi University, Ankara, Türkiye
hkurt@gazi.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-1277-5204
selcuk.utas@gmail.com- **Selçuk UTAŞ**
Department of Physics, Faculty of Science, Gazi University, Ankara, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-9709-516X

## ABSTRACT

In this article, the influence of the elliptic mesh structure on the performance of InGasP photodetector is studied in a microdistance plasma systems. A variety of methods have been used to achieve high efficiency plasma systems for the lower loss and lower dispersion. In this study, we demonstrate the use of an Ar gas discharge models of planar InGaAsP cathode microplasma system. The initial electron density value in the reactor gas environment was taken as 1.0x1016 ($1/m^3$). It is found by the analysis of electron density maps, the microplasma reaction sequences of the comparative models were completed in $1.8302x10^{-10}$ s in the simple planar InGaAsP cathode for Ar system on the simulation time scale. The electric potential distribution (EPDs) value in the InGaAsP-Ar microplasma system is also calculated in the microplasma system. Further, 3D electron density patterns and capacitive power deposition (CPD) are demostrated for 250 Torr gas pressure in argon media. As a result of modeling, simulation and numerical analysis studies, we aim to provide important data about the spatio-temporal changes of gas discharge dynamic parameters in plasma systems that we cannot obtain by experimental methods. The modeled cell structure is divided into many small finite elements (meshes). This method analyzes each mesh structure using the relevant mathematical equations under the boundary and field conditions defined in the model. Simulation studies were carried out on different cell models of two-dimensional planar gas discharge systems using the finite element method (FEM) solver COMSOL Multiphysics plasma modules. We have reported an efficient plasma systems based on InGaAsP photodetector.

Keywords: InGaAsP, plasma, COMSOL Multiphysics, photodedector, Argon gas

## 1. INTRODUCTION

Today, we can classify plasmas according to their ionization degree, temperature and pressure. Temperature is the main determining factor here. Then the pressure applied to the system and then the voltage value are secondary criteria. Under these conditions, we can divide plasmas into two categories: cold and hot. The type of gas and its ionization rate are other components. Two different types of plasma technologies are used in plasma technology; thermal plasma and cold or nonequilibrium plasma technology. The former is produced at high pressures by direct or alternating current or microwave sources and is used mainly to destroy toxic substances or to form thick film coatings. The secondary is produced by low-power direct current or microwave sources under vacuum conditions, indicated by electron properties, and is mainly used for surface modifications of materials to make micro-topographic changes, surface treatment of various nanomaterials, for artificial surface chemistries, and for breaking thin film coatings [1]. There are also magnetized plasmas, that is, plasmas that can change their properties with a limited magnetic field. This type of plasma is more important for fusion studies. In this way, control of the plasma is ensured. Such plasmas are seen in solar flares and solar flares. High electron mobility and direct band widh are desired properties for III-V group semiconductors [2] direct band gap semiconductors are still preffered for their greatly increased optical absorption coefficients and ideal structures for detecting any optical signals in a wide scale. Semiconductors with a small band gap can absorb energy over a much wider band gap. For this reason, greater efficiency is achieved in the technological systems in which they are used. All properties of group III-V semiconductors are not yet fully known and are still a matter of research. It is known that almost all energy losses arise from reflection. Considering this, the InGaAsP semiconductor minimizes charge separation and recombination losses and therefore exhibits excellent performance [3]. Semiconductor detectors have attracted considerable attention for a wide variety of applications including high-speed and high-frequency micro wave as well as other optoelectronic device applications [4]. In our study, as a new approach, semiconductor cathode modeling and simulation studies with a micro-patterned surface were carried out in order to control the cathode electron emission surface. It is aimed to increase the cathode electron emission surface area. Another area of our research and development activity is that the electrical discharge parameters of the binary gas mixture obtained by mixing argon and hydrogen gases in certain proportions and their effects on the operating point of the GDSμP [5]reactor.

Theoretical and computational techniques help us understand the electrical breakdown phenomenon of gases in microscale scale. The FEM solver-based space-time simulation program is a useful virtual laboratory tool for estimating gas discharge parameters and performing transient analysis of electrical breakdown states. Different theoretical and computational methods, including analytical solutions of these equations for the electrical breakdown mechanisms of the gaseous medium, have also been reported to numerically analyze fast transient electrical discharge states in microscale cavities [6]. Indium gallium arsenide phosphide is described by the linear formula InGaAsP or by the stoichiometric formula $In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y$ with x, y mole fractions in the alloys compositions. It is a quaternary crystalline solid semiconductor consisting of binary alloys of indium arsenide (InAs), gallium arsenide (GaAs), indium phosphide (InP) and gallium phosphide (GaP), used in photo optical applications, and is often grown on InP substrate for proper lattice-match.

## 2. MATERIAL AND METHODS

The modeled cell structure is divided into a large number of small finite elements (mesh). This method analyzes each mesh structure under the boundary and field conditions defined in the model using the relevant mathematical equations. Simulation studies were performed on different cell models of two-dimensional planar gas discharge-semiconductor microplasma (GDSμP) systems using the finite element method (FEM) solver COMSOL Multiphysics [7] DC plasma program. Simulation numerical analyses are based on the mixed-averaged diffusion drift theory and the Maxwell electron energy distribution function. Computational simulations were performed based on the mesh structure separated by boundaries to visualize the spatiotemporal distribution of gas discharge parameters.

InGaAsP was coupled to a microdischarge gap consisting of unary argon (Ar) at 250 Torr sub atmospheric pressure in a two-dimensional planar elliptical chamber. Microscale normal glow discharges were field-driven by 1200 VDC in the plasma simulations of COMSOL Multiphysics program.

Figure 1 shows 1D electron density (ED) plots across discharge gap of 100 μm distance, respectively for final phase of unary Ar -system.

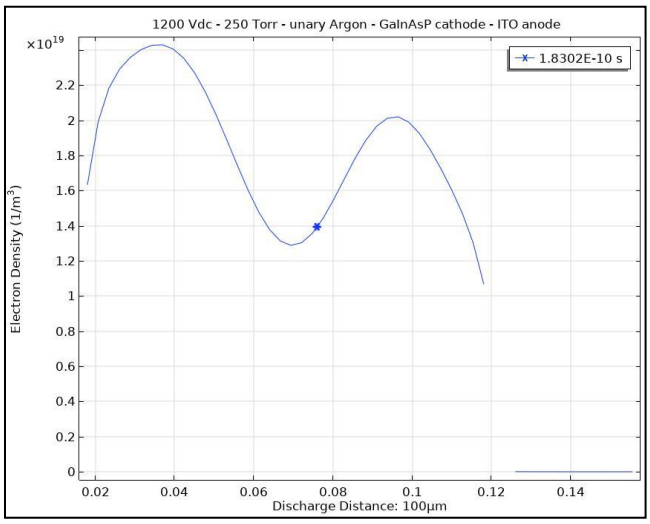



**Figure 1.** 2D electron density distribution for Ar media in the case of 100 mm inter electrode distance.

Figure 2 shows the three-dimensional spatial distribution of the CPD parameter developed in the simple planar InGaAsP cathode Ar system. The thermodynamically unstable nature of the microplasma causes significant power loss before electrical breakdown occurs in the reactor.

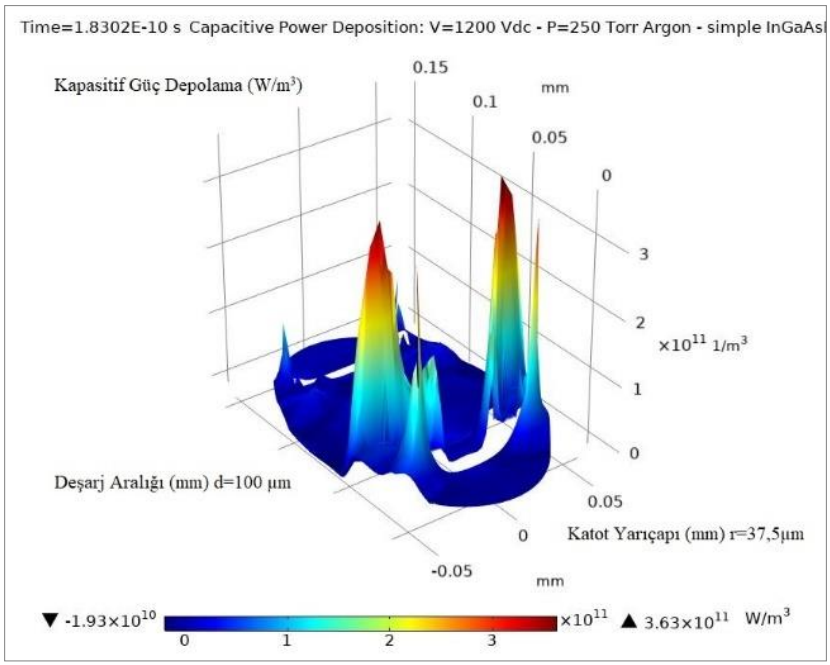



**Figure 2**. CPD for InGaAsP cathode under p = 250 Torr gas pressure for V = 1200 V.

## 3. CONCLUSION

In this paper, we have investigated InGaAsP cathode in a planar plasma system with InGaAsP cathode and simulated its characteristics by using simulation programme. According to the simulation results, InGaAsP has been found to show good electron density distribution and capacitive power deposition (CPD) after breakdown voltage. Further, InGaAsP cathode can be

used in designing of optoelectronic or photonic devices for the emission of radiations in near infrared region (NIR) [8]. Indium gallium arsenide phosphide is defined by the linear formula InGaAsP or the stoichiometric formula $In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y$ with x, y mole ratios in alloy compositions [9]. Surface effects on infrared absorption, low-energy photoelectron transition, surface absorption coefficient, surface transmittance and reflectance, and quantum efficiency of narrow bandgap InGaAsP photocathode material has been studied in detail [10]. Researchers report theoretical and experimental studies to improve the performance of memory-effect energy storage devices. Binary GaAs, InP and GaP compound semiconductors have been used in experimental microplasma studies and have been reported to have a significant effect on the gas discharge-semiconductor microplasma system [11,12].

## REFERENCES

[1] Bonizzoni, G., & Vassallo, E. (2002). Plasma physics and technology; industrial applications. *Vacuum*, *64*(3-4), 327-336.

[2] Adachi, S. (2009). *Properties of semiconductor alloys: group-IV, III-V and II-VI semiconductors*. John Wiley & Sons.

[3] Butson, J. D., Narangari, P. R., Lysevych, M., Wong-Leung, J., Wan, Y., Karuturi, S. K., ... & Jagadish, C. (2019). InGaAsP as a promising narrow band gap semiconductor for photoelectrochemical water splitting. *ACS Applied Materials & Interfaces*, *11*(28), 25236-25242.

[4] Li, E. H. (2000). Material parameters of InGaAsP and InAlGaAs systems for use in quantum well structures at low and room temperatures. *Physica E: Low-dimensional systems and Nanostructures*, *5*(4), 215-273.

[5] Ongun, E., & Kurt, H. (2024). Spatiotemporal modeling and simulation of DC microplasma glow discharges in ZnSe-Ar/H2 system. *Inspiring Technologies and Innovations*, *3*(1), 1-8.

[6] Garner, A. L., Loveless, A. M., Dahal, J. N., & Venkattraman, A. (2020). A tutorial on theoretical and computational techniques for gas breakdown in microscale gaps. *IEEE Transactions on Plasma Science*, *48*(4), 808-824.

[7] Pepper, D. W., & Heinrich, J. C. (2017). *The finite element method: basic concepts and applications with MATLAB, MAPLE, and COMSOL*. CRC press.

[8] Inaba, H., & Chan, K. (1989). Development and performance of a new high-resolution spectrophotometer using InGaAsP and InGaAs light emitting diodes in the near IR. *Infrared Physics*, *29*(2-4), 551-560.

[9] Jan, A. (2017). *Low-Cost Growth of III-V and II-VI Semiconductor Thin Films* (Doctoral dissertation, Stanford University).

[10] Wang, Y., Li, J., Zhang, J., & Sha, W. (2023). Optoelectronic Properties of In0. 87Ga0. 13As0. 25P0. 75 (001) β2 (2× 4) Surface: A First-Principles Study. *Materials*, *16*(7), 2834.

[11] Othman, M., Kasap, E. R. G. Ü. N., & Korozlu, N. (2010). Ab-initio investigation of structural, electronic and optical properties of InxGa1− xAs, GaAs1− yPy ternary and InxGa1− xAs1− yPy quaternary semiconductor alloys. *Journal of Alloys and Compounds*, *496*(1-2), 226-233.

[12] Wang, H., Linghu, J., Zou, P., Wang, X., Shen, H., & Hai, B. (2023). Theoretical Study on the Photoemission Performance of a Transmission Mode In0. 15Ga0. 85As Photocathode in the Near-Infrared Region. *Molecules*, *28*(13), 5262.

# PLASMA WITH HIGH INTENSITY GLOW EMISSION

selcuk.utas@gmail.com- **Selçuk UTAŞ**
Department of Physics, Faculty of Science, Gazi University, Ankara, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-9709-516X

**Hatice Hilal YÜCEL**
Department of Physics, Faculty of Science, Gazi University, Ankara, Türkiye
hkurt@gazi.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-1277-5204

## ABSTRACT

The plasma system with cylindrical geometry under an external optical stimulation at 5GHz frequency is explored for a wide pressure range. The effect of different DC power changes on the plasma was investigated for a fixed resistor and capacitor value. Light sources of different powers (W/cm$^2$) were used. The effect of triggering the gas in the vacuum tube on the plasma characteristics with optical and DC excitation was examined with a simulation program for different pressures. ZnSe was used as a cathode material. ZnSe is an II-VI group semiconductor with very good optical and thermal properties that used in the plasma systems for various wavelengths. $TiO_2$ coated thin plate was used as anode material. Plasma characteristics were investigated for the system where the distance between electrodes was 100 μm under atmospheric pressure (p) and fixed frequency values. Different plasma parameters created by the frequency-dependent temporal solution of the plasma-related simulation program are presented with 2D visuals. Considering that the ZnSe semiconductor material operates at different wavelengths, its suitability for plasma systems has been examined for pressure, voltage changes under different optical stimulations. The graphics and figures created as simulations were realized using the Plasma module, Electromagnetic wave module and DC modules of the COMSOL Multiphysics program. Plasma chambers serve an important role in a variety of plasma-based processes, serving as controlled environments where ionized gases produce reactive species necessary for their applications in semiconductor fabrication, materials synthesis, and surface treatments.

Keywords: 5 GHz, Optical plasma, electron current density, electron density, subatmospheric pressures, COMSOL Multiphysics

## 1. INTRODUCTION

The increase in technological developments in the last 20 years has contributed greatly to the development of light, photonics, material science, nanotechnology, high-power lasers and plasma technologies. The most important of these contributions are plasmas, which are ionized gases. Plasmas are systems with high electrical conductivity and are normally neutral. Although plasmas are known as the 4th state of matter, they are actually the first state of matter in the light of studies conducted from past to present [1-3]. Many studies on matter and even matter-light interaction in the formation of the universe prove this [4]. Gas, molecules and free electrons in the plasma form plasma with different excitation methods. In many studies, triggering methods such as DC, AC, RF, microwaves and magnetic fields have been tried [5,6]. In our study, we investigated important parameters for plasma by focusing on plasma production in a vacuum tube exposed to high-power laser light. Our study sheds light on plasma technologies under DC and optical stimulation and their areas of use. Plasmas have become a subject of intense research in recent years and have become a growing branch in the field of energy class. In our world, the energy need is increasing and the non-renewable energy resources used to meet this need are depleting. Although alternative energy sources have increased recently, they cannot meet the increase in population and demand. In addition to these alternative sources, fusion and fusion studies that have been studied in the last 10 years reveal plasma technologies and their advantages. In the light of these studies, the use of light sequences of 1012 W/cm$^2$ and even higher amounts in the plasma field has increased. In our study, in addition to high light intensity, DC voltage effect and plasma parameters were analyzed in a simulation environment using the Comsol Multiphysic program. High-power lasers have a wide range of uses, from surgery to space sciences, from laboratory studies to the energy sector, THz radiation production, plasma particle accelerators, laser fusions, laser sources and optical devices [7-12]. The geometric structure of the laser pulse plasma mechanism we implemented is as follows.

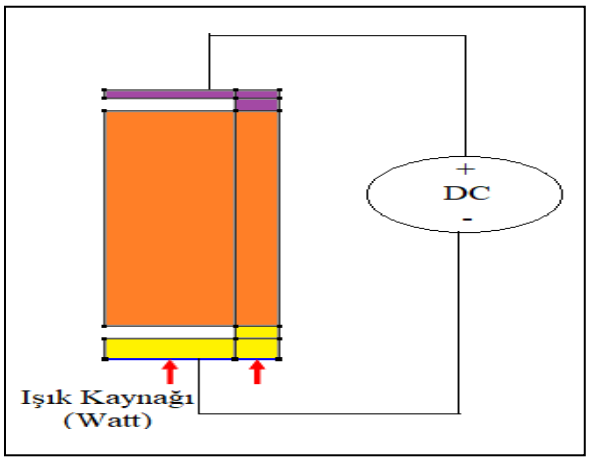



**Figure 1.** DC+optical plasma experiment system

## 2. MATERIAL AND METHODS

### 2.1. Collection, preparation and analysis

OUP (OPTICALLY STİMULATİON PLASMA) is a type of plasma created by DC+optics. Plasma is a state that results from the ionization of gases under high temperature and pressure and consists of a non-neutral gas mixture containing electrons, ions and free radicals. An electrical source and light source are generally used to create DC+optical plasma. These sources help interact between the positive and negative ends. Thus, direct current emerges. Electrodes or electrode-like structures enable the creation of plasma by directing this current in a gas-containing environment. The criteria that are important for DC+optical plasma are:

1. Distance between electrodes
2. Type of gas used
3. Pressure of the gas used
4. DC current magnitude coming to the electrodes
5. Semiconductor material used
6. Frequency/wavelength of light emitted from the light source, if any

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

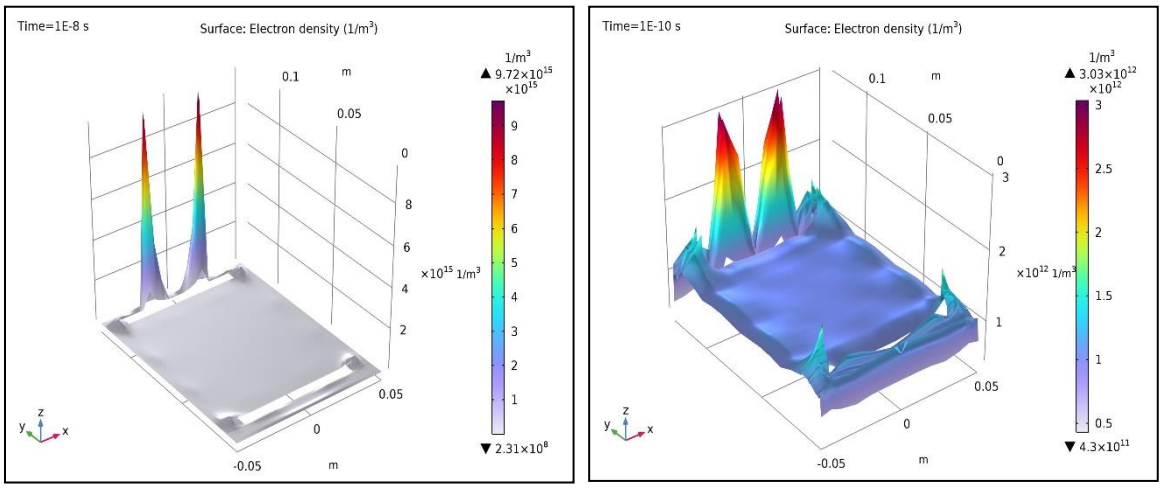



**Figure 2.** Plasma formations dependent on 5 GHz frequency under 100 W/cm$^2$ light and 1000 V voltage a) p=20 Torr pressure b) p=66 Torr pressure

When the pressure was increased from 20 Torr to 66 Torr under the same voltage and radiation, the electron density reached from 9.72x10$^{15}$ 1/m$^3$ to 3.03x10$^{12}$ 1/m$^3$ in Figure2. While the laser pulses at the cathode tips were stable at 20 Torr, they caused instability at 66 Torr. As the pressure increased, the stagnant ion and gas molecules mobilized electrons under the influence of voltage, and excessive electron density occurred in the anode material and the metal contact tips where the voltage was applied. While the red parts symbolize the hot electrons where the electrons are dense, the blue parts indicate the cold and low electron density parts.

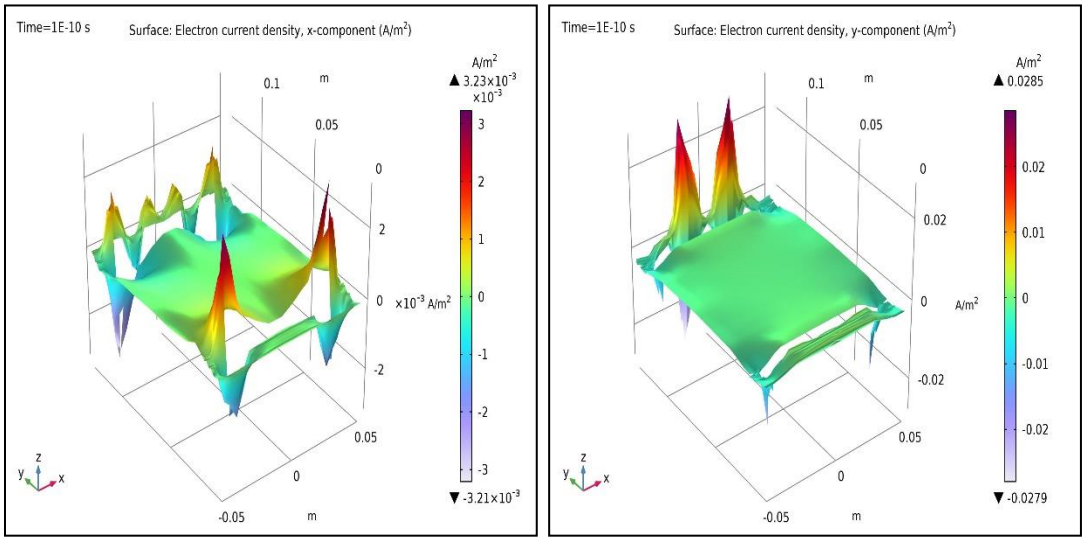



**Figure 3.** 5 GHz frequency electron current densities under p=220 Torr pressure, 150 W/cm$^2$ light and 1000 V voltage

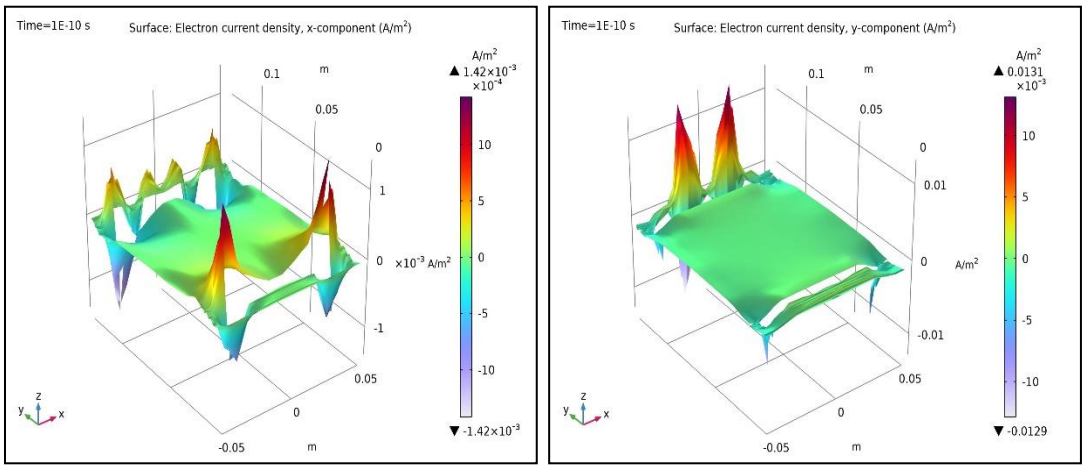
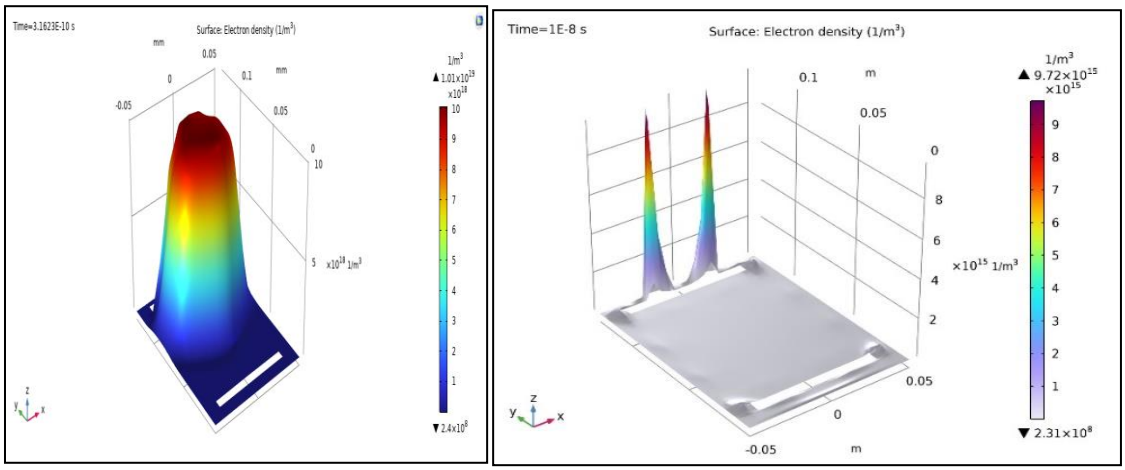



**Figure 4.** 5 GHz frequency electron current densities under p=500 Torr pressure, 150 W/cm$^2$ light and 2000 V voltage

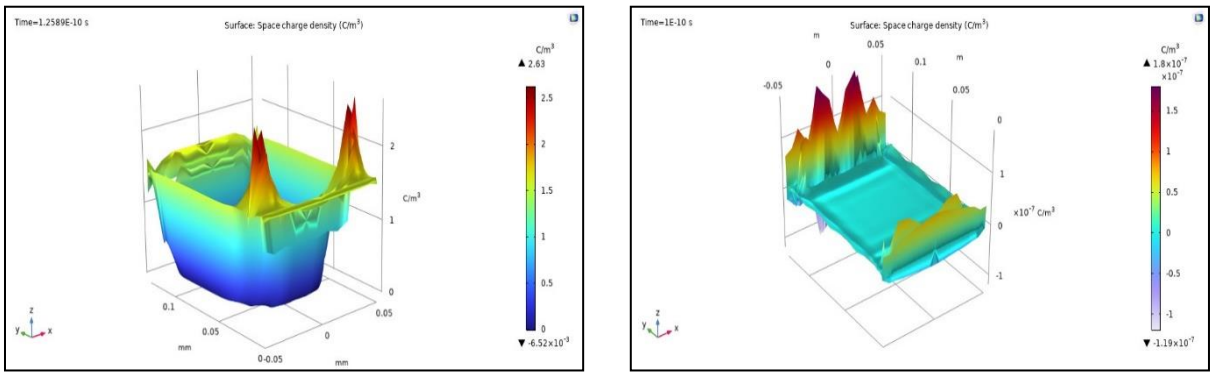
In Figure 3 and Figure 4, an increase in electron current density was observed as the voltage increased from 1000 V to 2000 volts and the pressure increased from 220 Torr to 500 Torr under 150 W/cm$^2$ light. Mobile electrons (in x-planes) accumulated at the cathode tips. Thus, this system with ZnSe electrode can be used for high-power laser and light sources. Gas pressure, frequency, voltage and light intensity have effects on the systems caharacteristics.




(a) (b)

**Figure 5.** Electron density graphs a) ZnSe material at 100 µm anode-cathode distance under 1000 V DC and p=20 Torr pressure b) ZnSe material under p=20 Torr pressure, 100 W/cm$^2$ light, 1000 V voltage and 5 GHz frequency

Plasma formation for DC voltage is resolved in a longer time than that of (b) for Figure 5 (a). Initially, the electron value was $10^{15}$ 1/m$^3$ and has increased to $10^{19}$ 1/m$^3$; In (b), the initial electron value was $10^9$ 1/m$^3$ and increased to $10^{15}$ 1/m$^3$. This structure can be easily used in applications such as image intensifier, image sharpening, electron multiplication, and secondary electron efficiency. We can say that plasma formation with light excitation under DC voltage for cold plasma systems will make a significant contribution to the literature.




(a) (b)

**Figure 6.** Space charge density graphs a) ZnSe material at 100 µm anode-cathode distance under 2000 V DC voltage and p=760 Torr pressure b) ZnSe material under p=760 Torr pressure, 200 W/cm$^2$ light, 2000 V DC voltage and 5GHz frequency

In the space charge graphs for Figure 6 (a) and (b), ZnSe exposed to light intensity under atmospheric pressure. Argon gas in the vacuum environment interacted with molecules and ions faster and removed electrons from the ZnSe surface faster. These broken electrons produced a free electron cloud, and due to the high voltage, they were attracted by positively charged ions and the plasma became conductive earlier. While space charges accumulate at the cathode terminals under DC voltage, accumulation is observed at the anode terminals under DC+optic. This clearly shows the effect of plasma formation by optical excitation on the system characteristics. Since the electron cloud is - (negative) charged, the higher electron cloud is concentrated at the anode. As a result, the effect of plasma formation under optical stimulation on plasma parameters was calculated in detail for a wide range of pressure, inter-electrode distance, voltage and frequency values through the Comsol Multiphysics program.

## 4. CONCLUSION

The plasma with high density is obtained. The technique that is used in this study is known as a method with superior resolution and sensitivity. This makes it possible to use this method as the ideal analysis method for various fields. Researchers have focused on improving the performance of energy storage devices through the memory effect. ZnSe electrode has previously been used in our experimental microplasma studies, and it has also been shown to play an important role in the cylindrical geometry under an external optical stimulation at 5GHz.

## REFERENCES

[1] Kocaayan, S. G., ERCAN, U., & ENHOS, S. (2021). Atmosferik Basınçlı Soğuk Plazma Uygulamasının Islanabilirlik Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi. Selcuk Dental Journal, 8(3), 665-672.

[2] Brown, C. S. (2012). Big history: From the big bang to the present. The New Press

[3] Ocker, S. K., Cordes, J. M., Chatterjee, S., Gurnett, D. A., Kurth, W. S., & Spangler, S. R. (2021). Persistent plasma waves in interstellar space detected by Voyager 1. Nature astronomy, 5(8), 761-765.

[4] Alfven, H. (1986). Model of the plasma universe. IEEE transactions on plasma science, 14(6), 629-638.

[5] Conrads, H., & Schmidt, M. (2000). Plasma generation and plasma sources. Plasma sources science and technology, 9(4), 441

[6] Mehmood, F., Kamal, T., & Ashraf, U. (2018). Generation and applications of plasma (an academic review).).

[7] Carazzetti, P., Renaud, P., & Shea, H. (2009). Micromachined chip-scale plasma light source. Sensors and Actuators A: Physical, 154(2), 275-280.

[8] Kandemir, H., Kandemir, F. A., Güler, B., & Gürel, A. (2021). Cold plasma technology and various applications areas in plants.

[9] Tiede, R., Hirschberg, J., Daeschlein, G., von Woedtke, T., Vioel, W., & Emmert, S. (2014). Plasma applications: a dermatological view. Contributions to Plasma Physics, 54(2), 118-130.

[10] Misra, N. N., Schlüter, O., & Cullen, P. J. (2016). Plasma in food and agriculture. In Cold plasma in food and agriculture (pp. 1-16). Academic Press.

[11]Rajendran, K., Krishnasamy, N., Rangarajan, J., Rathinam, J., Natarajan, M., & Ramachandran, A. (2020). Convalescent plasma transfusion for the treatment of COVID-19: systematic review. Journal of medical virology, 92(9), 1475-1483.

[12] Sakudo, A., Yagyu, Y., & Onodera, T. (2019). Disinfection and sterilization using plasma technology: Fundamentals and future perspectives for biological applications. International journal of molecular sciences, 20(20), 5216.

# BAZI AĞIR METALLERİN KOYUN DALAK DOKUSUNDAN SAFLAŞTIRILAN GLUTATYON REDÜKTAZ ENZİMİ ÜZERİNE *İN VİTRO* ETKİLERİ

**Dr.Öğr.Üyesi Çiğdem ÇOBAN**
BingölÜniversitesi, Solhan Sağlık Hizmetleri MeslekYüksekOkulu, Bingöl/Türkiye
Email: ccoban@bingol.edu.tr
ORCID ID: 0000-0003-1141-544X

## Özet

Glutatyon redüktaz (EC 1.8.1.7; GR, Glutatyon: $NADP^+$ oksidoredüktaz) enzimi antioksidan metabolizmasının en önemli enzimidir. Çalışmamızda GR enzimi koyun dalak dokusundan saflaştırılıp, civa (II) klorür ($HgCl_2$), kobalt (II) klorür ($CoCl_2$) ve kurşun (II) nitrat ( $Pb(NO_3)_2$) ağır metallerinin enzim aktivitesi üzerine etkileri araştırıldı. Saflaştırma işlemi %20-70 arası *saltingout* (amonyum sülfat çöktürmesi) metodu ve 2', 5' ADP-Sepharose 4B jel afinite kromatografisi kullanılarak gerçekleştirildi. Enzim aktivitesi tüm kinetik çalışmalarda kullanılmak üzere spektrofotometrik olarak Beutler metoduna göre 340 nm'de ölçüldü. İn vitro çalışmalarda, civa (II) klorür ($HgCl_2$), kobalt (II) klorür ($CoCl_2$) ve kurşun (II) nitrat ( $Pb(NO_3)_2$) G6PD enzim üzerinde inhibitör etkiye sahip oldukları belirlendi. Bu ağır metallerin % Aktivite-[I] grafiği çizilerek $IC_{50}$ değerleri hesaplandı. Civa (II) klorür ($HgCl_2$), kobalt (II) klorür ($CoCl_2$) ve kurşun (II) nitrat ( $Pb(NO_3)_2$) için elde edilen $IC_{50}$ değerleri sırasıyla 0,85, 0,151 ve 0,155 mM olarak bulundu.

**Anahtar Kelimeler;** glutatyon redüktaz, ağır metaller, $IC_{50}$, inhibisyon

# IN VITRO EFFECTS OF SOME HEAVY METALS ON GLUTATHIONE REDUCTASE ENZYME PURIFIED FROM SHEEP SPLEEN TISSUE

## Abstract

Glutathione reductase (EC 1.8.1.7; GR, Glutathione: $NADP^+$ oxidoreductase) enzyme is the most important enzyme of antioxidant metabolism. In our study, GR enzyme was purified from sheep spleen tissue and the effects of heavy metals mercury (II) chloride ($HgCl_2$), cobalt (II) chloride ($CoCl_2$) and lead (II) nitrate ($Pb(NO_3)_2$) on the enzyme activity were investigated. Purification was carried out using 20-70% salting out (ammonium sulfate precipitation) method and 2', 5' ADP-Sepharose 4B gel affinity chromatography methods. Enzyme activity was measured spectrophotometrically at 340 nm according to the Beutler method to be used in all kinetic studies. In in vitro studies, mercury (II) chloride ($HgCl_2$), cobalt (II) chloride ($CoCl_2$) and lead (II) nitrate ($Pb(NO_3)_2$) were determined to have inhibitory effects on the G6PD enzyme. $IC_{50}$ values of these heavy metals were calculated by plotting the % Activity-[I] graph.

The $IC_{50}$ values obtained for mercury (II) chloride ($HgCl_2$), cobalt (II) chloride ($CoCl_2$) and lead (II) nitrate ($Pb(NO_3)_2$) were found to be 0,85, 0,151 and 0,155 mM, respectively.

**Keywords;** glutathione reductase, heavy metals, $IC_{50}$, inhibition

## 1. GİRİŞ

NADPH-bağımlı oksidoredüktaz olan glutatyon redüktaz (GR), oksitlenmiş glutatyonun (GSSG) indirgenmiş glutatyona (GSH) dönüşümünü katalize eden bir enzimdir. GSH molekülü indirgen forma dönüşürken yapısında mevcut olan -SH grupları antioksidan etki yaparak hücreyi korumaktadırlar. Oksidatif stres, aerobik yaşamın kaçınılmaz bir yan etkisidir. Oksijen gereksinimi, solunum süreci sırasında süperoksit, peroksit ve hidroksil radikallerinin oluşmasına sebep olur. Bu nedenle aerobik organizmalar kendilerini oksidatif hasardan korumak için mekanizmalara ihtiyaç duyarlar ve reaktif oksijen türlerine karşı korunmada çok çeşitli antioksidanlara dayalı etkili koruyucu ağlar geliştirmişlerdir. Yapılan litaratür incelemelerinde ağır metaller, tuzluluk ve UV radyasyonu gibi faktörler reaktif oksijen türlerinin bazı canlılarda artmasına neden olmuştur. GR enzimi canlılarda koruyucu metabolik reaksiyonu gerçekleştiren temel enzimdir (Gill and Tuteja, 2010; Taşer and Ciftci 2012; Çoban, 2022; Çoban ve Çiftci, 2022). Çalışmamızda civa (II) klorür ($HgCl_2$), kobalt (II) klorür ($CoCl_2$) ve kurşun (II) nitrat ( $Pb(NO_3)_2$) gibi ağır metallerin koyun dalak dokusundan saflaştırılmış GR enzim aktivitesi üzerindeki etkisini araştırdık. GR gibi antioksidan enzimler, metallerin etkisine maruz kalan organizmalarda oksidatif stresi göstermede iyi bir moleküler indikatördürler. Ağır metaller organizmada özellikle enzimin fonksiyonel gruplarına bağlanarak enzim aktivitelerini değiştirebilmektedirler (Lionetto et al., 1998; Viarengo, 1985).

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Homojenetın Hazırlanması

GR enzim homojenatı hazırlamak için soğuk zincir kuralları dikkate alınarak Bingöl ili Kombine Et ve Süt Kurumundan koyun dalak dokusu temin edilip laboratuvarda oda sıcaklığına getirildi. Dokudan 15 gram alındı ve homojenatörde 45 mL'lik 50 mM $KH_2PO_4$ (pH= 8,0) homojenat tamponu eklendi. Elde edilen süspansiyon 1 saat (10.000xg )santrifüj edildikten sonra süpernatant alınarak homojenat oluşturuldu. Üstteki sıvı katı amonyum sülfat $(NH4)_2SO_4$ ile % 20-70 doygunluğa getirildi ve çökelti 10.000 rpm ve 4 ºC'de 15 dakika santrifüj edilerek toplandı. Çökelti, homojenat tamponunda çözüldü ve aktivite kontrolü yapıldı. Ardından 10 mM K-fosfat, 1 mM EDTA diyaliz tamponda 4 ºC'de diyalize edildi (Çoban, 2022; Çoban ve Çiftci, 2022; Çoban et al., 2022).

### 2.2. 2', 5'-ADP Sepharose 4B Afinite Kromatografisi

2', 5' ADP Sepharose-4B afinite kromatografisi ile saflaştırılmak üzere 11 mL enzim numunesi kolona yüklendi. Kolonun akış hızı 20 mL/saat olarak ayarlandı. Afinite kolonuna yıkanmak üzere sırasıyla 30'ar mL 0,1 M K-asetat/0,1 M K-fosfat (pH=6) tamponu , 0,1 M K-fosfat/0,1 M KCl (pH=7,85) tamponu ve son olarak 50 mM $KH_2PO_4$/1 mM EDTA (pH=7) tamponu uygulandı Kolon yıkanınca pH 7,3'de 50 mM $KH_2PO_4$/1 mM EDTA, 1mM GSH ve 0,5 mM NADPH elüsyon tamponu ile GR enzimi afinite kolonundan elüe edildi (Çoban, 2022; Çoban ve Çiftci, 2022; Çoban et al., 2022).

### 2.3.Glutatyon Redüktaz Enzim Aktivitesi Ölçümü

GR enzim aktivitesi, Carlberg ve Mannervik yöntemine göre spektrofotometrik olarak GSSG'nin bulunduğu ortamda NADPH'ın yükseltgenmesine bağlı olarak azalan NADPH miktarı ile 340 nm'de ölçüldü (Carlberg & Mannervik, 1981).

### 2.4.Protein Tayini

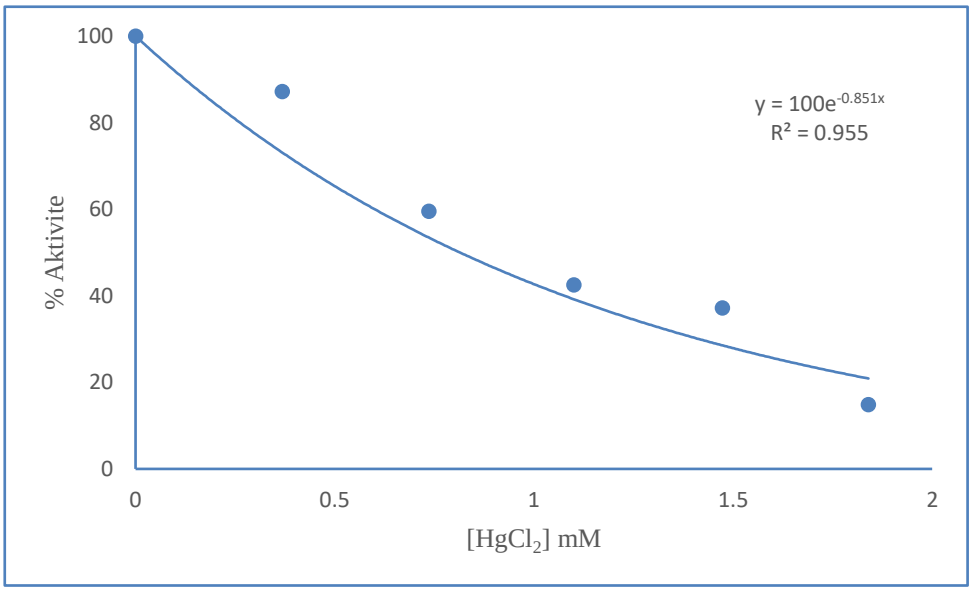
Homojenat ve elüsyondaki kantitatif protein miktarı Bradford yöntemine göre spektrofotometrik olarak 595 nm'de belirlendi, sığır serum albümini standart protein olarak tercih edildi (Bradford, 1976).

### 2.5. Ağır Metallerin Etkisinin İn Vitro Değerlendirilmesi

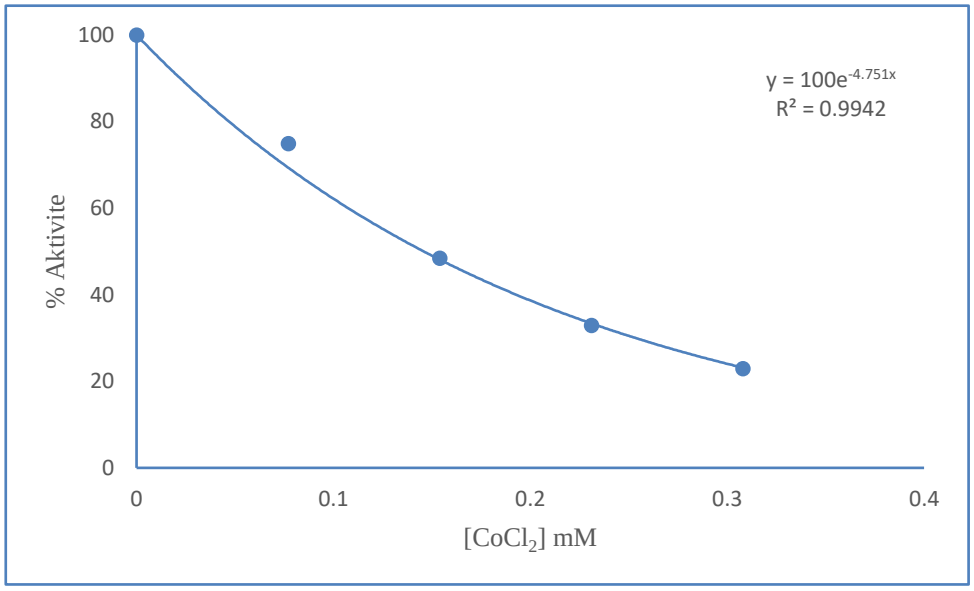
Kinetik çalışmalarda civa (II) klorür ($HgCl_2$), kobalt (II) klorür ($CoCl_2$) ve kurşun (II) nitrat ( $Pb(NO_3)_2$) ağır metallerinin GR enzim aktivitesi üzerine etkilerini incelemek için reaksiyon ortamına farklı konsantrasyonlarda söz konusu metaller eklendi. Ölçüm yapılırken mümkün olan en yüksek inhibitör konsantrasyonuna kadar denemeler yapıldı ve her bir ağır metalin enzim aktivitesi üzerine inhibisyon etki gösterdiği belirlendi. Bu metallerin $IC_{50}$ değerlerini hesaplamak için % İnhibsyon-[I] grafiği çizildi.

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

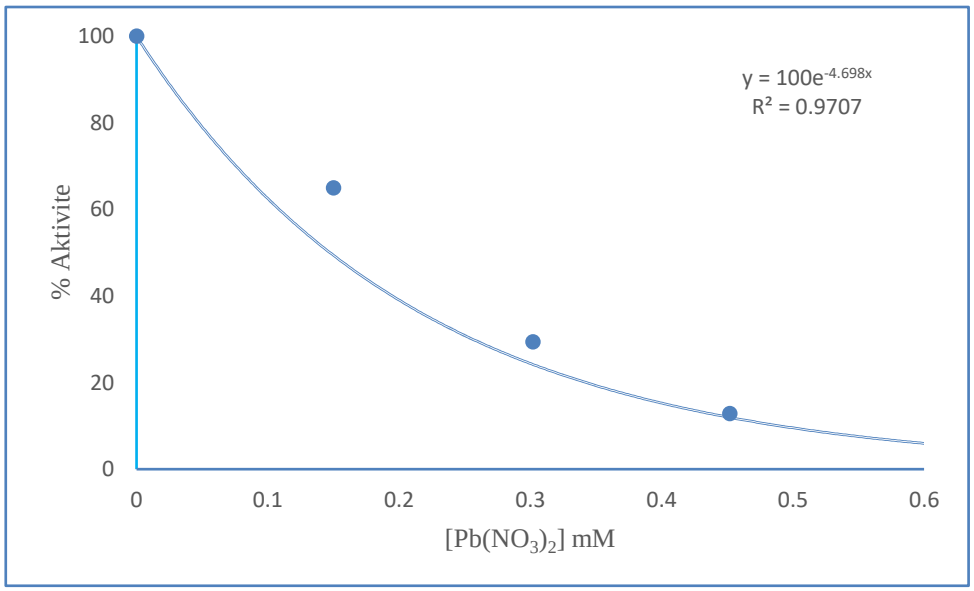
Koyun dalak GR enzimi üzerinde inhibitör etki gösteren civa (II) klorür ($HgCl_2$), kobalt (II) klorür ($CoCl_2$) ve kurşun (II) nitrat ( $Pb(NO_3)_2$) için çizilen % Aktivite-[I] grafikleri görsel 1, 2 ve 3'de gösterildi. Grafik denkleminden faydalanılarak $IC_{50}$ değerleri sırasıyla 0,85, 0,151 ve 0,155 mM olarak hesaplandı.




**Görsel 1.**Civa (II) klorür ($HgCl_2$) 'ün koyun dalak G6PD enzimi üzerine etkisi




**Görsel 2.** Kobalt (II) klorür ($CoCl_2$)'ün koyun dalak G6PD enzimi üzerine etkisi




**Görsel 3.** Kurşun (II) nitrat ($Pb(NO_3)_2$)'ın, koyun dalak G6PD enzimi üzerine etkisi

**Çizelge 1.** Elde edilen $IC_{50}$ değerleri

| AĞIR METALLER | $IC_{50}$ (MM) |
|---|---|
| Civa (II) klorür ($HgCl_2$) | 0,85 |
| Kobalt (II) klorür ($CoCl_2$) | 0,151 |
| Kurşun (II) nitrat ($Pb(NO_3)_2$) | 0,155 |

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Hücre savunma sisteminde önemli bir yeri olan GR enzimi, okside glutatyonu redükte glutatyona dönüştürerek hücre için hayati öneme sahip olan GSH/GSSG oranının belirli bir seviyede kalmasını sağlar. Böylece reaktif oksijen türlerinin detoksifikasyonu sağlanıp hücrede protein ve DNA biyosentezinin devamlılığı gerçekleşmiş olur. Oksidatif stres GSH/GSSG dengesinin bozulması hücrede GR enziminin azalmasına neden olmuştur (Keha & Küfrevioğlu, 2010). Çalışmamızda civa (II) klorür ($HgCl_2$), kobalt (II) klorür ($CoCl_2$) ve kurşun (II) nitrat ( $Pb(NO_3)_2$) metallerinin koyun dalak dokusundan saflaştırılan GR aktivitesi için in vitro etkileri incelendi. Her bir ağır metalin enzim aktivitesi üzerine inhibisyon etki gösterdiği belirlendi. Enzim aktivitesini yarı yarıya azaltan inhibitör konsantrasyonu olan $IC_{50}$ değeri %Activity-[Drug] grafiklerinden (görsel 1, 2 ve 3) faydalanılarak sırasıyla 0,85, 0,151 ve 0,155 mM olarak hesaplandı. Yapılan incelemelerde soya tohumundan saflaştırılan GR enzim aktivitesi üzerine doğada tabii olarak bulunan çinko, gümüş, nikel, krom, mangan, kadmiyum, baryumun ve magnezyum ağır metallerinin enzim aktivitesi üzerine inhibisyon etki gösterdiği tespit edilmiştir (Bilir, 2017). Başka bir çalışmada bazı antioksidan enzim aktiviteleri ile ağır metal iyonlarının arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için gökkuşağı alabalığı çiftliklerinde üretilen balıkların karaciğer, böbrek ve solungaç dokularından GR, Glutatyon S-transferaz (GST) ve Katalaz (CAT) saflaştırılmıştır. Ağır metal olarak Zn, Fe, Cu, Ni, Co, Hg, As, Mn balıkların sularında tespit edilmiştir (Şengül et al. 2018). Ayrıca Akrep balığının ( *Scorpaena porcus* ) karaciğer dokusundan GR enzimi saflaştırılıp enzim için ağır metal iyonlarının etkilerinin incelendiği bir çalışmada $Ni^{+2}$, $Mn^{+2}$, $Cd^{+2}$ ve $Cr3^{+}$ nin enzimi inhibe ettiği ve $IC_{50}$ değerlerinin sırasıyla 135 µM, 2,4 µM, 30 µM ve 206 µM olarak hesaplandığı belirlenmiştir (Işık & Soydan, 2023). Sonuç olarak günümüzde, ülkemizde ve dünyada görülen ağır metal kaynaklı çevresel bazı sorunlar dünya çapında artmaktadır. Bu durum GR metabolizması üzerinde inhibitör etkilere sebep olmaktadır. Bundan dolayı çevre kirliliğine karşı ciddi önlemler alınmalı ve metal iyonlarının hücre metabolizmasındaki durumu devamlı göz önünde bulundurulmalıdır.

## KAYNAKLAR

Bilir, G. (2017). *Soya bitkisinden (glycine max l.) glutatyon redüktaz enziminin saflaştırılması ve bazı ağır metallerin inhibisyon kinetiğinin incelenmesi*. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, *72*(1–2), 248–254.

Carlberg, I., & Mannervik, B. (1981). Purification and characterization of glutathione reductase from calf liver. An improved procedure for affinity chromatography on 2′, 5′-ADP-Sepharose 4B. *Analytical Biochemistry*, *116*(2), 531–536.

Çoban, Ç., Temel, Y., & Çiftci, M. (2022). Koyun Dalak Dokusundan Saflaştırılan Glukoz-6-Fosfat Dehidrogenaz ve Glutatyon Redüktaz Enzimi Üzerine Diklofenak Sodyumun İn Vitro Etkileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, *12*(3), 1624–1634.

Çoban Ç, 2022. Glutatyon Redüktaz Enziminin Koyun Dalak Dokusundan Saflaştırılması, Karakterizasyonu ve Bazı Antibiyotiklerin Enzim Aktivitesi Üzerine Etkilerinin Araştırılması Doktora Tezi, Bingöl Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, s. 88

Çoban Ç, Çiftci M , Bazı Bileşiklerin Koyun Dalak Dokusundan Saflaştırılan Glutatyon Redüktaz Enzimi Üzerine İn Vitro Etkileri, 2022 Konya/Türkiye. 1st International Conference on Scientific and Academic Research https://www.icsarconf.com/ December 10-13, 2022,

Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, *48*(12), 909–930.

Işık, K., & Soydan, E. (2023). Purification and characterisation of glutathione reductase from scorpionfish (scorpaena porcus) and investigation of heavy metal ions inhibition. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, *38*(1), 2167078.

Keha, E., & Küfrevioğlu, Ö. İ. (2010). Biyokimya (7. baskı). *Ankara: Aktif Yayınevi*.

Lionetto, M. G., Maffia, M., Cappello, M. S., Giordano, M. E., Storelli, C., & Schettino, T. (1998). Effect of cadmium on carbonic anhydrase and Na+-K+-ATPase in eel, Anguilla anguilla, intestine and gills. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, *120*(1), 89–91.

ŞENGÜL, B., ÖNALAN, Ş., & DEMİR, Y. (2018). Gökkuşağı Alabalığı (Oncorhynchus mykiss) İşletmelerinde Bazı Antioksidan Enzim Aktivitelerinin Ağır Metal İnhibisyonlarının Araştırılması. *Yuzuncu Yil Universitesi Journal of Agricultural Sciences (YYU J Agr Sci)*, *28*.

TAŞER, P., & Ciftci, M. (2012). Purification and characterization of glutathione reductase from turkey liver. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, *36*(5), 546–553.

Viarengo, A. (1985). Biochemical effects of trace metals. *Marine Pollution Bulletin*, *16*(4), 153–158.

# BAZI TUZLARIN KOYUN DALAK DOKUSUNDAN SAFLAŞTIRILAN GLUKOZ-6-FOSFAT DEHİDROGENAZ ENZİMİ ÜZERİNE *İN VİTRO* ETKİLERİ

**Dr.Öğr.Üyesi Çiğdem ÇOBAN**
BingölÜniversitesi, Solhan Sağlık Hizmetleri MeslekYüksekOkulu, Bingöl/Türkiye
Email: ccoban@bingol.edu.tr
ORCID ID: 0000-0003-1141-544X

## ÖZET

Bu çalışmada hücre metabolizması için çok önemli olan glukoz-6-fosfat dehidrogenaz (D-glukoz-6-fosfat: $NADP^+$ oksidoredüktaz, EC 1.1.1.49; G6PD) enzimi koyun dalak dokusundan saflaştırıldı. Saflaştırma işlemi iki basamakta gerçekleştirildi. İlk olarak %40-70 arası amonyum sülfat çöktürmesi yapıldı. Burada elde edilen enzim numunesi ikinci olarak 2', 5' ADP-Sepharose 4B jel afinite kromatografisi ile saflaştırıldı. Enzim aktivitesi Beutler metodu ile 340 nm'de spektrofotometrik olarak belirlendi. Daha sonra sodyum sülfat ($Na_2SO_4$) ve sodyum karbonat ($Na_2CO_3$) tuzlarının enzim aktivitesi üzerine *in vitro* etkileri araştırıldı. Bu tuzların G6PD enzimi üzerinde inhibitör etkiye sahip olduğu gösterildi. Sodyum sülfat ($Na_2SO_4$) ve sodyum karbonat ($Na_2CO_3$) tuzlar için % Aktivite-[I] grafiği çizilerek $IC_{50}$ değeri hesaplandı. Sodyum sülfat ($Na_2SO_4$) tuzu için $IC_{50}$ değeri 359,5 mM, sodyum karbonat ($Na_2CO_3$) tuzu için $IC_{50}$ değeri 143,8 mM olarak bulundu.

**Anahtar Kelimeler:** Glukoz 6-fosfat dehidrogenaz, sodyum karbonat, inhibisyon

# IN VITRO EFFECTS OF SOME SALTS ON GLUCOSE-6-PHOSPHATE DEHYDROGENASE ENZYME PURIFIED FROM SHEEP SPLEEN TISSUE

## ABSTRACT

In this study, glucose-6-phosphate dehydrogenase (D-glucose-6-phosphate: $NADP^+$ oxidoreductase, EC 1.1.1.49; G6PD), an enzyme that is very important for cell metabolism, was purified from sheep spleen tissue. The purification process was carried out in two steps. First, 40-70% ammonium sulfate precipitation was performed. The enzyme sample obtained here was secondly purified by 2', 5' ADP-Sepharose 4B gel affinity chromatography. Enzyme activity was determined spectrophotometrically at 340 nm by the Beutler method. Then, the in vitro effects of sodium sulfate ($Na_2SO_4$) and sodium carbonate ($Na_2CO_3$) salts on enzyme activity were investigated. These salts have been shown to have inhibitory effects on the G6PD enzyme. $IC_{50}$ value was calculated by drawing % Activity-[I] graph for sodium sulfate ($Na_2SO_4$) and sodium carbonate ($Na_2CO_3$) salts. The $IC_{50}$ value for sodium sulfate ($Na_2SO_4$) salt was found to be 359,5 mM, and the $IC_{50}$ value for sodium carbonate ($Na_2CO_3$) salt was found to be 143,8 mM.

**Keywords:** Glucose 6-phosphate dehydrogenase, sodium carbonate, inhibition

## 1. GİRİŞ

Tüm dokularda bulunan Glikoz 6-fosfat dehidrogenaz (G6PD; E.C. 1.1.1.49) enzimi hayvan dokularında sitozol ve mitokondride ve yeşil bitkilerde sitozol ve kloroplastta lokalizedir (Ciftci et al. 2004; Meister 1979). Bu enzim pentoz fosfat metabolik yolunun ilk adımını katalize eden enzimdir. Pentoz fosfat anabolik yolu, $NADP^+$'nin NADPH $+H^+$'ye indirgenmesinden ayrıca riboz 5-fosfat ve şeker fosfatlarının sentezinden sorumludur. Riboz 5-fosfat, nükleik asitlerin, flavin koenzimleri FMN, FAD ve CoA'nın öncüsüdür (Tong et al. 2009). NADPH $+H^+$ çok sayıda biyosentetik reaksiyonda ve hücrelerin serbest radikal hasarından korunmasında kullanılan temel bileşenlerden biridir. Hücreler çeşitli nedenlerle oksitleyici ajanlara maruz kaldıkları zaman indirgenmiş glutatyon (GSH) molekülü serbest radikallerden hücreyi korur. NADPH molekülü GSH molekülünü sentezlemek için gerekli olan Glutatyon redüktaz (GR) enziminin substratı olarak işlev görmek suretiyle GSH sentezini gerçekleştirir (ÇiFTÇi et al. 2001). G6PD enzimi farklı tekniklerle çeşitli memeli dokularından saflaştırılmış ve kinetik özellikleri belirlenmiştir. Bunlara sıçan karaciğeri ve böbreği, koyun dalak dokusu, ot sazanı hepatopan kıvrımları ve insan eritrositi örnek verilebilir (Çoban And Çiftci 2022; Çoban et al. 2024; Corpas et al. 1994; Hu et al. 2013). Ayrıca bazı metal iyonları ve tuzları ile de antioksidan enzim aktiviteleri üzerine inhibisyon çalışmaları yapılmıştır (Bilir 2017; Çiftçi et Al. 2001; Çoban And Çiftci 2022; Ekinci and Şentürk 2013) Çalışmamızda söz konusu enzim aktivitesi üzerine sodyum sülfat ($Na_2SO_4$) ve sodyum karbonat ($Na_2CO_3$) tuzlarının etkileri araştırıldı. Böylece gelecekte in vitro çalışmaları desteklemek amaçlandı.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Homojenetın Hazırlanması

Bingöl İl Kombine Et ve Süt Kurumu'ndan soğuk zincir kurallarına uygun olarak elde edilen dalak dokusu, önce laboratuvarda belirli parçalara bölünerek -20°C'de saklandı. Deney sırasında 10 g dalak dokusu alınarak küçük parçalara ayrıldı ve süspanse edilmek üzere pH= 8,0 olan 1 M Tris-HCI tamponu 30 mL olarak kullanındı. Daha sonra 1 saat santrifüj edilerek (13.000xg'de ) çökelti uzaklaştırıldı ve homojenat oluşturuldu (Çoban And Çiftci 2022; Keha and Küfrevioğlu 2010).

### 2.2. Amonyum Sülfat Çöktürmesi ve Diyaliz

Homojenat, amonyum sülfat tuzu kullanılarak %40-%60 doygunluk konsantrasyonlarında çökeltmeye tabi tutuldu. Amonyum sülfat, tam çözünme için homojenata yavaşça eklendi. Bu karışım 15 dakika boyunca 5 000 × g'de santrifüj edildi ve çökelti pH 8.0'a ayarlanarak 1 M Tris-HCI tamponunda çözüldü. Bundan sonra enzim çözeltisi pH 7,0'a ayarlanan 50'şer mM K-asetat/ K-fosfat tamponunda 4°C'de 2 saat boyunca diyaliz edildi ve tampon iki kez değiştirildi (Çoban And Çiftci 2022; Keha and Küfrevioğlu 2010).

### 2.3. 2', 5'-ADP Sepharose 4B Afinite Kromatografisi

11 mL enzim numunesi afinite kromatografisi ile saflaştırılmak üzere kolona yüklendi. Kolonun akış hızı akış hızı 20 mL/saat olarak ayarlandı. Daha sonra kolon 20 mL 0,1M $KH_2PO_4$ + 0,1M K-asetat (pH= 6,0 ), 20 mL,0,1 M $KH_2PO_4$ + 0,1M K-asetat (pH= 7,85) ve 20 mL 0,1M $KH_2PO_4$ + 0,1M KCI (pH= 7,85) çözeltileriyle sırayla yıkandı. Son olarak enzim elüsyon tamponu (80 mM $KH_2PO_4$ + 80 mM KCI + 0,5 mM $NADP^+$ + 10 mM EDTA pH= 7,85) ile afinite kolonundan elüe edildi. Aktivite gösteren tüpler birleştirildi. Protein tayini son çözeltide

yapıldı. Tüm prosedürler boyunca sıcaklık $^{+}$4 oC'de tutuldu (Adem And Ciftci 2012; Çoban And Çiftci 2022; Shreve and Levy 1977).

### 2.4. Enzim Aktivite Ölçümü

Enzimatik aktivite Beutler yöntemi ile ölçüldü. Bir enzim birimi, 1 dakikada 1 µmol NADP+ azaltan enzim miktarı olarak tanımlandı (Beutler 1971).

### 2.5.Protein Tayini

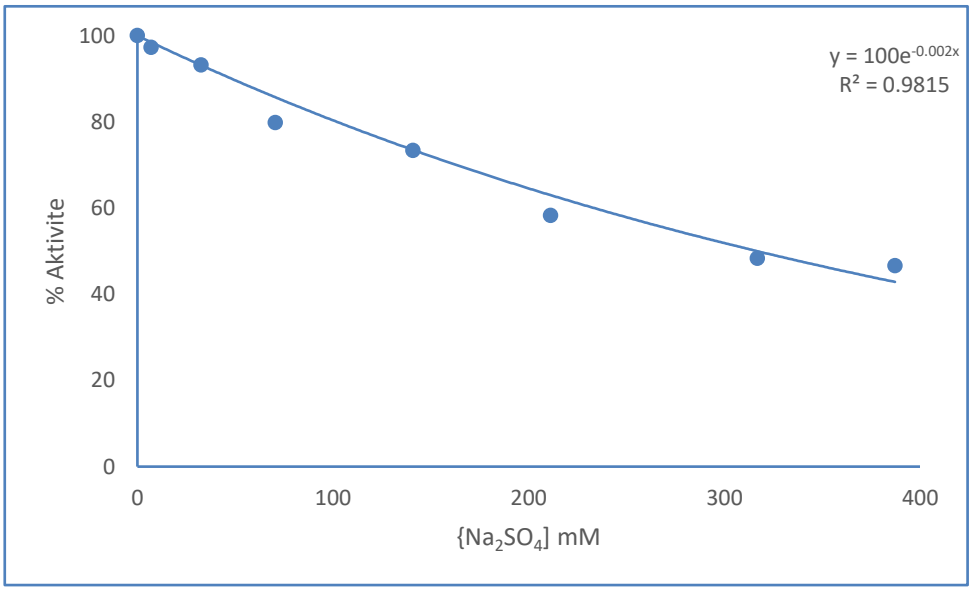
Protein miktarı kantitatif olarak Bradford yöntemine göre ölçüldü. Sığır serum albümini standart protein olarak kullanıldı. Ölçüm spektrofotometrede 595 nm'de gerçekleştirildi. Bu ölçüm enzim homojenatı, amonyum sülfat çökeltisi ve saf enzim numunesinde yapıldı (Bradford 1976).

### 2.6. Kinetik Çalışmalar

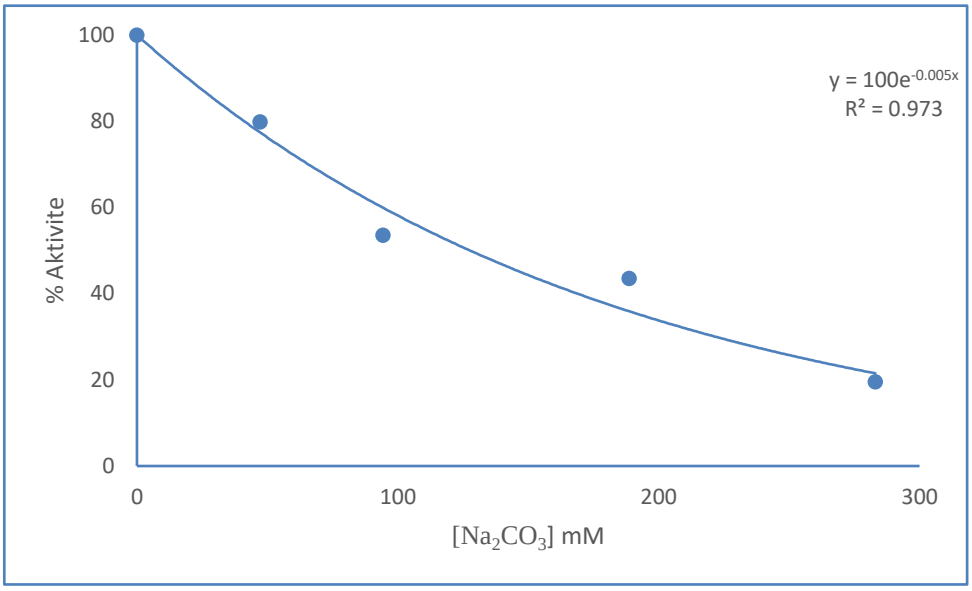
Sodyum sülfat ($Na_2SO_4$) ve sodyum karbonat ($Na_2CO_3$) tuzlarının enzim aktivitesi üzerindeki etkileri incelendi. Kontrol olarak tuz içermeyen tüp kullanıldı. Bu tüpün aktivitesi %100 kabul edildi. Aktivite ölçümlerinde mümkün olan en yüksek inhibitör konsantrasyonuna kadar denemeler yapıldı. Sodyum sülfat ($Na_2SO_4$) ve sodyum karbonat ($Na_2CO_3$) tuzlarının enzimi inhibe ettiği belirlendi. Tuzların Aktivite%-[İlaç] grafikler çizildi. $IC_{50}$ değerleri bu grafikler aracılığıyla hesaplandı.

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Tuzların Aktivite%-[İlaç] grafikleri görsel 1 ve 2'de gösterildi. Grafik aracılığıyla sodyum sülfatın ($Na_2SO_4$) $IC_{50}$ değeri 359,5 mM, sodyum karbonat ($Na_2CO_3$) tuzunun $IC_{50}$ değeri 143,8 mM olarak bulundu. Bu değerler Tablo 1'de gösterildi.




**Görsel 1.** Sodyum sülfat ($Na_2SO_4$)'ın koyun dalak G6PD enzimi üzerine etkisi




**Görsel 2.** Sodyum karbonat ($Na_2CO_3$)'ın koyun dalak G6PD enzimi üzerine etkisi

**Çizelge 1.** Elde edilen $IC_{50}$ değerleri

| TUZLAR | $IC_{50}$ (MM) |
|---|---|
| Sodyum sülfat ($Na_2SO_4$) | 359,5 |
| Sodyum karbonat ($Na_2CO_3$) | 143,8 |

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Birkaç enzim, reaktif oksijen ara ürünlerini veya serbest radikalleri radikal olmayan ürünlere metabolize ettikleri için antioksidan savunmada önemlidir. Bu enzimlerin en iyi bilinenlerinden bazıları, glutatyon peroksidaz (GSH-Px), glutatyon redüktaz (GSSG-Rd) ve süperoksit dismutaz (SOD) olarak bilinmektedir. GSH peroksidaz, lipit peroksitleri ve $H_2O_2$ toksik olmayan ürünlere metabolize eder ve bunu yaparken GSH'nin GSSG'ye oksidasyonuna yol açar. Metabolizmada GSH/GSSG oranının belirli bir seviyede kalması gerekir. Bu durum hücrelerin hayati fonksiyonlarının devamı için son derecede önemlidir. GSSG, GSSG redüktazı tarafından GSH'ye indirgenir. Enzimatik olarak, bu reaksiyon pentoz fosfat metabolik yolunda glikoz-6-fosfat dehidrogenaz ve 6-fosfo glukonat dehidrogenaz tarafından üretilen NADPH'ı gerektirir (Çakmak et al. 2011; Reiter et al. 1997). Çalışmamızda Sodyum sülfat ($Na_2SO_4$) ve sodyum karbonat ($Na_2CO_3$) tuzlarının G6PD enzim aktivitesi üzerindeki etkileri incelendi. Araştırma sonucunda sodyum sülfat ($Na_2SO_4$) ve sodyum karbonat ($Na_2CO_3$) tuzlarının enzimi önemli ölçüde inhibe ettiği belirlendi. Sodyum sülfat ($Na_2SO_4$) tuzu için $IC_{50}$ değeri 359,5 mM, sodyum karbonat ($Na_2CO_3$) tuzu için $IC_{50}$ değeri 143,8 mM olarak bulundu. İnsan eritrositinden saflaştırılan G6PD enzimi üzerine tuzlar ile yapılan bir çalışmada kalsiyum glukonat için, enzim aktivitesini % 50 inhibe eden ilaç konsantrasyon değeri 19.4 mM tespit edildi. Sodyum bikarbonat için bu değer 160 mM olduğu belirlendi (Altıkat et al. 2013). Ayrıca antioksidan

enzimlerden biri olan GR enzim aktivitesi üzerine tuzlar ile yapılan bir çalışmada magnezyum klorürün ($MgCl_2$) $IC_{50}$ değeri 173.28 mM, kalsiyum klorürün ($CaCI_2$) $IC_{50}$ değeri 1.003 mM, sodyum klorürün (NaCI) $IC_{50}$ değeri 346.57 mM ve amonyum asetatın (CH3COONH4) $IC_{50}$ değeri 63.01 mM olduğu tespit edilmiştir (Çoban And Çiftci 2022). Sonuçta inhibitör etki gösteren bu tuzlar hücre metabolizmasında antioksidan enzimleri etkilediğinden kontrollü kullanımı sağlanmalı ve tuzlar ile farklı dokulardan saflaştırılan antioksidan enzimler için daha detaylı in vivo çalışmaların yapılması önemli olacaktır.

## KAYNAKLAR

Adem, Sevki, and Mehmet Ciftci. 2012. "Purification of Rat Kidney Glucose 6-Phosphate Dehydrogenase, 6-Phosphogluconate Dehydrogenase, and Glutathione Reductase Enzymes Using 2′, 5′-ADP Sepharose 4B Affinity in a Single Chromatography Step." *Protein Expression and Purification* 81(1): 1–4.

Altıkat, Seyit et al. 2013. "Kalsiyum Glukonat, Potasyum Klorür ve Sodyum Bikarbonat'ın Insan Eritrosit Glukoz 6-Fosfat Dehidrogenaz Enzimi Üzerine in Vitro Etkileri." *Journal of Experimental and Clinical Medicine* 30(1s): 137–40.

Beutler, E. 1971. "Red Cell Metabolism. A Manual of Biochemical Methods. Vol. 12." *New York: Grune & Stratton*.

Bilir, Gürkan. 2017. "Soya Bitkisinden (Glycine Max l.) Glutatyon Redüktaz Enziminin Saflaştırılması ve Bazı Ağır Metallerin Inhibisyon Kinetiğinin Incelenmesi."

Bradford, Marion M. 1976. "A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding." *Analytical biochemistry* 72(1–2): 248–54.

Çakmak, Reşit et al. 2011. "Design, Synthesis and Biological Evaluation of Novel Nitroaromatic Compounds as Potent Glutathione Reductase Inhibitors." *Bioorganic & medicinal chemistry letters* 21(18): 5398–5402.

ÇiFTÇ, Mehmet, Dilek BiLiCi, and Ö irfan KÜfrevioğlu. 2001. "Effects of Melatonin on Enzyme Activities of Glucose-6-Phosphate Dehydrogenase from Human Erythrocytes in Vitro and from Rat Erythrocytes in Vivo." *Pharmacological research* 44(1): 7–11.

Ciftci, M, Abdulkadir Ciltas, and Orhan Erdogan. 2004. "Purification and Characterization of Glucose 6-Phosphate Dehydrogenase from Rainbow Trout (Oncorhynchus Mykiss) Erythrocytes." *Veterinární medicína* 49(9): 327.

Çiftçi, Mehmet et al. 2001. "Effects of Metamizol and Magnesium Sulfate on Enzyme Activity of Glucose 6-Phosphate Dehydrogenase from Human Erythrocyte in Vitro and Rat Erythrocyte in Vivo." *Clinical biochemistry* 34(4): 297–302.

ÇOBAN, Çiğdem, and Mehmet ÇİFTCİ. 2022. "Bazı Ilaçların Koyun Dalak Dokusundan Saflaştırılan Glukoz-6-Fosfat Dehidrogenaz Enzimi Üzerine in Vitro Etkileri." *Türk Doğa ve Fen Dergisi* 11(1): 29–35.

Çoban, Çiğdem, Yusuf Temel, and Mehmet Çiftci. 2024. "In Vitro Effects of Some Chemotherapeutics on Human Erythrocyte Glucose-6-Phosphate Dehydrogenase Enzyme." *ACS Omega*.

Corpas, F Javier, Leticia García-Salguero, Juan Peragón, and JoséA Lupiáñez. 1994. "Kinetic Properties of Hexose-Monophosphate Dehydrogenases. I. Isolation and Partial Purification of Glucose-6-Phosphate Dehydrogenase from Rat Liver and Kidney

Cortex." *Life Sciences* 56(3): 179–89.

Ekinci, Deniz, and Murat Şentürk. 2013. "Assesment of Metal Inhibition of Antioxidant Enzyme Glutathione Reductase from Rainbow Trout Liver." *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry* 28(1): 11–15.

Hu, Wei et al. 2013. "Purification and Characterization of Glucose 6-Phosphate Dehydrogenase (G6PD) from Grass Carp (Ctenopharyngodon Idella) and Inhibition Effects of Several Metal Ions on G6PD Activity in Vitro." *Fish physiology and biochemistry* 39: 637–47.

Keha, E, and Ö İ Küfrevioğlu. 2010. "Biyokimya (7. Baskı)." *Ankara: Aktif Yayınevi*.

Meister, A. 1979, Glucose-6-phosphate Dehydrogenase, Advan. Enzymol., 48, John Wiley and Sons, New York, p. 97 .

Ozmen, I et al. 2004. "Effects of Water Reuse System on Antioxidant Enzymes of Rainbow Trout (Oncorhynchus Mykiss W., 1792)." *Veterinární medicína* 49(10): 373.

Reiter, Russel, Lei Tang, Joaquin J Garcia, and Antonio Muñoz-Hoyos. 1997. "Pharmacological Actions of Melatonin in Oxygen Radical Pathophysiology." *Life sciences* 60(25): 2255–71.

Shreve, David S, and H Richard Levy. 1977. "On the Molecular Weight of Human Glucose 6-Phosphate Dehydrogenase." *Biochemical and Biophysical Research Communications* 78(4): 1369–75.

Tong, Xuemei, Fangping Zhao, and Craig B Thompson. 2009. "The Molecular Determinants of de Novo Nucleotide Biosynthesis in Cancer Cells." *Current opinion in genetics & development* 19(1): 32–37.

# DFT YAKLAŞIMIYLA TRİAZİN TÜREVLERİNİN KOROZYON İNHİBİTÖRÜ OLARAK TEORİK HESAPLAMALARLA DEĞERLENDİRİLMESİ

**Öğr. Gör. Dr., YASEMİN KEŞKEK KARABULUT**
Kırklareli Üniversitesi,
ykeskekkarabulut@klu.edu.tr - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6742-783X

**Öğr. Gör. Dr., ERHAN ÖZTÜRK**
Iğdır Üniversitesi,
kimyagerhan@hotmail.com - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-4006-2428

**Doç. Dr., ZEYNEP ŞİLAN TURHAN**
Iğdır Üniversitesi,
zeynepsilanturhan@hotmail.com - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3587-2576

## ÖZET

Çalışmada, yoğunluk fonksiyonel teorisi (DFT) hesaplamaları hekzahidro-1,3,5-trifenil-s-triazin (1), hekzahidro-1,3,5-p-dimetilamino-fenil-s-triazin (2), hekzahidro-1,3,5-p-siyano-fenil-s-triazin (3) aday molekülleri üzerinde gerçekleştirilerek, bu moleküllerin korozyona karşı reaktiviteleri ve adsorpsiyon davranışları incelenmiştir. DFT hesaplamalı hem gaz fazında hem de sulu fazda gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar yoluyla moleküllerin korozyon inhibisyon etkinlikleri, en yüksek dolu moleküler orbital ($E_{homo}$) ve en düşük boş moleküler orbital ($E_{lumo}$) enerjileri, HOMO–LUMO enerji aralığı ($\Delta E$), dipol moment ($\mu$), kimyasal sertlik ($\eta$), yumuşaklık ($\sigma$) ve elektronegatiflik ($\chi$) gibi kuantum kimyasal parametrelerle ilişkilendirilir. Bunun yanında demir yüzeyi ile moleküller arasında iletilen elektron transferi ($\Delta N$) ve komplekslere ait etkileşim enerjileri ($E_{int}$) de hesaplanarak değerlendirilmiştir. Tüm moleküller için 6-311G baz kümesi kullanılarak optimizasyon gerçekleştirilmiştir. İncelenen aday inhibitörlere ilişkin kuantum kimyasal hesaplamalar, her iki fazda da DFT/B3LYP metodu kullanılarak yapılmıştır. Demir metali ile etkileşiminin teorik hesaplamaları ise sadece gaz gazında gen anahtarı kullanılarak B3LYP/LANL2DZ düzeyinde optimize edilmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Triazin, Korozyon, DFT, Demir, Adsorbsiyon

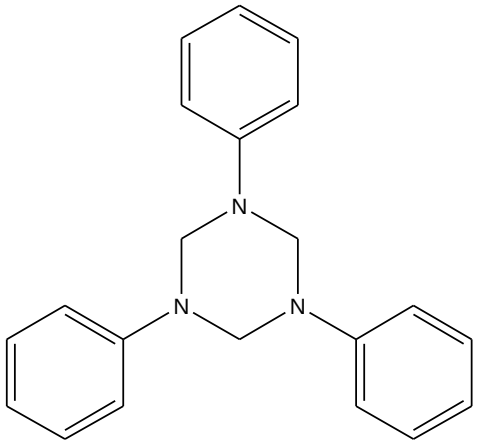
## 1. GİRİŞ

Korozyon, özellikle metallerin içinde bulundukları ortamdaki farklı moleküllerle kimyasal olarak reaksiyona girerek yavaş yavaş yok olması olarak tanımlanabilir. Korozyon sürecinin kontrolü çeşitli yöntemler kullanılarak kontrol edilebilir. Metalik yüzeylerin korozyonun etkisine karşı korumak için moleküler yapılarında özellikle azot, oksijen, kükürt ve aromatik halka bulunan organik intibitör kullanılması alternatif yollardan en etkili olanlardan biridir (Hasanov, Sadıkoğlu & Bilgiç, 2007; Beytur & ark., 2019; Özcan & ark., 2008).

Son yıllarda bilgisayar donanımların ve teknolojilerinin gelişmesiyle beraber özellikle yoğunluk fonksiyonel teorisi (DFT) ve moleküler simülasyon yöntemleri, metal yüzeylerin korozyonuna karşı kullanılacak organik moleküllerin korozyon inhibitör etkinliklerinin hakkında bilgi almak ve tahmin etmek için hızlı, sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (Bhara, Kim & Sing, 2008; Oguzie & ark., 2011; Cruz & ark., 2001; Zang & ark., 2011; Gece & Bilgiç, 2009; Arslan & ark,, 2009; Kovacevic & Kokalj, 2011; Khaled, 2008; Awad, Mustafa & Elnga, 2010).

Hesaplamalar yoluyla moleküllerin korozyon inhibisyon etkinlikleri, en yüksek dolu moleküler orbital ($E_{homo}$) ve en düşük boş moleküler orbital ($E_{lumo}$) enerjileri, HOMO–LUMO enerji aralığı ($\Delta E$), dipol moment ($\mu$), kimyasal sertlik ($\eta$), yumuşaklık ($\sigma$) ve elektronegatiflik ($\chi$) gibi kuantum kimyasal parametrelerle ilişkilendirilir. Bunun yanında demir yüzeyi ile moleküller arasında iletilen elektron transferi ($\Delta N$) ve komplekslere ait etkileşim enerjileri ($E_{int}$) de hesaplanarak değerlendirilmiştir (Dutta & ark., 2017; Şahin & ark., 2008; Obot, Macdonald & Gasem, 2015).

Bu çalışmada, daha önceden teorik ve deneysel hesaplamaları yapılmış (Obot & ark., 2016) hekzahidro-1,3,5-trifenil-s-triazin (1) ana molekül yapısı alınmış (Görsel 1) ve türevlendirilerek teorik korozyon inhibisyon potansiyelleri, B3LYP/6-311g seviyesinde yoğunluk fonksiyonel teorisi (DFT) kullanılarak araştırılmıştır.




**Görsel 1.** Heksahidro-1,3,5-trifenil-s-triazin 2D gösterimi

## 2. MATERYAL METOD

### 2.1.Hesaplama Metodu

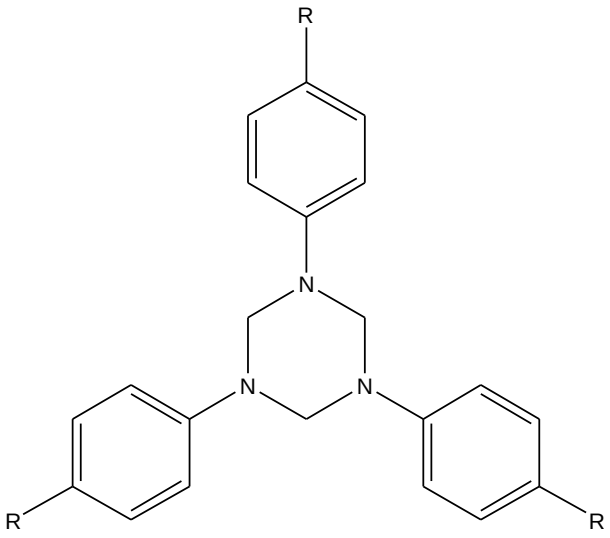
Yoğunluk fonksiyonel teorisi (DFT) hesaplamaları hekzahidro-1,3,5-trifenil-s-triazin **(1),** hekzahidro-1,3,5-p-dimetilamino-fenil-s-triazin **(2),** hekzahidro-1,3,5-p-siyano-fenil-s-triazin **(3)** aday molekülleri üzerinde gerçekleştirilerek (Görsel 2), bu moleküllerin korozyona karşı reaktiviteleri ve adsorpsiyon davranışları incelenmiştir.

Tüm moleküller için Gaussian09W paket programı kullanılarak 6-311g baz kümesi kullanılarak tam bir optimizasyon gerçekleştirilmiştir. İncelenen inhibitörlere ilişkin kuantum kimyasal hesaplamalar, gaz fazında DFT/B3LYP yöntemleri kullanılarak yapılmıştır (Lee, Yang & Parr, 1988; Becke, 1993; Frisch & ark., 2009).

Elektrokimyasal korozyonun sulu fazda meydana geldiği iyi bilinmektedir. Bu nedenle, yukarıda moleküller için belirtilen hesaplamalar sulu faz için de tekrarlanmıştır. Çözücü fazında yapılan hesaplamalarda integral denklem formalizmi varyantını (IEFPCM) kullanan Polarize Edilebilir Süreklilik Modeli (PCM) yöntemi kullanılmıştır (Irak & Gümüş, 2017).

İnhibitör moleküllerin proton afinitelerini belirlemek için hesaplamaların hepsi protonlanmış moleküller için de gerçekleştirilmiştir.

Demir (Fe) metali ile oluşturdukları kompleksler de sadece gaz gazında gen anahtarı kullanılarak B3LYP/LANL2DZ düzeyinde optimize edilmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir (İrak & Poyraz, 2019).




**R** = -H (1)
= $-N(CH_3)_2$ (2)
= -CN (3)

**Görsel 2.** Moleküllerin şematik 2D gösterimi

2.2.Hesaplama Detayları

Yoğunluk fonsiyonel teorisi (DFT), kimyasal türlerin kimyasal reaktivitesini anlamak için kullanılmaktadır. DFT çerçevesinde hesaplanan kuantum kimyasal parametreler diğer bir tanımla elektronik yapı tanımlayıcıları molekülün elektronik yapısından türetilmiş ve elektronik yapıya bağlanmış parametrelerdir (Koopmans, 1933). Bu parametreler; en yüksek dolu moleküler orbital ($E_{homo}$) ve en düşük boş moleküler orbital ($E_{lumo}$) enerjileri, HOMO–LUMO enerji aralığı (ΔE), dipol moment (μ), kimyasal sertlik (η), yumuşaklık (σ) ve elektronegatifliktir (χ). Ehomo ve Elumo değerleri bir malzemenin reaktivitesini belirler. Koopman teoremine göre herhangi bir kimyasal türün $E_{homo}$ ve $E_{lumo}$ değerleri, onun iyonlaşma enerjisi ve elektron afinite değerleriyle ilişkilidir (Plakhutin & Davidson, 2009; Omer, Koparir & Ahmed, 2022). Literatürdeki mevcut denklemler diğer parametreleri hesaplamak için kullanılabilir. ΔE (Jesudason & ark., 2009), η, σ (Gökce & Bahçeli, 2011), χ (Masoud & ark., 2012) parametreleri aşağıdaki denklemlere (Eşitlik 1-6) göre hesaplanır:

$$I = -E_{homo} \quad (1)$$

$$A = -E_{lumo} \quad (2)$$

$$\Delta E = (E_{lumo} - E_{homo}) \quad (3)$$

$$\eta = (I - A) / 2 \quad (4)$$

$$\sigma = I/\eta \quad (5)$$

$$\chi = (I + A) / 2 \quad (6)$$

Demir yüzeyi ile moleküller arasında iletilen elektron transferi (ΔN) ve komplekslere ait etkileşim enerjileri de ($E_{int}$) sırasıyla Eşitlik 7 ve 8 ile hesaplanır (Omar, Koparir & Koparir, 2021; Şahin & ark., 2008).

$$\Delta N = \chi_{metal} - \chi_{inhibitor} / 2.(\eta_{metal} + \eta_{inhibitor}) \quad (7)$$

Eşitlik 7'de inhibitörün $\chi_{inhibitör}$ ve $\eta_{inhibitör}$ değerleri teorik olarak hesaplanırken (Musa, Jalgham & Mohamad, 2012), metal atomunun $\chi_{metal}$ ve $\eta_{metal}$ değerleri Pearson tarafından deneysel olarak belirlenmiştir. Pearson'a göre tek bir metalin elektron ilgisi (A) ve iyonizasyon potansiyeli (I) eşit kabul edildiğinden (I = A), tek bir metal için $\eta_{metal}$ değeri sıfır olarak alınır (Pearson, 1963; 1988; 1989; Sastri & Perumareddi, 1997; Dewar & Thiel, 1977).

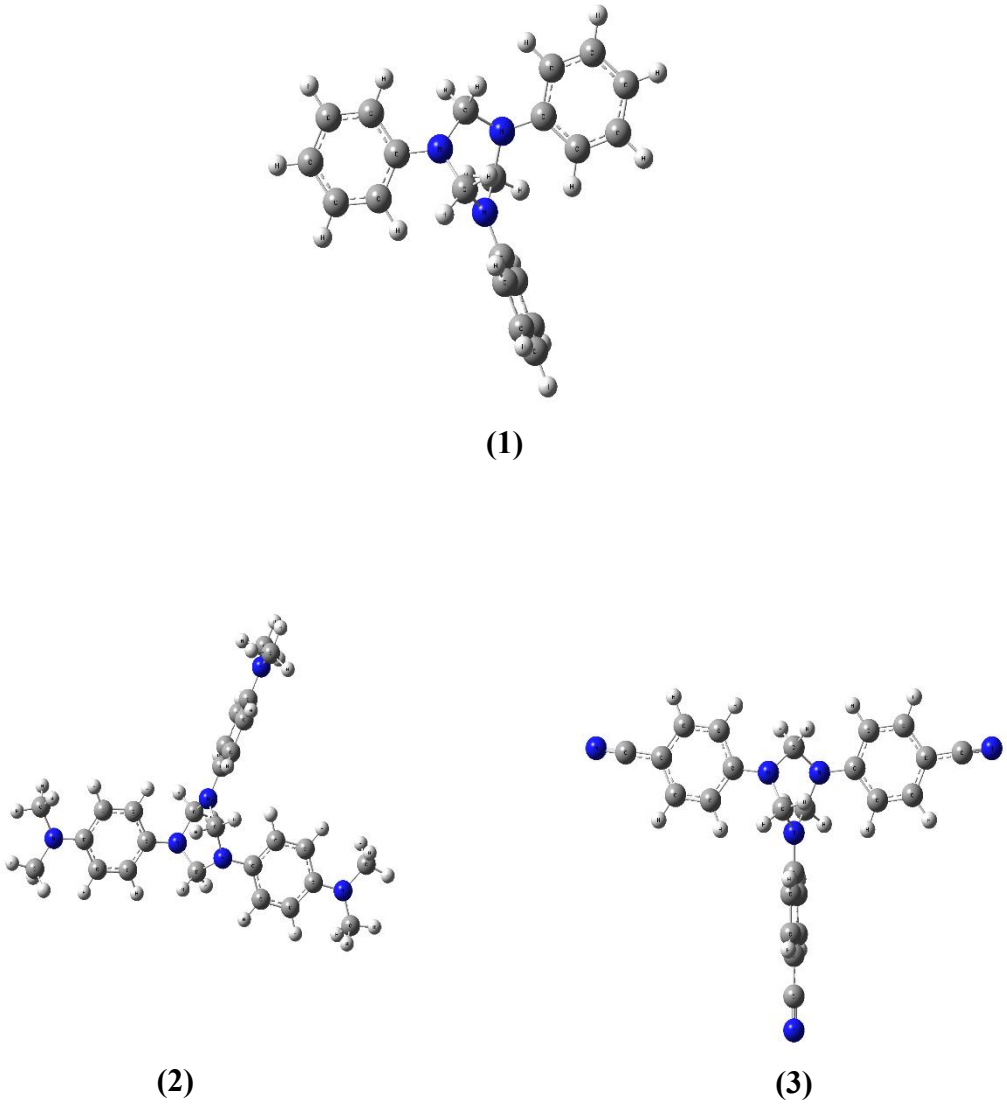
$$E_{int} = E_{inh\text{-}Fe} - (E_{inh} + E_{Fe}) \quad (8)$$

burada $E_{Fe}$ demir atomunun toplam termal enerjisidir ve $E_{int}$ ise inhibitör bileşiğin toplam termal enerjisidir.

## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Gaz Fazında Triazin ve Türevlerinin Korozyon İnhibitör Etkinliklerinin Değerlendirilmesi

Araştırılan inhibitörün gaz fazında optimize edilmiş yapıları Görsel 3'de, kuantum kimyasal tanımlayıcılar Çizelge 1'de verilmiştir.




**Görsel 3.** İnhibitör bileşiklerinin gaz fazında optimize edilmiş yapılar

**Çizelge 1.** İnhibitör bileşiklerinin gaz fazında hesaplanan kuantum kimyasal parametreleri değerleri

| | $E_{homo}$ (eV) | $E_{lumo}$ (eV) | ΔE (eV) | μ (D) | η (eV) | σ ($eV^{-}$) | χ (eV) | $\Delta N_{Fe}$ | $E_{int}$ (eV) | PA (eV) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | -5.145 | 0.013 | 5.158 | 0.813 | 2.579 | 0.388 | 2.566 | 0.859 | -1.009 | -3.122 |
| **2** | -4.047 | 0.392 | 4.439 | 0.918 | 2.219 | 0.451 | 1.828 | 1.165 | -2.125 | -3.966 |
| **3** | -6.458 | -1.888 | 4.570 | 5.014 | 2.285 | 0.438 | 4.173 | 0.619 | -1.879 | -2.006 |

HOMO enerjisi, bir molekülün elektron bağışlama yeteneği ile ilişkilidir. HOMO enerjisinin yüksek değerleri, molekülün düşük enerjili ve boş moleküler orbitale sahip uygun alıcı moleküllere elektron bağışlamaya meyilli olduğunu gösterir.

Öte yandan, LUMO enerji seviyesi moleküllerin elektron kabul etme yeteneklerinin bir göstergesidir. Daha düşük LUMO enerji değerine sahip moleküllerin daha fazla elektron kabul etme yeteneğine sahip olduğunu belirtmek önemlidir.

Elektron veren grup olan dimetilamino halkanın π-elektron yoğunluğunu arttırır, $E_{homo}$ değeri yüksektir bu da molekülün donör olarak davranarak reaktif olduğunu ve inhibitör etkinliğinin yüksek olacağını gösterir. Ehomo değeri düşük olan molekülde ise inhibitör molekülün metale reaktifliği azalır; metal inhibitöre karşı donör olarak davranır yani inhibisyon etkisi azalır. Çizelge 1'deki sonuçlar ışığında hesaplanan HOMO ve LUMO enerjileri göz önüne alındığında, incelenen moleküllerin korozyon inhibisyon etkinliği en iyi aday 2 no'lu moleküldür, denilebilir.

ΔE, bir molekülün başka bir moleküle başka bir moleküle karşı aktivitesinin bir ölçüsüdür ve korozyon inhibitör etkinliği ile ilgili bilgi veren diğer bir parametredir. ΔE değeri küçük olan bir molekülün korozyon inhibitör etkinliği de o kadar iyi olur şeklinde yorumlanabilir. Çizelge 1'deki sonuçlara bakıldığında 2 no'lu bileşik en etkili olarak görülmektedir.

ΔE, kimyasal sertlik (η) ve yumuşaklık (σ) birbirleriyle yakından ilişkili kuantum kimyasal parametrelerdir. Kimyasal sertlik, elektron bulutu polarizasyonuna veya kimyasal türlerin deformasyonuna karşı direnci tanımlar ve karmaşık kararlılık, kimyasal reaktivite, bir reaksiyonda oluşan ürünlerin tahmini, moleküllerin çözünürlüğü gibi konularda önemli uygulamaya sahip kavramlardan biridir. Kimyasal etkileşimlerin birçok yönünü anlamak için gerekli olan bu kavram, Pearson tarafından Lewis'in genelleştirilmiş asit baz reaksiyonu çalışmasıyla ortaya çıkarılmıştır. Korozyon inhibitörlerinin metal atomuna olan eğilimi sert yumuşak asit baz kavramıyla değerlendirilebilir. Yumuşaklık, kimyasal sertliğin tersidir ve bu parametre polarize edilebilirliklerin bir ölçüsüdür. Bilindiği gibi, hem yumuşaklık hem de sertlik, Koopman teoreminin bir sonucu olarak HOMO ve LUMO orbital enerjilerine

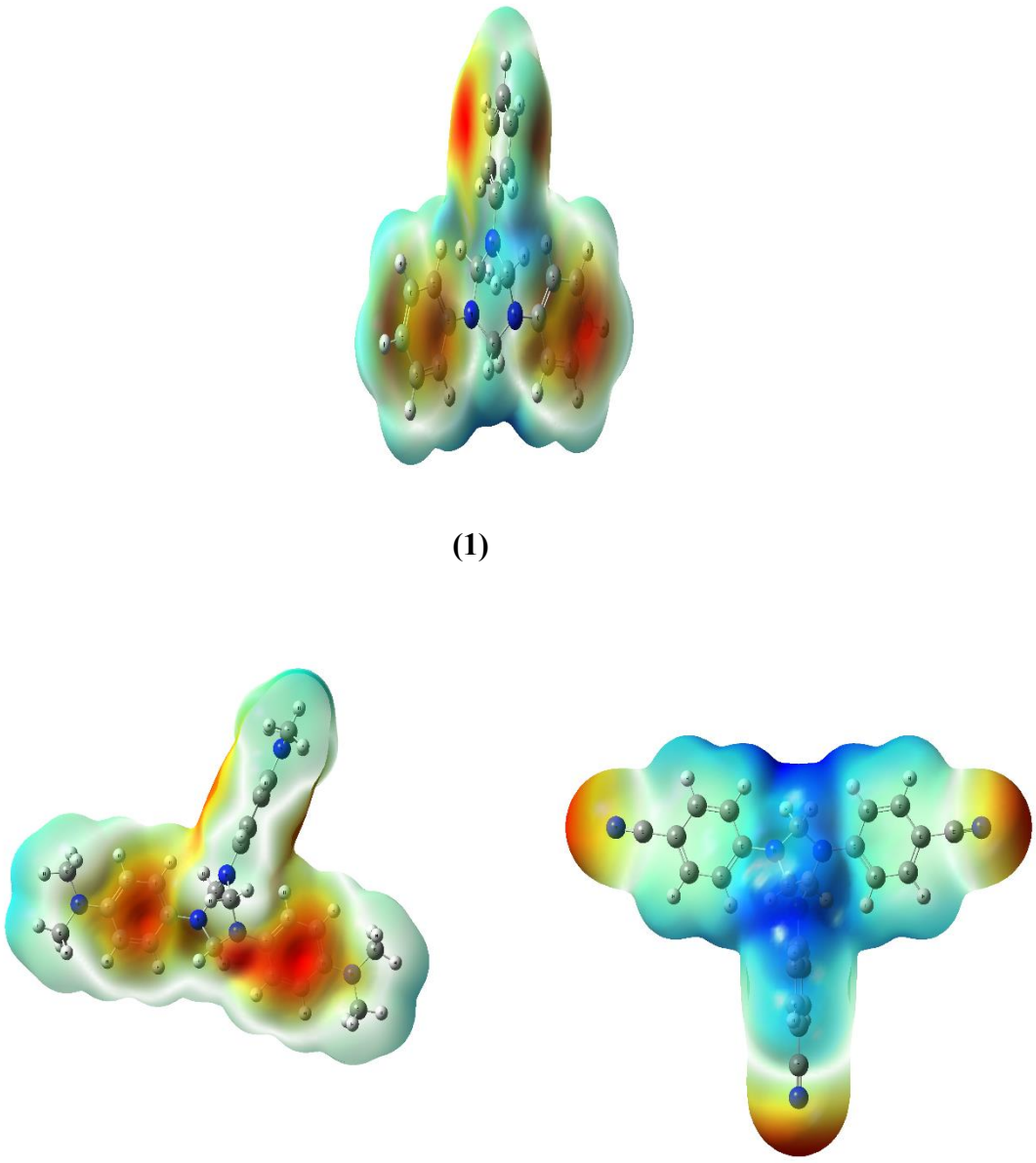
dayanarak verilir. Yüksek HOMO–LUMO enerji aralığına sahip sert moleküller iyi bir korozyon inhibitörü olarak hareket edemezler. Ancak, düşük HOMO–LUMO enerji aralığına sahip yumuşak moleküller, metallere kolayca verilebildiği için iyi korozyon inhibitörleridir. Bu bağlamda Çizelge 2'deki hesaplanan yumuşaklık değerlerine göre en iyi korozyon inhibitör adayının 2. molekül olduğu görülmektedir.

İnhibitörlerin elektronegatiflik ($\chi$) değerleri, metal ve inhibitör arasındaki elektron transferi ($\Delta N$) açısından önemli parametrelerdir. Sanderson'ın elektronegatiflik eşitleme ilkesine göre, metal ve inhibitör arasındaki elektron transferi, elektronegatiflik değerleri birbirine eşit olana kadar devam eder. Çizelge 2'den inhibitörün elektronegatiflik değerleri arttıkça metal ve inhibitör arasındaki elektron transfer değerinin azaldığı görülmektedir. Yüksek elektronegatiflik düşük inhibisyon etkinliğini gösterir. Bununla beraber $\Delta N$ değerinin artması yüksek inhibisyon etkinliğini sağlar. Bu bilgiler ışığında, Çizelge 1'deki veriler göz önüne alındığında, çalışılan moleküller korozyon inhibisyon etkinliği en yüksek olan 2 no'lu moleküldür.

İncelenen moleküllere ilişkin moleküler elektrostatik potansiyel (ESP) haritaları, moleküldeki elektron yoğunluğunun diğer kısımlardan daha yüksek olduğu kısımları anlamak ve molekülün reaktif merkezini belirlemek için görsel bir yöntem sağlar. İnhibitördeki aktif bölgenin belirlenmesi korozyon mekanizması için önemlidir. Elektrostatik potansiyelin farklı değerleri farklı renkler yardımıyla gösterilmiştir. Bu haritalarda, kırmızı renk en negatif elektrostatik potansiyel bölgesini, mavi renk en pozitif elektrostatik potansiyel bölgesini ve yeşil renk sıfır elektrostatik potansiyel bölgesini ifade eder. Görsel 4'de, söz konusu moleküller için ESP haritaları gösterilmiştir. Çalışılan inhibitörlerin ESP haritalarına göre, elektrofilik aktif bölgelerde uygun pozisyonda metal yüzeye koordine edilebileceğini göstermektedir. Yine aynı ESP haritalarından yararlanarak protonasyon işlemini yapıldı.

Metal (demir) ile inhibitörün arasındaki etkileşim enerjisinin ($E_{int}$) negatif olması adsorbsiyonun kuvvetinin ölçüsü olarak değerlendirilebilir. Çünkü adsorbsiyon ekzotermik bir prosestir. $E_{int}$ değerlerinin daha negatif olması demir metali ile daha iyi etkileşime girdiği ve oluşan triazin türevi-demir komplekslerinde oluşan koordine kovalent bağın daha kararlı olduğunu gösteririr. Çizelge 2'deki sonuçlara bakıldığında en negatif değere sahip olan inhibitör adayının 2 olduğu görülmektedir.

Lewis asit-baz tanımına göre, bir Lewis bazı elektron çifti bağışlayan kimyasal türler olarak tanımlanır. Bu anlamda, korozyon inhibitörleri Lewis bazları gibi davranır. Bir molekülün bazikliği, proton afinitesinin (PA) artmasıyla (negatif olarak) artacaktır. Yani, proton afinitesi bazikliğin bir ölçüsüdür. Bir inhibitörün PA değeri ne kadar negatifse o inhibitör o kadar bazik yani proton alma eğilimi o kadar yüksektir, denilebilir. PA değeri daha negatif olan inhibitörler asidik çözeltinin pH değerini arttırarak metalin korozyonunu azaltır. PA değeri en düşük 2 no'lu moleküldür.



**(1)** **(2)** **(3)**

**Görsel 4.** Gaz fazında araştırılan inhibitörlerin ESP haritaları

### 3.2.Çözücü Fazında Triazin ve Türevlerinin Korozyon İnhibitör Etkinliklerinin Değerlendirilmesi

Bileşik ile metal arasındaki etkileşim elektron alışverişi ile gerçekleştiğinden elektrokimyasal tepkimedir ve elektrokimyasal tepkimeler genellikle sulu çözeltide gerçekleştiği için bileşik metal etkileşimlerinde çözücü etkisi de değerlendirilmelidir.

Korozyon inhibitörü olarak tasarlanan ya da tasarlanacak bileşiklerin çözücü fazındaki davranışlarının da bilinmesi gereklidir.

Çalışmada çözücü faz hesaplamalar protonlanmamış (nötral) inhibitörler için gerçekleştirilmiştir. Çözücü fazdaki hesaplamalar sulu fazda gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2**. İnhibitör bileşiklerinin çözücü fazında hesaplanan kuantum kimyasal parametreleri değerleri

| | $E_{homo}$ (eV) | $E_{lumo}$ (eV) | ΔE (eV) | μ (D) | η (eV) | σ ($eV^{-}$) | χ (eV) | $\Delta N_{Fe}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | -5.224 | -0.093 | 5.131 | 1.335 | 2.566 | 0.389 | 2.659 | 0.846 |
| **2** | -4.324 | 0.029 | 4.353 | 1.179 | 2.177 | 0.459 | 2.148 | 1.114 |
| **3** | -5.945 | -1.508 | 4.437 | 6.479 | 2.219 | 0.451 | 3.727 | 0.738 |

Çizelge 2 incelendiğinde sulu fazda elde edilen kuantum kimyasal parametrelerin gaz fazına göre fazla değişime uğramadığı çıkan sonuçlarda görülmüştür. Sulu faz için benzer sonuçlar literatürden de elde edilmiştir (Kabanda & Ebenso, 2012).

Gaz fazında hesaplanan sonuçlara bakıldığında; bilindiği üzere, -CN elektron kabul eden bir fonksiyonel gruptur ve bu fonksiyonel grubu içeren bir inhibitör diğer inhibitör kadar korozyona karşı etkili olmadığı; öte yandan, $-N(CH_3)_2$ gibi iyi bir elektron verici grup içeren bir inhibitörün diğerine kıyasla en iyi inhibitör olarak belirlenmiştir. Çözücü (su) fazında, sonuçlar değerlendirildiğinde yine elektron alan grup içeren triazin türevinin sulu fazda inhibitör etkinliklerinin artmakta olduğunu; elektron alan grup içeren triazin türevinin ise azaltmakta olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak bir inhibitörün etkinliği sulu fazdan fazla etkilenmemektedir.

## 4. SONUÇ

Yüksek $E_{homo}$, düşük $E_{gap}$, düşük sertlik (η), yüksek yumuşaklık (σ), düşük elektronegatiflik (χ) (metale göre), yüksek ΔN, daha negatif $E_{int}$ ve PA değerleri bir molekülün korozyon inhibitörü olarak iyi aday olduğunun göstergesidir.

Sonuç olarak bir molekülün kuantum kimyasal parametreleri hesaplanarak ilgili molekülün korozyon inhibitör etkinliği deneysel çalışma yapmadan öngörülebilir.

## KAYNAKÇA

Arslan, T., Kandemirli, F., Ebenso, E. E., Love, I., & Alemu, H. (2009). Quantum chemical studies on the corrosion inhibition of some sulphonamides on mild steel in acidic medium. *Corrosion Science*, *51*(1), 35-47.

Awad, M. K., Mustafa, M. R., & Elnga, M. M. A. (2010). Computational simulation of the molecular structure of some triazoles as inhibitors for the corrosion of metal surface. *Journal of molecular structure: theochem*, *959*(1-3), 66-74.

Becke, A. D. (1993). A new mixing of Hartree–Fock and local density-functional theories. *The Journal of chemical physics*, *98*(2), 1372-1377.

Bhrara, K., Kim, H., & Singh, G. (2008). Inhibiting effects of butyl triphenyl phosphonium bromide on corrosion of mild steel in 0.5 M sulphuric acid solution and its adsorption characteristics. *Corrosion science*, *50*(10), 2747-2754.

Beytur, M., Irak, Z. T., Manap, S., & Yüksek, H. (2019). Synthesis, characterization and theoretical determination of corrosion inhibitor activities of some new 4, 5-dihydro-1H-1, 2, 4-Triazol-5-one derivatives. *Heliyon*, *5*(6).

Cruz, J., Martínez-Aguilera, L. M. R., Salcedo, R., & Castro, M. (2001). Reactivity properties of derivatives of 2-imidazoline: an ab initio DFT study. *International Journal of Quantum Chemistry*, *85*(4-5), 546-556.

Dewar, M. J., & Thiel, W. (1977). Ground states of molecules. 38. The MNDO method. Approximations and parameters. *Journal of the American Chemical Society*, *99*(15), 4899-4907

Dutta, A., Saha, S. K., Adhikari, U., Banerjee, P., & Sukul, D. (2017). Effect of substitution on corrosion inhibition properties of 2-(substituted phenyl) benzimidazole derivatives on mild steel in 1 M HCl solution: a combined experimental and theoretical approach. *Corrosion Science*, *123*, 256-266.

Frisch, M. J., Trucks, G. W., Schlegel, H. B., Scuseria, G. E., Robb, M. A., Cheeseman, J. R., ... & Fox, D. J. (2009). Gaussian 09, Revision D. 01, Gaussian, Inc., Wallingford CT. *See also: URL: http://www. gaussian. com*, *620*.

Gece, G., & Bilgiç, S. (2009). Quantum chemical study of some cyclic nitrogen compounds as corrosion inhibitors of steel in NaCl media. *Corrosion Science*, *51*(8), 1876-1878.

Gökce, H., & Bahçeli, S. (2011). A study on quantum chemical calculations of 3-, 4-nitrobenzaldehyde oximes. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *79*(5), 1783-1793.

Hasanov, R., Sadıkoğlu, M., & Bilgiç, S. (2007). Electrochemical and quantum chemical studies of some Schiff bases on the corrosion of steel in H2SO4 solution. *Applied Surface Science*, *253*(8), 3913-3921.

Irak, Z. T., & Gümüş, S. (2017). Heterotricyclic compounds via click reaction: A computational study. *Noble Int. J. Sci. Res*, *7*, 80-89

İrak, Z. T., & Poyraz, M. (2019). [Ni (2-Benzimidazol-il-üre) 2 (etanol) 2][NO3] 2 Bileşiğinin Yoğunluk Fonksiyoneli Teorisi Kullanılarak Yapılan Bazı Kuantum Kimyasal Hesaplamaları. *Süleyman Demirel University Faculty of Arts and Science Journal of Science*, *14*(2), 203-212.

Jesudason, E. P., Sridhar, S. K., Malar, E. P., Shanmugapandiyan, P., Inayathullah, M., Arul, V., ... & Jayakumar, R. (2009). Synthesis, pharmacological screening, quantum chemical and in vitro permeability studies of N-Mannich bases of benzimidazoles through bovine cornea. *European journal of medicinal chemistry*, *44*(5), 2307-2312.

Kabanda, M. M., & Ebenso, E. E. (2012). Density functional theory and quantitative structure-activity relationship studies of some quinoxaline derivatives as potential corrosion inhibitors for copper in acidic medium. *International Journal of Electrochemical Science*, *7*(9), 8713-8733

Khaled, K. F. (2008). Molecular simulation, quantum chemical calculations and electrochemical studies for inhibition of mild steel by triazoles. *Electrochimica Acta*, *53*(9), 3484-3492.

Koopmans, T. (1933). Ordering of wave functions and eigenenergies to the individual electrons of an atom. *Physica*, *1*, 104-113.

Kovačević, N., & Kokalj, A. (2011). DFT study of interaction of azoles with Cu (111) and Al (111) surfaces: role of azole nitrogen atoms and dipole–dipole interactions. *The Journal of Physical Chemistry C*, *115*(49), 24189-24197.

Lee, C., Yang, W., & Parr, R. G. (1988). Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density. *Physical review B*, *37*(2), 785.

Masoud, M. S., Ali, A. E., Shaker, M. A., & Elasala, G. S. (2012). Synthesis, computational, spectroscopic, thermal and antimicrobial activity studies on some metal–urate complexes. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *90*, 93-108.

Musa, A. Y., Jalgham, R. T., & Mohamad, A. B. (2012). Molecular dynamic and quantum chemical calculations for phthalazine derivatives as corrosion inhibitors of mild steel in 1 M HCl. *Corrosion Science*, *56*, 176-183.

Obot, I. B., Macdonald, D. D., & Gasem, Z. M. (2015). Density functional theory (DFT) as a powerful tool for designing new organic corrosion inhibitors. Part 1: an overview. *Corrosion Science*, *99*, 1-30.

Obot, I. B., Kaya, S., Kaya, C., & Tüzün, B. (2016). Theoretical evaluation of triazine derivatives as steel corrosion inhibitors: DFT and Monte Carlo simulation approaches. *Research on Chemical Intermediates*, *42*, 4963-4983.

Oguzie, E. E., Li, Y., Wang, S. G., & Wang, F. (2011). Understanding corrosion inhibition mechanisms—experimental and theoretical approach. *Rsc Advances*, *1*(5), 866-873.

Omar, R., Koparir, P., & Koparir, M. (2021). Synthesıs of 1, 3-Thıazole Derıvatıves. *Indian Drugs*, *58*(1).

Omer, R. A., Koparir, P., & Ahmed, L. (2022). Theoretical determination of corrosion inhibitor activities of 4-allyl-5-(pyridin-4-yl)-4H-1, 2, 4-triazole-3-thiol-thione tautomerism. *Indian Journal of Chemical Technology (IJCT)*, *29*(1), 75-81.

Özcan, M., Solmaz, R., Kardaş, G., & Dehri, İ. (2008). Adsorption properties of barbiturates as green corrosion inhibitors on mild steel in phosphoric acid. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, *325*(1-2), 57-63.

Pearson, R. G. (1963). Hard and soft acids and bases. *Journal of the American Chemical society*, *85*(22), 3533-3539.

Pearson, R. G. (1988). Absolute electronegativity and hardness: application to inorganic chemistry. *Inorganic chemistry*, *27*(4), 734-740.

Pearson, R. G. (1989). Absolute electronegativity and hardness: applications to organic chemistry. *The Journal of Organic Chemistry*, *54*(6), 1423-1430.

Plakhutin, B. N., & Davidson, E. R. (2009). Koopmans' theorem in the restricted open-shell Hartree− Fock method. 1. A variational approach. *The Journal of Physical Chemistry A*, *113*(45), 12386-12395.

Sastri, V. S., & Perumareddi, J. R. (1997). Molecular orbital theoretical studies of some organic corrosion inhibitors. *Corrosion*, *53*(08).

Şahin, M., Gece, G., Karcı, F., & Bilgiç, S. J. J. A. E. (2008). Experimental and theoretical study of the effect of some heterocyclic compounds on the corrosion of low carbon steel in 3.5% NaCl medium. *Journal of Applied Electrochemistry*, *38*, 809-815.

Zhang, J., Qiao, G., Hu, S., Yan, Y., Ren, Z., & Yu, L. (2011). Theoretical evaluation of corrosion inhibition performance of imidazoline compounds with different hydrophilic groups. *Corrosion Science*, *53*(1), 147-152.

# POTANSİYEL TADF ADAY MALZEME OLARAK 2,4,6-TRİFENİL-S-TRİAZİN TÜREVLERİNİN DFT ÇALIŞMASI

**Öğr. Gör. Dr., ERHAN ÖZTÜRK**
Iğdır Üniversitesi,
kimyagerhan@hotmail.com - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-4006-2428

**Öğr. Gör. Dr., YASEMİN KEŞKEK KARABULUT**
Kırklareli Üniversitesi,
ykeskekkarabulut@klu.edu.tr - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6742-783X

**Doç. Dr., ZEYNEP ŞİLAN TURHAN**
Iğdır Üniversitesi,
zeynepsilanturhan@hotmail.com - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3587-2576

## ÖZET

Elektron verici (D) ve elektron alıcı (A) birimlerine sahip organik bileşiklerin önemli optik ve fotofiziksel özellikler sergiledikleri ve moleküler elektronik uygulamalarda da yaygın olarak kullanıldıkları literatürdeki çalışmalardan bilinmektedir. Son yıllarda, D-A birimlerine sahip bileşiklerin π elektronik özellikleri katı hal biliminde ve organik elektronikteki potansiyel teknolojik gelişmeleri nedeniyle ilgi çekmektedir. D-A güneş hücreleri, elektronu boşluktan ayırmak için foto-indüklenmiş elektron transferini uygular. Foto-indüklenmiş elektron transferi, vericinin uyarılmış durumundan alıcının en düşük işgal edilmemiş orbitaline (LUMO) gerçekleşir. Termal olarak aktive edilen gecikmeli floresans (TADF) moleküllerinin en önemli tasarım düşüncelerinden biri, singlet ($S_1$) ve triplet ($T_1$) durumları arasında küçük bir enerji boşluğu elde etmektir ($\Delta E_{ST}$). Yeni TADF yayıcıları araştırmasındaki güncel yaklaşımlar, esas olarak, molekül içi verici alıcı tipi moleküllere odaklanmıştır. Bu çalışmada, 2,4,6-trifenil-s-triazin temelli aday bileşikler oluşturuldu. Hesaplamalarda, Gaussian16 paket programı kullanıldı. Tüm aday yapılar için kullanılan temel set, hem DFT hem de zamana bağlı yoğunluk fonksiyonel teorisi (TD-DFT) yönteminde 6-311G olarak seçildi. Çalışmada, tasarlanan D-π-A tipi bileşiklerin, organik güneş pili uygulamalarında, organik ışık yayan diyotlar veya floresan organik malzemeler için potansiyel aday olabilme durumu değerlendirildi.

**Anahtar kelimeler:** TADF, Triazin, TD-DFT, Donör, Akseptör

## 1. GİRİŞ

Termal olarak aktive edilmiş gecikmeli floresan (TADF), triplet bir durumun en düşük uyarılmış singlet enerji açısından çok yakın olduğu sistemlerde meydana gelen nadir bir olgudur. Triplet durum, foto-uyarılmayı izleyen sistemler arası geçiş (ISC) veya bir cihaza yük enjeksiyonu üzerine doldurulduğunda, nüfusunu ters bir ISC (RISC) yoluyla yakındaki singlet durumuna aktarabilir. Termal enerjinin değiş tokuşuyla mümkün hale gelen süreç, tipik olarak mikrosaniye rejiminde yaşam sürelerine sahip çok uzun ömürlü (gecikmeli) bir floresansın gözlemlenmesine yol açar.

TADF 1961'de keşfedildi, ancak Adachi'nin ilk olarak OLED'lerde tripletleri verimini elde etmek için kullanılmasını önerdiği ve teorik verimliliğini %25'ten %100'e çıkardığı 2011 yılına kadar bilimsel bir merak konusu olarak kaldı (Endo et al., 2011; Parker & Hatchard, 1961; Uoyama, Goushi, Shizu, Nomura, & Adachi, 2012).

Metallerin (tipik olarak iridyum) bulunduğu matrislerde spektral saflığın azalmasına rağmen fosforesan OLED'ler de aynı teorik verimliliğe ulaşabilir (Adachi, 2014; Barman, Gogoi, Narang, & Iyer, 2020; Dhali et al., 2021; Wong & Zysman-Colman, 2017; Xie, Zhou, Li, & Tang, 2020).

Enerji açısından yakın olan singlet ve triplet durumların TADF gereksinimi, elektron verici (D) ve elektron alıcı (A) arasındaki konjugasyon zayıf olduğu takdirde, düşük enerjili yük transferi (CT) durumlarına sahip boyalarda kolayca karşılanır (Dhali et al., 2021). OLED'lerin hızlı gelişimi ve başarılı ticarileşmesinden sonra bile, son yıllarda OLED'lerde çok ilginç ve önemli yenilikler meydana geldi. Örneğin, uyarım üzerine molekül içi ve moleküller arası yük transfer süreçleri kullanan yakın zamanda bildirilen termal olarak aktive edilmiş gecikmeli floresan (TADF) malzemeleri, triplet eksitonları veya eksipleksleri tripletten singlete ters sistemler arası geçiş (RISC) yoluyla ışığa dönüşebilir. Başka bir örnek, herhangi bir harici ışık çıkarma yapısı olmadan neredeyse %40'a yaklaşan %30'un üzerinde harici kuantum verimliliğinin (EQE) gösterilmesidir (Goushi, Yoshida, Sato, & Adachi, 2012; Kim & Kim, 2018; Park, Kim, & Kim, 2013; Uoyama et al., 2012). Ayarlanabilir emisyon ve TADF sergileyen metalsiz organik bileşikler, iyi ayrılmış HOMO/LUMO dahil olmak üzere güçlü yük transfer yeteneğine sahip donör-akseptör tipi moleküler sistemlerde yaygın olarak bulunur ve çok düşük bir $\Delta E_{ST}$ değeri (~0,3 eV) ile sonuçlanır. Böylece RISC sürecini etkili bir şekilde kolaylaştırır ve yüksek kuantum verimliliğiyle TADF özelliğini sergiler (Nobuyasu et al., 2019).

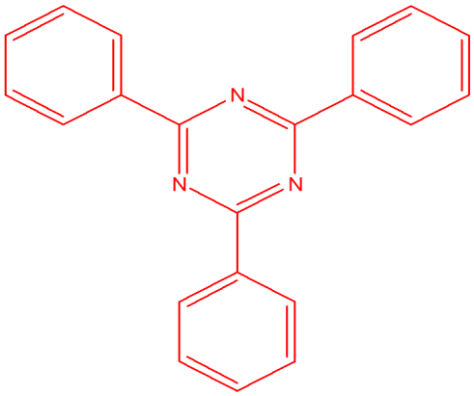
Bu nedenle D-A malzemeleri, sürtünme, öğütme, kesme, presleme, sıcaklık, elektrik alanı ve buhar gibi dış uyaranlara yanıt olarak geri dönüşümlü ve farklı emisyon gösterir ve organik elektronikte, sensörlerde, problarda, güvenlik mürekkeplerinde ve daha birçok alanda çoklu uygulamalar bulmuştur (Chi et al., 2012).

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

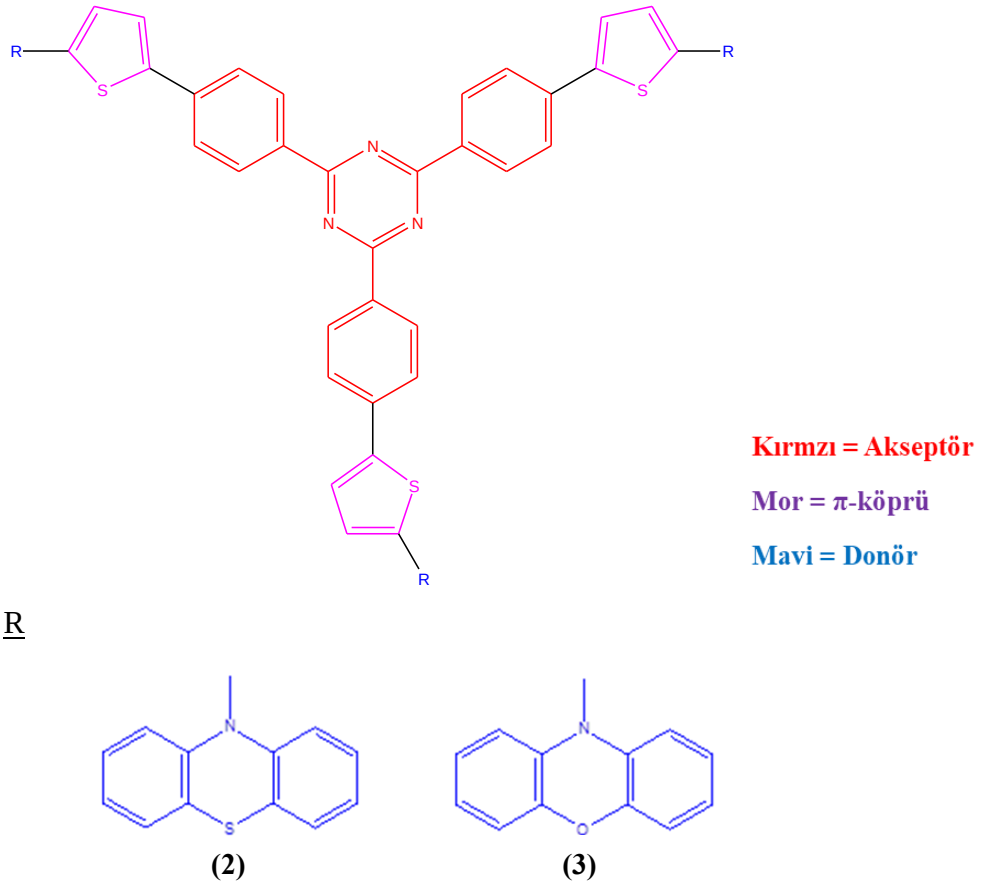
OLED emisyon enerjilerini güvenilir şekilde hesaplamak için bir hesaplama protokolü geliştirmek, laboratuvarda zamandan ve kaynaklardan tasarruf sağlayarak sentezden önce bir

kompleksin tahmin edilmesine olanak tanımaktadır. Burada, hesaplama açısından maliyet etkin kalırken doğru bir yöntem belirleme amacıyla Yoğunluk fonksiyonel teori (DFT) yöntemi, baz setinin ve çözücü modelinin bağımlılığına ilişkin kapsamlı bir araştırma sunmaktadır.

Çalışmada akseptör ozellik gösteren 2,4,6-trifenil-1,3,5-triazin bileşiği ana yapı (1) olarak tercih edildi. Akabinde tiyofen π-köprü olarak seçildi ve donör özellik gösteren fenotiyazin (2) ve fenoksazin (3) ile birleştirilerek D-π-A şeklinde moleküller tasarlandı.



**Görsel 1.** 2,4,6-trifenil-1,3,5-triazin (ana yapı) **(1)**




**Görsel 2.** Tasarlanan aday moleküller

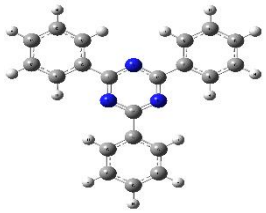
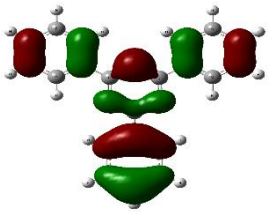
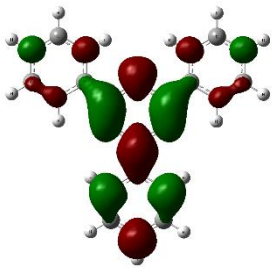
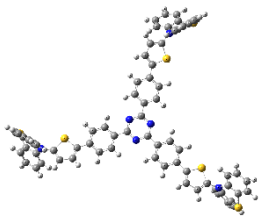
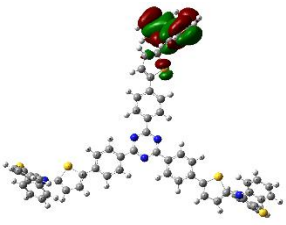
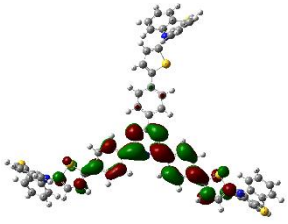
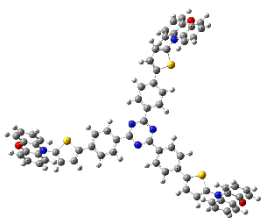
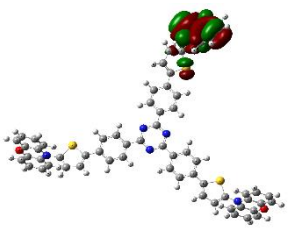
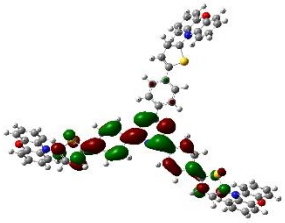
Çalışmamızdaki bileşikler için teorik hesaplamalar, Gaussian16W paketi programına yerleştirilen DFT'ye dayanarak gerçekleştirildi. Bileşiklerin temel durum ve en düşük singlet uyarılmış durum geometrileri, 6–311G'de DFT/B3LYP kullanılarak belirlendi.

Sınır moleküler orbital (FMO'lar) enerji seviyeleri, enerji boşluğu gibi moleküler özellikler , elektronik özelliklere daha iyi bir bakış açısı elde etmek için optimize edilmiş geometrilerde belirlendi.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çizelge 1'de optimize edilmiş temel hal geometrisi (GSG), HOMO ve LUMO diyagramları verilmiştir. 1, 2 ve 3 bileşiklerinin HOMO ve LUMO diyagramlarında görüldüğü gibi HOMO ve LUMO elektron yoğunlukların farklı noktalara yoğunlaştığı ve mekânsal olarak ayrıldığı görülmektedir. Çizelge 2'de ise DFT ve TD-DFT hesaplamaları sonucu elde edilen $E_{homo}$, $E_{lumo}$, $\Delta E$ ve $\Delta E_{ST}$ değerleri verilmiştir.

**Çizelge 1.** Optimize edilmiş temel hal geometrisi (GSG), HOMO ve LUMO diyagramları

| Molekül No | GSG | HOMO | LUMO |
|---|---|---|---|
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |

**Çizelge 2.** $E_{HOMO}$, $E_{LUMO}$, ΔE ve $\Delta E_{ST}$ sonuçları

| | DFT/6-311G | | | TD-DFT /6-311G |
|---|---|---|---|---|
| **Molekül No** | **$E_{HOMO}$ (eV)** | **$E_{LUMO}$ (eV)** | **ΔE (eV)** | **$\Delta E_{ST}$ (eV)** |
| **1** | -6.9461 | -2.1884 | 4.7577 | 0.5362 |
| **2** | -5.5572 | -2.5799 | 2.9773 | 0.1717 |
| **3** | -5.2402 | -2.6450 | 2.5952 | 0.0040 |

ΔE değerlerine bakıldığında hem 2 hem 3 molekül yarı iletken bant aralığındadır ( < 4.00 eV). Hem mekânsal ayrımdan hem de yarı iletken bant aralığında olduklarından OLED için uygun materyallerdir, denilebilir. İyi bir TADF adayı için de $\Delta E_{ST}$ değerinin ≤ 0.50 eV sağlaması gerekmektedir (Turhan, 2021). Çizelge 2 'ye bakıldığında 2 ve 3 nolu bileşiklerin değeri 0.50 eV'den düşüktür. Bununla beraber en iyi aday 0.0040 eV değeriyle 2. moleküldür.

## 4. SONUÇ

Çevreye duyarlı yeşil malzemelerin enerji üretimi için ekonomik olarak ucuz olması, yeni fikirler ve uygulamalar için yeni araştırmalar yapmaya yol açmıştır. Özellikle organik yarı-iletken malzemeler daha ucuz alternatifler arasındadır. Bileşiklerin OLED malzemesinin kuantum verimliliğini artırmak için TADF yayıcılar olarak hareket etme potansiyeline sahip olduğu söylenebilir.

## KAYNAKÇA

Adachi, C. (2014). Third-generation organic electroluminescence materials. *Japanese Journal of Applied Physics, 53*(6), 060101.

Barman, D., Gogoi, R., Narang, K., & Iyer, P. K. (2020). Recent developments on multi-functional metal-free mechanochromic luminescence and thermally activated delayed fluorescence organic materials. *Frontiers in Chemistry, 8*, 483.

Chi, Z., Zhang, X., Xu, B., Zhou, X., Ma, C., Zhang, Y., . . . Xu, J. (2012). Recent advances in organic mechanofluorochromic materials. *Chemical Society Reviews, 41*(10), 3878-3896.

Dhali, R., Huu, D. A. P., Bertocchi, F., Sissa, C., Terenziani, F., & Painelli, A. (2021). Understanding TADF: a joint experimental and theoretical study of DMAC-TRZ. *Physical Chemistry Chemical Physics, 23*(1), 378-387.

Endo, A., Sato, K., Yoshimura, K., Kai, T., Kawada, A., Miyazaki, H., & Adachi, C. (2011). Efficient up-conversion of triplet excitons into a singlet state and its application for organic light emitting diodes. *Applied Physics Letters, 98*(8). doi:10.1063/1.3558906

Goushi, K., Yoshida, K., Sato, K., & Adachi, C. (2012). Organic light-emitting diodes employing efficient reverse intersystem crossing for triplet-to-singlet state conversion. *Nature Photonics, 6*(4), 253-258.

Kim, K. H., & Kim, J. J. (2018). Origin and control of orientation of phosphorescent and TADF dyes for high-efficiency OLEDs. *Advanced Materials, 30*(42), 1705600.

Nobuyasu, R. S., Ward, J. S., Gibson, J., Laidlaw, B. A., Ren, Z., Data, P., . . . Dias, F. B. (2019). The influence of molecular geometry on the efficiency of thermally activated delayed fluorescence. *Journal of Materials Chemistry C, 7*(22), 6672-6684.

Park, Y.-S., Kim, K.-H., & Kim, J.-J. (2013). Efficient triplet harvesting by fluorescent molecules through exciplexes for high efficiency organic light-emitting diodes. *Applied Physics Letters, 102*(15).

Parker, C., & Hatchard, C. (1961). Triplet-singlet emission in fluid solutions. Phosphorescence of eosin. *Transactions of the Faraday Society, 57*, 1894-1904.

Turhan, Z. Ş. (2021). Fenazin Tabanlı Bileşiklerin OLED ve TADF Özelliklerinin İncelenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, *11*(4), 2926-2936.

Uoyama, H., Goushi, K., Shizu, K., Nomura, H., & Adachi, C. (2012). Highly efficient organic light-emitting diodes from delayed fluorescence. *Nature, 492*(7428), 234-238.

Wong, M. Y., & Zysman-Colman, E. (2017). Purely organic thermally activated delayed fluorescence materials for organic light-emitting diodes. *Advanced Materials, 29*(22), 1605444.

Xie, F.-M., Zhou, J.-X., Li, Y.-Q., & Tang, J.-X. (2020). Effects of the relative position and number of donors and acceptors on the properties of TADF materials. *Journal of Materials Chemistry C, 8*(28), 9476-9494.

# ZAYIF BETONLARDA KİMYASAL ANKRAJLARIN ÇEKME AÇISI PERFORMANSLARININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

**Emre ÇİNAR**
Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
emrecinar0626@hotmail.com - 0009-0009-2622-8576

**Prof. Dr. Orhan DOĞAN**
Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
odogan67@hotmail.com – 0000-0002-4942-1725

## ÖZET

Türkiye, üç ana tektonik levhanın birleşim bölgesinde yer aldığı için sürekli sismik aktivitelere maruz kalan bir ülkedir. Bu levhaların birbirine göre hareket etmesi, Türkiye genelinde çok sayıda aktif fay hattının oluşmasına neden olmuş ve ülkemizi ciddi deprem riskleriyle karşı karşıya bırakmıştır. Özellikle bu fay hatlarının, 5 ve üzeri büyüklükteki yıkıcı depremleri tetiklediği bilinmektedir. Bu durum, mevcut yapı stokunun durumunu ve güçlendirme çalışmalarını son derece önemli hale getirmiştir. Güçlendirme çalışmalarının geciktirilmesi, Erzincan, Gölcük, Van ve Kahramanmaraş gibi büyük depremlerde, önemli ölçüde can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Gelecekte benzer kayıpların önlenmesi için, bu güçlendirme çalışmalarının profesyonel mühendislik hizmetleriyle zamanında yapılması gerekmektedir.

Türkiye'deki mevcut yapıların düşük beton basınç dayanımlarına sahip olduğu ve sahadaki uygulama hatalarının bu dayanımı daha da azalttığı bir gerçektir. Bu bağlamda, düşük dayanımlı betonlardaki kimyasal ankrajların kısmi sıyırmalı çekme açısı performanslarının deneysel araştırılması yapılmıştır. Bu amaçla, dört farklı beton dayanımına (4,51, 5,60, 7,77, 10,45 MPa) sahip betonarme bloklar üzerinde kimyasal yapıştırıcı kullanılarak toplam 64 adet 12 mm çapındaki donatı, dört farklı açı (0, 10, 20, 30) ile 12 cm derinliğinde ankraj yapılmış ve kısmi sıyırmalı çekme deneyine tabi tutulmuştur. Deney sonucunda, beton dayanımının ve ankraj açısının artması ankraj çekme performansını olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Kimyasal Ankrajlar, Çekme Performansı, Betonarme Binalarda Güçlendirme, Güçlendirme Donatısı, Çekme-Çıkarma Deneyi, Deprem, Çekme Açısı.

# EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF TENSILE ANGLE PERFORMANCE OF CHEMICAL ANCHORS IN LOW CONCRETES

## ABSTRACT

Turkey is a country that is constantly exposed to seismic activity as it is located at the junction of three main tectonic plates. The movement of these plates relative to each other has led to the formation of a large number of active fault lines across Turkey, exposing our country to serious earthquake risks. In particular, these fault lines are known to trigger destructive earthquakes of magnitude 5 and above. This situation has made the condition of the existing building stock and retrofitting works extremely important. The delay in retrofitting works has caused significant loss of life and property as a result of major earthquakes such as Erzincan, Gölcük, Van and Kahramanmaraş. In order to prevent similar losses in the future, these retrofitting works should be carried out on time with professional engineering services.

It is a fact that the existing structures in Turkey have low concrete compressive strengths, and field application errors further reduce these strengths. In this context, an experimental investigation of the partial pull-out tensile angle performance of chemical anchors in low strength concrete was carried out. For this purpose, a total of 64 pieces of 12 mm diameter reinforcement were anchored at 12 cm depth with four different angles (0, 10, 20, 30) using chemical adhesive on reinforced concrete blocks with four different concrete strengths (4.51, 5.60, 7.77, 10.45 MPa) and subjected to partial pull-out tensile test. As a result of the test, it was found that the increase in concrete strength and anchorage angle positively affected the tensile performance of anchor bars.

Keywords: Chemical Anchors, Anchor Bars, Tensile Performance, Reinforcement of RC Buildings, Reinforcement, Pull-Out Test of Anchor, Earthquake, Tensile Angle.

## 1. GİRİŞ

Türkiye'nin jeopolitik konumu nedeniyle farklı levha hareketlerinin ve bu levhaların birbirleriyle etkileşimlerinin etkisi altında kalması, ülkeyi depremler açısından yüksek riskli hale getirmiştir. Türkiye, Arap Levhası, Avrasya Levhası ve Afrika Levhası'nın etkileşim bölgesinde yer almakta, bu durum da sık sık aktif fay hatları üzerinde deprem üretmektedir. Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve Doğu Anadolu Fayı (DAF), Türkiye'nin en önemli fay hatları olup büyük depremler üretme potansiyeline sahiptirler. Bunun yanı sıra, Batı Anadolu'da da daha küçük fakat tehlikeli fay hatları bulunmaktadır.

Türkiye'deki yapı stokunun durumu ise özellikle 1999 deprem yönetmeliği öncesinde yapılan binaların deprem güvenliği açısından yetersiz kaldığını göstermektedir. Bu binalarda düşük beton dayanımı ve denetim eksiklikleri, deprem riskini artırmaktadır. 2023 Kahramanmaraş depremleri ve 2012 Van depremi gibi felaketler, düşük beton dayanımının binaların çöküşündeki rolünü açıkça ortaya koymuştur. Örneğin, 2012 Van depreminde yıkılan binaların %77'sinin beton basınç dayanımının 12 MPa'nın altında olduğu kaydedilmiştir.

Tasarımı gerçekleştirilen binaların depremler sırasında hiç hasar almaması ekonomik açıdan mümkün değildir. Depreme maruz kalacak binaların tasarımında dikkate alınması gereken bazı önemli katsayılar mevcuttur. Bu katsayılar arasında yer alan Bina Önem Katsayısı (I), binanın kullanım amacına göre belirlenir. Bina, uzun süreli ve yoğun kullanım, kısa süreli ve yoğun kullanım ve diğer binalar olmak üzere üç farklı gruba ayrılır. Bu katsayılar ile birlikte Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) ve tasarımda kullanılacak olan Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) katsayıları belirlenir. Deprem etkisine maruz kalan binaların taşıyıcı sistemleri için Bina Performans Düzeyleri tanımlanmıştır. Bu düzeyler arasında hasarın ihmal edilebileceği Kesintisiz Kullanım (KK); taşıyıcı sistemlerde sınırlı hasar bulunan Sınırlı Hasar (SH); onarıma uygun hasar taşıyan Kontrollü Hasar (KH); ve taşıyıcı sistemde ağır hasar olup göçmenin önüne geçilen Göçme Önlenmesi (GÖ) düzeyleri yer alır. Bu katsayılar ve performans düzeyleri göz önüne alınarak, yüksek şiddette depremlerde can kaybı olmaksızın binaların güvenli bir şekilde atlatılması hedeflenmiştir.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) bölüm 15.10'a göre betonarme binaların güçlendirilmesi, ayrı başlıklar altında incelenmiştir. Kolonların güçlendirilmesi dört farklı yöntemle yapılmaktadır: betonarme sargı, çelik sargı, lifli polimer sargı ve kolonların eğilme kapasitesinin artırılması. Kirişlerin güçlendirilmesi ise dıştan ekleme ve lifli polimer sargı ile gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, betonarme binalarda bölme duvarların güçlendirilmesi de mümkündür; fakat bu yöntemin uygulanabileceği maksimum kat yüksekliği üçtür. TBDY'ye göre diğer bir güçlendirme seçeneği ise, betonarme binaların yerinde dökme betonarme perdeler ile güçlendirilmesidir. Bu güçlendirme, çerçeve düzleminde betonarme perde eklenmesi ve çerçeve düzlemine bitişik perde eklenmesi şeklinde iki aşamalı olarak yapılmaktadır. Ayrıca, betonarme sistemin güçlendirilmesi amacıyla yeni çerçeveler eklenmesi ve kütlesinin azaltılması da mümkündür.

Bu güçlendirme yöntemlerinin en yaygın olanı, binalardan elde edilen bilgiler ve analizler sonucunda betonarme elemanlarının kesitlerinin büyütülmesi ve yeni eleman eklenmesidir. TBDY 15.10.5'e göre betonarme taşıyıcı sistemlerin yerinde dökme perdeler ile güçlendirilmesi maddesi uyarınca eklenen perdelerin çerçeve ekseni içinde yer alması ve temelden itibaren sürekli olması gerekmektedir. Bu perdelerin çerçeve ile uyumlu çalışması için ankraj çubukları kullanılmalıdır. Ankraj çubuklarının tasarımında minimum donatı çapı 16 mm olarak belirlenmiş olup, bu çubukların gömme derinliği, çapının 10 katı olmalı ve maksimum ankraj mesafesi 400 mm olarak belirlenmiştir.

Beton dayanımı düşük olan mevcut yapıların iyileştirilmesi ve güçlendirilmesi kritik öneme sahiptir. Bu süreçte, kimyasal ankraj kullanımı yaygın bir güçlendirme yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Kimyasal ankrajlar, hızlı uygulanabilir olmaları ve ekonomik olmaları nedeniyle tercih edilmektedir. Özellikle yapı elemanı kesitinin büyütülmesi gibi güçlendirme çalışmalarında kimyasal ankrajların performansı büyük önem taşır. Bu bilgiler doğrultusunda, Türkiye'deki mevcut yapı stoğunun iyileştirilmesine yönelik stratejiler geliştirilmesi ve bu çalışmalarda mühendislik hizmetlerinin kalitesinin artırılması, gelecekteki depremlerin olası yıkıcı etkilerini azaltmak için gereklidir.

Ankraj uygulamalarında nervürlü donatılar kullanılmalıdır. Mevcut betonarme binalarda açılan ankraj deliklerinin performansını olumsuz etkileyecek bir durum olmaksızın ekilmesi gerekir. Bu süreçte ankraj deliklerinin temizliği sağlanmalı ve kimyasal yapıştırıcı ile ekleme işlemi yapılmalıdır. Ankrajların tercih edilmesinin sebebi, tasarım ve uygulamanın kolaylığıdır. Bir binanın yıkılması hem zaman hem de maliyet açısından büyük bir yük oluşturduğundan, güçlendirmede ankraj kullanımı daha yaygın hale gelmiştir. Güçlendirme sonrası, betonarme sistemin etkili bir şekilde çalışması ve yük aktarımının sağlanması, ankrajların performansına bağlıdır. Ancak TBDY'de güçlendirme ile ilgili bölümde mevcut beton dayanımı ile ankraj eğim açısı arasında bir ilişki bulunmadığı tespit edilmiştir.

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (AFBYYHY 1998) ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (ABYBHY 2007) şartnamelerinde önerilen ankraj çapı 20 mm ve derinliği 15Φ olarak belirlenmiş olup, bu şekilde günümüze kadar birçok betonarme bina güçlendirilmiştir. TBDY 2018 yönetmeliği ile minimum beton dayanımı C20'den C25'e yükseltilmişken, bu dayanım için önerilen ankraj çapı ise 16 mm'ye düşürülmüştür. AFBYYHY 1998 şartnamesi öncesinde önerilen C14 beton ve sonrasında önerilen C18, C20 betonlarla inşa edilen binaların toplam yapı stoku içindeki oranı %50 civarında olduğu düşünüldüğünde, C30 beton için önerilen 20 mm'lik ve C25 için önerilen 16 mm'lik ankraj çaplarının, yeterli çekme ve kesme performansını göstermeyeceği anlaşılmaktadır. Bu olumsuz duruma bir örnek teşkil eden 2023 Kahramanmaraş depreminde, daha önce güçlendirilmiş bazı binaların betonarme perdelerinin düzlem dışı devrilmesi ve görevini yerine getirememesi gözlemlenmiştir. (Görsel 1).



**Görsel 1. Güçlendirilmiş Binalarda Ankraj Yetersizliği Nedeniyle Devrilen Perdeler**

Görsel 1' de görüldüğü gibi güçlendirilme yapılmış olan perde üst ankrajlarında yetersiz epoksi uygulaması nedeniyle aderans göçmesinin donatı ile epoksi ara yüzeyinde olduğu tespit edilmiştir.

## 2. LİTERATÜR DEĞERLENDİRİLMESİ

Altımay (1977) yaptığı deney çalışmalarında, nervürlü ve düz çeliklerin davranışı incelenmiş olup nervürlü çeliğin düz çeliğe göre anderansının 2 kat fazlası olduğunu ortaya koymuştur [1].

Eligehausen vd. (1984) tarafından yapılan çalışmada, betonda oluşan konik göçmede oluşan koninin ölçülerin beton dayanımıyla bir ilişkisi olup olmadığı araştırılmıştır. Koni derinliğinin artması beton beton dayanımın düşmesiyle olduğu ve bu sonuçları ışığında ankrajların performansının düştüğünü belirmişlerdir [2].

Cook vd. (1993) yaptıkları çalışmada, nervürlü ankrajlarla deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda ankrajların yük ve elastik davranışını içeren bir bağıntı kurmuşlardır [3].

Cook (1993) yaptığı çalışmada, kimyasal ankrajların çekme kapasitesi ile ilgili bir bağıntı bulmayı amaçlamıştır. Yapılan testler sonucunda, çekme ankranlarının oranlara göre tasarımı ve göçme türlerine göre uygunluğunu incelemiştir [4].

Yerlici vd. (1995) yaptıkları çalışmada, ankrajların betonlardaki davranışını incelemek üzere nervürlü çeliklere çekme deneyi yapılmıştır. Yaptıkları deneyler sonucunda, o dönemde mevcut olan hesap yöntemlerinin normal dayanımlı betonlara uygulanmasının daha doğru olacağı ve yüksek dayanımlı betonlara ekilen ankrajların hesapları için bu denklemlerin kullanılmaması gerektiğini belirtmişlerdir [5].

Obata vd. (1998) yaptıkları çalışmada, ankrajların kenara yakın ekilmesi sonucu çekme performanslarının nasıl olacağı araştırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, konik göçme türüne bağlı olarak yeni uygulama ve bir tasarım yönteminin bulunması gerektiğini savunmuşlardır [6].

Higgins vd. (1998) yaptıkları çalışmalarda, çevre koşullarının ankrajların performansına etkilerini araştırmışlardır. Yapılan deneyler sonucunda, donma ve çözünmenin dayanımı düşürdüğü, asitlerin ise donma çözünme kadar olmadığı ancak dayanımda bir düşüşe yol açtığı ve ultraviyole ışınların dayanıma herhangi bir etkisi olmadığını tespit etmişlerdir [7].

Özturan vd. (2004), Gesoğlu vd. (2005) ve Durmuş vd. (2006) yaptıkları çalışmalar sonucunda, dayanımı yüksek olan betonda bulunan ankrajların daha fazla çekme kuvveti taşıdığı görülmüştür [8-9-10].

Seyhan (2006)'nın dört değişkene bağlı olarak yaptığı deney sonuçlarına göre ankraj deliği çapı göçme türlerine göre davranışı etkilemiştir. Ankrajda sıyrılma göçmesi görüldüğünde çapın artması dayanımı arttırmıştır. Ankraj derinliğindeki artışla dayanımın arttığı görülmektedir. Yapıştırıcı olarak kullanılan kimyasalların özellikleri ile doğrudan alakalı olduğu tespit edilmiştir [11].

Mazılıgüney (2007) tarafından yapılan deneyler sonucunda, ankrajların çekme kapasitesi gömme derinliği ve ankraj çapı arttıkça arttığı ve delik temizliğinin de çekme kapasitesini etkileyen faktörlerden olduğu bulunmuştur [12].

Kaya (2007) ve Gürbüz (2007) tarafından yapılan deneyler sonucunda, tozlu yüzeylerin değerlerinin çok değişken olduğu görülmüştür [13], [14].

Gürbüz vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada, iki farklı beton dayanımındaki numunelere 16-20 mm çapında ankrajlar 4 farklı gömme derinliği kullanılarak çekme deneyi yapılmıştır. Bu deneylerin sonucunda uygulamada sıkça görülen 10Φ derinliğindeki ankrajlarda yapılan çekme deneyinde erkenden göçme olduğu ve bu durumda uygulamalarda sorun yaratabileceği görülmüştür [15].

Özen (2010) yaptığı çalışmada, kimyasal ankrajların çekme davranışını incelemek amacıyla 337 adet ankrajı deneye tabi tutmuştur. Özen yaptığı deneyler sonucunda, sonradan ekilen ankrajların akma sınırına ulaşması gerektiği aksi takdirde betonarme elemanlarının gevrek davranış sergilemesine sebep olabileceğini tespit etmiştir. Deneyler sonucunda, elde edilen diğer bir veri ise ankrajların kenar mesafesine olan uzaklığı çapının 15 katı olmalıdır [16].

Çalışkan (2010) tarafından yapılan doktora çalışmasının ilk aşamasında, 5-25 MPa dayanıma sahip beton numunelere 12-20 mm çapında donatı kullanılarak 10Φ-20Φ ankraj derinliği ile çekme deneyi yapılmıştır. Çalışkan'ın bulduğu deney sonuçlarına göre ankraj çapının artması kesme kapasitesini artacağını belirtmiştir [17].

Yılmaz vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada, literatürde kimyasal ankrajların dayanımını etkileyen faktörler araştırılmıştır. Bu araştırmaların sonucunda kimyasal ankrajların dayanımını ankrajda kullanılan bağlayıcının cinsi, ankraj derinliği ve ankraj uygulaması yapılacak olan deliğin temizliği diğer şartlara göre daha fazla etkilediği görülmüştür [18].

Altan (2013) yaptığı deneyler sonucunda, ankraj çapının artmasıyla çekme kuvvetinin arttığını tespit etmiş olup aderans gerilmelerine bağlı olarak C12 beton sınıfının altında kullanılan ankrajların kapasitesinin yetersiz olduğu belirlemiştir. Bundan dolayı kimyasal ankraj uygulaması yapılacak beton dayanımının 12 MPa daha büyük olması gerektiğini önermiştir. Ankraj çapının artmasıyla ankrajın daha fazla çekme kuvvetine karşı koyduğu tespit edilmiştir [19].

Çavunt (2013) tarafında yapılan deneyler sonucunda, kimyasal uygulanmadan ekimi yapılan ankrajlar herhangi bir çekme dayanımı göstermemiştir. Deney sonucunda, görülmüştür ki betona gömülen ankrajlarda kesinlikle kimyasal yapıştırıcı kullanılmalıdır [20].

Aydoğan (2015) yaptığı çalışmada, betonarme bir temelde S420a cinsinde 80 adet ankrajı çekme deneyine tabi tutmuştur. Deneyler sonucunda, çekme kapasitesi kenar mesafesi delik çapının 15 katına kadar arttığı tespit edilmiş olup gömme derinliği ankraj çapının 15 katına kadar arttığı daha sonra düşüş olduğu ve ankraj çapı arttıkça çekme kapasitesinin arttığı tespit edilmiştir [21].

Aras (2015) tarafından yapılan deneyler sonucunda, kullanılan kimyasal yapıştırıcı cinsinin gömme derinliği arttığında etkisinin olduğunu ve ankrajların gömme derinliği arttıkça çekme kapasitesinin arttığı görülmüştür [22].

Bayazıt (2016) tarafından, mevcut binaların güçlendirilmesinde sıkça kullanılan ankrajların çekme kapasitesi ile ilgili deneyler yapılmıştır. Yapılan deneylerde, 4 farklı kolon numunesi dökülmüştür. Bu numunelerde donatı oranı ve etriye sıklığı farklılık göstermektedir. 48 adet

ankraj çekme deneyine tabi tutulmuştur. Deneyler sonucunda donatı oranının ya da etriye sıklığının çekme dayanımını etkilemediği fakat göçme türlerini değiştirdiğini fakat gömme derinliği arttıkça ankrajların çekme kapasitesinin arttığı görmüştür [23].

Müstevioğlu vd. (2018) çalışmalarında, ankrajların çekme kapasitesine etki eden parametreler incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, beton dayanımı, gömme derinliği arttıkça ve ankraj çapı büyüdükçe ankrajların çekme kapasitesinin arttığı, delik çapının ve donatı ile beton arasında kalan boşluğun çekme kapasitesini etkilemediği görülmüştür [24].

Bildik (2019) tarafından yapılan deney sonuçlarına göre, ankrajların gömme derinliği arttıkça çekme kuvvetinin arttığı tespit edilmiştir. Bu deney sonucuna ek olarak 5 farklı açı ile gömülen ankrajlarda gömme açısı arttığında çekme kuvvetinin arttığı tespit etmiştir [25].

Sansak (2019) yaptığı çalışmada, betonarme binalarda güçlendirme uygulamalarında sıkça kullanılan kimyasal ankrajların çekme davranışını deneysel olarak incelenmiştir. Sansak yaptığı çalışmada donatı cinsini, ankrajın gömülme derinliğini ve kimyasal yapıştırıcıyı sabit tutmuş olup ankraj çapı olarak 12 ve 16 mm iki farklı değer seçmiştir. Beton dayanımı ise 32 MPa olarak belirlemiştir. Sansak deneylerinde diğer bir değişken olarak taze ve sertleşmiş betonda gömülen ankrajların çekme kapasitesini belirlemek amacıyla 24 adet küp numune üzerinde çekme deneyi yapmıştır. Sansak yaptığı deneyler sonucunda ankraj çapı arttıkça çekme kapasitesinin arttığı ve taze betona ekilen ankrajların sertleşmiş betona göre ekilen ankrajlara göre performansının daha yüksek olduğu tespit etmiştir. Ankrajların galvanizle kaplanmasının dayanımı arttırdığı görülmüştür fakat daha fazla numune ile deney yapılması önerilmiştir [26].

Ağdağ (2019) ve Çalışkan (2020) tarafından yapılan deneyler sonucunda, ankraj çapı arttıkça çekme kapasitesinin arttığı, gömme derinliği ankraj çapının 15 katına kadar çekme kuvvetinin arttığı 15 katından daha fazla gömüldüğünde çekme kapasitesinin azaldığı görülmüştür. İdeal gömme derinliği ankraj çapının 15 katına kadar olduğu bulunmuştur [27].

Doğan vd. (2020) tarafından yapılan deneyler sonucunda, tam sıyırmalı şekilde yapılan deney sonuçlarının daha yüksek olduğu bu nedenle gerçeğe en yakın olması amacıyla kısmi sıyırmalı şekilde yapılan deneylerin referans alınması gerektiği belirtilmiştir. Buna bağlı olarak ankraj çapı ve derinliğinin artması çekme kapasitesini arttırdığı tespit edilmiştir [28].

Sevim vd. (2021) ve Zırvalı (2024) tarafından yapılan çekme deneyleri sonucunda, ankraj çapının gömme derinliğine kıyasla etkisinin az olduğu ve uygulama kolaylığı açısından küçük çaplı ankrajların kullanılması önerilmiştir. Ankrajların gömme derinliğinin 20 cm'den fazla olması durumunda ankrajların kesme kapasitesine artışın çok küçük olduğu gözlemlenmiştir. Kesme kuvveti açısından çapı küçük olan ankrajların çapı büyük olan ankrajlara göre daha iyi performans sergilediği görülmüştür [29-30].

Odacıoğlu vd. (2022) tarafından yapılan deneysel çalışmada, yapı stokunun güçlendirilmesinde ankrajların kesme performansının oldukça önemli olduğunu vurgulanmıştır. Güçlendirme için kullanılan ankrajların kesme performansını bulmak amacıyla M10 bulonlar üzerinde 6 farklı beton dayanımı ve 4 farklı gömme derinliği için toplam 72 adet numuneye kesme testleri yapılmıştır. Basınç dayanımı 5-35 MPa olan numunelerde 50, 70, 90, 110 mm gömme

derinliğine ekilmiş olan bulonlar üzerinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, 5 MPa daha küçük basınç dayanımı olan binalarda kullanılmaması önerilmiştir. Gömme derinliği ACI kodunda da belirtildiği üzere 6d den küçük olmaması gerektiği ve maksimum gömme derinliğinin 205 mm olduğu ve bu değerden fazla olması durumda kesme kapasitesine herhangi bir katkısının olmayacağı bulunmuştur. Bu deney sonuçlarıyla beraber beton dayanımı ve gömme derinliği arttıkça kesme kapasitesinin arttığı ancak optimum değerlerin kullanılması gerektiği önerilmiştir [31].

Yapılan literatür araştırmaları doğrultusunda ankrajlarda oluşabilecek göçme türleri; ankrajın gömme derinliğinin yetersiz olması ve betonun çekme dayanımı altında kalması sonucunda donatının tamamen sıyrılması durumu (Görsel 2a), donatı yüzeyi ve gömme deliği yüzeyinin arasında yeteri kadar kimyasal yapıştırıcı olduğu durumda ve yapışmanın yeterli olduğu ancak gömme derinliğinin yetersiz olması konik kopma (Görsel 2b), betonun çekme gerilmelerinin üstünde olması fakat ankrajın gömme derinliğin yeterli olmamasıyla konik kopma ve bununla beraber donatının betondan sıyrılmasıdır (Görsel 2c). Birleşim bölgesinde yapılan elastik davranışı amaçlayarak ekilen ankrajların konik kopma, donatı sıyrılması, konik kopma ile beraber sıyrılmanın olmaması, donatının kopması ankrajlamanın yeterli olduğunu gösteren ve istenilen bir ankraj davranışıdır (Görsel 2d).




**Görsel 2. Kimyasal Ankrajların Göçme Türleri (a) Tam Sıyrılmalı Göçme, (b) Konik Göçme, (c) Kısmi Sıyrılmalı Göçme, (d) Ankraj Kopması [3, 4]**

## 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

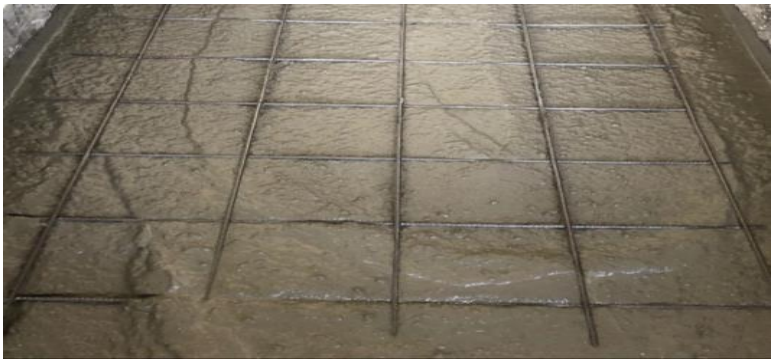
Bu çalışmada ülkemizde bulunan mevcut yapılarda dayanımı yeteri kadar iyi olmayan binalarda güçlendirme çalışmalarında kullanılan ankrajların farklı beton dayanımları ve ankraj eğim açısına bağlı olarak optimum değerlerin bulunması amaçlanmıştır.

Bu kapsamda mevcut yapı stokumuzu düşünülerek düşük beton dayanımlı binaları temsilen çimento ve su miktarları değişken tutularak 4 farklı beton dayanımına ait bloklar dökülmüştür. Bu dökülen beton blokların beton basınç dayanımları dayanımları şöyledir: 4,51 MPa, 5,60 Mpa, 7,77 MPa, 10,45 MPa'dır. Gömme derinliği ankraj çapının 10 katı olarak belirlenmiş olup ankraj çapı 12 mm olarak seçilmiştir. Kimyasal yapıştırıcı cinsi sabit tutulmuş olup daha önceki yapılan çalışmalar göz önünde tutularak yeterli kenar mesafesi ve aralıklarda ankrajların ekimi gerçekleştirilmiştir.

Bu kapsamda, 1,95x0,75 $m^2$ ölçülere sahip kalıp imalatı yapılarak farklı dayanımlara sahip beton dökülmüştür. Q131 sınıfında hasır çelik kullanılarak düşük dayanıma sahip beton kalıpların içine uygun ölçülerde hasır çelik yerleştirilmiştir (Görsel 3 ve Görsel 4).



**Görsel 3. Deney Düzeneği Kalıpları Düzenlenmesi**

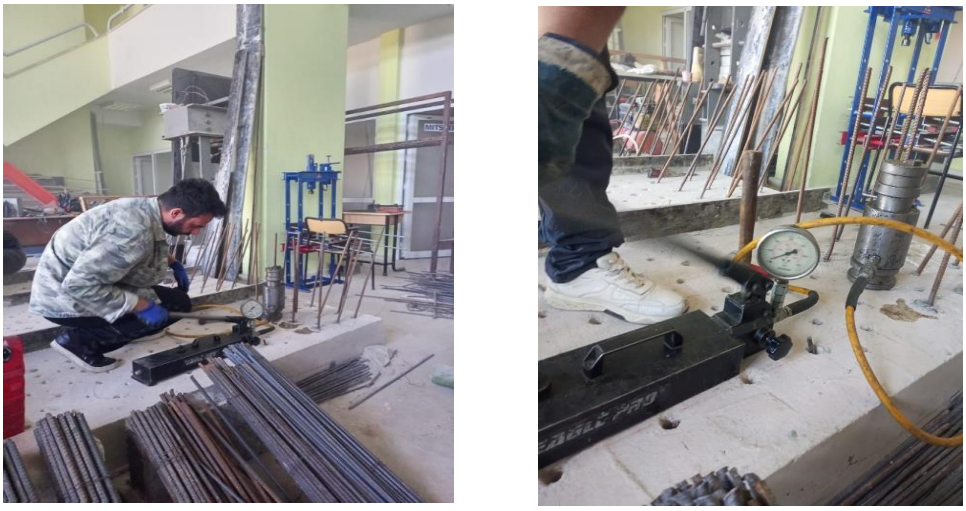


**Görsel 4. Q131 Hasır Çeliğin Beton İçine Yerleştirilmesi**

Beton bloklar döküldükten sonra gerekli kür koşulları sağlanmış olup 28. gün sonunda Φ12 çapında ankrajlar için donatı çapının 4 mm fazlası olacak şekilde kesme ve gömme derinliği ankraj çapının 10 katı olarak ankraj delikleri açılmış olup (0°, 10°, 20°, 30°) gömme açısı için darbeli matkap ile delikler delinmiştir. Delikler önceki çalışmalar ışığında birbirini etkilemeyecek kadar uzaklıkta (15 cm) ekilmiştir. Delikler delindikten sonra dayanımı düşürecek herhangi bir koşulun sağlanmaması amacıyla hava kompresörü ile tozlar uzaklaştırılmış ve yüzey temizliği yapılmıştır. Yüzey ve delik temizliği yapılan deliklerde kimyasal yapıştırıcı ile ankrajlar ekilmiştir. Her değişken için dört adet ankraj eklenmesi, deneylerin tekrarlanabilirliği ve güvenliği için 64 adet kimyasal ankraj üzerinde kısmi sıyırmalı çekme testi yapılmıştır. Çekme deneyi sırasında ankrajlara 3 defa yükleme yapılmıştır. Ancak yükleme sonucu ankrajlar betondan sıyrılmamıştır (Görsel 5 ve Görsel 6).



**Görsel 5. Ankrajların Beton Bloklara Ekilmesi**

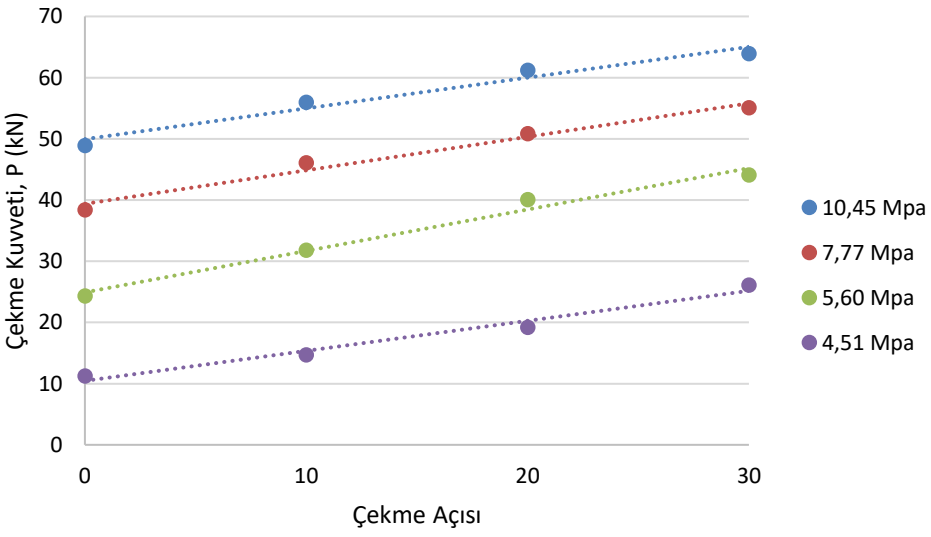


**Görsel 6. Deney Düzeneği ve Deney Düzeneğinin Kurulması**

## 4. DENEY SONUÇLARI ve DEĞERLENDİRME

Kimyasal ankrajların beton dayanımı ve gömme açısının çekme performansına etkisini belirlemek amacıyla hidrolik kriko kullanılarak düzenli şekilde çekme kuvvetinin arttırılması ve donatıda akma gerçekleşinceye kadar bu işlem devam ettirilmiş olup akma anındaki çekme kuvveti not edilmiştir. Basınç dayanımı farklı olan beton blokta her birinden 4'er adet olan gömme açısı 0°, 10°, 20° ve 30° olan ankrajların ortalama çekme kuvvetleri hesaplanmıştır.

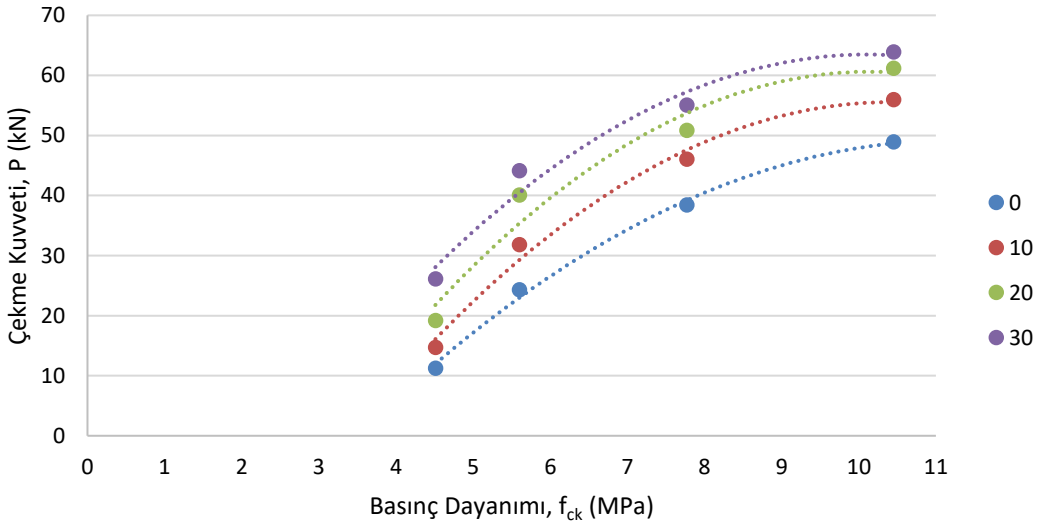
Çekme açısı 0°, 10°, 20° ve 30° olan numunelerin beton basınç dayanımına göre ankraj çekme performansı Görsel 7'de verilmiştir.



**Görsel 7. Çekme açısı 0°, 10°, 20° ve 30° Olan Numunelerin Beton Basınç Dayanımına Göre Ankraj Çekme Performansı**

Yapılan deneyler sonucunda ankraj çekme açısı arttıkça çekme performansının da doğrusal şekilde arttığı görülmüştür. Çekme açısı 0° olan numunelerde, basınç dayanımı oldukça düşük olan 4,51 MPa olan beton blokta çekme performansı 11,25 kN iken, basınç dayanımı 10,45 MPa olan beton blokta çekme performansı %334,67 artarak 48,90 kN'a çıkmıştır. Çekme açısı 10° olan numunelerde, basınç dayanımı oldukça düşük olan 4,51 MPa olan beton blokta çekme performansı 14,70 kN iken, basınç dayanımı 10,45 MPa olan beton blokta çekme performansı %280,60 artarak 55,95 kN'a çıkmıştır. Çekme açısı 20° olan numunelerde, basınç dayanımı oldukça düşük olan 4,51 MPa olan beton blokta çekme performansı 19,20 kN iken, basınç dayanımı 10,45 MPa olan beton blokta çekme performansı %218,75 artarak 61,20 kN'a çıkmıştır. Çekme açısı 30° olan numunelerde, basınç dayanımı oldukça düşük olan 4,51 MPa olan beton blokta çekme performansı 26,10 kN iken, basınç dayanımı 10,45 MPa olan beton blokta çekme performansı %144,82 artarak 63,90 kN'a çıkmıştır.

Basınç Dayanımı 4,51, 5,60, 7,77, ve 10,45 MPa olan beton bloklarda çekme açısına göre ankraj çekme performansı Görsel 8'de verilmiştir.




**Görsel 8. Basınç Dayanımı 4,51, 5,60, 7,77, ve 10,45 MPa Olan Beton Bloklarda Çekme Açısına Göre Ankraj Çekme Performansı**

Yapılan deneyler sonucunda beton dayanımı arttıkça çekme performansının da parabol şekilde arttığı görülmüştür. Basınç dayanımı oldukça düşük olan 4,51 MPa olan beton blokta, çekme açısı 0° olan numunelerde çekme performansı 11,25 kN iken, çekme açısı 30° olan numunelerde çekme performansı %132 artarak 26,10 kN'a çıkmıştır. Basınç dayanımı 5,60 MPa olan beton blokta, çekme açısı 0° olan numunelerde çekme performansı 24,30 kN iken, çekme açısı 30° olan numunelerde çekme performansı %81,48 artarak 44,10 kN'a çıkmıştır. Basınç dayanımı 7,77 MPa olan beton blokta, çekme açısı 0° olan numunelerde çekme performansı 38,40 kN iken, çekme açısı 30° olan numunelerde çekme performansı %43,36 artarak 55,05 kN'a çıkmıştır. Basınç dayanımı 10,45 MPa olan beton blokta, çekme açısı 0° olan numunelerde

çekme performansı 48,90 kN iken, çekme açısı 30° olan numunelerde çekme performansı %30,67 artarak 63,90 kN'a çıkmıştır.

Ayrıca, tüm Φ12 ankraj çubuklarında gözlemlenen göçme türü, epoksi ile beton ara yüzeyindeki zayıflama olarak belirlenmiştir. Bu durum, betonun düşük basınç dayanımına bağlı olarak epoksi-beton bağının yetersiz kaldığını ve göçmenin burada gerçekleştiğini göstermektedir. Ankraj açısı arttıkça, beton bloğun ankraj çubuğu üzerindeki yük dağılımını daha iyi karşıladığı ve buna bağlı olarak çekme dayanımının arttığı görülmüştür.

Deney sonuçlarından elde edilen Şekil 7 ve Şekil 8 grafiklerinden faydalanılarak, beton dayanımı, $f_{ck}$ (MPa) ve ankraj eğim açısına, α (°) bağlı olarak ankraj çekme kuvveti, N (kN) arasındaki bağıntı $R^2$=0,9182 ile bulunmuş olup Denklem 1'de verilmiştir. İstatiksel olarak anlamlılığın derecesi olan p değeri yüzde 5 in altında 0,0134 olarak bulunmuş olup anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

$$N=6,23f_{ck}+0,55\alpha-12,95 \quad (1)$$

## 5. GENEL DEĞERLENDİRME ve SONUÇLAR

Türkiye de 2000 yılı öncesi yapılan yapıların beton dayanımı genel ortalamasını 8-9 MPa olduğu bilinmektedir. Beton dayanımı düşük bu binalar güçlendirilirken eklenecek perdeler ve kolon mantolamaları için yapılacak Ø16-Ø20 çapında ve 15 Ø ankrajların kesme ve çekmede performansının düşük olduğu hatta C10 ve altı betonlarda ankrajların sıyrılarak göçtüğü görülmüştür. Bu çalışma ile beton dayanımı C10 ve altı olan binaların güçlendirilmesinde yapılacak ankrajın açılı yapılması durumunda daha iyi performans vereceği düşüncesi ile farklı beton dayanımları ve ankraj eğim açısına bağlı olarak optimum çekme dayanımının bulunması amaçlanmıştır.

Bu kapsamda 2000 yılı öncesi yapılmış yapı stokumuzun beton dayanımı düşünülerek düşük 4 farklı beton dayanımına (4,51 MPa, 5,60 Mpa, 7,77 MPa, 10,45 MPa) ait bloklar hazırlanmıştır. Ankraj çapı Ø =12 mm ve gömme derinliği 10 Ø olarak seçilmiştir. Kimyasal yapıştırıcı cinsi sabit tutulmuş olup, uygun aralıklarla ankrajların ekimi gerçekleştirilmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda ankraj çekme açısı arttıkça ankraj çekme performansının da doğrusal olarak arttığı görülmüştür. Ayrıca beton dayanımı arttıkça ankraj çekme performansının da parabol olarak arttığı görülmüştür.

Deney sonuçlarından elde edilen grafiklerinden faydalanılarak, beton dayanımı ve ankraj eğim açısına bağlı olarak ankraj çekme kuvveti arasında $R^2$=0,9182 ile anlamlı bir bağıntı bulunmuştur. İstatiksel olarak anlamlılık derecesi p=0,0134 olup %5 in altında gerçekleşmiştir.

## KAYNAKÇA

[1] Atımtay, E. 1977. *Türkiye'de Kullanılan Betonarme Çeliklerin Özellikleri Ve Aderans Üzerine Bir Araştırma*. ODTÜ Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Mühendislik Araştırma Grubu. MAG-383.

[2] Eligehausen, R., Malee, R., Rehm, G., 1984. *Beferigungen Mit Verbundankern (Fixing formed with resin anchors).* Betonwerk + Fertigteil – Technik, 12: 686-692.

[3] Cook, R. A., Doerr, G. T. ve Klingner, R. E., 1993, *Bond Stress Model for design of adhesive anchors, ACI Structural Journal*, 90(5), 514–524.

[4] Cook, R. A., 1993, *Behavior of Chemically Bonded Anchors, Journal of Structural, Engineering. Journal of Structural Engineering*, 119(9):, 2744–2762.

[5] Yerlici V., Ersoy, U., Özturan, T., Türk, M., Özden, Ş. 1995 Yüksek *Dayanımlı Beton Elemanlarda Donatı Kenetlenme Özelliklerinin İncelenmesi,* İMO Teknik Dergi, 1007-1026, Yazı 61.

[6] Obata M., Inoue M. and Goto Y. (1998). *The failure mechanism and the pull-out strength of a bond-type anchor near a free edge*. Mechanics of Materials, 28, 113- 122.

[7] Higgins C. C. and Klingner R. E. (1998). *Effects of environmental exposure on the performance of cast-in-place and retrofit anchors in concrete*. ACI Structral Journal, 95(5), 506-517

[8] Özturan, T., Gesoğlu, M., Özel, M. ve Güneyisi, E., 2004, *Kimyasal , Harçlı ve Mekanik Ankrajların Çekme ve Kesme Yükleri Altındaki Davranışları,* İMO Teknik Dergi, 208, 3105 3124.

[9] Gesoğlu M., Ozturan T., Ozel M. and Guneyisi E. (2005). *Tensile behavior of post installed anchors in plain and steel fiber-reinforced normal- and high strength concretes.* ACI Structural Journal, 102(2), 224-231.

[10] Durmuş, A., Dahil, H. ve Arslan, M.E. (2006). *Yüksek Başarımlı Beton-Donatı Aderansının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi.* Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon. Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 441 2006/1

[11] Seyhan, E.C., 2006, *Kimyasal Ankrajların Davranışlarının İncelenmesi,* İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 191s.

[12] Mazılıgüney L, 2007, *Betona sonradan yerleştirilen kimyasal ankrajların düşük dayanımlı betonlardaki çekme davranışları*, ODTÜ, Fen bilimleri enstitüsü, Yüksek lisans tezi, 98s.

[13] Kaya, Y. (2007). *Yapıların Güçlendirilmesi Uygulamalarında Kullanılabilecek Kısmi Bağlı Ankraj Detayı ve Yüzey Temizliği Koşulları Altında Ankrajların Eksenel Çekme Davranışlarının İncelenmesi*. İstanbul TekNik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,

Yüksek Lisans Tezi, 185s.

[14] Gürbüz, T., Seyhan, E., İlki, A. ve Kumbasar, N. 2007 *Güçlendirme Ankrajlarında Kullanılan Kimyasal Ankrajların Eksenel Çekme Etkisi Altında Davranışları.* Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim İstanbul, 649-659.

[15] Gürbüz, T., 2007 *Yapıların Güçlendirilmesinde Kullanılan Kimyasal Ankrajların Eksenel Çekme Etkisi Altındaki Davranışlarının İncelenmesi,* İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 226s.

[16] Özen M.A. *Düşük ve normal dayanımlı betonlarda epoksi ankrajların çekme davranışı.* Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Türkiye, 2010, 146s.

[17] Çalışkan Ö. *Mevcut betonarme binaların dış perde duvar ile güçlendirilmesinde ankraj uygulamalarının deneysel olarak araştırılması.* Doktora tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye, 2010, 152s.

[18] Yılmaz, S., Çalışkan, Ö., Kaplan, H. ve Kıraç, N., 2010, *Kimyasal Ankrajların Dayanımını Etkileyen Faktörler*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23(1), 123–134.

[19] Altan, F., 2013, *Betona Sonradan Yerleştirilen Kimyasal Ankrajların Eksenel Çekme Etkileri Altında Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi,* Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, 78s.

[20] Çavunt D., 2013, *Mevcut Bir Betonarme Yapı Üzerinde Güçlendirme Ankrajlarının Performanslarının Araştırılması,* İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 115s.

[21] Aydoğan İ., *2015, Kimyasal Ankrajlarda Çap, Gömme Derinliği Ve Kenar Mesafesinin Çekme Kuvvetine Etkisi,* Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 101s.

[22] Aras M., 2015, *Yapıştırıcı Türünün Ankraj Çekme Kuvvetine Etkisi Ve Sonlu Elemanlar İle Modellenmesi,* Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 129s.

[23] Bayazıt V., 2016, *Betonarme Elemanlarda Donatı Oranının Ankraj Uygulamalarına Etkisinin Araştırılması*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 124s.

[24] Müsevitoğlu A., Arslan M.H., Aksoylu C., 2018, *Kimyasal Ankrajların Çekip Çıkarma Davranışlarının Deneysel Olarak İncelenmesi*, Uluslararası Bilim ve Akademi Kongresi Bildiriler Kitabı, 567-574.

[25] Bildik S., 2019, *Açılı Yerleştirilmiş Şerit Ankrajların Çekme Davranışının Sayısal Olarak İncelenmesi,* DÜMF Mühendislik Dergisi 10:1, 311-321.

[26] Sansak M.F., 2019, *Ankraj Çubuklarinin Çekme Davranışlarının Deneysel Olarak İncelenmesi,* Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 87s.

[27] Ağdağ Y., 2019, *Kimyasal Ankraj Çekme Dayanımını Etkileyen Faktörler,* Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 105s.

[28] Doğan O., Çelik F., Erkman K. C., Bande B., Akgül M., 2020, *Mevcut Yığma Duvarlara Yapılan Kimyasal Anktajların Çekme Performansının Tam Ve Kısmi Sıyrılmalı Yöntemlerle Deneysel Olarak Belirlenmesi,* Constructıon Materıals Engıneerıng And Archıtecture Congress, 136-152

[29] Sevim Ö., Doğan O., Çelik F., Odacıoğlu O. G., 2021, *In Situ Determination Of The Mechanical Performance Of The Steel Rods Anchored On An Existing Masonry Building Wall*, Sadhana 46-184

[30] Zırvalı İ., Doğan O., 2024, *Mevcut Betonarme Binada Güçlendirme Ankrajlarının Çap Ve Ankraj Derinliğine Bağlı Çekme Performanslarının Deneysel Olarak İncelenmesi,* III.Internatıonal Cankaya Scıentıfic Studıes Congress, 703-718.

[31] Odacıoğlu O. G., Doğan O., Kale F., 2022, An *Experimental Study To Determine The Optimum Depth Of Steel Anchors In RC Subjected To Shear Force*, Structures 44, 1321–1327

# TRADITIONAL AND MODERN STRENGTHENING TECHNIQUES APPLIED TO HISTORICAL MASONRY STRUCTURES

**MSc, Ali Ikbal TUTAR**

Gebze Technical University,

alitutar@gtu.edu.tr - https://orcid.org/0000-0003-2577-075X

## ABSTRACT

Historical masonry structures hold significant architectural, cultural, and historical value, necessitating their preservation as vital components of cultural heritage. These structures serve as tangible links to the past, reflecting the ingenuity and craftsmanship of previous generations. However, they are susceptible to considerable structural deterioration caused by natural disasters, particularly earthquakes, environmental factors, and the inevitable effects of aging. The loss or degradation of such structures diminishes cultural identity and erases valuable historical knowledge. Consequently, research on the strengthening, reconstruction, and restoration of historic masonry buildings has become crucial. This study presents a comparative evaluation of traditional and contemporary techniques applied to the structural systems of masonry constructions. It delves into the selection of materials, their impact on structural performance, and their compatibility with the historic fabric. Particular attention is given to how modern materials and technologies can complement traditional methods without compromising the authenticity of the structures. Furthermore, strategies for preserving original structural characteristics during reconstruction and methods for maintaining both aesthetic and structural integrity in restoration efforts are comprehensively examined. Based on insights gathered from national and international case studies, the research proposes recommendations for the conservation and sustainable transfer of historic masonry structures to future generations. The study also highlights the importance of interdisciplinary collaboration, involving architects, engineers, and conservators, to achieve holistic restoration solutions. Emphasizing the equilibrium between cultural heritage sustainability and structural safety, this work seeks to significantly contribute to the academic discourse in this field.

**Keywords:** Masonry structures, Structural performance, Repair and strengthening, Retrofitting, Cultural heritage

## 1. INTRODUCTION

One of the most fundamental needs of human beings is shelter. For centuries, societies have constructed shelters using various natural materials to fulfill this necessity. Beyond the need for shelter, structures have also been built for defense, transportation, storage, art, and religious practices. The purpose, form, size, and materials used in a structure vary depending on specific needs. Ancient civilizations typically utilized materials readily available in their surroundings, such as stone, wood, or adobe, when constructing buildings. As societies advanced in knowledge and production technologies, they began to use modern materials with superior properties compared to traditional alternatives. While constructing buildings with modern materials can be faster and more cost-effective, structures of historical significance are invaluable as they represent the shared heritage of humanity left by ancient civilizations. Unreinforced Masonry (URM) buildings are still widely prevalent and constitute a significant portion of existing structures, accounting for approximately 70% (Matthys & Noland, 1989, as cited in Wang et al., 2018). Figure 1 illustrates the proportion of unreinforced masonry (URM) buildings compared to other structural systems in European and South American countries [2]. These structures have been passed down through generations to reach us today, reflecting the social and technological context of the eras in which they were built. However, these structures can suffer damage or even destruction over time due to natural or human-induced causes. Particularly during seismic events, the loss of these valuable structures is often accompanied by significant casualties. Therefore, it is imperative to restore such highly valuable structures using appropriate techniques and under the guidance of qualified experts and strengthen any weak features they may possess.

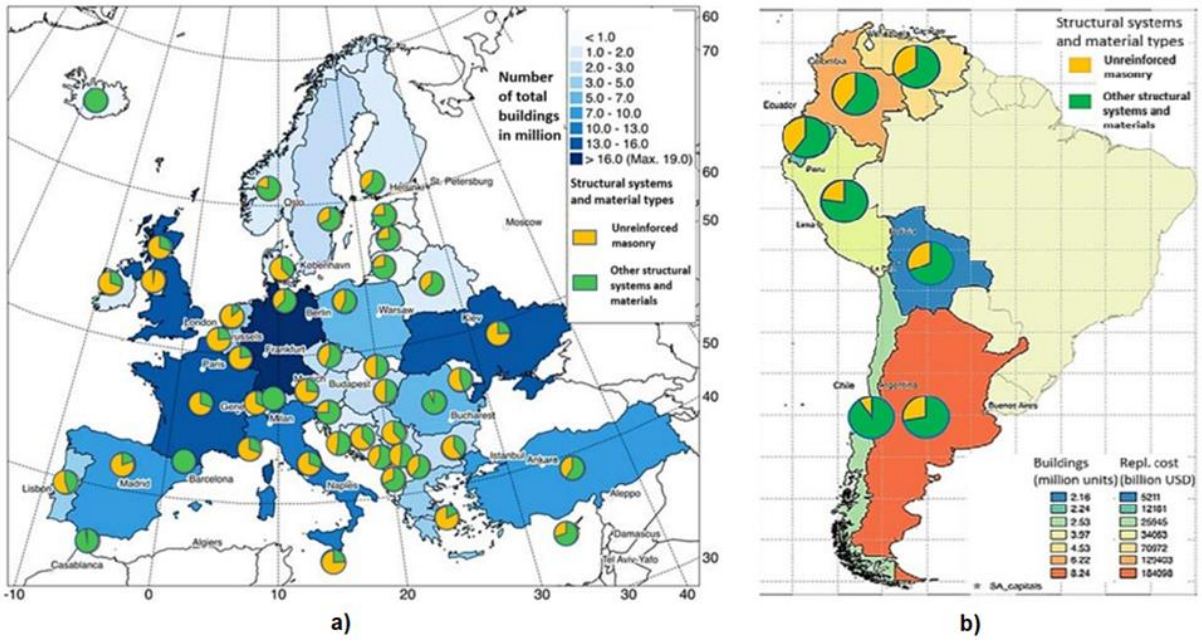



**Fig. 1.** Proportion of unreinforced masonry (URM) buildings compared to other structural systems in European and South American countries [2].

Key findings from academic studies focusing on the seismic performance evaluations of masonry structures following earthquakes in various geographic regions indicate that the primary triggers for observed damage include out-of-plane behavior and failures at corner points. These issues are typically attributed to inadequate connections, the use of low-strength materials, mortar deterioration due to water ingress, and design and construction defects [3–6]. The mitigation of damage observed in masonry structures, which often manifests as cracks, is typically achieved through measures such as repairing the cracks, enhancing the structure's load-bearing capacity, and addressing any geometric deficiencies. These interventions can be classified as either aesthetic or structural. Aesthetic repairs, such as renewing mortar and joints, primarily improve the structure's appearance and restore the non-structural features of damaged components. Structural interventions, on the other hand, may involve filling cracks through injection techniques, replacing deteriorated elements with new ones, or repairing or strengthening structural components to increase their load-bearing capacity [7–9]. In this work, examples of certain surface repair and structural strengthening techniques, drawn from the literature are presented.

## 2. STRENGTHENING METHODS

### 2.1. Shotcrete

This method involves spraying shotcrete onto the reinforcement elements placed on the surface of the masonry wall. This achieves a composite action between the masonry wall and the newly added section. [10–12] conducted tests in which they strengthened masonry buildings and walls using shotcrete (Fig. 2).




**Fig. 2. (a)** masonry building retrofitted with shotcrete [10] **(b)** brick walls strengthened with shotcrete [11] **(c)** strengthening of clay brick URM walls using Engineered Cementitious Composite (ECC) shotcrete [12]

The studies demonstrated that the applied method significantly enhanced the structure's strength and integrity, improving its out-of-plane behavior.

### 2.2. Fiber Reinforced Polymers (FRP)

This section will discuss strengthening techniques using fiber-reinforced polymers (FRPs) and their effects on masonry structures. These materials are typically manufactured using fibers such as carbon (CFRP), glass (GFRP), or aramid (AFRP). The fibers are bonded together by mixing them with a polymeric liquid [13]. These composite materials exhibit high corrosion resistance and can be applied quickly on-site [14]. These high-strength materials are exceptionally lightweight, ensuring that they do not significantly increase the structural mass of the building [15]. One of their disadvantages is that due to their strong adhesive properties, they can cause damage to the substrate when removal is attempted [16]. Recently, textile-reinforced mortar (TRM) systems, which are cement-based, have been developed to address these issues [17]. In their studies [18,19], observed that the strengthening applications using FRP and TRM resulted in a shift of the ultimate failure mode from brittle to ductile. Additionally, increases were noted in maximum displacement, in-plane shear capacity, and strength in out-of-plane direction.




**Fig. 3.** The steps of strengthening a masonry wall using CFRP wraps [20]

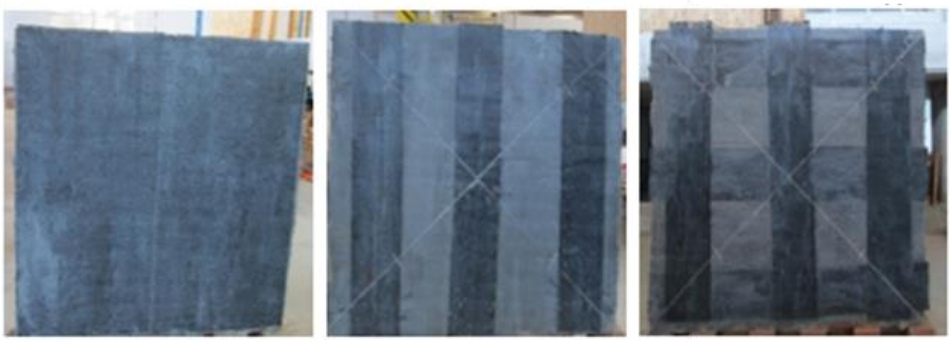


**Fig. 4.** Different configurations used for retrofitting [20]

### 2.3. Tie Bars

Tie bars are an effective method for enhancing the resilience of masonry buildings. These bars are placed horizontally or vertically, applying pressure to the wall. Tests conducted on vertical steel tie elements have demonstrated that these components significantly improve the seismic performance of masonry buildings in terms of both strength and ductility [21].

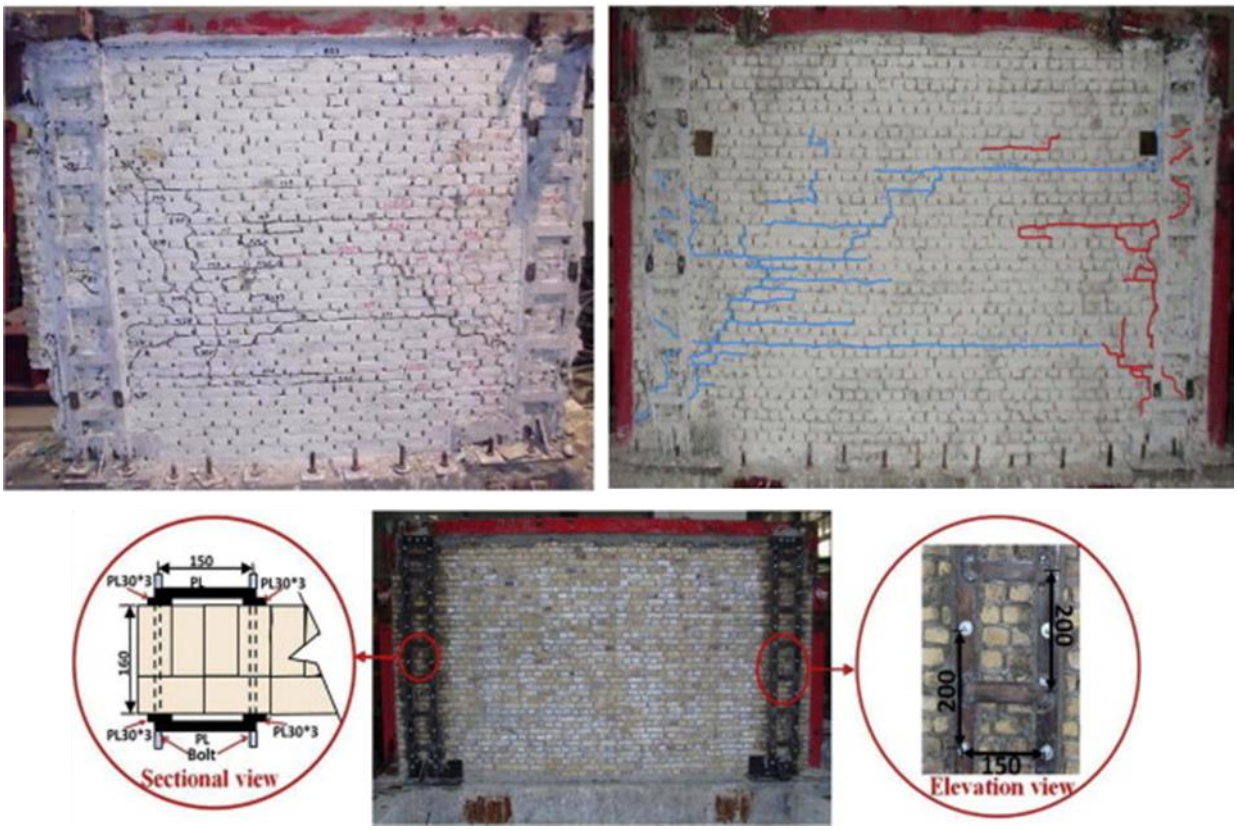



**Fig. 4.** Cracks after tests and characteristics of vertical steel ties [21]

### 2.4. Confinement with Structural Columns and Ring Beams

In this method, structural columns are placed at all corners of the wall, at wall intersection points, and along the vertical edges of openings such as doors and windows, aiming to enhance the overall integrity of the walls. This method can function much more effectively if the structural columns are interconnected with ring beams at floor levels. In this configuration, the walls are restrained within the same floor, allowing both in-plane and out-of-plane behaviors to be simultaneously controlled. In the studies conducted by [22–24], it has been reported that these methods can provide increases in maximum displacement, in-plane shear capacity and out-of-plane strength.




**Fig. 5.** Application details and steps for test conducted by [24]

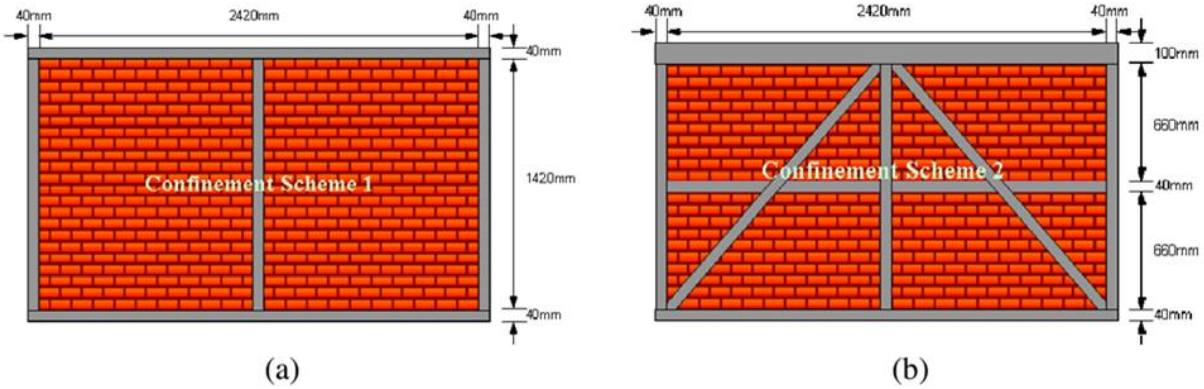



**Fig. 6.** Confinement types used in tests conducted by [22]

## 2.5. Composite Ropes

Recently, composite ropes of different materials have been utilized to strengthen masonry structures. Studies have indicated increases in maximum displacements, ductility, and load-bearing capacities. Moreover, the implementation methods of these techniques are efficient and safe under on-site conditions. [25,26].

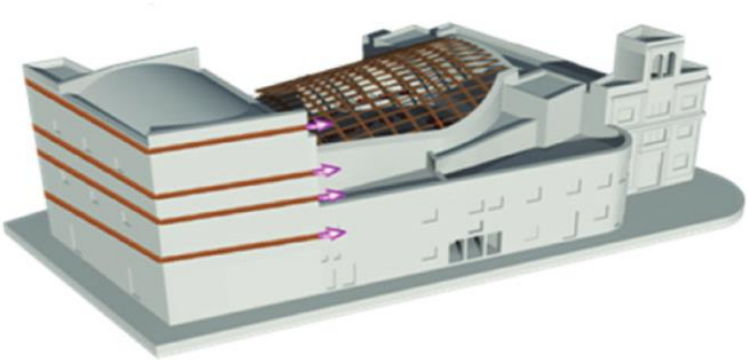


**Fig. 7.** Wrapping the building with composite ropes

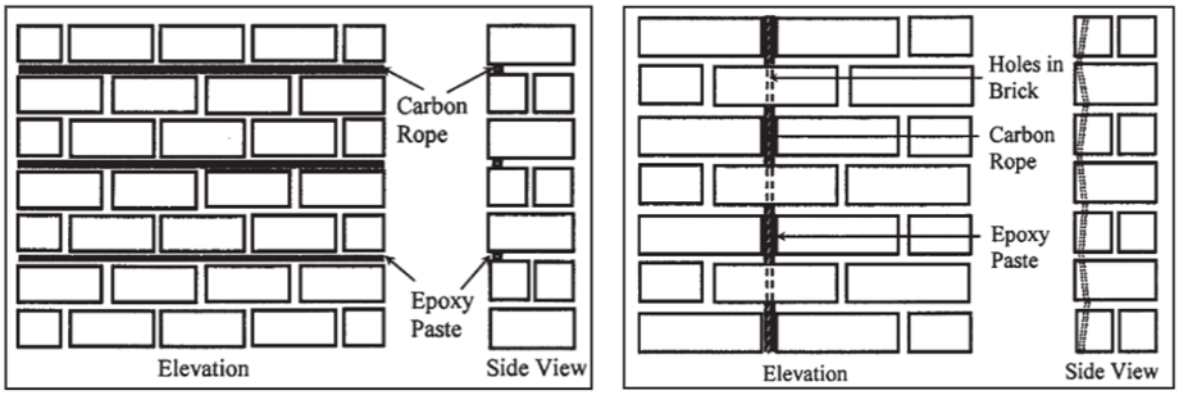



**Fig. 8.** Horizontal and vertical carpon fiber rope application

## 2.6. External Steel Reinforcement

This technique involves adding steel elements adjacent to the masonry, which may or may not be connected. During earthquakes, the steel system, with its high stiffness, prevents cracks in the masonry wall from propagating under excessive external loads [27,28].

### 2.7. Strengthening Using İnnovative Steel Ties

In this method, cracks in the damaged masonry wall are reinforced using threaded stainless steel elements. Steel rods driven at various angles and in random patterns stitch the cracks, thereby enhancing the load-bearing capacity of the damaged wall. Similarly, horizontal composite ropes can be utilized for the same purpose.



**Fig. 9.** Strengthenin cracked masonry walls using Stainless steel rods (https://www.helifix.com.au/)

Regardless of whether traditional or modern reinforcement techniques are employed, certain considerations are crucial. These include ensuring that the newly added materials do not impose excessive additional loads on the structure, that the materials used possess adequate thermal resistance, that the added components do not induce excessive localized stresses at specific points on the structure, and that the interventions can be reversed or removed in the future if necessary.

## 3. Results

This study has examined both traditional and modern strengthening techniques for masonry structures. Traditional methods, rooted in historical practices, provide valuable insights into preserving the authenticity and cultural significance of heritage buildings. Modern techniques, on the other hand, leverage advancements in materials and engineering to enhance structural resilience and safety under dynamic loads. The integration of these approaches can offer comprehensive solutions that balance historical preservation with contemporary performance standards. Future research should focus on optimizing these hybrid techniques to address the unique challenges posed by different structural and environmental conditions, ensuring the longevity and safety of masonry structures for future generations.

## REFERENCES

[1] C. Wang, V. Sarhosis, N. Nikitas, Strengthening/Retrofitting Techniques on Unreinforced Masonry Structure/Element Subjected to Seismic Loads: A Literature Review, The Open Construction and Building Technology Journal 12 (2018) 251–268. https://doi.org/10.2174/1874836801812010251.

[2] A. Shabani, M. Kioumarsi, M. Zucconi, State of the art of simplified analytical methods for seismic vulnerability assessment of unreinforced masonry buildings, Eng Struct 239 (2021) 112280. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112280.

[3] D. Dizhur, N. Ismail, C. Knox, R. Lumantarna, J.M. Ingham, Performance of unreinforced and retrofitted masonry buildings during the 2010 Darfield earthquake, Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering 43 (2010) 321–339. https://doi.org/10.5459/bnzsee.43.4.321-339.

[4] Ö. Mercimek, Seismic failure modes of masonry structures exposed to Kahramanmaraş earthquakes (Mw 7.7 and 7.6) on February 6, 2023, Eng Fail Anal 151 (2023) 107422. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107422.

[5] A. Penna, P. Morandi, M. Rota, C.F. Manzini, F. da Porto, G. Magenes, Performance of masonry buildings during the Emilia 2012 earthquake, Bulletin of Earthquake Engineering 12 (2014) 2255–2273. https://doi.org/10.1007/s10518-013-9496-6.

[6] M. Uroš, M. Demšić, M. Šavor Novak, J. Atalić, M. Baniček, R. Jevtić Rundek, I. Duvnjak, J. Košćak, A. Pilipović, S. Prevolnik, Damage Evaluation and Seismic Assessment of a Typical Historical Unreinforced Masonry Building in the Zagreb 2020 Earthquake: A Case Study—Part I, Buildings 14 (2024) 474. https://doi.org/10.3390/buildings14020474.

[7] M.R. Valluzzi, C. Modena, G. de Felice, Current practice and open issues in strengthening historical buildings with composites, Mater Struct 47 (2014) 1971–1985. https://doi.org/10.1617/s11527-014-0359-7.

[8] S. Bhattacharya, S. Nayak, S.C. Dutta, A critical review of retrofitting methods for unreinforced masonry structures, International Journal of Disaster Risk Reduction 7 (2014) 51–67. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2013.12.004.

[9] R. Pleşu, G. Ţăranu, D. Covatariu, I.-D. Grădinariu, STRENGTHENING AND REHABILITATION CONVENTIONAL METHODS FOR MASONRY STRUCTURES, Buletinul Institutului Politehnic Din Lasi. Sectia Constructii, Arhitectura, 57 (4) (2011) 165.

[10] A. Ghezelbash, K. Beyer, K.M. Dolatshahi, M. Yekrangnia, Shake table test of a masonry building retrofitted with shotcrete, Eng Struct 219 (2020) 110912. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110912.

[11] M. Shabdin, N.K.A. Attari, M. Zargaran, Experimental study on seismic behavior of Un-Reinforced Masonry (URM) brick walls strengthened with shotcrete, Bulletin of Earthquake Engineering 16 (2018) 3931–3956. https://doi.org/10.1007/s10518-018-0340-x.

[12] Y.-W. Lin, L. Wotherspoon, A. Scott, J.M. Ingham, In-plane strengthening of clay brick unreinforced masonry wallettes using ECC shotcrete, Eng Struct 66 (2014) 57–65. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2014.01.043.

[13] S. Petrovčič, V. Kilar, Design Considerations for Retrofitting of Historic Masonry Structures with Externally Bonded FRP Systems, International Journal of Architectural Heritage 16 (2022) 957–976. https://doi.org/10.1080/15583058.2020.1853278.

[14] G. Marcari, G. Manfredi, A. Prota, M. Pecce, In-plane shear performance of masonry panels strengthened with FRP, Compos B Eng 38 (2007) 887–901. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2006.11.004.

[15] T.C. Triantafillou, Strengthening of Masonry Structures Using Epoxy-Bonded FRP Laminates, Journal of Composites for Construction 2 (1998) 96–104. https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0268(1998)2:2(96).

[16] A. Cascardi, M. Lerna, F. Micelli, M.A. Aiello, Discontinuous FRP-Confinement of Masonry Columns, Front Built Environ 5 (2020). https://doi.org/10.3389/fbuil.2019.00147.

[17] N. Ismail, J.M. Ingham, In-plane and out-of-plane testing of unreinforced masonry walls strengthened using polymer textile reinforced mortar, Eng Struct 118 (2016) 167–177. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.03.041.

[18] A. Mosallam, S. Banerjee, Enhancement in in-plane shear capacity of unreinforced masonry (URM) walls strengthened with fiber reinforced polymer composites, Compos B Eng 42 (2011) 1657–1670. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2011.03.015.

[19] A. Martins, G. Vasconcelos, R. Fangueiro, F. Cunha, Experimental assessment of an innovative strengthening material for brick masonry infills, Compos B Eng 80 (2015) 328–342. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.06.012.

[20] S. Elmalyh, A. Bouyahyaoui, T. Cherradi, A. Rotaru, P. Mihai, Shear Strength of Unreinforced Masonry Walls Retrofitted with CFRP, Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal 5 (2020) 351–359. https://doi.org/10.25046/aj050246.

[21] A. Darbhanzi, M.S. Marefat, M. Khanmohammadi, Investigation of in-plane seismic retrofit of unreinforced masonry walls by means of vertical steel ties, Constr Build Mater 52 (2014) 122–129. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.020.

[22] S. Paikara, D.C. Rai, CONFINING MASONRY USING PRE-CAST RC ELEMENT FOR ENHANCED EARTHQUAKE RESISTANCE, in: 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, San Francisco, 2006.

[23] A. Borri, G. Castori, A. Grazini, Retrofitting of masonry building with reinforced masonry ring-beam, Constr Build Mater 23 (2009) 1892–1901. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.09.012.

[24] H. Okail, A. Abdelrahman, A. Abdelkhalik, M. Metwaly, Experimental and analytical investigation of the lateral load response of confined masonry walls, HBRC Journal 12 (2016) 33–46. https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2014.09.004.

[25] F. Micelli, A. Cascardi, M. Marsano, Seismic strengthening of a theatre masonry building by using active FRP wires, in: In Brick AndBlock Masonry: Proceedings of the 16th International Brick and Block Masonry Conference, Padua, 2016: pp. 753–761.

[26] Y. Korany, R. Drysdale, Enhancing flexural resistance of historic masonry walls using carbon fibre ropes, TMS Journal (2004) 27–28. https://www.researchgate.net/publication/285676618.

[27] A. Martins, G. Vasconcelos, R. Fangueiro, F. Cunha, Experimental assessment of an innovative strengthening material for brick masonry infills, Compos B Eng 80 (2015) 328–342. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.06.012.

[28] D.C. Rai, S.C. Goel, Seismic Strengthening of Unreinforced Masonry Piers with Steel Elements, Earthquake Spectra 12 (1996) 845–862. https://doi.org/10.1193/1.1585913.

# MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION APPROACH TO STRESS-INDUCED SUPER-ELASTICITY BEHAVIOR IN $MG_3SC$ ALLOY

**Prof. Dr. Fatih Ahmet ÇELİK**
Bitlis Eren University/Faculty of Arts and Sciences, Department of Physics, BİTLİS
facelik@beu.edu.tr - 0000-0001-7860-5550

**Doç. Dr. Ezman KARABULUT**
Bitlis Eren University/ Vocational School of Health Services, BİTLİS
ezman.fizik@gmail.com - 0000-0003-4806-8576

## ABSTRACT

In this study, the molecular dynamics (MD) simulations were performed to reveal the phase transformation mechanism in $Mg_3Sc$ alloy system at constant temperature by using the analytic modified embedded atom method. We found from MD results that $Mg_3Sc$ system exhibits a super-elasticity behavior at 300 K and under 5 GPa pressure. Also, we examined the stress-induced structural transformation of the $Mg_3Sc$ system based on lattice parameters, volume, density, potential energy, atomic arrangements and shear viscosity simulation results. The calculations show that a notable increase in c- axis of MD cell occurred because of elongation within short time interval under stress loading. Also, the mechanical stability was discussed by using the C11 and C12 elastic constants. Also, the shear viscosity exhibited an abnormal peak behavior within a short time as a result of super-elasticity. The obtained simulation results are in good agreement with the available experimental data.

**Keywords:** Molecular dynamics, $Mg_3Sc$ alloy system, modified embedded atom method, super-elasticity behavior.

## 1.Introduction

Because magnesium (Mg) is one of the lightest metals compared to other engineering metals, it has a wide range of usage for industrial applications such as automotive, sustainable energy, carbon emission, electronic and computer sectors [1-3]. Specially, the usage of this material in other alloying systems leads to contribute to preserve of clean environment and improves mechanical properties [4-6]. In recent years, temperature and high-pressure applications on Mg-based alloys exhibits a rapid increment in the development of castability and high strength performance [7]. However, the corrosion formation and high temperature is a major issue for Mg and its alloys due to affect their technological progress [8]. But, the addition of a rare earth (RE) elements (Y, Pr, Nd, Gd, Tb, Dy) to Mg can improve high temperature applications, corrosion resistance and some mechanical deficiencies [8, 9]. In particular, early experimental studies have reported that the Scandium (Sc) addition in different percentages to Mg causes to exhibit different mechanical and structural properties compared to other Mg-RE alloys [10-12]. Using experimental methods, it can be seen that the lattice constant of Mg-Sc alloy occurs a non-linear increment with increasing of Sc content when compared to other Mg-RE alloys [13].

This feature can lead to exhibit a shape memory effect and super-elasticity of Mg-Sc alloy because there is no phase stability. This structural transformation can be analyzed by empirical measurements such as X-ray diffraction [12]. On the other hand, there is need a powerful computational method to reveal the structural elasticity and phase transformation mechanism formed in a very short time. In particular, molecular dynamics (MD) is a robust technique that provides exhaustive information about the phase stability and transformation processes in complex alloys [14]. In the present study, we investigated the stress-induced structural transformation and super-elasticity behavior of the Mg–Sc alloy using MD simulations based on embedded atom model (EAM).

## 2. Material and Method

### 2.1. Theory of potential energy function (PEF)

The host electron density has been firstly proposed by Baskes and Johnson [15] in their modified EAM (MEAM) by an angle-dependent term. In this method, Hu at all, introduced a

modified energy concept using a linear superposition of spherically-averaged atomic electron densities. The MEAM parameters of hcp RE metals and more detailed knowledge about PEF as seen in ref [13].

### 2.2. Simulation details

MD calculations are conducted by using Scigress molecular design, modeling and dynamics software [16]. The analytic MEAM and modifying functions for the Mg-RE metals used to MD calculations. The Mg3Sc system was built in P6_3/mmc symmetry with a = 6.4 Å, b = 6.4 Å and c = 6.4 Å ($\alpha = \beta = 90^0$ and $\gamma = 120^0$) HCP lattice parameters with existing in 432 Sc atoms and 1296 Mg atoms at 300 K under 5 GPa pressure. The MD was established by implementing with the periodic boundary conditions. Maxwell velocity distribution corresponding to set the initial atomic velocities at desired temperature was employed with 1.0 fs time-step. Gear algorithm was selected to integrate the equations of motion. The NPT ensemble was utilized to control pressure and thermodynamic stability. Throughout all simulations, the Nose-Hoover thermostat was adopted for regulating temperature. [17, 18]. The sample was equilibrated for 10 ps and then they waited 1 ps at 300 K under 5 GPa pressure.

## 3.Results and Discussion

The change of some computed physical parameters of model system with simulation time is seen in Figure 1 (a-d). Form figures, the lattice parameters of MD cell increase at the same rate until 0.05 ps. Then, the value of a and b lattice parameters decrease 0.4 ps and they stay stable at the end of simulation from Figure 1 (a). On the other hand, c lattice parameter dramatically increases after 0.08 ps. This increment shows a highly elongation along c axis of MD cell. The density of system is calculated as 2.33 g/cm3 at 300 K, which is close to the experimental value of Mg-Sc [12]. Figure 1(b) shows the temperature stability over simulation time. The temperature firstly increases until 0.08 ps and it remains stable as the simulation continues because of dynamically stable. Also, the two sharp peaks at 0.05 and 0.08 ps occur in potential energy value as seen in Figure 3(d). The oscillation of the curve is observed up to 0.7 ps and then the potential energy remains constant throughout 1 ps.

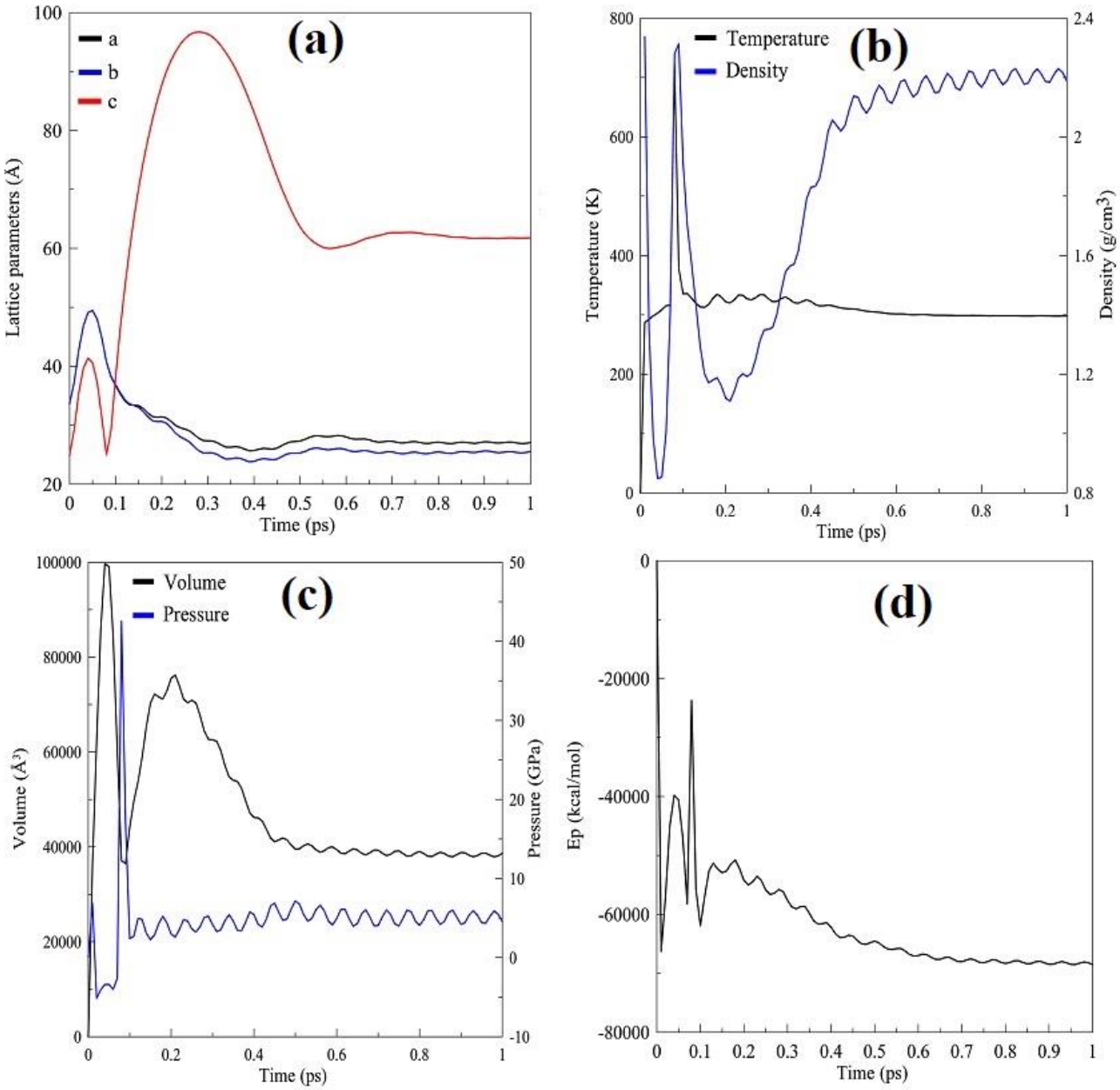



**Figure 1.** Some physical parameters of Mg3Sc model alloy with simulation time a) lattice parameters b) density-temperature c) volume-pressure d) potential energy.

Figure 2 illustrates the atomic rearrangements in MD cell and lattice structures in three dimensions at different simulation times. It can be said from figure that the initial structure has regular lattice and the atoms locate orderly in MD cell. However, the atomic arrangement starts to change at 0.05 ps. At 0.08 ps, the sudden elongation occurs along c axes and the atoms rearrange in distinct layers. This characteristic indicted that Mg–Sc alloy shows better elongation than classical Mg alloys, which is good agreement with experimental results [12].

In conclusion, simulation results show that the Mg3Sc system exhibits a stress-induced structural transformation and super-elasticity at constant temperature.

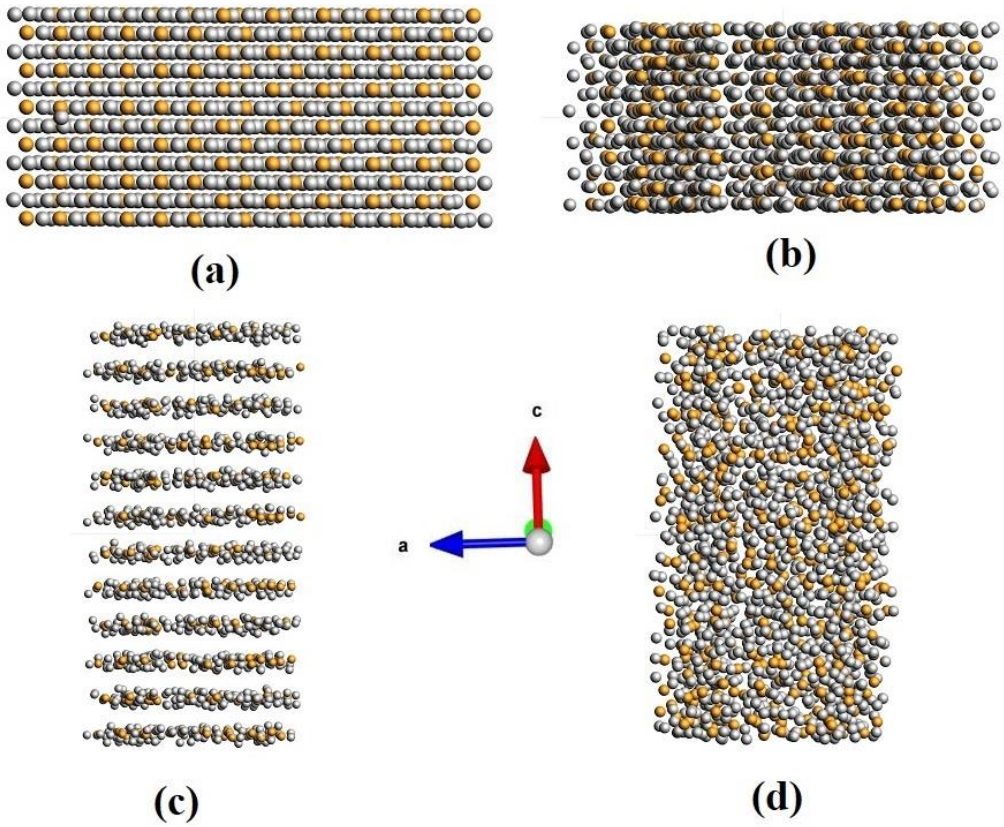



**Figure 2.** The view of MD cell of model alloy system at different simulation time a) initial structure b) t = 0.05 ps c) t = 0.08 ps d) final structure.

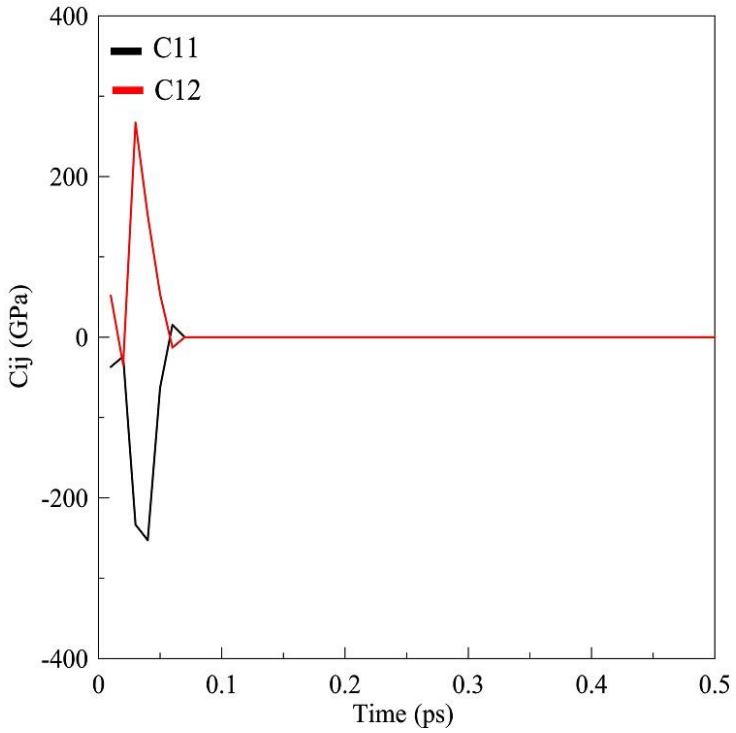



**Figure 3.** The value of elastic constant of model alloy system with simulation time.

We have calculated C11 and C12 elastic constants because these constants provide a detailed link mechanical behavior for a solids and crystals. The pressure effect on the elastic constants, which are important role to understand the mechanical stability under different conditions, are seen in Figure 4. This figure indicates that the while C11 decreases with increasing time, C12 increases until a certain time. After this time, C11 suddenly increases and C12 decreases until about 0.08 ps and then the curves remain more stable at the end of simulation time. This behavior show that these restrictions are not satisfied for Mg3Sc system, which implies no mechanical stability between 0 ps and 0.08 ps at 300 K under 5 GPa according to Born criteria [19].

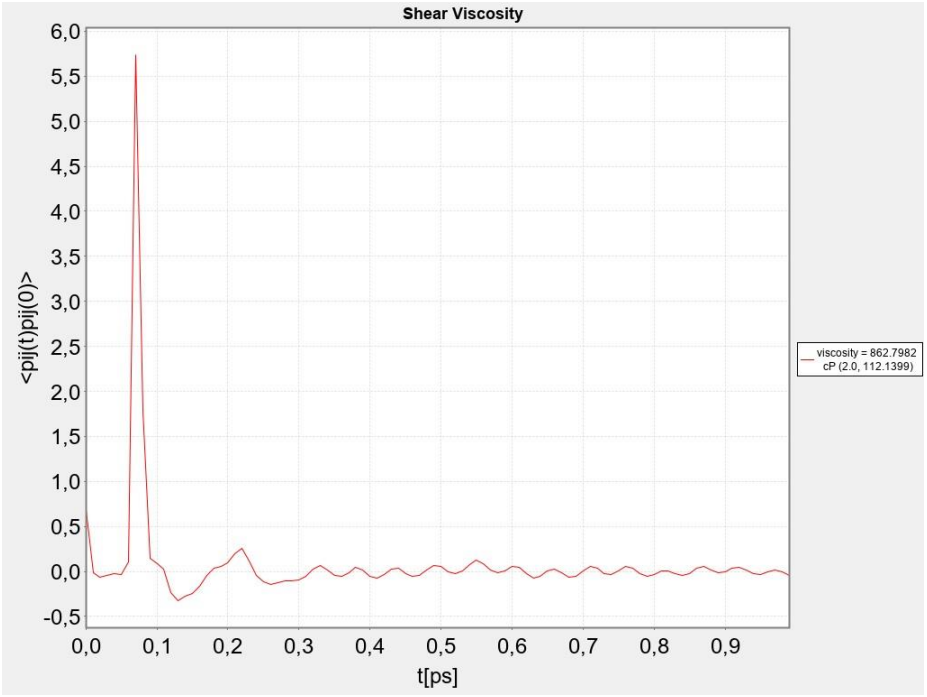



**Figure 4.** The variation of shear viscosity of model alloy system with simulation time.

The shear viscosity investigated from the Green-Kubo formula [20] as a function of simulation time is seen in Figure 4. The results indicate that the shear viscosity of system abnormally increases firstly and then decreases with increasing simulation time. The reason of this increment can be explain with the formation of cracks on inter-planar regions [21] as seen in Figure 2 (b). On the other hand, the shear viscosity abruptly decreases with simulation time to occur the alignment of the ordered atomic planes as rodlike [21] as seen in Figure 2 (c).

## 4. Conclusions

The lattice parameters, density, volume, potential energy and atomic rearrangements of Mg3Sc model alloy system were investigated by molecular dynamics simulation based on analytic modified embedded atom method. The simulation results indicate that Mg3Sc system exhibits a super-elasticity behavior at 300 K and under 5 GPa pressure. The elastic constant values were not show a regular change with time due to instability mechanical behavior. It is also observed that shear viscosity increases firstly and decreases with time because of the as a result of super-elasticity behavior and suddenly atomic rearrangements. These simulation calculations provide a beneficial information about Mg3Sc alloy for further investigations.

## References

[1] A.-R. Wu and C.-Q. Xia, Mater. Eng., 28 (2007), pp. 1963–1967.

[2] Q. Luo et al., J. Mater. Sci. Technol., 44(2020), pp. 171–190.

[3] L. M. Calado, M. J. Carmezim, and M. F. Montemor, Front. Mater., 8(2022), article 804906.

[4] G. Wu, C. Wang, M. Sun, and W. Ding, J. Magnes. Alloy., 9(2021), no. 1, pp. 1–20.

[5] B. Kondori and A. A. Benzerga, Acta Mater., 124(2017), pp. 225–236.

[6] A. Imandoust, C. D. Barrett, A. L. Oppedal, W. R. Whittington, Y. Paudel, and H. El Kadiri, Acta Mater.,138(2017), pp. 27–41.

[7] T. L. Chia, M. A. Easton, S. M. Zhu, M. A. Gibson, N. Birbilis, and J. F. Nie, Intermetallics, 17(2009), pp. 481–490.

[8] N. Birbilis, M. A. Easton, A. D. Sudholz, S. M. Zhu, and M. A. Gibson, Corros. Sci., 51(2009), pp. 683–689.

[9] S. Tekumalla, S. Seetharaman, A. Almajid, and M. Gupta, Metals, 5(2014), pp. 1–39.

[10] Y. Ogawa, D. Ando, Y. Sutou, and J. Koike, Mater. Trans., 57(2016), pp. 1119–1123.

[11] Y. Ogawa, D. Ando, Y. Sutou, K. Yoshimi, and J. Koike, Mater. Sci. Eng. A Struct. Mater., 670(2016), pp. 335–341.

[12] Y. Ogawa, D. Ando, Y. Sutou, H. Somekawa, and J. Koike, Shape Mem. Superelasticity, 4(2018), pp. 167–173.

[13] W. Hu, H. Xu, X. Shu, X. Yuan, B. Gao, and B. Zhang, J. Phys. D Appl. Phys., 33(2000), pp. 711–718.

[14] S. Sengul, M. Celtek, U. Domekeli Compt Mat Sci., 172 (2020), article 109327.

[15] M I Baskes, R A Johnson, Mod. Simul. Mater. Sci Eng., 2(1994), pp:147.

[16] SCIGRESS, Fujitsu Limited., Tokyo, Japan, 2021.

[17] S. Nosé, The Journal of chemical physics, 81(1984), pp: 511-519.

[18] W. G. Hoover, Phys. Rev. A Gen. Phys., 31(1985), no. 3, pp. 1695–1697.

[19] B. Kocak and Y. O. Ciftci, Comput. Condens. Matter, 14(2018), pp. 176–185.

[20] R. Kubo, Rep. Prog. Phys., 29(1966), pp. 255–284.

[21] Y.-L. You, L.-S. Hao, and Y.-Q. Nan, Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp., 335(2009), pp. 154–167.

# THE SPIN STATES IN ADSORPTION AND CATALYTIC ACTIVITIES OF METAL ATOMS

**Doç. Dr. Ezman KARABULUT**
Bitlis Eren University/ Vocational School of Health Services, BİTLİS
ezman.fizik@gmail.com - 0000-0003-4806-8576

**Prof. Dr. Fatih Ahmet ÇELİK**
Bitlis Eren University/Faculty of Arts and Sciences, Department of Physics, BİTLİS
facelik@beu.edu.tr - 0000-0001-7860-5550

## ABSTRACT

Both the interaction of cationic metal atoms with each other and interaction with non-metal elements affect the polarization state of molecules. This situation strengthens the charge transfer especially on metals and the change of the driving bond strengths of existing carbon atoms. Particularly in transition metals, half-filled d-orbitals increase the abilities of the material mentioned in the title. In this study, especially in the polarization changes in metal-nonmetal interactions, the unsymmetrical electronic perturbation of the material creates a single atom catalysis ability in the material. This situation plays a more effective role in the interaction of two metal atoms of different types and very different metal binding abilities. The active d orbital of the metal atom and the p orbital of non-metal atom play a role in hybridization. d-p hybridization increases the ability of the properties in question. This situation also causes the metal-metal atoms to exhibit a stable structure at a closer distance to each other. The density being on the unit surface increases. In such a case, a new property develops in the material such as radiation shielding.

**Keywords:** Radiation shielding, catalytic activate, adsorption, metal stability constant

## 1.Introduction

Single atom catalysis (SAC) supports the hybridization of d orbitals with high variability in unsymmetrical metal-non-metal interactions. Thus, in addition to transition metals, especially noble metals known as Ru, Rh, Pd, Ag, Os, Ir, Pt, Au elements are used as catalytic metal atoms. In such systems, interatomic bonding polarization occurs with the interaction of the p orbital of the nonmetal atom and the d-orbital of the metal atom. Adsorption and catalysis capacity changes depending on the charge distribution and geometry of the surrounding atoms. In such cases, d-p hybridization changes the interorbital gaps. It causes the gaps between the HOMO (highly occupied molecular orbital)-LUMO (highly unoccupied molecular orbital) energies of the system to decrease. The decrease in the gaps increases the probability of charge transfer. The addition of metal atom bonds to such a system creates a high electron barrier and prevents charge transfer. Therefore, the SAC feature of the system creates an important coordination. If the metal-non-metal interaction is the majority in the system, the resulting small van der Waals gaps increase the polarizability. In such cases, it increases not only electro catalysis but also the flexibility of the system. In recent years, such systems have been considered for $CO_2$-adsorption and hydrogen energy production [1].

Let's assume that a metal-non-metal-metal interaction is created with a support material in a strongly polarizable metal-non-metal interaction. In such a coordination, conduction electrons increase the transfer probability by polarization. This effect is known as the Jahn-Teller effect [2].

Charge transfers in the above-mentioned metal-non-metal and metal-non-metal-metal interaction systems reveal another issue worth investigating. Some metal-metal interactions do not form complexes with each other. These are metal atoms such as Hg, Zn and Cd. Such interactions support the electro catalytic property. They even increase hydrogen production by forming ligand structures in complexes [3]. An important issue in coordination chemistry is that such systems that gain polarizability are known for their asymmetric properties. In such cases, metal-metal bonds do not have short bond distances as in pure metals because metal-metal interactions are indirect interactions. This topic covers the stability constants of metal complexes and in such systems stability is the first and fundamental principle under any external interaction.

## 2. Theory and Materials

The polarization described above depends entirely on the electronic interactions of atoms with their surrounding atoms. Here, the tendencies of valence electrons are more relevant. Interatomic interactions include both intermolecular and intramolecular electron-electron and electron-nucleus interactions. The total electrostatic force is the driving force that creates the total energy. These forces determine the position of the atoms. In determining the polarized state, the distribution of all the inner orbitals of the atoms provides exact quantum calculation. However, the metal atoms in question, i.e. having a large number of electrons, will strain processor memory and time. In addition, the increasing number of atoms also creates computational effort. Therefore, under the DFTB (Density Function Tight Binding approach, results are closer to the experimental ones and the calculations are less laborious. This situation was achieved by using the Amsterdam Modeling Suite (AMS) [4] software. Here, repulsive and attractive forces were proposed by Grimme [5]. Total energy contains the sum of repulsive interactions (Erep), and Van der Waals forces (Edisp) supported by D3 dispersion, as well as halogen bonding EXB, which supports attractive interactions, which is especially important for catalytic activity, and EEHT (extended Hückel Theory), which represents covalent bonding: [5, 6].

$$E = E_{el} + E_{rep} + E_{disp} + E_{XB} \tag{1}$$

Here

$$E_{el} = \sum_i^{occ.} n_i \langle \psi_i | H_0 | \psi_i \rangle + \frac{1}{2} \sum_{A,B} \sum_{l(A)} \sum_{l`(B)} p_l^A p_l^B \gamma_{AB,ll`} + \frac{1}{3} \sum_A \Gamma_A q_A^3 - T_{el} S_{el} \tag{2}$$

In Equation 2, the first and last terms represent the total energy of the electrons bound to the nucleus and free, respectively. The second and third terms are the electronic perturbations resulting from binary atom interactions. [4]. The ground electronic state of the atoms gives the appropriate electronic distribution according to the Aufbau principle. Instead of the distribution with 1 electron in the 4s orbital, the configuration with the s orbital filled is chosen. In the model used, only the contribution of the diagonal third-order terms of the total Hamiltonian effect is included. When calculating a good optimization geometry, the valence electronic distribution is considered. [4, 5].

The MD simulations also include the interaction of a chelate acid with a transition metal in a 10x10x10 Angstrom bulk structure. The initial velocities of such a simple structure were randomly determined at room temperature by Maxwell-Boltzman velocity distribution. A time

step of 0.25 fs was chosen as the atomic diffusion time and Berendsen was chosen as the applied thermostat [7].

## 3. Results and Discussions

In this study, a system was chosen in which a chelate acid that can be easily polarized and the chelate atom is a transition metal. Chelate molecular structures are molecules that have good adsorption, electro- and photocatalytic properties.

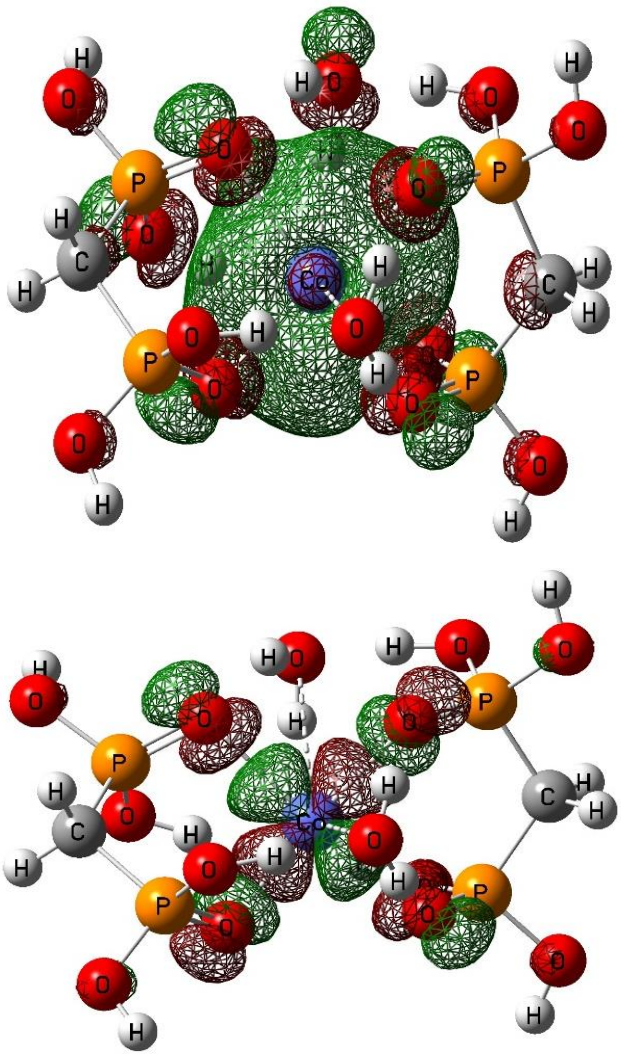


**Figure 1.** HOMO-LUMO energy levels

Figure 1 shows the relevant system. Here, two methylene diphosphonate molecules are attached to the cobalt transition metal in the middle by chelation. The upper part of the figure shows the

LUMO electronic energy distribution, while the lower part of the figure shows the HOMO orbital. The energy difference (2.17 eV) between them is proportional to the Gibbs free energy. The oxygen atoms of the chelate molecule have a contribution from the p orbital in both the HOMO and LUMO orbitals. The d orbital of the chelate metal atom shows the HOMO energy in 3 dimensions. The contribution rate to these orbitals comes from the p orbital in oxygens and the d orbital from the metal atom.

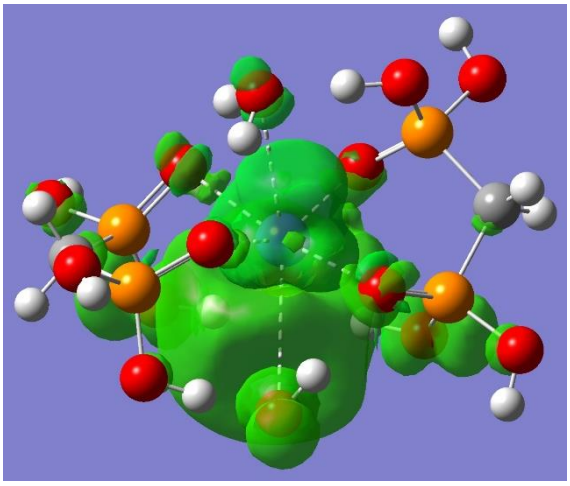


**Figure 2.** The Spin density of the Molecule

Figure 2 also shows the spin density of the system. As expected, the distribution is asymmetric. This shows that the wider energy distribution of the d orbital can be used for effects such as electro catalysis or adsorption. In these regions, the orbitals are in antibonding state and are in d and p orbitals. For lower spin density, it is necessary to cut at lower energy grids. However, for chelation ability and adsorption properties, it is sufficient to know the outermost orbital spin distribution.

**References:**

1. Jieqiong Shan, Chao Ye, Yunling Jiang, Mietek Jaroniec, Yao Zheng, Shi-Zhang Qiao, Metal-metal interactions in correlated single-atom catalysts, Sci. Adv. 8, eabo0762 (2022).
2. C. HAAS, Indirect Metal-Metal Interactions in Solids: Relation with Polarization and Charge Density Waves, Journal of Solıd State Chemıstry 57, 82-96 (1985).
3. To Bond or Not to Bond: Metal−Metal Interaction in Heterobimetallic Rare-Earth Metal−Silver Complexes, Alexandra Haidinger, Christina I. Dilly, Roland C. Fischer,

Dennis Svatunek, Johanna M. Uher, Johann A. Hlina, Inorg. Chem. 2023, 62, 17713−17720.

4. AMS2023.103, SCM, Theoretical Chemistry, Vrije Universiteit Amsterdam, The Netherlands, 2023 http://www.scm.com.
5. S. Grimme, C. Bannwarth, P. Shushkov, a Robust and Accurate Tight-Binding Quantum Chemical Method for Structures, Vibrational Frequencies, and Noncovalent Interactions of Large Molecular Systems Parametrized for All spd-Block Elements (Z = 1–86), Journal of Chemical Theory and Computational 13 (2017) 1989–2009.
6. M. Bursch, H. Neugebauer, S. Grimme, Structure Optimization of Large Transition-Metal Complexes with Extended Tight-Binding Methods, Angewandte Chemie International Edition 58 (2019) 11078–11087.
7. H. J. Berendsen, J. V. Postma, W. F. Van Gunsteren, DiNola A R H J DiNola, J. R. Haak, Molecular dynamics with coupling to an external bath, The Journal of chemical physics 81(8) (1984) 3684-3690.

# DETECTION OF SKIN DISEASES WITH DEIT-BASED VISION TRANSFORMER APPROACH

**Master's Student, Feti Ahmet ISIK**
Malatya Turgut Ozal University, fetiahmetisik@gmail.com – 0009-0000-3036-740X
**Assoc. Prof. Dr., Muhammed YILDIRIM**
Malatya Turgut Ozal University, muhammed.yildirim@ozal.edu.tr - 0000-0003-1866-4721

## ABSTRACT

Skin diseases are one of the most common health problems worldwide, and early diagnosis is critical in preventing disease progression. Therefore, we aim to automatically classify skin diseases using a Data-efficient Image Transformer (DeiT) based Vision Transformer (ViT) model to detect skin diseases automatically. In the study, a dataset of skin diseases was trained and tested with the DeiT model. The model's performance was evaluated using various metrics such as accuracy, F1 score, ROC curve, and classification reports. The results showed that the model exhibited a very successful classification performance with an accuracy rate of up to 92% and high AUC values. In addition, detailed performance analyses were performed for different disease types, and the model's generalization ability was tested. This study demonstrates the potential of artificial intelligence-based approaches in diagnosing skin diseases and contributes to developing automatic diagnosis systems in the healthcare sector. The DeiT model offers an essential solution in this field with its data efficiency and performance advantages.

**Keywords:** DeiT, Image Classification, Image Recognition, Vision Transformer

## 1. INTRODUCTION

The skin is one of the largest organs in our body, making up about 15% of the human body weight. As our body’s outer shield, it protects against harmful bacteria and viruses. It also plays a vital role in regulating body temperature and sensing sensations such as touch, pressure, temperature, and pain [1]. The skin, which comprises cells, pigments, blood vessels, and other components, comprises three main layers: the epidermis, dermis, and hypodermis. The epidermis is the outermost layer of skin, forming a waterproof and protective layer on the

body's surface. The dermis is located beneath the epidermis and comprises connective tissue; it protects the body from stress and strain. A basement membrane tightly joins the dermis to the epidermis. The hypodermis is also called the subcutaneous tissue and is not part of the skin; it lies beneath the dermis. It connects the skin to the underlying bones and muscles and provides blood vessels and nerves [2-4].

Skin diseases are various disorders that occur on the skin and usually manifest with distinct symptoms. The causes of these diseases can usually be allergic reactions, bacterial or fungal infections, genetic factors, and environmental factors. Skin diseases, unlike diseases of other organs, affect the external appearance and can cause negative changes in social, professional, and psychological aspects [5]. Early diagnosis of skin diseases is critical for the success of the treatment process. Skin diseases diagnosed early can usually be treated more quickly and effectively, preventing the disease's progression and the development of complications. In addition, some skin diseases can be contagious or malignant. Early diagnosis protects the health of society and individuals by preventing both the spread of the disease and the progression of malignant diseases. The literature includes studies on the detection of skin diseases. Most of these studies use deep learning architectures, feature extraction, and machine learning methods [6-9].

The article's organization is as follows: In the Background section, the DeiT model, data set, model training metrics, and performance measurement criteria will be examined in detail. In the Experimental Results section, the experiments' results will be presented in detail, and the obtained findings will be analyzed. In the Discussions and Conclusions section, the interpretation of the experimental findings, the limitations of the study, and suggestions for future research will be discussed.

## 2. BACKGROUND

### 2.1. Data Efiicient Image Transofrmer (DeiT)

The Data-Efficient Image Transformer (DeiT) model was developed by Hugo Touvron and his team in 2020 to address the shortcomings of the Vision Transforme (ViT) model and provide a more efficient image recognition solution [10]. While ViT is a model that requires large datasets and extensive computational resources, DeiT is designed to achieve similar performance with less data and resources. DeiT is based on the ViT model but includes several important innovations and optimizations. Images are divided into small pieces of specific sizes, flattened, and turned into vectors. These vectors are passed through a linear projection layer and represented as an array of a specific size. Position information is added to the patch vectors, ensuring that each patch's position within the image is preserved. DeiT uses a series of Transformer encoder layers like ViT, including a multi-head attention mechanism and a feedforward network.

The DeiT model is trained using a teacher-student strategy. This strategy allows the student model to learn from the teacher model using a distillation token. This token is added to the transformer layers and helps the student with the teacher's knowledge. The representations

obtained from the last encoder layer are transferred to the classification layer, which determines which class each patch belongs to. The architectural structure of the DeiT model is shown in Figure 1.

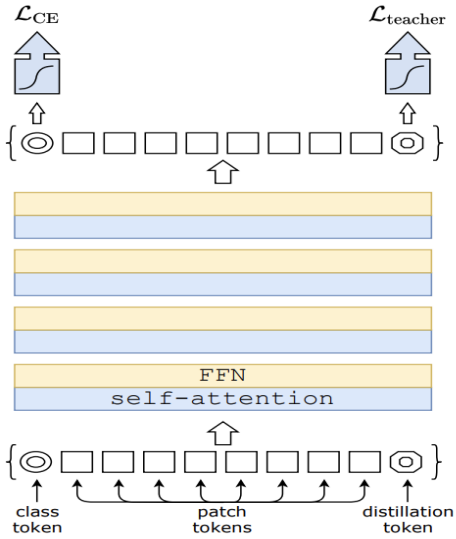



**Figure 1.** Architectural structure of the DeiT [11]

The DeiT offers significant advantages over ViT. It can achieve effective results with less data and computational resources and exhibits competitive performance. This model provides effective image recognition solutions even with smaller datasets and limited computational resources.

2.2. Dataset

The dataset used in this study consists of images obtained from Kaggle [12] and various internet sources and includes six different skin diseases: eczema, infectious, benign, malignant, pigment, and acne. Sample images from the dataset are presented in Figure 2.

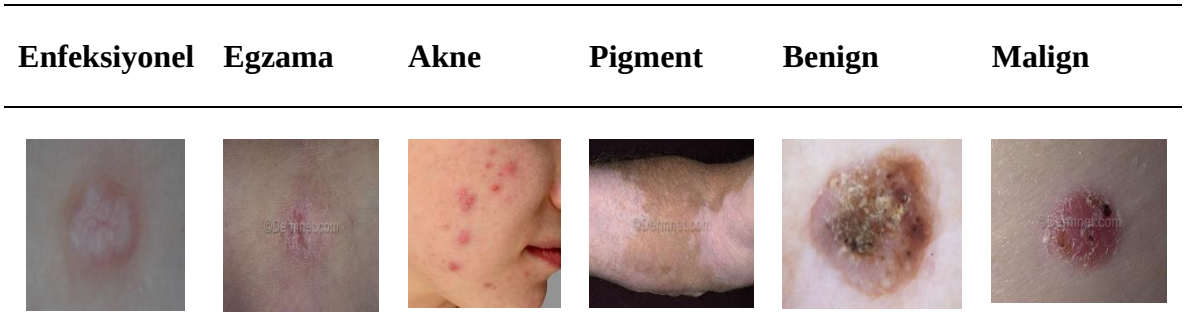



**Figure 2.** Sample Images

The images were resized to 224x224 pixels, and some data augmentation operations were applied. The data augmentation techniques applied included rotation, zooming, brightness and contrast adjustment, and Gaussian blur. These operations increased the data diversity and enabled the model to generalize better. The data set was divided into sections for training, testing, and validation purposes and was organized according to six different skin disease categories in each section. These arrangements ensure that the data is used in a balanced and

structured manner during the training and evaluation processes of the model. The classes in the data set and the number of images belonging to the classes are presented in Table 1.

**Table 1.** Classes in the dataset and the number of images

| | **Enfeksiyonel** | **Egzama** | **Akne** | **Pigment** | **Benign** | **Malign** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Train** | 6000 | 4070 | 2149 | 1020 | 10888 | 6783 |
| **Validation** | 750 | 508 | 322 | 135 | 1361 | 847 |
| **Test** | 750 | 510 | 322 | 136 | 1361 | 849 |
| **Total** | **7500** | **5088** | **2793** | **1291** | **13610** | **8479** |

### 2.2. Model Training and Performance Measurement Criteria

In this study, the DeiT model was optimized to identify skin diseases. The training process was carried out using the T4 GPU [13] on the Google Colab platform, and the model was trained for 10 epochs. The initial learning rate was selected as 0.0001, and this value was gradually decreased with a learning rate scheduler at the end of each epoch. The AdamW optimization algorithm was preferred during training; this method is an approach that is especially recommended for transformer models and effectively controls weight decay [14].

The DeiT model was implemented using the PyTorch library, and data augmentation operations were performed using torchvision. Transforms during the training period. Among the activation functions used in the model, the Gaussian Error Linear Unit (GELU) function in the intermediate layers was preferred to optimize nonlinear transformations. The softmax activation function was used in the output layer for the classification process. The entire training process was meticulously monitored, including the training and validation errors and the accuracy metrics at the end of each epoch. This study evaluated the model's performance with basic metrics such as precision, recall, F1 score, and accuracy. The model achieved a high overall accuracy success rate of 92% while achieving balanced results between classes. High F1-scores (0.91 and 0.94) were achieved primarily in critical classes such as malignant and benign classes. The fact that the weighted average metrics were 92% for all classes shows that the model managed the imbalances between classes well. The performance measurement metrics used in the study are explained in order [15, 16].

Precision shows how many of the model's positive predictions are correct. In other words, it indicates how many examples the model classified as positive are positive. Precision is calculated using Eq.1.

$$Presicion = \frac{True\ Positives\ (TP)}{True\ Positives\ (TP) + False\ Positives\ (FP)} \qquad Eq.1.$$

F1-Score: It is the harmonic mean of precision and sensitivity. It provides a balanced evaluation of both metrics. F1-Score is calculated using Eq.2.

$$F1\ Score = 2x\frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall} \qquad Eq.2.$$

Accuracy: It shows the ratio of the examples the model correctly classified to the total number of examples. In other words, it shows how accurately the model performed on all examples. Accuracy is calculated using Eq.3.

$$Accuracy = \frac{True\ Positives\ (TP) + True\ Negatives\ (TN)}{Total\ Samples} \quad Eq.3.$$

Macro Average: Calculate each class's precision, sensitivity, and F1-Score values separately and averaging them. Provides a practical evaluation in case of class imbalances.
Weighted Average: Average of each class's precision, sensitivity, and F1-Score values by weighting them with the number of class examples. This provides a more general performance evaluation by considering the imbalances between classes.
Support: Indicates the number of actual examples in each class. This metric shows the prevalence of classes in the dataset and helps to understand how accurately the model performs in each class.

## 3. RESULTS

In this study, the DeiT model has shown impressive performance in classifying skin diseases. Thanks to its efficient architecture, the model has produced high accuracy and reliable results. Within the study's scope, the model has successfully classified six different skin disease categories. Balanced results were obtained even in classes with small sample numbers.
During the model training, various transformation and enhancement techniques were applied to the dataset. Thanks to the resizing of the images and data augmentation methods (such as random rotation, lighting changes, and contrast adjustments), the model took maximum advantage of the diversity of the dataset. The learning rate used in the training phase was reduced over time, and the model achieved better results with the reductions in the loss function during each epoch. The model's performance was evaluated in detail with the obtained graphs and metrics.
Confidence curves show how the model's performance changes depending on the threshold value. For example, choosing a higher threshold value can reduce false positives and the true positive rate. Confidence curves are used to analyze this change. In this study, Confidence curves show that the model exhibits stable performance despite the threshold value. The confidence curve of the model is given in Figure 3.

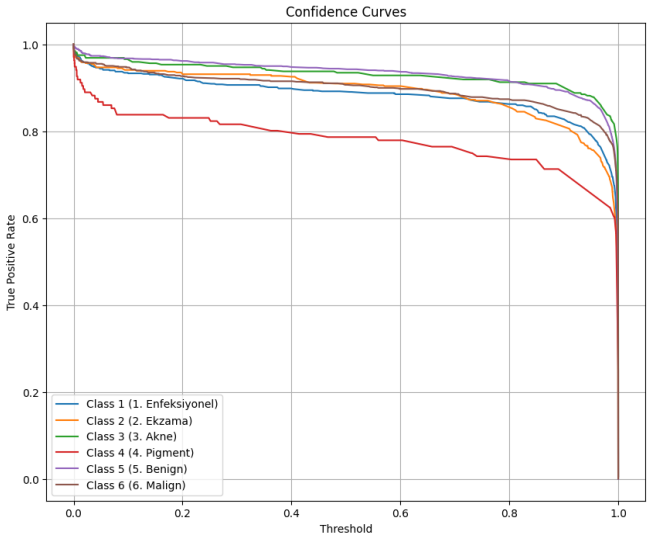



**Figure 3.** Confidence curve of the model

It visualizes how the F1-score changes at different threshold values. This curve analyzes whether the model can balance recall and precision. In this study, it was observed from the F1-score curves that the model can maintain the balance between precision and recall even in classes with little data, and the F1-Score curve of the model is given in Figure 4.

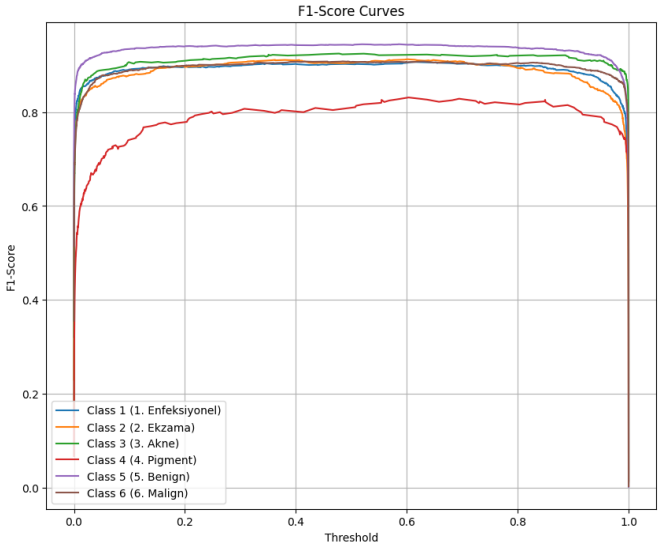



**Figure 4.** F1-Score curve of the model

The confusion matrix shows the relationship between the actual classes and the classes predicted by the model. The confusion matrix of the model is presented in Figure 5.

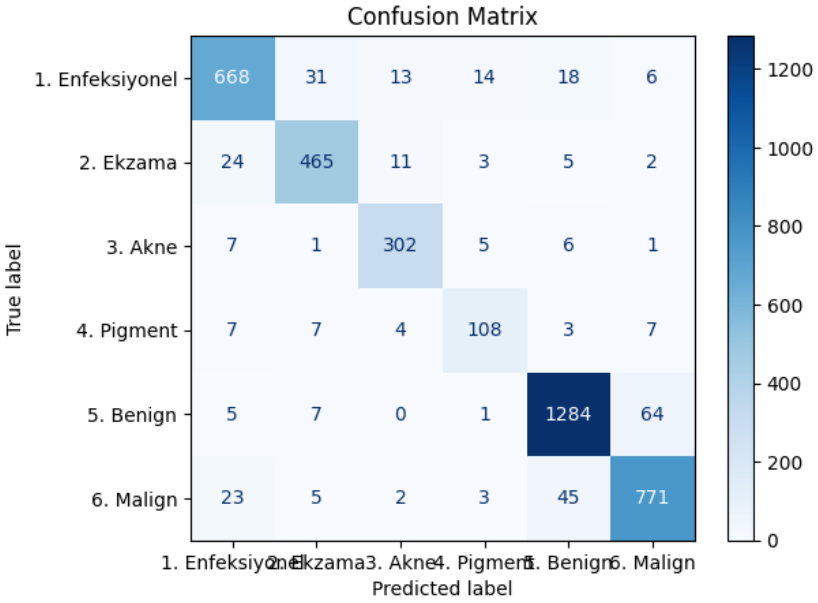



**Figure 5.** Confusion matrix of the model

The area under the ROC curve measures the overall discrimination capacity of the model. If the AUC value is close to 0.5, the model makes random predictions, but an AUC value close to 1 indicates excellent performance. In this study, the AUC value above 0.98 for each class indicates that the model accurately detects differences between classes. The ROC curve of the model is presented in Figure 6.

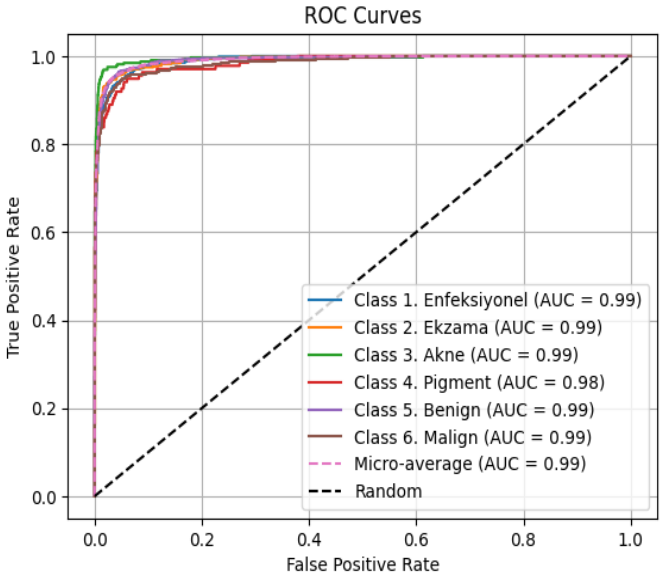



**Figure 6.** ROC Curve of the Model

It shows how the precision and recall values change at different thresholds. This curve is more meaningful, especially in imbalanced data sets, because it allows us to examine the performance of the positive class separately. In this study, it is understood from the curves that the model identifies the positive classes with high precision and recall values. The precision-recall curve of the model is presented in Figure 7.

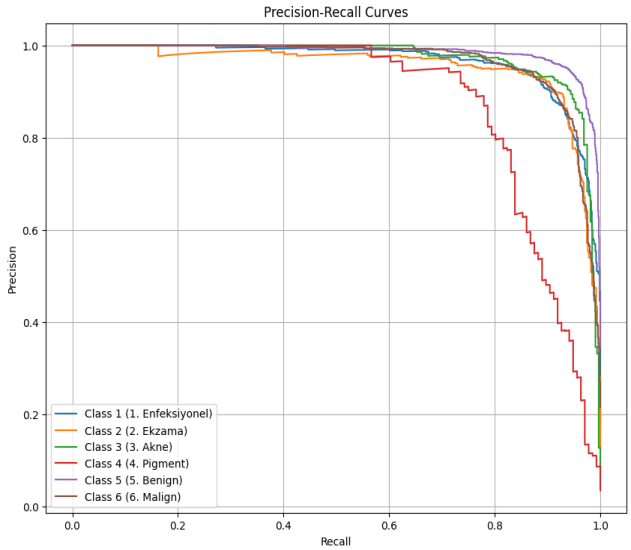



**Figure 7.** Precision-Recall Curve of the Model

All these results show that the DeiT model is a powerful method that combines data efficiency and classification success and can be used as a reliable tool in diagnosing skin diseases. The general performance values of the model are presented in Table 2.

**Table 2.** General performance values of the model

| Classes | Precision | Recall | F1-Score | Support |
|---|---|---|---|---|
| **Enfeksiyonel** | 0.91 | 0.89 | 0.90 | 750 |
| **Ekzama** | 0.90 | 0.91 | 0.91 | 510 |
| **Akne** | 0.91 | 0.94 | 0.92 | 322 |
| **Pigment** | 0.81 | 0.79 | 0.80 | 136 |
| **Benign** | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 1361 |
| **Malign** | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 849 |
| **Accuracy** | | | 0.92 | 3928 |
| **Macro Avg.** | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 3928 |
| **Weighted Avg.** | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 3928 |

## 4. DISCUSSION AND CONCLUSION

In this study, the DeiT model has successfully classified skin diseases. The model's ability to work effectively and provide high accuracy even on small data sets are the prominent features of the study. The high AUC values in the ROC curves reveal the model's strong prediction performance. In addition, the F1-score values prove that the model is successful regarding recall and precision by showing a balanced performance between classes. Various data augmentation techniques were applied to the data set to increase the model's success. These methods ensured that the model was protected from the overfitting problem and learned different data distributions more effectively. Considering the complexity of skin diseases in clinical imaging methods, such data augmentation techniques strengthened the model's generalization ability. In addition, using the AdamW optimization algorithm and the cross-entropy loss function

increased the stability of the training process and enabled the model to learn faster. The analysis of the confidence curves revealed the model's performance against threshold values in detail and showed that a balanced result was obtained between classes. However, the lower F1-score value in the pigment class compared to other classes indicates that further improvement is needed. This may be due to insufficient data for the pigment class or high intra-class diversity. Future studies can provide improvement by adding more data to this class or using special techniques.

This study has shown that the DeiT model is a strong candidate for the classification of skin diseases. The overall accuracy rate of the model was obtained as 92%, which is quite competitive compared to existing studies. In addition, the high macro average and weighted average metrics between classes show that the model exhibits consistent performance in all classes. Confusion matrix analysis proves the model has high correct classification success and low misclassification rates. It provides an essential basis for evaluating the usability of the DeiT model in clinical settings. The model's performance can be further improved with larger data sets and samples representing different skin types. In addition, the model is thought to be successfully applied in more complex scenarios by using transfer learning and fine-tuning techniques.

In conclusion, the DeiT model used in this study offers a promising method for quickly and accurately classifying skin diseases. This model can contribute to the development of automatic diagnostic tools for telemedicine and remote diagnosis systems in the future. However, further research is required to improve class imbalances and low performance in certain classes.

**Declaration of Competing Interest:** The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this article.

## References

1. Kolarsick, P.A., M.A. Kolarsick, and C. Goodwin, *Anatomy and physiology of the skin*. Journal of the Dermatology Nurses' Association, 2011. **3**(4): p. 203-213.
2. Pugazhenthi, V., et al., *Skin disease detection and classification*. International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS), 2019. **6**(5): p. 396-400.
3. Zwirner, J. and N. Hammer, *Anatomy and Physiology of the Skin*, in *Scars: A Practical Guide for Scar Therapy*. 2024, Springer. p. 3-9.
4. Yousef, H., M. Alhajj, and S. Sharma, *Anatomy, skin (integument), epidermis*. 2017.
5. Carniciu, S., et al., *Secondary psychiatric disorders and the skin*. Dermatological Reviews, 2023. **4**(4): p. 162-171.
6. Rezaoana, N., M.S. Hossain, and K. Andersson. *Detection and classification of skin cancer by using a parallel CNN model*. in *2020 IEEE international women in engineering (WIE) conference on electrical and computer engineering (WIECON-ECE)*. 2020. IEEE.
7. Mampitiya, L.I., N. Rathnayake, and S. De Silva, *Efficient and low-cost skin cancer detection system implementation with a comparative study between traditional*

*and CNN-based models*. Journal of Computational and Cognitive Engineering, 2023. **2**(3): p. 226-235.

8. Cengil, E., A. Çınar, and M. Yıldırım, *Hybrid convolutional neural network architectures for skin cancer classification*. Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 2021(28): p. 694-701.
9. Yıldırım, M. and A. Çınar, *Classification of Skin Cancer Images with Convolutional Neural Network Architectures*. Turkish Journal of Science and Technology, 2021. **16**(2): p. 187-195.
10. Dosovitskiy, A., *An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition at scale*. arXiv preprint arXiv:2010.11929, 2020.
11. Touvron, H., et al. *Training data-efficient image transformers & distillation through attention*. in *International conference on machine learning*. 2021. PMLR.
12. *Url: https://www.kaggle.com/datasets/ascanipek/skin-diseases*.
13. *Google Colab. (n.d.). Google Colaboratory. Retrieved August 17, 2024, from https://colab.research.google.com/*.
14. Loshchilov, I., *Decoupled weight decay regularization*. arXiv preprint arXiv:1711.05101, 2017.
15. Farhadpour, S., T.A. Warner, and A.E. Maxwell, *Selecting and interpreting multiclass loss and accuracy assessment metrics for classifications with class imbalance: Guidance and best practices*. Remote Sensing, 2024. **16**(3): p. 533.
16. Suhaimi, N.S., Z. Othman, and M.R. Yaakub. *Comparative analysis between macro and micro-accuracy in imbalance dataset for movie review classification*. in *Proceedings of Seventh International Congress on Information and Communication Technology: ICICT 2022, London, Volume 3*. 2022. Springer.

# HIGH-PERFORMANCE POISONOUS MUSHROOM DETECTION WITH YOLOV8: ACCURACY AND EFFICIENCY ANALYSIS

**Master's Student, Feti Ahmet ISIK**
Malatya Turgut Ozal University, fetiahmetisik@gmail.com – 0009-0000-3036-740X
**Assoc. Prof. Dr., Muhammed YILDIRIM**
Malatya Turgut Ozal University, muhammed.yildirim@ozal.edu.tr - 0000-0003-1866-4721

## ABSTRACT

Correct identification of poisonous mushrooms is of great importance both in natural foraging activities and in the field of health. Incorrect identifications can lead to serious health problems. Therefore, automatic identification of mushroom species offers a significant advantage over manual methods that require time and expertise. This study used the YOLOv8 object detection model to detect eight different poisonous mushroom species. YOLOv8 stands out with its fast and high accuracy rate, and the most appropriate performance was obtained with appropriate metrics in the experiments. In the training process, the input image size of the network was selected differently, and the most appropriate size was tried to be determined. As a result of the training, the most appropriate object detector model was obtained by changing the input image size to "640×640". The success of the proposed model was evaluated with various performance metrics. Recall is 0.93 for all classes, Precision is 1.00 for all classes, F1-Score is 0.86 for all classes. The average Precision (mAP) is 0.901 and calculated using a threshold value 0.5. This value indicates that the model's overall performance is high and works effectively at various threshold values.

**Keywords:** Artificial Intelligence, Object Detection, Poisonous Mushroom, YOLOv8

## 1. INTRODUCTION

Mushrooms are heterotrophic and spore-forming eukaryotic organisms, do not contain chlorophyll, and live as parasites and saprophytes [1]. Although they usually come to the fore with the diseases or poisoning incidents they cause, they are living beings with countless benefits and areas of use in nature and human life [2]. Identifying mushroom species and incredibly correctly classifying poisonous ones are of critical importance in terms of public health. In studies conducted in our country, the rate of mushroom poisoning among poisonings

has been reported as 2.8% in children and 2.5% in adults [3,4]. Incorrect mushroom identifications can lead to poisonings that can be fatal, and therefore, studies on the automatic classification of mushrooms are of great value.

There are some false beliefs among the public about their distinction, but these have no scientific value. Poisonous mushrooms have an attractive appearance, turn black when a silver fork is inserted into them while cooking, not being eaten by wild animals, and the part that is plucked turns purple [5]. It is very important to inform the public not to consume mushrooms other than cultivated mushrooms [6]. Mushrooms are undoubtedly different from vegetables because they provide a lot of protein and B vitamins [7]. Mushrooms have been studied for their immune-boosting, anti-inflammatory, low-calorie, unsaturated fat, and antioxidant effects [8]. They are used in traditional medicine and are also available as dietary supplements. They increase human immunity, prevent cancer, and help in weight loss. Studies on natural mushrooms from different parts of the world have reported that mushrooms have different biological activities such as antioxidant, antimicrobial, anticancer, antitumor, anti-proliferative, anti-inflammatory, DNA-protective, anti-aging, and anti-allergic [9,10,11].

This study used the YOLOv8 algorithm to identify poisonous mushroom species accurately and quickly. While other studies generally divide mushrooms into two main groups, edible and poisonous, this study aims to identify and classify mushrooms using bounding boxes to develop the classification model and detect mushrooms.

Three more sections are presented in the rest of the article. In the Background section, the YOLO Object Detection Algorithm, dataset, model training metrics, and performance measurement criteria will be examined. In the Experimental Results section, the results of the experiments will be detailed, and the obtained findings will be presented. In the Discussions and Conclusions section, the interpretation of the experimental findings, the limitations of the study, and suggestions for future research will be discussed.

## 2. BACKGROUND

### 2.1. YOLOv8 Object Detection Algorithm

YOLO was introduced to the computer vision community in a paper published by Joseph Redmon et al. in 2015 [12]. The paper reframed object detection as a single-pass regression problem, starting with image pixels and moving on to boundary boxes and class probabilities [13]. This increases speed and accuracy. YOLOv8 is an algorithm capable of faster and more accurate detections than previous versions [14]. YOLOv8's architecture has a structure that includes deeper and more complex layers. This allows the model to detect even more minor details with high accuracy. The model processes images in a single pass, quickly determining the locations and classes of objects. This feature provides a significant advantage in large dataset applications such as mushroom classification.

### 2.2. Dataset and Training Parameters

The dataset used in this study consists of images of various poisonous mushroom species. The images were collected from different angles and lighting conditions, aiming to increase the model's generalization ability. The dataset contains sufficient examples for each mushroom species and is divided into specific proportions for the training, validation, and testing stages [15]. Examples from the dataset are presented in Figure 1.




**Figure 1.** Examples from the dataset

Firstly, it is not possible to train the obtained images directly. Images with different formats and sizes were converted to the same format. Then, the images were labeled in YOLO format with the labelImg [16] tool. The number of images belonging to each category is given in Table 1.

**Table 1.** Number of images for each class in the dataset

| | deadly-galerina | deadly-webcap | death-cap | destroying-angel | fly-agaric | false-morel | fool-s-funnel | eastern-jack-o-lantern |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Train | 464 | 490 | 490 | 546 | 490 | 581 | 497 | 476 |
| Validation | 18 | 20 | 20 | 24 | 20 | 23 | 19 | 24 |
| Test | 12 | 10 | 10 | 12 | 10 | 12 | 9 | 9 |
| Total | 494 | 520 | 520 | 582 | 520 | 616 | 525 | 509 |

The YOLOv8 algorithm was implemented using the TensorFlow library to train the model. The model's performance was optimized for 150 epochs during the training process. Hyperparameters were carefully tuned to ensure the best performance of the model. The learning rate used during the model training was set to 0.005 at the beginning, 0.00005 at the end, batch_size = 32, and other parameters were fine-tuned. The training process was performed using Google Colab A100 GPU [17], and the model's progress was continuously monitored throughout the training period.

## 3. RESULTS

This study demonstrated the effectiveness of the YOLOv8 algorithm for automatically classifying poisonous mushrooms, and it could successfully distinguish various mushroom species. The accurate detection of poisonous species, which are of critical importance in mushroom classification, significantly increases the usability of this model in practical applications. Various metrics are used to evaluate the model's performance in this study. This study investigates the detection of 8 different poisonous mushroom species using the YOLOv8 object detection algorithm. During the training process, the input image resolution of the network was changed to "416×416", "640×640", "832×832", "1024×1024" and "1440×1440" and the most appropriate model was tried to be determined. As a result of the training, the most appropriate object detector model was obtained by changing the input image size to "640×640". The success of the proposed model was evaluated with various performance metrics. Sensitivity (Recall) was measured as 0.93 for all classes, indicating that the model correctly captured many positive examples. Precision (Precision) was calculated as 1.00 for all classes, indicating that all of the model's optimistic predictions were correct. F-measure (F1-Score) was 0.86 for all classes, indicating a good balance between precision and recall. Average Precision (mAP) was 0.901, calculated using a threshold value 0.5. This value indicates that the model's overall performance is high and works effectively at various threshold values. The results obtained in this study were analyzed in detail using various metrics and visualizations to evaluate the model performance. The results include various matrices and curves reflecting the overall success and performance of the model. The resulting curves of the model are presented in Figure 2.

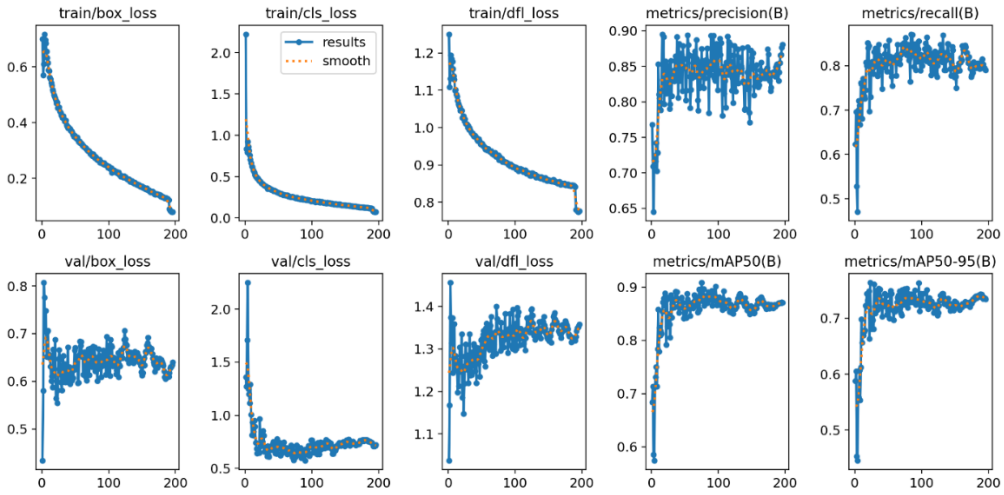



**Figure 2.** Result curves of the model

The F1-measure curve shows the balance between precision and recall. The F1-measure is the harmonic mean of the precision and recall values and shows that the model optimizes both metrics in a balanced manner. This curve provides an important indicator for evaluating the overall success of the model. The F1-Confidence curve of the model is presented in Figure 3.

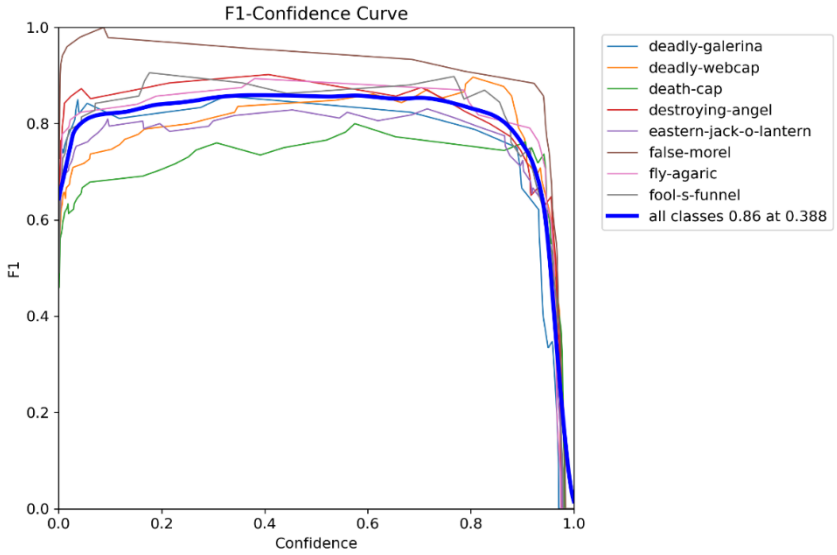



**Figure 3.** F1-Confidence curve of the model

Precision and Recall curves allow evaluation of the model's performance at different threshold values. The precision curve shows the accuracy of positive predictions, while the recall curve represents the ability of the model to capture all true positive examples. These curves are useful for visualizing the model's various performance levels and equilibrium states. The precision-recall curve of the model is presented in Figure 4.

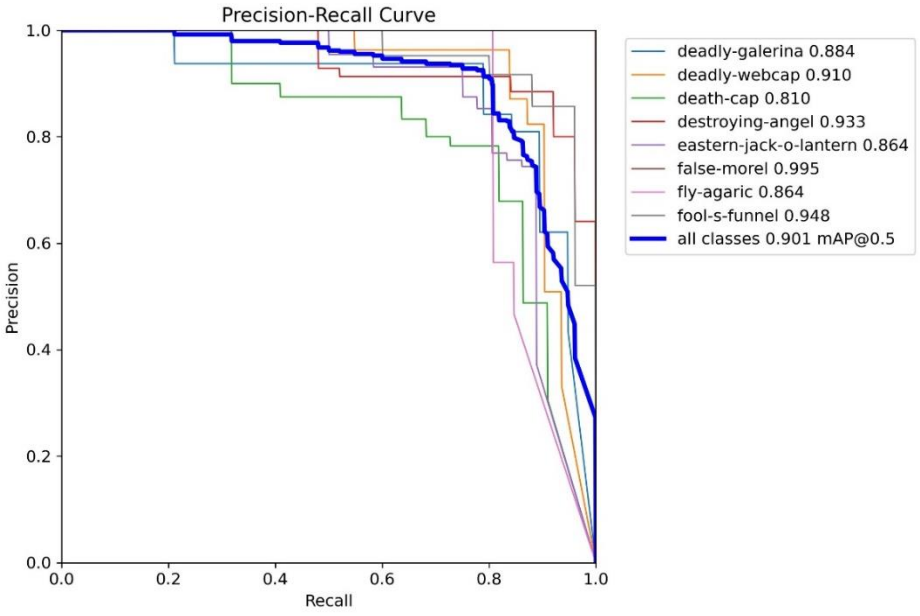



**Figure 4.** Precision-recall curve of the model

AP values for each class according to the Precision-Recall curve are presented in Table 2.

**Table 2.** AP value for each class according to the Precision-Recall curve

| Mushroom Species | Deadly Galerina | Deadly Webcap | Death Cap | Destroying Angel | Eastern Jack'o Lantern | False Morel | Fly Agaric | Fools Funnel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AP | 0.884 | 0.910 | 0.810 | 0.933 | 0.864 | 0.995 | 0.864 | 0.948 |
| mAP | 0.901 mAP@0.5 | | | | | | | |

The confusion matrix obtained during the classification of mushroom species is presented in Figure 5.

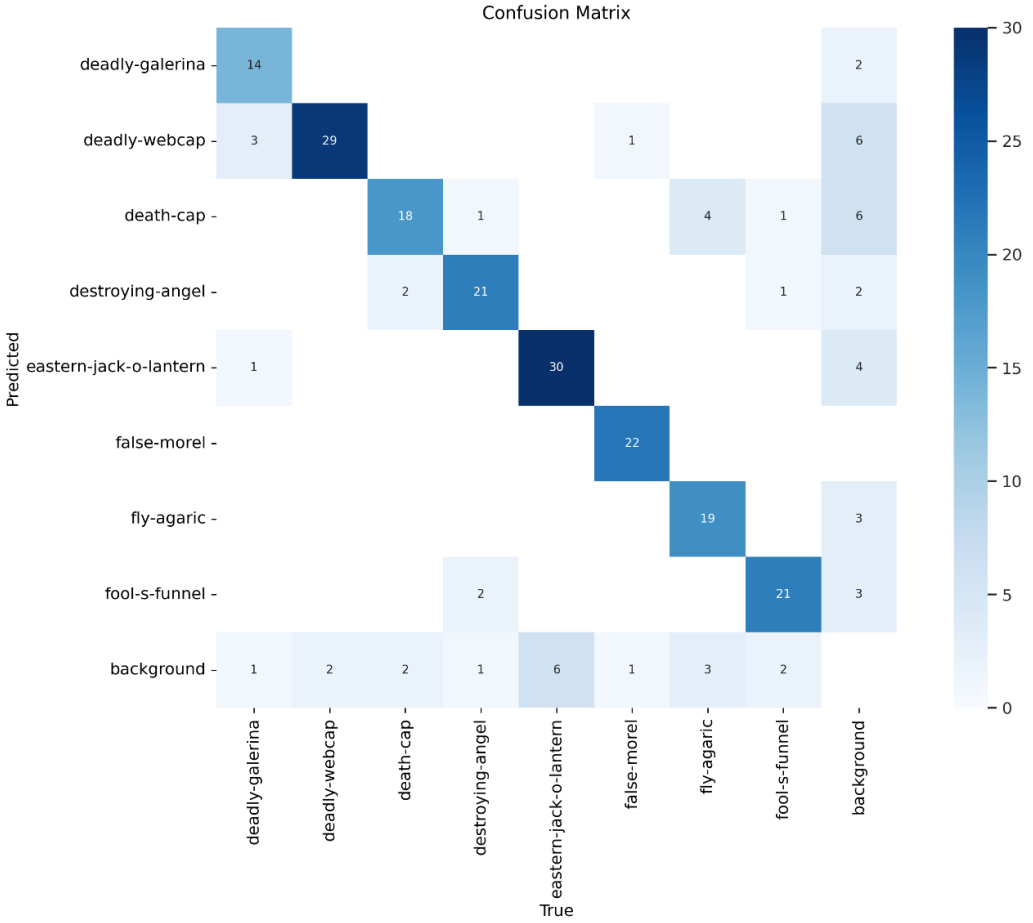



**Figure 5.** Confusion matrix

As a result, the model seems to get confused between some classes. In particular, errors were made between Deadly Galerina, Deadly Webcap, Death Cap, and Background. Also, background images were sometimes misclassified as poisonous mushrooms, indicating that the model had difficulty identifying the background.
Figure 6 shows images containing correctly predicted mushrooms.

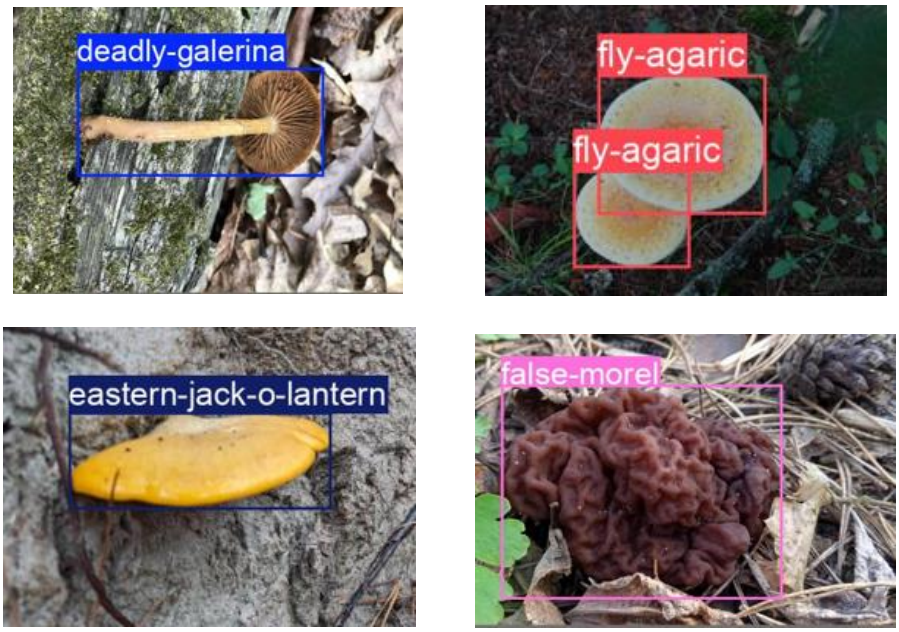



**Figure 6.** Some of the poisonous mushroom species that the model correctly predicted

## 4. CONCLUSION

This study focused on the accurate and rapid detection of poisonous mushroom species. As a result of the literature review, it was observed that mushrooms were generally divided into general categories in the existing studies, and the number of studies that examined specific poisonous species in detail was quite low. Therefore, it was limited to directly comparing the results of this study with similar studies. The success of the YOLOv8-based model in detecting poisonous mushroom species was quite high, and impressive results were obtained in terms of general accuracy and class-based performance. This study can significantly contribute to the existing literature on the detection and classification of poisonous mushrooms and can form the basis for future research.

**Declaration of Competing Interest:** The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this article.

## References

1. Coşkun, N. C., & Kaya, E. (2020). Zehirli Mantar Toksinlerinin Analiz Yöntemleri. Konuralp Medical Journal, 12(1), 148-158.
2. Pekşen A. Mantar zehirlenmeleri ve başlıca zehirli mantarlar. Ordu'da Gıda Güvenliği Dergisi 2015;25(6).
3. Öntürk YA, Uçar B. Eskişehir bölgesinde çocukluk çağı zehirlenmelerinin retrospektif değerlendirilmesi. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi. 2003; 46: 103-113.

4. Akköse A Ş, Köksal Ö, Fedakar R, Emircan Ş, Durmuş O. 1996-2004 yılları arasındaki erişkin zehirlenme olguları. Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi. 2006; 32(1): 25-27.
5. Mısırlıoğlu, Emine Dibek, and Selda Hızel Bülbül. "Mantar Zehirlenmeleri [Mushroom Poisonings]." TAF Preventive Medicine Bulletin, vol. 8, no. 3, 2009, pp. 281-284.
6. Mantar Zehirlenmeleri. Zehir Araştırmaları Seri No 6. T.C Sağlık Bakanlığı Refik Saydam Hıfzısıhha Merkez Başkanlığı, 1995.
7. Sivakannan Subramani, Imran A F, Abhishek TTM, Sanjay Karthik M, Yaswanth J, Deep Learning Based Detection of Toxic Mushrooms in Karnataka,Procedia Computer Science,Volume 235,2024,Pages 91-101.
8. Ketwongsa, Wacharaphol & Boonlue, Sophon & Kokaew, Urachart. (2022). A New Deep Learning Model for The Classification of Poisonous and Edible Mushrooms Based on Improved AlexNet Convolutional Neural Network. Applied Sciences. 12. 3409.
9. Bae, Man-Jong, et al. "Effect of Mycelia Extracts from Lentinus edodes Mushroom-Cultured Astragalus membranaceus Bunge on Anti-cancer and Anti-allergy Activities." Journal Name, vol. X, no. X, 2007, pp. X-X.
10. Osman, Ali, and Abbas O. Toliba. "Hepatoprotective Effects of Crude Phenolic-rich Extract from Oyster Mushroom (Pleurotus ostreatus)." Journal Name, vol. X, no. X, 2019, pp. X-X.
11. Sevindik, Mustafa. "Investigation of Oxidant and Antioxidant Status of Edible Mushroom Clavariadelphus truncatus." Journal Name, vol. X, no. X, 2018, pp. X-X. DOI: 10.30708/mantar.427457.
12. Redmon, J.; Divvala, S.; Girshick, R.; Farhadi, A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. In Proceedings of the 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, 27–30 June 2016; pp. 779–788.
13. Hussain, Muhammad. "YOLO-v1 to YOLO-v8, the Rise of YOLO and Its Complementary Nature toward Digital Manufacturing and Industrial Defect Detection." Machines, vol. 11, no. 7, 2023, p. 677.
14. Jocher, G., Nishimura, K., Mineeva, T., Vilariño, R. (2022). YOLOv8. https://github.com/ultralytics/yolov8. Accessed August 2024.
15. Roboflow. "Poisonous American Mushrooms." Roboflow Universe, universe.roboflow.com/ai-and-natural-history-ln0hp/poisonous-american-mushrooms. Accessed 28 Aug. 2024.
16. https://github.com/tzutalin/labelImg, Accessed January 2021.
17. Google Colab. (n.d.). Google Colaboratory. Retrieved August 17, 2024, from https://colab.research.google.com/

# ÜCRETSİZ ÖZGÜR HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ

**Dr. Öğr. Üyesi, MURAT KAPUSUZ**

Sinop Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, mkapusuz@sinop.edu.tr - 0000-0002-2243-8551

## ÖZET

Bu çalışmada birincil amaç olarak hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizlerinde açık kaynak, ücretsiz yazılımların kullanımı teşvik edilerek ticari yazılımların kısıtlamalarından kurtulunması ve ticari yazılımların satın alınmadığı üniversitelerde ve araştırma kurumlarında akışkanlar dinamiği araştırmalarının devamlılığının sağlanmasına yönelik açıklamalar ele alınmıştır. Bu amaç doğrultusunda FreeCad, OpenFoam, ParaView yazılımları sırası ile açıklanmış ve baştan sona tüm hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizi açık kaynak yazılımlarla herhangi bir kısıtlama ve ücretlendirme olmadan hangi yazılımda, hangi sırayla yapılacağı kabaca anlatılmıştır. Çalışma sonucu olarak akışkanlar dinamiği sayısal analizlerinin ortalama özelliklere sahip bir bilgisayar haricinde başka bir külfet olmadan her detayıyla ve her akış modelinde yapılabileceği gösterilmiştir. Ayrıca modelin ve ağ yapılarının çok karmaşık ve düğüm sayısının aşırı olduğu analizlerde yine akademisyenlere ücretsiz olan Türk Ulusal Bilim e-Altyapısı kullanılarak pahalı üst düzey bilgisayarlara gerek kalmadan analizlerin gerçekleştirilebileceği gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** FreeCAD, OpenFoam, ParaView, HAD Analizi, Açık kaynak yazılım

## 1. GİRİŞ

Günümüz itibariyle ticari yazılımların sayısı bir hayli artmış durumdadır. Genel bir değerlendirme yapıldığında her ne kadar ticari yazılımlar hayatımızı kolaylaştırsa da maddi yönünü incelediğimizde büyük külfetlerle karşılaşmaktayız. Özellikle bilimsel alanlarda boy gösteren yazılımlar bireysel imkanlarla alınamayacak durumdadır. Üniversite boyutunda baktığımızda ise yazılımların satın alımları ihtiyaç seviyesi ve yazılım ücreti eş eksenli incelenerek yapılmaktadır. Bu yüzden istenilen her alanda profesyonel ticari yazılımlara ulaşmak çok zordur. Günümüzde ticari yazılımlar kullanımı ciddi düzeyde kolaylaştırmaktadır. Fakat yukarıda sayılan sebepler ulaşımını ve kullanımını sınırlandırmaktadır. Sayılan bu sebepler Türkiye'de hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) alanındaki yapılan çalışmaların kısıtlı kalmasına sebep olmuştur[1]. Bilim camiasının büyük bir kısmı açık kaynak yazılımların yetenekleri ve kapasitesi hakkında bilgi sahibi değildir[2]. Ayrıca bir akademisyen gözü ile baktığımızda bir üniversitenin satın aldığı yazılımı öğrendikten sonra başka bir üniversiteye geçilmesi durumunda, orijinal lisans bulunmaması sebebiyle uzun süreçlerle öğrenilen bilgiler işe yaramaz hale gelmektedir. Tüm bu sayılan dezavantajlar yönünden baktığımızda açık kaynak yazılımlara yönelimler hem açık kaynak yazılımlara olan desteği artıracak, hem de ticari yazılımların mecburi olarak ücretlendirmelerinde düşüşe neden olacaktır. Açık kaynak yazılımları

akademisyenler için belki de vazgeçilmez konuma getirebilecek bir özelliği kodlarının istenildiği gibi yeniden düzenlenebilmesi, amaca yönelik tamamen yeni analiz modellerinin oluşturulabilmesi, bunun sonucu olarak literatüre büyük katkılar sağlayacak özgün yayınların meydana çıkarılabilmesidir. Tüm bu anlatılanların ışığında; bu çalışmada akademik alanlardan biri olan HAD alanında en fazla kullanılan OpenFoam yazılımı tanıtılacaktır. Ayrıca OpenFoam öncesi veri girişi hazırlığı yapılması için kullanılabilen ve yine bir başka açık kaynak yazılım olan FreeCad yazılımı ve son olarak OpenFoam'dan elde edilen çıktıların işlenmesini, görselleştirilmesini sağlayan ParaView yazılımı tanıtılacaktır. Tüm bu yazılımların birbiri ile ilişkisi ve baştan sona bir HAD analizi yapılması için gerekli evreler anlatılacaktır.

Bu çalışmada amaç HAD analizinde tüm aşamaların açık kaynak programlarla yapılmasının teşvik edilmesi ve yüksek ücretlendirmelerden bağımsız, akademik çalışmaların sayısının artmasına katkıda bulunmaktır. Açık kaynak yazılımların avantaj ve dezavantajları Çizelge 1'de verilmiştir. Tabloda açık kaynak yazılımların geneli için verilen dezavantajların çoğu bu çalışmada bahsedilen yazılımlar için minimum düzeydedir. FreeCad, OpenFoam ve Paraview için video, metin formatında eğitim dökümanları ve forum siteleri bulunmaktadır[3–5]. Özellikle aşılamayan bir sorun olduğunda çözüm internet üzerinde bulunamadığında ilgili yazılımın forum sitesi üzerinden soru ile ilgili konu açılarak dünya geneli bu yazılımlarda uzmanlaşmış gönüllü kişilerden en zor sorulara bile ortalama 3 – 4 gün gibi sürelerde cevap alınmaktadır[6–8]. Bu yönü bu yazılımları ticari yazılımların aktif desteği karşısında güçlendirmektedir.

**Çizelge 1. Açık kaynak yazılımların avantaj ve dezavantajları [2]**

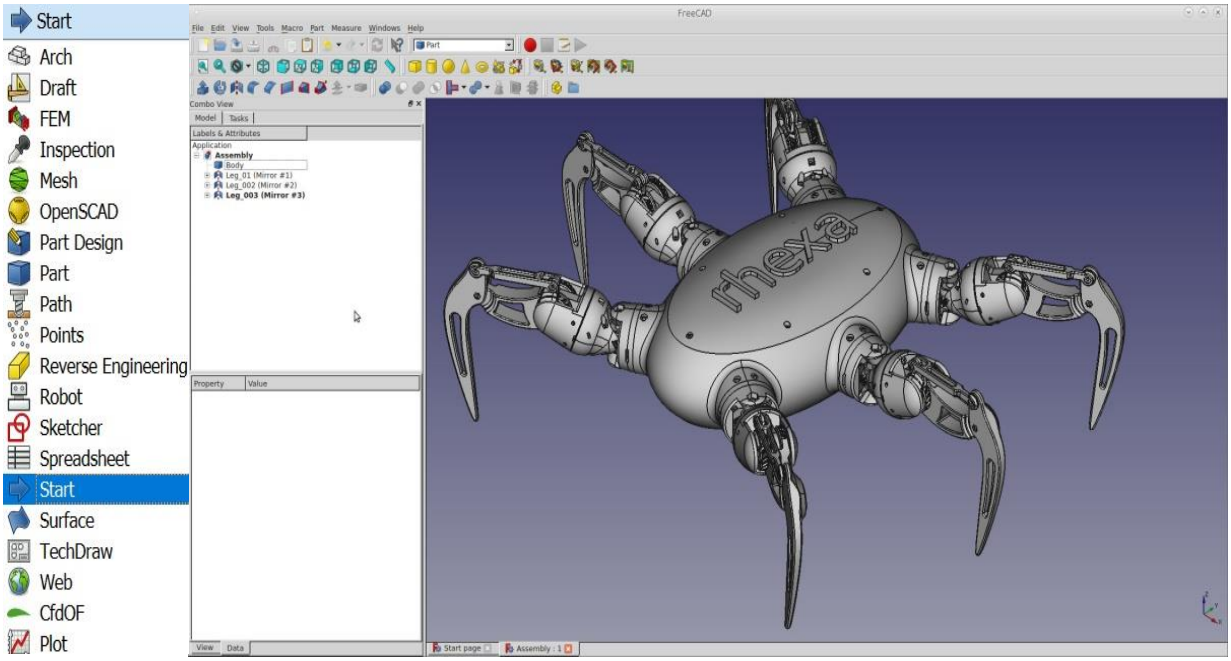
| ***Avantajları*** | ***Dezavantajları*** |
|---|---|
| Ücretsiz olması | Eğitim notları ve videolarının az olması |
| Esneklik ve özelleştirme | Mevcut yazılımlara uyumluluk sorunları |
| Kullanıcı ve geliştirici topluluğu desteği | Sorun için direk yardım desteğinin az olması |
| Sürekli gelişim ve güncellemeler | Kararlılığın kullanıcı tarafından kontrol edilmesi, stabil olmayan yazılım ihtimali |
| Şeffaflık | Bazı gelişmiş özelliklerin bulunmama ihtimali |

## 2. KULLANILAN AÇIK KAYNAK YAZILIMLAR

### 2.1. FreeCad

FreeCad ticari veya akademik amaçlı her iki durumda da tamamen ücretsiz bir yazılımdır. En birincil amacı mekanik tasarım olsa da birçok eklenti bulundurması itibariyle mühendislik alanında çok farklı amaçlara hizmet etmektedir. Geliştirmeye tamamen açık olup, en yaygın kullanıldığı alan makine mühendisliği olmasının yanında diğer mühendislik ve mimarlık alanlarında da kullanılmaktadır. Catia, Solidworks, Inventor gibi yazılımlara güçlü ve ücretsiz bir alternatiftir. En önemli avantajlarından biri Linux, Windows ve Mac OS'da birbirine neredeyse aynı denilecek düzeyde benzer arayüzlerle çalışmasıdır. Ayrıca güçlü bir forum desteğine sahip olup güncel şekilde oluşabilen sorunlara cevap alınabilmektedir. Küçük düzeyde nadiren yazılımsal hatalar olsa da bunlar günbegün sürekli verilen güncellemelerle giderilmektedir. Kullanıcı arayüzü gayet basit olup geliştirilen araç kutuları birçok işlemi

hızlandırmaktadır. İlk yükleme ile gelen araç kutularına ek olarak birçok eklenti "addon manager" yardımıyla ihtiyaç alanına göre yüklenebilmektedir. Bu yönü ile çok güçlü bir yazılımdır. Özellikle "part" araç kutusu birçok çizimi hızlandırmak amacıyla standart parçaların kısayoldan çizimine ve özel çoklama yöntemlerine yönelik kolaylık sağlamak amacıyla tasarlanmıştır.




**Görsel 1. FreeCad araç kutuları (solda) ve arayüzü (sağda) [9]**

### 2.2. OpenFoam

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) dendiğinde akla gelen ilk ücretsiz açık kaynak yazılım OpenFoam'dur. Eş zamanlı kimyasal reaksiyon ve ısı transferi içeren türbülanslı karmaşık akışları modelleyebilir. Ayrıca katı mekaniği, elektromanyetizma gibi alanlarda da gerekli özelliklere sahiptir[9]. Doğru parametre ve ağ yapısı ayarları ile analiz başarısı diğer çoğu ticari yazılımdan yüksektir[10]. Tüm parametrelerinin ve veri giriş dosyalarının düzenlenebilir ve satır eklenebilir olmasından dolayı alanında özgün yayınlar yapabilmek için çok güçlü bir araçtır. Akademik amaçlarla kullanılabilecek en güçlü açık kaynak yazılımlardan biri olduğu söylenebilir[11]. Her 6 ayda bir güncellenen yazılım geliştirme ortakları ve alanında uzman müşterileri tarafından test edilir. Testler doğruluk davranışını, bellek kullanımını, kodlama başarısını, ölçeklenebilirliği ölçmektedir[9]. Tıpkı FreeCad'de olduğu gibi OpenFoam yazılımı da Windows, Linux, Mac OS platformlarında çalışabilmektedir. OpenFoam'un ticari yazılımlara göre en büyük dezavantajı, kullanıcı dostu bir arayüzünün bulunmamasıdır. Fakat *bu dezavantaj FreeCad ve Paraview yazılımlarından yararlanılarak egale edilmektedir.* Özellikle *Freecad-CfdOF eklentisi analizin sonuçlarının görüntülenmesi kısmına kadar tamamıyla OpenFoam arayüzü olarak çalışmaktadır*. FreeCad-OpenFoam-ParaView üçlüsünün birbirine bağlı şekilde kurulumuna yönelik yönlendirmeler çeşitli forumlarda ve video barındırma sitelerinde bulunmaktadır[12–15].

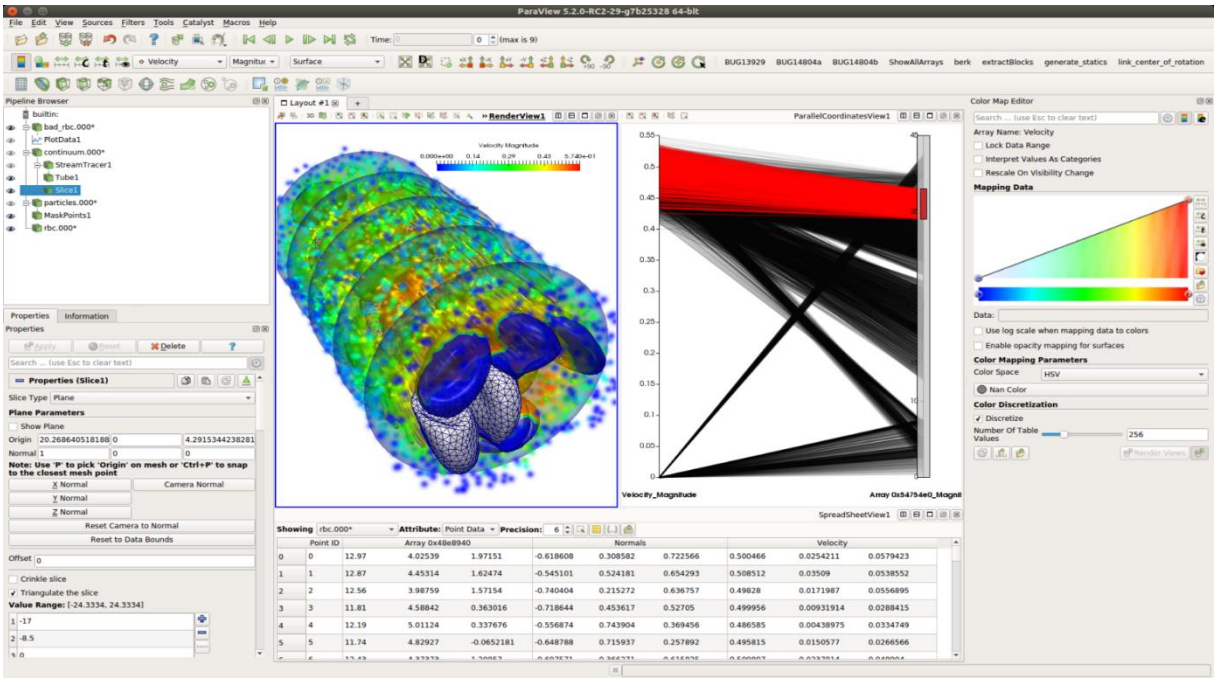
Standart en çok kullanılan model ve parametreler FreeCad-CfdOF eklentisinde hazır olarak bulunmaktadır. Bunların harici bir modele ihtiyaç duyulması durumunda ise eklenti içerisinde çözücü (solver) sekmesinde bulunan "edit" butonu yardımı ile, OpenFoam'a gönderilen "text" dosyaları düzenlenebilir halde açılmaktadır. Yapılan küçük değişikliklerle istenilen her model çalıştırılabilmektedir. Burada OpenFoam kullanıcılara çok güçlü model havuzu sunmaktadır. Yapılan yeni katkılarla model havuzu her gün büyümektedir. Sık kullanılan "k-omega-SST", "k-epsilon", "realizable k-epsilon", "RNG k-epsilon", "Spalart Allmaras" gibi "Reynolds-Averaged Navier–Stokes" (RANS) modelleri, "Large Eddy Simulation" (LES) ve "Detached Eddy Simulation" (DES) gibi ileri seviye türbülans modelleri bunlardan bir kaçıdır[1].

OpenFoam çok fazla kütüphaneye sahip olması nedeni ile neredeyse tüm HAD problemlerine cevap verecek altyapıya sahiptir[16]. OpenFoam hareketli ağlar, dönel mekanizmalar gibi çok karmaşık analizlerde bile başarılı sonuçlar verdiğini kanıtlamıştır[17]. Yine zamana bağlı değişen çözümlerde doğru model seçimleri ile OpenFoam yüksek başarılı analiz sonuçları verecektir[18]. OpenFoam ısı transferinin bulunduğu çalışmalarda da oldukça başarılıdır[19,20]. OpenFoam'un nesne yönelimli $C^{++}$ ile yazılmış olması ise kullanıcılara kendi alt modellerini geliştirmek için kod ortamı sağlar[16].

OpenFoam'da sonuçlar elde edildikten sonra sonuçların görselleştirilmesi ve grafik haline getirilmesi Paraview yazılımı ile yapılmaktadır.

### 2.3. ParaView

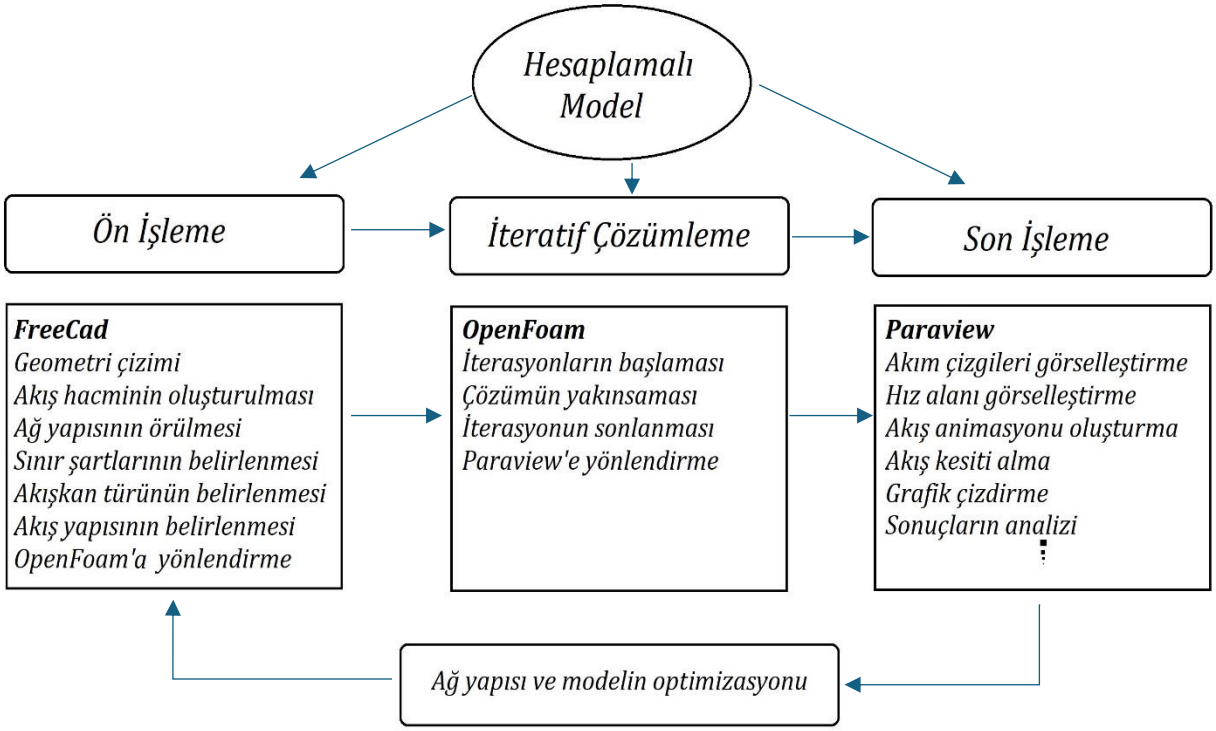
Paraview yazılımı birçok programdan elde edilen veri setlerini okuyabilen ve grafik veya animasyon şeklinde görselleştirebilen güçlü bir yazılımdır. Çok fazla sayıda dosya formatını okuyabilmektedir. Çok büyük ölçekteki veri dosyalarını zorlanmadan işleyebilir (bilgisayar donanımına bağlı olarak). Kullanımı basit ve kapsamlı bir arayüze sahiptir. Çok fazla düzenleme seçeneğine sahip olup, istenilen her açıda ve kesitte hareketli veya hareketsiz akış görüntüleri sağlanabilmektedir. Büyük bir kullanıcı topluluğu ve geliştirici desteğine sahiptir. Çok yönlü bir program olmakla birlikte burada akışkanlar dinamiği görselleştirmelerindeki kullanımına değinilecektir.



**Görsel 2. Paraview arayüzü [22]**

## 3. HAD ANALİZİNİN UYGULANMASI

Had analizi için ilk başlangıç aşaması akışkanın oluşturduğu hacim ve şeklin belirli yöntemlerle analiz bölgesi olarak oluşturulmasıdır. Bilinen en genel yöntemlerden biri yeterli büyüklükte belli bir prizmatik hacim içerisinden; üzerinden akışın gerçekleşeceği cismin, bulunacağı konumda sabit olacak şekilde çıkarılmasıdır. Geriye kalan akışkanın hareket ettiği hacim analiz bölgesini meydana getirir. Bu işlem tüm Cad programlarında yapılabilmekle birlikte burada FreeCad tercih edilmektedir. Freecad'in "part", "part design", "sketcher" gibi araç kutuları tasarım çizimlerini kolaylaştırmaktadır. FreeCad üzerinde çizim tamamlandıktan sonra analiz



bölgesinin sınır şartları, akışkan çeşidi, akış alanı şartları belirlenir. Bunu yapmak için CfdOF eklentisi kullanılır. Daha sonra aynı eklenti üzerinde "cfmesh", "gmsh" veya "snappyhexmesh" mesh araçlarından biri kullanılarak analiz bölgesinin ağ yapısı oluşturulur. Ağın istenilen her bölgesinde istenilen ayarda daha hassas örgüler oluşturmak mümkün olmakla birlikte çözüm başarısında çok önemli bir gerekliliktir. Ağ yapısı tamamlandıktan sonra analiz için CfdOF eklentisi içerisinden çözücü (solver) içerisine girilerek oluşturulan girdi dosyalarıyla OpenFoam analizi çalıştırılır. *OpenFoam iterasyona başladıktan sonra artıkların (residuals) grafiği FreeCad tarafından görüntülenmektedir*. Burada artık aslında iteratif çözüm sırasında eşitliklerin sağı ile solu arasındaki farktır[21]. Bu fark tolerans değerleri altına düştüğünde çözüm yakınsamış sayılır. Tolerans değerleri genellikle $10^{-3}$-$10^{-4}$ civarında alınır. Çözümün yeterli olduğuna karar verildikten sonra ParaView programı FreeCad üzerinden çağrılarak Openfoam'dan elde edilen çözüme bağlı veri dosyaları işlenir. Bu veri dosyaları kullanılarak akışın herhangi bir bölgesinde kesit görünüm; statik veya dinamik olarak oluşturulabilir. Veya akışa ait glif (gliph) yapıları çizilerek anlık hız büyüklükleri ve doğrultuları görüntülenebilir.

**Görsel 3. Açık kaynak had analizi safhaları**

Burada verilen örnekler akışkanlar dinamiği için en fazla kullanılan yöntemler olup ParaView programında burada sayılamayacak kadar çok statik ve dinamik görüntüleme seçeneği bulunmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken akışı okuyucuya en iyi anlatabilecek ve yorumlarken en açıklayıcı olacak yöntemin ve düzlemin seçilmesidir. Duruma göre birçok düzlemde eş zamanlı akış verileri gösterilebilir. ParaView üzerinde veri dosyasına bağlı olarak hız, basınç, yoğunluk, sıcaklık gibi birçok parametre dağılım halinde veya duruma göre vektörel olarak gösterilebilir.

### 3.1. Türk Ulusal Bilim e-Altyapısı (TRUBA)

Gerçek adı Tübitak Ulakbim Yüksek Başarımlı ve Grid Hesaplama Merkezi olan TRUBA'nın temelleri 2003 yılında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından oluşturulmuştur[22]. Yüksek lisans düzeyinden itibaren tüm araştırmacı ve akademisyenlere destek verilen TRUBA sahip olduğu süper bilgisayarlar sayesinde işlem süresini minimuma indirmektedir[23]. Sistem dahilinde kullanıcılara verilen işlem çekirdek ve süreleri fazlasıyla yeterli durumdadır. TRUBA üzerinden yapılan uluslararası makaleler için, bildirilmesi durumunda normal kullanım hakkına ek süreler tanımlanmaktadır. Burada HAD analizlerinin önündeki en büyük engellerden biri olan yüksek hesaplama ve bellek maliyeti sıfırlanmış olmaktadır. Özellikle karmaşık geometrili ve çok fazla işlem gerektiren modellemelerde önemli bir başarım basamağı konumundadır. Hatta öyle ki son zamanlarda HAD analizlerinin TRUBA yardımıyla yüksek çözünürlükte araştırılıp araştırılmadığı sorusu sorulmakta, evet olarak cevaplanması çalışmanın başarısının yüksek olduğuna dair pozitif bakış açısı sağlamaktadır.

Sistem linux tabanlı çalışmakta olup veri güvenliği yüksek düzeydedir. Sisteme Linux, Windows veya IOS işletim sistemlerinden OpenVPN yazılımı ile bağlanılabilmektedir[24].

Kullanıcılar için bir kullanıcı arayüzü oluşturulmakta, açık kaynak veya lisansı bulunan yazılımlar yüklenebilmektedir. Verilen hesaplama emirleri işlem kuyruğuna alınmaktadır. Belirlenen süre sonunda da sonuçlara ulaşılmaktadır.

## 5. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Genel itibariyle incelendiğinde her ne kadar ticari yazılımların kullanımı kolay ve basit arayüzlere sahip olsalar da aşılamaz derecede yüksek fiyatlandırmalar, kurum değiştirildiğinde yazılımın taşınamaması, yazılımın sağladığı seçeneklerin dışına çıkılamaması gibi sebepler açık kaynak yazılımlara yönelimi artırmaktadır. Araştırmacılar öğrenme ve kullanım kolaylığından dolayı öncelik olarak ticari yazılımları tercih etmektedirler. Fakat özellikle akademik amaçlı çalışmalarda özgünlüğün aranması OpenFoam açık kaynak yazılımını benzersiz kılmaktadır. FreeCad benzeri birçok ücretsiz Cad yazılımı bulunsa da birçok eklentisi bulunması, sürekli güncellenmesi, güncel ve yoğun forum desteği ile sorunlara çözümlerin daha kolay bulunması diğer ücretsiz yazılımlara göre çok güçlü avantajlarıdır. ParaView yazılımına gelecek olursak tüm kullanım kolaylığı, kapsamlı ve çok fazla düzenleme seçeneği ile ücretsiz olması vazgeçilmez bir avantajdır. Bu yazıda ele alınan üç yazılımın da web ortamında çok sayıda eğitim videoları bulunmaktadır. Bu avantaj da yine diğer açık kaynak yazılımlara göre öne çıkmalarını sağlamaktadır. Bu çalışma ile akışkanlar dinamiği analizinde sırasıyla tüm işlemlerin tamamen açık kaynak kodlu olacak şekilde özgür ve ücretsiz çözümlenebileceği gösterilmiştir.

## KAYNAKÇA

[1] Kaya, E., Şimşek, E., Şentürk, U., *Açık Kaynak Kodlu Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Çözücüsü "OpenFoam."*, Mühendis ve Makine, 25–35, 2022.

[2] Kodman, J., B., Singh, B., Murugaiah, M., *A Comprehensive Survey of Open-Source Tools for Computational Fluid Dynamics Analyses*. Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences, 119:123–48, 2024.

[3] https://www.paraview.org/tutorials/
(Erişim tarihi: 11.10.2024)

[4] https://www.openfoam.com/documentation/tutorial-guide
(Erişim tarihi: 11.10.2024).

[5] https://wiki.freecad.org/Tutorials
(Erişim tarihi: 11.10.2024).

[6] https://www.cfd-online.com/Forums/paraview/
(Erişim tarihi: 12.10.2024).

[7] https://forum.freecad.org/
(Erişim tarihi: 13.10.2024)

[8] https://www.cfd-online.com/Forums/openfoam/
(Erişim tarihi: 15.10.2024)

[9] https://wiki.freecad.org/Screenshots
(Erişim tarihi: 12.10.2024)

[10] https://www.openfoam.com/
(Erişim tarihi: 10.10.2024)

[11] Yaldır, C., E., *Mach 1.5 Süpersonik Kavite Akışının Açık Kaynak Yazılımla Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Analizleri ve Sonuçların Ticari Yazılım Simülasyonları İle Karşılaştırılması,* TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018.

[12] https://www.resolvedanalytics.com/theflux/comparing-cfd-software-part-2-open-source-cfd-software-packages
(Erişim tarihi: 17.10.2024)
[13] https://solvercube.com/courses/installation-tutorials/lessons/freecad-cfd-workbench-with-openfoam-v2106-2/
(Erişim tarihi: 19.10.2024)
[14] https://solvercube.com/courses/installation-tutorials/
(Erişim tarihi: 19.10.2024)
[15] https://www.youtube.com/watch?v=xyX9hQgc89o
(Erişim tarihi: 12.10.2024).
[16] https://www.youtube.com/watch?v=EpzLt1WIm8A
(Erişim tarihi: 14.10.2024)
[17] Chen, G., Xiong, Q., Morris, P., J., Paterson, E.,G.,, Sergeev, A., Wang, Y., *OpenFOAM for computational fluid dynamics*. Notices of the AMS 61:354–63, 2014.
[18] Heinrich, M., Schwarze, R., *Simulation and validation of the compressor stage of a turbocharger using openfoam*. 8th Institution of Mechanical Engineers–8th International Conference on Compressors and their Systems, p. 659–67, 2013.
[19] Capurso, T., Bergamini, L., Torresi, M., *Design and CFD performance analysis of a novel impeller for double suction centrifugal pumps*. Nuclear Engineering and Design 341:155–66, 2019.
[20] Kaya, E., Şentürk, U., *Bir Halkasal Bölgedeki Doğal Taşınımla Isı Transferinin Açık Kaynak Kodlu Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Analizi*, ULIBTK'19 22th Congress of Thermal Sciences and Technology, Kocaeli, 2019.
[21] Greiciunas, E., Borman, D., Summers, J., Smith, S., J., *A multi-scale conjugate heat transfer modelling approach for corrugated heat exchangers*. International Heat and Mass Transfer, 139:928–37, 2019.
[22] https://www.paraview.org/desktop/
(Erişim tarihi: 12.10.2024)
[23] https://www.cfd-online.com/Forums/openfoam-solving/245451-residual-openfoam-fluent.html
(Erişim tarihi: 17.10.2024)
[24] https://www.truba.gov.tr/index.php/truba-olusumu/
(Erişim tarihi: 20.10.2024)
[25] https://portal.truba.gov.tr/
(Erişim tarihi: 20.10.2024)
[26] https://wiki.truba.gov.tr/TRUBA/kullanici-el-kitabi/open-vpn/index.html
(Erişim tarihi: 20.10.2024)

# PERFORMANCE EVALUATION OF MACHINE LEARNING MODELS FOR TIME SERIES ANOMALY DETECTION USING DARTS FRAMEWORK

**Mohamad ALKHOJA**
Karabuk University/ Graduate School of Natural and Applied Sciences,
Department of Computer Engineering,
muhmmad.kh@gmail.com - 0009-0006-8411-3425

**Assist. Prof. Dr. Kürşat Mustafa KARAOĞLAN***
Karabuk University / Faculty of Engineering,
Department of Computer Engineering,
kkaraoglan@karabuk.edu.tr - 0000-0001-9830-7622

## ABSTRACT
Time series (TS) represents a chronological sequence of data recorded at regular intervals and it is critical for behavioral analysis and prediction of systems. Anomalies in TS data are observations that deviate from standard behavioral patterns and are considered early indicators of potential system anomalies. The increasing complexity of systems and data volume necessitates automated detection approaches, as traditional methods prove insufficient for Anomaly Detection (AD). This study conducted a comparative analysis of Regression, CatBoost, XGBoost, and Random Forest algorithms within the Darts Framework for AD in TS data. The performance of these models was evaluated using computational efficiency metrics for optimal AD. Experimental studies utilizing the Numenta NYC taxi dataset demonstrated that while all models achieved accuracy rates exceeding 90% in AD tasks, XGBoost and CatBoost outperformed others with a 93% accuracy rate and showed superior performance in terms of computational efficiency. This study contributes to model selection in real-time AD and offers the potential for adaptation to different application areas.

**Keywords:** Time Series, Machine Learning, Anomaly Detection, XGBoost, CatBoost, Darts Framework.

## 1. INTRODUCTION

Time Series (TS) is any set of data that has been ordered in time and contains information recorded or gathered at fixed intervals [1]. TS data is a cornerstone of modern data analysis. The temporally structured nature of TS data allows research in terms of dynamic patterns that show developments such as trends, seasonality, and dependencies over time [2]. TS analysis is a major constituent of many applications, such as stock market prediction, energy demand forecast, climate modeling, and healthcare analytics [3]. Many of these applications require accurate forecasting together with Anomaly Detection (AD) to ensure that the system is optimized and operationally efficient.

AD identifies data points or patterns that significantly differ from the anticipated behavior [4]. Often indicate something critically important, such as failure of the system, fraud or other irregular activities [5]. The ability of AD lies in their early identification, which can prevent expensive failures, minimize the risks, and boost competent decision-making in real live applications [2], [6]. For instance, predictive maintenance in industrial systems employs AD to spot future downtime due to potential issues [7], [8]. The ability to identify and flag anomalous patterns in temporal data plays a critical role in fraudulent activities, identity or passport documents, insurance claims and healthcare fraud [9], while in finance, it flags unusual market activities indicating fraud or instability.

Recent developments in Machine Learning (ML) have significantly transformed TS-AD, enabling models to efficiently identify complex temporal patterns and nonlinear correlations within datasets [10]. While traditional statistical methods often face limitations in addressing these complexities, ML-based approaches leverage adaptive algorithms and sophisticated feature extraction techniques to effectively handle the intricate nuances of TS data across diverse domains [11]. Ensemble methods such as Random Forest and gradient boosting algorithms like CatBoost and XGBoost have been widely applied to take advantage of their high resistance to noise and their flexibility. These models are designed to apply complex feature selection and weighting mechanisms, which enable the identification of anomalies, even in noisy and incomplete datasets [12]. Furthermore, it has been demonstrated that hybrid frameworks by associating ML algorithms with traditional statistical approaches will witness a surge of improvement in performance by means of knowledge integration specific to the domain and time modeling capability [13]. These models function particularly well when applied to real-world datasets, such as the Numenta NYC Taxi dataset, which provides a benchmark for evaluating AD methodologies [14].

In this study, we implement and compare several forecasting and AD models using the Darts library, which provides specialized tools for TS analysis and a wide range of built-in models. The selected models, including regression methods, CatBoost, XGBoost, and Random Forest, were evaluated for accuracy. The results on the Numenta NYC Taxi dataset show that all the models achieved a high accuracy, exceeding 90%, thus demonstrating their practical applicability in real-world scenarios. Based on this systematic analysis of models, this research Developed a comprehensive comparative analysis framework for evaluating multiple ML

models (Regression, CatBoost, XGBoost, and Random Forest) in TS-AD using the Darts Framework. and give an Implementation and evaluation of a hybrid approach combining ML algorithms with statistical scoring methods (NormScorer and WassersteinScorer) for robust AD, hence contributing valuable insights for both academics and industries in TS analysis.

## 2. PROPOSED APPROACH AND METHODOLOGY

The methodology section describes a comprehensive framework for evaluating ML models in TS-AD tasks. This systematic approach encompasses data preprocessing, model implementation, training, and evaluation phases, ensuring a thorough assessment of each model's capabilities in detecting anomalies within temporal data structures. For this study four different ML models (Regression, XGBoost, CatBoost, and Random Forest) have been employed in order to investigate their application for TS-AD. The experimental framework was implemented using the Darts library, which provides specialized tools and a unified interface for TS analysis. The methodology consisted of three main phases, as illustrated in Figure 1:

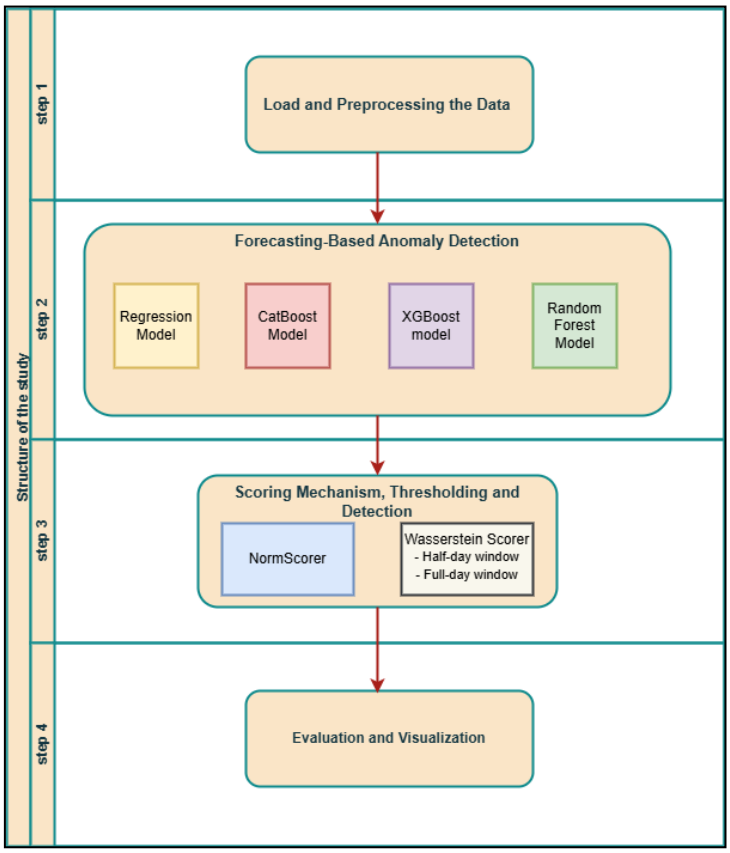



**Figure 1. The Proposed Framework for TS-AD Using ML Models**

The framework used in this study, Darts, a Python library that mimics the scikit-learn for TS analysis, aims to simplify TS processing and forecasting in Python. It integrates various functionalities: data manipulation, model fitting, forecasting, AD capabilities, and backtesting into a single framework. The fit() method is used for training models while the predict() method generates forecasts. This consistent interface allows users to experiment with a wide range of

built-in models. Darts addresses the inherent complexities of TS analysis by integrating various functionalities into a single, consistent API, making it an invaluable tool for data scientists and analysts working with TS data [15].

In step 1 of Figure 1, the publicly available Numenta NYC Taxi Dataset was utilized for this study in the first step. The dataset consists of the number of taxi passengers recorded at regular 30-minute intervals, spanning a defined temporal period. In step 2, the TS-AD approach is based on forecasting-based techniques. Each ML model is trained to predict future TS values utilizing historical data and covariates. the value predicted and the value observed are considered on the same scale which leads to anomaly detection. The implemented supervised ML models comprise the Regression Model, CatBoost, XGBoost, and Random Forest. The Regression Model, a traditional regression technique, predicts the target variable based on lagged values, past observations, and external covariates, providing a flexible integration of ML algorithms into TS analysis through the Darts framework. CatBoost, selected for its capability in handling categorical characteristics and minimal preprocessing requirements, demonstrates high efficiency in TS prediction. XGBoost, implementing a gradient-boosting ML approach, generates sequential weak models that iteratively improve predictions through optimization techniques, effectively handling large, complex datasets [16]. The algorithm processes numeric, categorical, and missing values while an objective function is being optimized using gradient descent. Its efficiency has been demonstrated on various real-world ML applications such as univariate and multivariate TS forecasting with integrated regularization for overfitting prevention. Random Forest, an ensemble learning method based on decision trees, exhibits advantages in both univariate and multivariate TS forecasting through its inherent characteristics: minimal sensitivity to noise and outliers, high accuracy, robustness, feature importance capabilities, adaptability, scalability, and overfitting reduction through tree averaging. These models collectively establish a robust framework for TS-AD in both univariate and multivariate contexts. Step 3 involves quantification of deviations between model predictions and actual observations utilizing the Forecasting Anomaly Model from the Darts library. This framework implements multiple anomaly scoring techniques, including the NormScorer, which calculates the L1 norm (absolute deviation) between predicted and actual values, and the WassersteinScorer, measuring deviations based on Wasserstein distance. The implementation utilizes two temporal configurations: a half-day window for detecting localized deviations and a full-day window for identifying persistent anomalies through longer-interval aggregation. The QuantileDetector applies a thresholding mechanism at the 95th percentile, focusing on the most significant anomalies. This approach converts anomaly scores into binary predictions (1 for anomalies, 0 for regular observations), which are evaluated against ground truth data. The evaluation process incorporates accuracy metrics for comprehensive assessment, with results validated through visualization of predicted anomaly scores against the original TS data. The detected anomalies undergo rigorous comparison with predefined ground truth anomalies in the dataset.

## 3. EXPERIMENTAL SETTINGS

In this section, the experiments in this study were conducted using the Numenta NYC Taxi Dataset, which represents TS data of taxi passenger counts in New York City recorded at 30-minute intervals. The dataset includes known anomalies, as shown in Figure 2, corresponding to events that significantly impact taxi demand, the NYC Marathon (November 2, 2014), Thanksgiving (November 27, 2014), Christmas (December 24-25, 2014), New Year's Eve (December 31, 2014 - January 1, 2015), and a Snow Blizzard (January 26-27, 2015). These anomalies served as ground truth for evaluating the performance of AD models. Prior to model training, preprocessing steps were applied to the data. The raw dataset was converted into a TS object using the Darts framework to make it compatible with all models. Feature engineering was performed by adding cyclic temporal features for the hour of the day and day of the week to capture seasonality and periodicity, encoded as covariates. It was further divided into a training set comprising the first 4,500 data points to ensure the dataset was anomaly-free, enabling the model to learn normal patterns without interference and a test set containing the remaining data points, wherein the train set is used for fitting the models, while the testing set is reserved for scoring anomalies and evaluation.

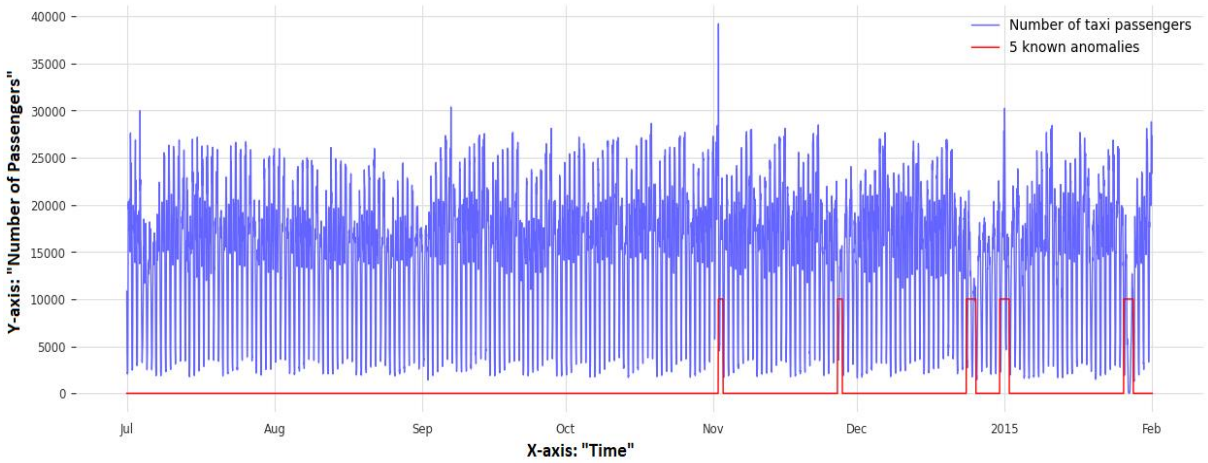



**Figure 2. Temporal Distribution of Known Anomalies in the NYC Taxi Dataset with Highlighted Special Events**

In the experimental setup, hyperparameters, as Table 1 shows, are finely tuned for each model to improve AD performance on the NYC taxi dataset. All models used a lag window of one week (7 days × 24 hours × 2 intervals for 30-minute data) to capture temporal patterns effectively. Cyclic encoders are added to provide features like the hour and day of the week to reflect the repeating periodic pattern that the dataset reveals. The Regression Model similarly used a one-week lag and covariates to maintain consistency. By adding the same temporal and cyclic covariates as the other models, the Regression model provided a baseline for comparison against the other sophisticated ensemble models. The XGBoost and CatBoost models were run with default settings for the boosting algorithms, and they included the same set of covariates and lag structure as the other models. The Random Forest was set to run with 200 decision trees, finding a good compromise between computation time and the accuracy of prediction, while the criterion for splitting focused on minimizing absolute error because it was less

sensitive to outliers and thus quite apt for AD. The model also comprised cyclic encoders and the lag structure for one week.

**Table 1. Hyperparameters of the models and their descriptions.**

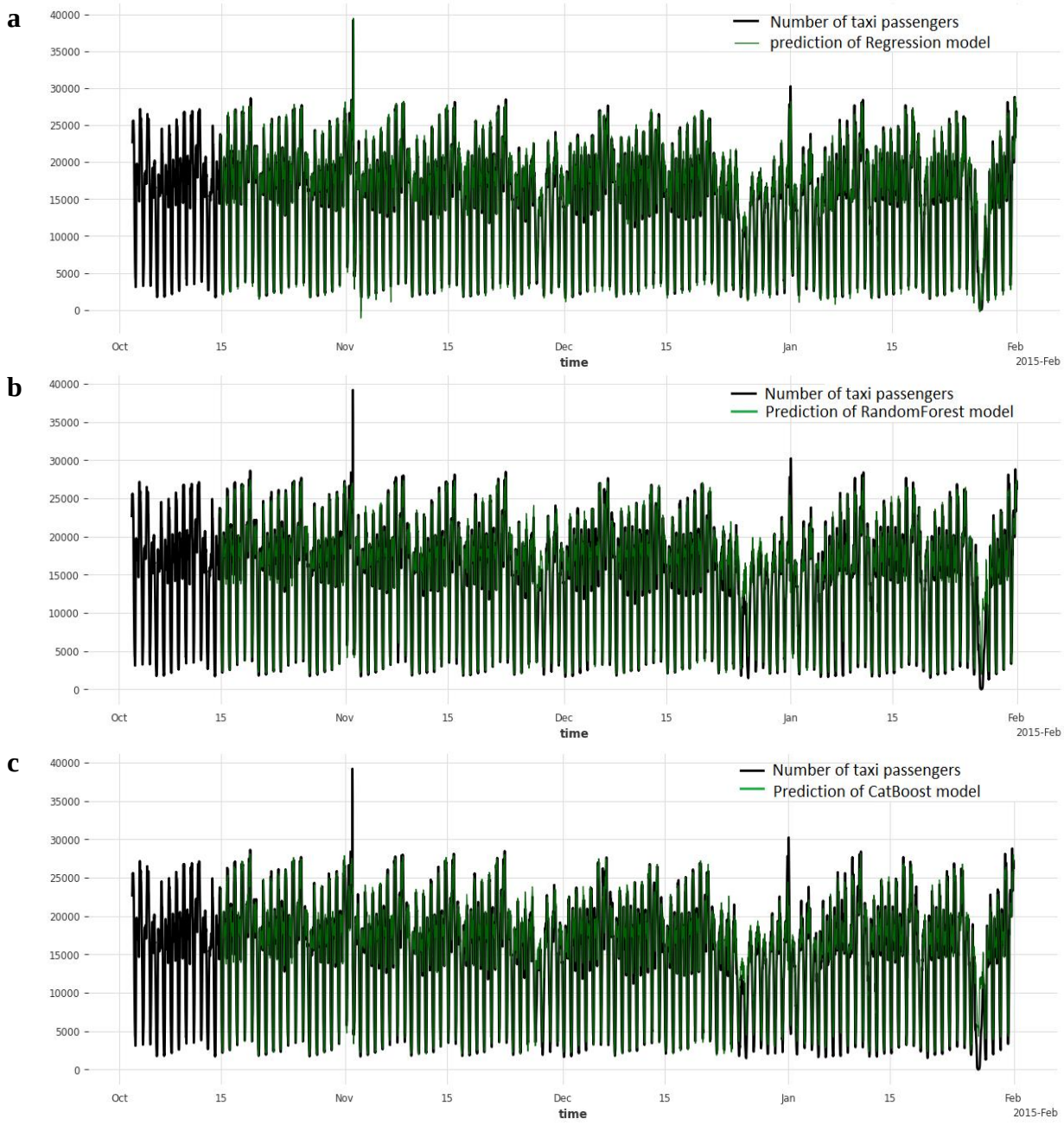
| Hyperparameter | Type/Value | Description |
|---|---|---|
| lags | 7 * 24 * 2 | Calculation of one week (7 days * 24 hours * 2) of 30 minutes specifies historical lags used for forecasting. |
| lags_future_covariates | [0] | Indicates future covariates (e.g., time-based features) used for prediction. |
| output_chunk_length | 1 | Defines the length of the output prediction chunk. |
| add_encoders | cyclic:{"future": ["hour","day of week"]} | Specifies encoders for additional features (e.g., categorical or temporal encodings). |
| n_estimators | 200 | Number of trees in Random Forest model. |
| criterion | absolute_error | Loss function used for RandomForest model. |

The hyperparameters were optimized to maximize model performance while ensuring computational efficiency. The implementation utilizes a one-week window size (336 timestamps) to establish sufficient historical context for pattern recognition, with cyclic encoders capturing the inherent periodicity in the taxi demand data. The analysis employs the Darts ForecastingAnomalyModel class for anomaly identification through comparative analysis of actual values and model predictions. The framework implements three distinct scoring mechanisms for residual analysis: the NormScorer, calculating point-wise anomaly scores via L1 norm for immediate deviation detection; the WassersteinScorer with a 24-timestamp window for half-day period anomaly detection and short-term temporal pattern sensitivity; and the WassersteinScorer with a 48-timestamp window for full-day period score aggregation and persistent anomaly identification. The analytical framework incorporates a QuantileDetector system for converting continuous anomaly scores into binary predictions. This detector implements a high quantile threshold (0.95), enabling the identification of significant deviations through flagging the top 5% of scores as anomalies while maintaining optimal false positive rate control. The integration of scoring mechanisms with detection thresholds establishes a comprehensive approach to anomaly detection within the temporal data structure.

## 4. EXPERIMENTAL RESULTS

This section presents the results and the discussions on the models used for TS-AD. It also presents the training and validation processes supported by graphical results. In addition, the performance results and evaluation of all models are based on the metrics. Figure 3 illustrates the predictions of the four models over time. The slight variations between the actual data and the predictions indicate that these models are very powerful in handling TS data. Among these,

XGBoost and CatBoost models demonstrated superior performance, using their ensemble learning structures to capture the temporal patterns intricately.



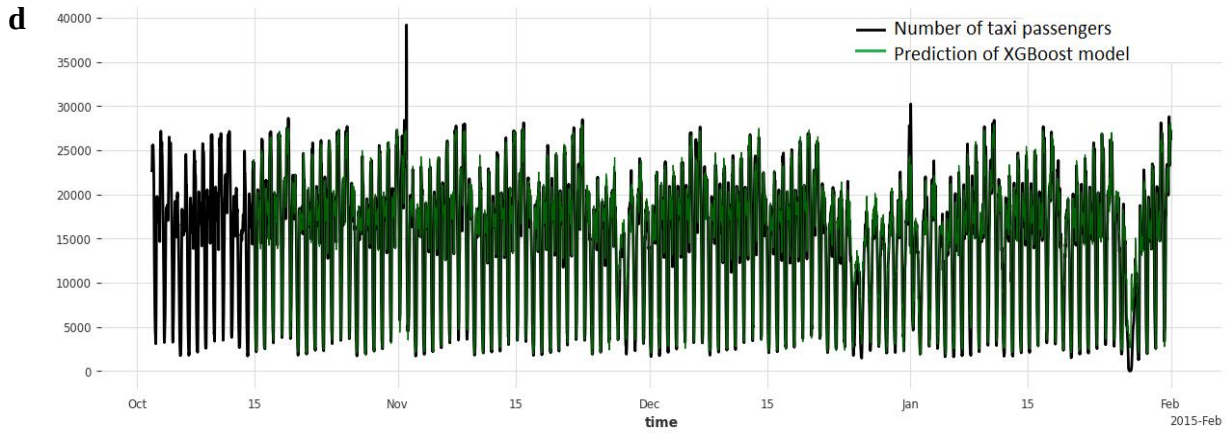



**Figure 3. Model Performance Comparisons: (a) Regression, (b) Random Forest, (c) CatBoost, and (d) XGBoost Predictions vs. Actual Values**

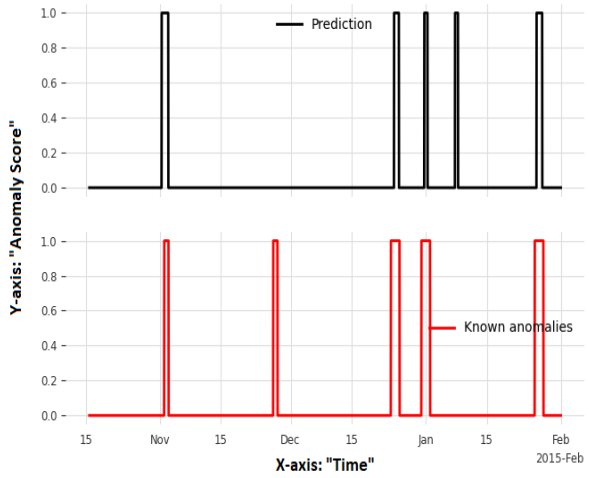
Table 2 presents the comparative analysis of four forecasting models—Regression, Random Forest, CatBoost, and XGBoost—evaluated through AUC-ROC and AUC-PR metrics under three distinct scoring methodologies: Norm (order=1) with a unit window size, WassersteinScorer with 24-timestamp window, and WassersteinScorer with 48-timestamp window. The performance analysis reveals significant variations among the implemented models. The gradient boosting methodologies (XGBoost and CatBoost) demonstrate superior performance across multiple evaluation metrics compared to traditional approaches. The Regression model's initial performance exhibits moderate effectiveness with an AUC-ROC of 0.658 and AUC-PR of 0.216 under Norm scoring. However, its performance significantly improves with expanded window sizes, achieving an AUC-ROC of 0.950 and AUC-PR of 0.688 with the 48-timestamp WassersteinScorer, indicating the temporal context's capacity to mitigate the model's inherent limitations. The Random Forest implementation maintains consistent performance across evaluation methods, achieving an AUC-ROC of 0.758 and AUC-PR of 0.392 under Norm scoring, with enhanced results under window-based scoring methodologies (AUC-ROC: 0.896, AUC-PR: 0.727 for WassersteinScorer-48). The gradient boosting implementations exhibit exceptional capability in processing temporal dependencies and complex patterns within the taxi demand dataset. CatBoost achieves an AUC-ROC of 0.768 and AUC-PR of 0.404 under Norm scoring, with performance metrics increasing to AUC-ROC of 0.919 and AUC-PR of 0.779 under WassersteinScorer (48). XGBoost demonstrates optimal overall performance with WassersteinScorer (48), achieving an AUC-ROC of 0.927 and AUC-PR of 0.789, despite initial Norm scoring metrics (AUC-ROC: 0.742, AUC-PR: 0.328). These results establish the gradient boosting methods' superiority in capturing extended temporal dependencies through expanded window sizes.

**Table 2. Performance Comparison of Models Using Different Metrics**

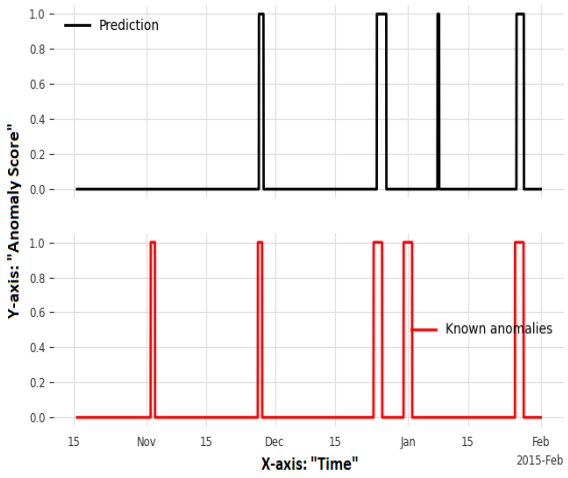
| Model | Scorer | Metrics | |
|---|---|---|---|
| | | AUC_ROC | AUC_PR |
| **Regression Model** | Norm (ord=1)_w=1 | 0.658 | 0.215 |
| | WassersteinScorer_w=24 | 0.884 | 0.609 |
| | WassersteinScorer_w=48 | 0.950 | 0.687 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Random Forest Model** | Norm (ord=1)_w=1 | 0.757 | 0.391 |
| | WassersteinScorer_w=24 | 0.887 | 0.611 |
| | WassersteinScorer_w=48 | 0.895 | 0.726 |
| **CatBoost Model** | Norm (ord=1)_w=1 | 0.768 | 0.403 |
| | WassersteinScorer_w=24 | 0.904 | 0.648 |
| | WassersteinScorer_w=48 | 0.918 | 0.778 |
| **XGBoost Model** | Norm (ord=1)_w=1 | 0.742 | 0.328 |
| | WassersteinScorer_w=24 | 0.911 | 0.653 |
| | WassersteinScorer_w=48 | 0.926 | 0.788 |

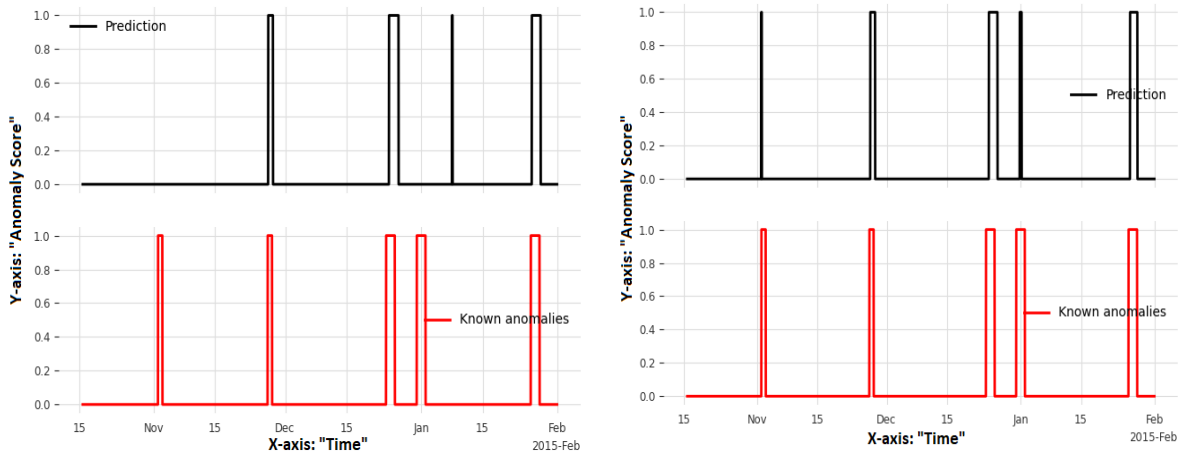
The empirical analysis establishes the enhanced performance of gradient boosting methodologies, particularly evident with expanded window sizes. The WassersteinScorer implementation with 48-timestamp window demonstrates consistent superior performance across all model configurations, highlighting the significance of comprehensive temporal context in time series anomaly detection. The approach uses the Darts QuantileDetector to transform continuous anomaly scores into binary classifications via a systematic evaluation process. This framework uses a high quantile threshold of 0.95, computed from the historical data distributions, to allow focused identification of significant deviations in the temporal patterns. The quantile-based classification methodology designates the upper 5th percentile of scores as anomalous observations, establishing an optimal balance between detection sensitivity and specificity. The analytical foundation comprises absolute residuals from forecasting models, with the 48-timestamp window WassersteinScorer configuration exhibiting superior performance through elevated AUC-ROC metrics. Figure 4 shows a comparative visualization of the detected anomalies against the established ground truth anomalies for each implemented model. The experimental results confirm the efficacy of the detection methodology in identifying temporal anomalies while maintaining minimal false positive rates.




**(a) Regression model anomalies**




**(b) Random Forest model anomalies**




**(c) CatBoost model anomalies** **(d) XGBoost model anomalies**

**Figure 4. Comparison of Detected Anomalies vs. Ground Truth Anomalies for different Models: (a) Regression (b) Random Forest (c) CatBoost (d) XGBoost**

Table 3 presents the accuracy metrics for the four models implemented in this work: Regression, Random Forest, CatBoost, and XGBoost. The experimental results have shown very high detection accuracy across all implementations. The Regression model gives a baseline of 91% accuracy, while the Random Forest implementation exhibits marginally enhanced performance at 92%.

The gradient boosting implementations, CatBoost and XGBoost, both achieve superior accuracy rates of 93%, with XGBoost model outperformed negligibly better in forecasting and anomaly detection capability. Although the performance differentials appear minimal, these variations may have significant implications in practical applications, particularly in scenarios requiring minimized false positive rates. The consistently high accuracy rates across all implementations validate the robustness of the Darts framework for time series anomaly detection applications.

**Table 3. Performance of accuracy metric**

| **Models** | **Performance Metric** |
|---|---|
| | **Accuracy** |
| Regression Model | 0.91 |
| Random Forest | 0.92 |
| CatBoost Model | **0.93** |
| XGBoost Model | **0.93** |

The accuracy results highlight the effectiveness of all implemented models in AD, with gradient boosting methods (XGBoost and CatBoost) showing marginally better performance. These results demonstrate that even traditional methods like regression can achieve competitive performance when properly implemented within the Darts framework.

## 5. CONCLUSION

This research presents a comprehensive evaluation of ML methodologies for TS-AD through the Darts framework implementation, focusing specifically on the Numenta NYC Taxi dataset. The experimental findings demonstrate varying performance levels across different model implementations. The gradient boosting methodologies, XGBoost and CatBoost, achieved the highest accuracy rate of 93%, followed by Random Forest at 92% and the baseline Regression model at 91%. These empirical results establish the enhanced capabilities of contemporary ML algorithms in TS-AD applications. The performance analysis through AUC-ROC and AUC-PR metrics under the WassersteinScorer with 48-timestamp window configuration yielded comprehensive insights. XGBoost demonstrated superior performance with AUC-ROC of 0.926 and AUC-PR of 0.788, closely followed by CatBoost (AUC-ROC: 0.918, AUC-PR: 0.778). The Random Forest implementation achieved AUC-ROC of 0.895 and AUC-PR of 0.726, while the Regression model showed significant improvement with extended window size, reaching AUC-ROC of 0.950 and AUC-PR of 0.687. These results validate the effectiveness of incorporating broader temporal context through the WassersteinScorer methodology.

Future research directions will focus on extending the current methodology to multivariate time series analysis, incorporating multiple data streams simultaneously. This extension would enable more comprehensive AD by considering correlations between different variables in complex systems. Additionally, the development of hybrid methodologies incorporating domain-specific knowledge bases with ML algorithms presents another promising direction. The expansion of experimental validation across diverse datasets and application domains will further validate the generalizability of the proposed approach. The investigation of enhanced scoring mechanisms and temporal context integration methods also offers potential avenues for optimization in TS-AD systems.

## REFERENCES

[1] K. M. Karaoğlan, O. Fndk, and E. Başaran, “Anomaly Detection in Meteorological Data Using a Hierarchical Temporal Memory Model: A Study on the Case of Kazakhstan,” *Frat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol. 36, no. 1, pp. 481–498, 2024.

[2] K. Karaoğlan, “An Overview of Anomaly Detection in Time Series: Concepts, Techniques, Current Approaches, Challenges and Opportunities (Zaman Serilerinde Anomali Tespiti Üzerine Genel Bir Bakış: Kavramlar, Teknikler, Güncel Yaklaşımlar, Zorluklar ve Fırsatlar),” 2023, pp. 111–140.

[3] Z. Zamanzadeh Darban, G. I. Webb, S. Pan, C. Aggarwal, and M. Salehi, “Deep Learning for Time Series Anomaly Detection: A Survey,” *ACM Comput Surv*, vol. 57, p. 42, Jan. 2024, doi: 10.1145/3691338/SUPPL_FILE/3691338.PDF.

[4] K. M. KARAOĞLAN and F. SAKA, “Detecting Anomalies in Dam Water Levels using Hierarchical Temporal Memory: A Case Study in Istanbul Province,” in *4th International Symposium of Engineering Applications on Civil Engineering and Earth Sciences*, 2023, pp. 139–150.

[5] W. Hilal, S. A. Gadsden, and J. Yawney, "Financial Fraud: A Review of Anomaly Detection Techniques and Recent Advances," *Expert Syst Appl*, vol. 193, p. 116429, May 2022, doi: 10.1016/J.ESWA.2021.116429.

[6] A. Sgueglia, A. Di Sorbo, C. A. Visaggio, and G. Canfora, "A systematic literature review of IoT time series anomaly detection solutions," *Future Generation Computer Systems*, vol. 134, pp. 170–186, 2022.

[7] M. Min, J. J. Lee, H. Park, and K. Lee, "Detecting anomalous transactions via an iot based application: A machine learning approach for horse racing betting," *Sensors*, vol. 21, no. 6, p. 2039, 2021.

[8] K. Choi, J. Yi, C. Park, and S. Yoon, "Deep learning for anomaly detection in time-series data: Review, analysis, and guidelines," *IEEE access*, vol. 9, pp. 120043–120065, 2021.

[9] O. R. Terrades, A. Berenguel, and D. Gil, "A flexible outlier detector based on a topology given by graph communities," *Big Data Research*, vol. 29, p. 100332, 2022.

[10] O. B. Sezer, M. U. Gudelek, and A. M. Ozbayoglu, "Financial time series forecasting with deep learning: A systematic literature review: 2005–2019," *Appl Soft Comput*, vol. 90, p. 106181, 2020.

[11] A. B. Nassif, M. A. Talib, Q. Nasir, and F. M. Dakalbab, "Machine Learning for Anomaly Detection: A Systematic Review," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 78658–78700, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3083060.

[12] S. K. Panda and S. N. Mohanty, "Time series forecasting and modeling of food demand supply chain based on regressors analysis," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 42679–42700, 2023.

[13] D. Velasquez *et al.*, "A Hybrid Machine-Learning Ensemble for Anomaly Detection in Real-Time Industry 4.0 Systems," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 72024–72036, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3188102.

[14] R. Wu and E. J. Keogh, "Current Time Series Anomaly Detection Benchmarks are Flawed and are Creating the Illusion of Progress," *IEEE Trans Knowl Data Eng*, vol. 35, no. 3, pp. 2421–2429, Mar. 2023, doi: 10.1109/TKDE.2021.3112126.

[15] J. Herzen *et al.*, "Darts: User-Friendly Modern Machine Learning for Time Series," *Journal of Machine Learning Research*, vol. 23, no. 124, pp. 1–6, 2022, Accessed: Dec. 17, 2024. [Online]. Available: http://jmlr.org/papers/v23/21-1177.html

[16] M. N. Yilmaz and B. Bardak, "An Explainable Anomaly Detection Benchmark of Gradient Boosting Algorithms for Network Intrusion Detection Systems," *Proceedings - 2022 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference, ASYU 2022*, 2022, doi: 10.1109/ASYU56188.2022.9925451.

# ZNO NANORODLARLA DEKORE EDİLMİŞ POLİANİLİN KANALLI ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖR SENSÖRLERİN KARBON DİOKSİT ALGILAMA PERFORMANSI

**Doç. Dr. Mücella ÖZBAY KARAKUŞ**
Yozgat Bozok Üniversitesi,
mucella.karakus@yobu.edu.tr - 0000-0003-0599-8802

## ÖZET

Bu çalışmada, optik litografi yöntemiyle $Si/SiO_2$ (285 nm) alttaş üzerinde ZnO nanorod dekore edilmiş polianilin (PANI) kanallar oluşturularak mikron-boyutlu alan etkili transistör (FET) sensörler üretilmiş ve gaz algılama uygulaması için kullanılmıştır. PANI, serbest radikal kimyasal oksidatif polimerizasyon yöntemi ile sentezlenmiş ve ince film halinde kanal yapısını oluşturmak üzere yerleştirilmiştir. Ardından hidrotermal yöntemle PANI ince film tabaka üzerinde ZnO nanorodlar büyütülerek, PANI/ZnO nanorod yapısı elde edilmiştir.

PANI/ZnO NRs kanal yapısına sahip FET sensörlerin karbon dioksit ($CO_2$) gazına karşı elektriksel tepkileri, 25 °C, 50 °C ve 100 °C sıcaklıklarda, +10 V kapı gerilimi uygulanırken kaynak-akaç akımındaki değişimler ölçülerek analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, bu sensörlerin 25 ˚C sıcaklıkta (oda sıcaklığında) %50 gaz konsantrasyonunda %34'lük ve %5 gaz konsantrasyonunda %18'lik yanıt değerleri ile $CO_2$ algılama performansı sergilediğini göstermiştir. Bu veriler, PANI/ZnO NRs kanal yapısının düşük sıcaklıklarda etkili bir gaz algılama platformu olarak kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler: PANI**/ZnO NRs, FET, $CO_2$ gaz sensörü

CARBON DIOXIDE SENSING PERFORMANCE OF FIELD-EFFECT TRANSISTOR SENSORS WİTH POLYANILINE CHANNELS DECORATED WITH ZNO NANORODS

## ABSTRACT

In this study, micron-scale field-effect transistor (FET) sensors were fabricated by forming polyaniline (PANI) channels decorated with ZnO nanorods on Si/SiO2 (285 nm) substrates using optical lithography, and these sensors were utilized for gas sensing applications. PANI was synthesized via a free-radical chemical oxidative polymerization method and deposited as

a thin film to form the channel structure. Subsequently, ZnO nanorods were grown on the PANI thin film using a hydrothermal method, resulting in the formation of a PANI/ZnO nanorod structure.

The electrical responses of FET sensors with PANI/ZnO NRs channels to carbon dioxide (CO2) gas were analyzed by measuring the source-drain current changes under a gate voltage of +10 V at 25 °C, 50 °C, and 100 °C. The results demonstrated that the sensors exhibited CO2 sensing performance with response values of 34% at 50% gas concentration and 18% at 5% gas concentration at 25 °C (room temperature). These findings highlight the potential of the PANI/ZnO NRs channel structure as an effective gas sensing platform, particularly at low operating temperatures..

**Anahtar Kelimeler: PANI**/ZnO NRs, FET, $CO_2$ gas sensor

## 1. GİRİŞ

Gazlar, hem endüstriyel süreçlerde öncül madde olarak hem de herhangi bir yakıtın yanması sonucu yan ürün olarak ortaya çıkmaktadır. Bu tür gazların çoğu insanlara, hayvanlara ve bitkilere zararlıdır. Bazı gazlar ise canlı organizmaları doğrudan etkilemese bile dolaylı olarak çevreye zarar verebilmektedir. Çoğu gazın izin verilen sınırları, çevre ve güvenlik standartları tarafından belirlenmiştir [1, 2]. Sera gazlarından biri olan karbondioksit ($CO_2$) hem insan yaşamı hem de çevre için zararlıdır [3]. Kanı zehirleyen ve sinir sistemini tahrip eden zehirli gazlar grubunda yer alan $CO_2$'nin en yaygın boğucu gazlardan biri olup canlılar üzerinde kan, sinir sistemi ve hücrelere zarar verici etkileri bulunmaktadır. İnsan nefesiyle %4 oranında ortama bırakılan $CO_2$ daha çok yanma ile yoğun şekilde açığa çıkmakta ve ortamdaki $O_2$'yi yok ettiğinden boğucu olarak nitelendirilmektedir. Yangın sırasında bulunduğu ortamdan tahliye edilmesinin zorlaşmasının temel nedeni, karbondioksitin havadan daha ağır olması ve doğrudan zemin seviyesinde birikerek yoğunlaşmasıdır. Bu özelliği nedeniyle, özellikle uygun olmayan soba kullanımında açığa çıkan ve yer seviyesinde çöken $CO_2$ gazı, ortamda bulunan kişilerin tamamen oksijensiz kalmasına yol açmaktadır. Kombi, soba, şofben bacaları, şömine, mangal, mutfak ocağı ve otomobil egzozlarından yanma sonucu doğal olarak atmosfere yayılan $CO_2$, canlılar için hayati öneme sahip olan oksijen gazının yerini alabilmektedir. $CO_2$'nin kabul edilebilir yasal sınırları ülkelere göre değişiklik göstermekte olup, Türkiye'de bu sınır 50000 ppm olarak belirlenmiştir [4]. Buna bağlı olarak, $CO_2$ algılamada standart oda koşullarında hassas, hızlı toparlanma süresine sahip ve uzun vadeli çalışma yeteneği bulunan düşük maliyetli sensörlerin üretimi ön plana çıkmıştır.

Zehirli gaz bileşiklerinin emisyonundaki artışla birlikte, bunların gerçek zamanlı olarak izlenmesi çok gereklidir ve bunları tespit etmek için hem deneysel hem de teorik olarak çeşitli nano yapılar araştırılmıştır [5]. CO ve $H_2S$ gazlarını tespit etmek için tek boyutlu (1-D) ZnO nano yapıları deneysel olarak sentezlenmiştir [6]. Ayrıca, CuO nano telleri [7], Mg katkılı $In_2O_3$ nano telleri [8], ZnO katkılı $In_2O_3$ nano telleri [9] ve NiO/$TiO_2$ nano fiberleri [10] gibi diğer

nano yapılar CO gazını tespit etmek için kullanılmıştır. 1-D ZnO/$ZnSO_3$ nano dizileri [11] $H_2S$ gazı tespiti için sentezlenen nano yapılar arasındadır. Son yıllarda popüler olan bir sensör malzeme sınıfı, iletken polimerlerdir. İletken polimerler, mükemmel elektriksel özellikleri sayesinde son otuz yılda ileri teknolojiye sahip yeni nesil elektronik cihazların geliştirilmesinde önemli bir malzeme olarak ortaya çıkmıştır [12-18]. Sensörlerde kullanılan temel iletken polimerler arasında polianilin (PANI) [19], politiyofen ve polipirrol yer almaktadır [20]. PANI, mükemmel elektriksel özellikleri, stabilitesi, düşük monomer maliyeti, polimerizasyon reaksiyonunun basitliği, kolay kaplama prosedürü ve yapısal modifikasyona uygun kimyasal yapısı nedeniyle iletken polimerler arasında eşsiz bir konuma sahiptir [16-18, 21]. Bu benzersiz özellikler, onu ortam koşullarında çeşitli gazlar gibi birçok faktöre karşı duyarlı hale getirmektedir [18, 21-22].

Sensörlerde kullanılan ilk gaz algılama materyalleri inorganik malzemelerdi [23]. İnorganik sensörler arasında öne çıkan metal oksit sensörler, atmosferdeki gazların türünü ve miktarını belirlemek için kullanılmıştır. Örneğin, çinko oksitin (ZnO) farklı kristal formları sensör olarak kullanılmıştır [19, 24-26]. Nanokristal ZnO'nun hidrojen ($H_2$) [20], azot ($N_2$) [27] ve sıvı petrol gazını [28] algılamak için kullanıldığı rapor edilmiştir. Ayrıca, ZnO, $SnO_2$, $WO_3$ ve $TiO_2$ gibi metal oksitlerin amonyak ($NH_3$) [27, 29-30] gazını algılamak için kullanıldığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, çoğu inorganik sensörün en büyük sorunu, uzun süreli kullanım sırasında stabilite ve dayanıklılık sorunlarına neden olan yüksek çalışma sıcaklıkları olmuştur [24]. Bu nedenle, düşük enerji tüketimine ve düşük çalışma sıcaklıklarına sahip yeni malzemelerle $CO_2$ gaz sensörlerinin geliştirilmesi gerekmektedir [31-32].

İletken polimerlerin en önemli özelliklerinden bir diğeri, inorganik malzemelerle birleştirilerek modifiye edilebilmeleridir [33]. Bu nedenle, iletken polimer/inorganik nanokompozit yapılar, özellikle oda sıcaklığında daha yüksek duyarlılığa sahip sensör uygulamaları için umut verici materyaller olarak gösterilmiştir [34]. Bu tür kompozit sensörler arasında zehirli gazların algılanmasında kullanılan PANI/nano yapılı-ZnO yapısı dikkat çekmiştir [35-36]. PANI, $CO_2$ gaz algılama özellikleriyle önemli bir ilgi görmüş ancak düşük termal stabilitesi ve standart oda koşullarında $CO_2$ gaz algılama performansının sınırlı olması, gelecekteki potansiyel uygulamalara engel oluşturabileceği yönünde eleştirilmiştir [12, 22, 37].

Bu çalışmada, ZnO nanorod dekore edilmiş PANI kanala sahip alan etkili transistör (FET) sensörler optik litografi yöntemi ile üretilmiş ve sensörlerin farklı gaz konsantrasyonlarında ve ortam sıcaklıklarında elektriksel özellikleri incelenmiştir. Çalışma, ZnO NRs dekore edilmiş iletken polimer tabanlı sensörlerin analit gaz olan $CO_2$ algılama performansına olan katkısını ortaya koymayı hedeflemektedir. Bu tür sensörlerin düşük sıcaklık koşullarında yüksek performans göstermesi, mobil cihazlarda enerji tasarruflu çevresel sensörler için umut vadetmektedir [38].

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (veya UYGULAMALAR)

PANI-ES, referans [39]'de belirtildiği şekilde serbest radikal kimyasal oksidatif polimerizasyon yoluyla hazırlanmıştır. Bu süreçte, 100 mL saf su içerisine 0.1 mol HCl ve 0.01 mol anilin eklenmiştir. Karışım manyetik karıştırıcı ile yaklaşık 30 dakika karıştırılmıştır. Ayrı bir kapta, 0.01 mol APS ($(NH_4)_2S_2O_8$ - amonyum persülfat) 10 mL saf su ile çözülmüş ve elde

edilen bu sulu çözelti, HCl/anilin karışımına damla damla eklenerek polimerizasyon başlatılmıştır. Karışımın sıcaklığı sabit olarak 0 °C'de tutulmuştur. Bu süreçte karışım 6 saat boyunca güçlü bir şekilde karıştırılmıştır. Üretilen polimer, koyu yeşil bir çökelti oluşturmuştur. Çökelti, süzüntü renksiz ve nötr pH seviyesine ulaşana kadar ultrasaf su ile defalarca yıkanmıştır. Elde edilen son çökelti, oda sıcaklığında kurutularak PANI-ES kuru toz haline getirilmiştir. HCl ile katkılanmış iletken PANI-ES, amonyak ile etkileşime girdiğinde çözünür hale gelmekte ve toz, Polianilin-Emeraldin Baz (PANI-EB) formuna dönüşmektedir. PANI-ES'nin amonyak ile etkileşimi sonucu polimer yalnızca 1-metil-2-pirolidon gibi bir çözücüde hızla çözünmekle kalmayıp, aynı zamanda çökelti koyu mavi bir renk almaktadır. Buna karşılık, deprotonasyon nedeniyle çökelti yalıtkan bir forma dönüştüğünden direnç artışına yol açarak iletkenliğini protonlanana kadar kaybetmektedir.

FET sensör üretiminde ilk olarak, PANI dönel kaplama tekniğiyle, 285 nm $SiO_2$ tabakasına sahip yüksek seviyede p-tipi katkılanmış bir Si alttaş üzerinde ince film halinde üretilmiştir. Ardından hidrotermal yöntemle ZnO nanorodlar PANI ince film üzerinde büyütülmüştür. 2.195 g Zn $[CH_3COO]_2.2H_2O$ ve 0.6 mL monoetanolamin 40 ml metanol içerisinde 5 saat karıştırıldıktan sonra yüzeye spin edilerek 300 °C'de 3 dk kurutulmuştur. 600 °C'de 30 dk tavlanarak çekirdeklenme işlemi tamamlanmıştır.

Ardından 0.1 M çinko asetat dehidrat ve 1M heksametilentetramin 100 ml su içerisinde 1 saat karıştırıldıktan sonra elde edilen karışım bir teflon otoklava aktarılmıştır. Numune yatay şekilde yerleştirildikten sonra hidrotermal işlem uygulanmış 90 °C'de 3 saat ısıtılmış, oda sıcaklığına geldiğinde otoklav açılarak numune bol su ile yıkanıp azotla kurutulduktan sonra 400 °C'de 30 dk tavlanarak nanorod büyütme işlemi tamamlanmıştır.

Kaynak-akaç bağlantıları ve kanal, tasarlanan bölgelerde standart fotolitografi teknikleri kullanılarak oluşturulmuştur. Lift-off işleminin ardından, termal buharlaştırma sistemi kullanılarak Al kontaklar buharlaştırılarak PANI/ZnO NRs kanallar oluşturulmuştur. PANI'nin iletkenlik sorununu gidermek amacıyla, FET sensörler %1'lik HCl çözeltisinde 3 saniye süreyle bekletilmiştir. Cihazların üretiminden sonra, kanal uzunluğu ve genişliği sırasıyla L = 2 µm ve W = 6 µm olarak belirlenmiştir. PANI/ZnO NRs kompozit kanal FET sensörleri Görsel 1'de verilmiştir.



**Görsel 1. PANI/ZnO NRs kompozit kanal FET sensör yapısı**

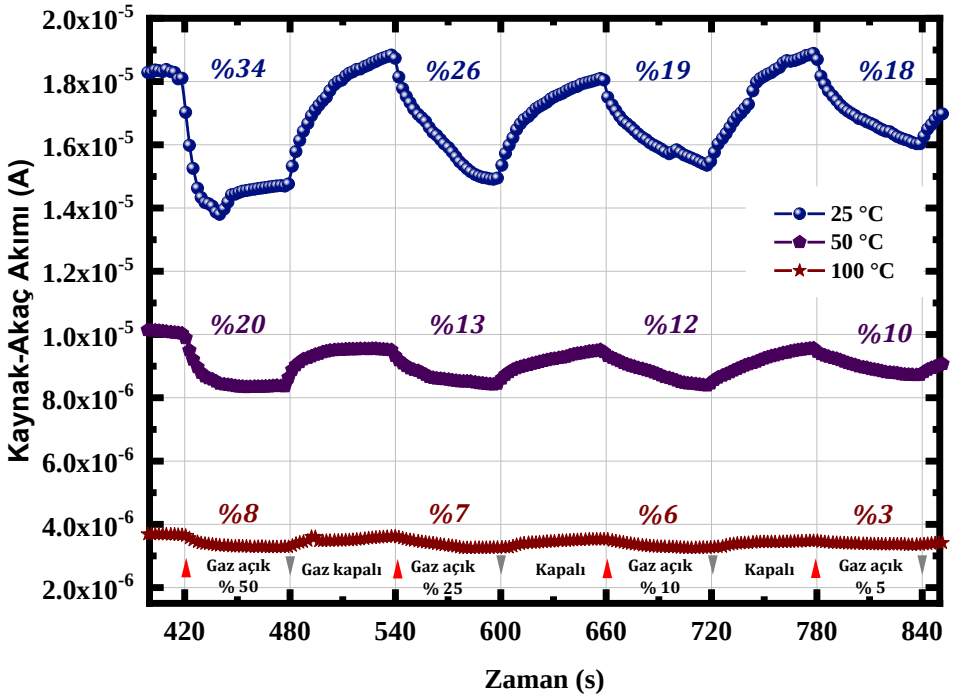
Üretilen PANI/ZnO NRs tabanlı FET sensörlerinin $CO_2$ gazına karşı yanıtları, farklı gaz konsantrasyonlarında araştırılmıştır. Üretilen FET'lerin test edilmesi ve sensör yanıtlarının ölçülmesi amacıyla, bilgisayar kontrollü bir Keithley 2612 kaynak-ölçer kullanılmıştır. Tüm ölçümler, atmosfer basıncında ve 25 °C, 50 °C ve 100 °C sensör sıcaklıklarında gerçekleştirilmiştir. Sensör sıcaklığı, sensör alt tabanına sabitlenmiş bir Lakeshore 332s sıcaklık kontrol cihazı ve bir Cernox sensör ile kontrol edilmiştir. $CO_2$ gazı konsantrasyonu ve akış hızları, ±%3 hassasiyetle Key Instruments tarafından üretilen 150 mm akış ölçerler kullanılarak kontrol edilmiştir. Gaz akış sistemi için gerekli tüm bağlantı elemanları ve 316 Paslanmaz Çelik Borular Swagelok'tan temin edilmiştir. $CO_2$ gazı %99.99 saflıkta kullanılmıştır. Sensör duyarlılıkları, $CO_2$ gazına maruz kalmadan önceki (Io) ve sonraki (I) akım değerlerine dayanan Eşitlik 1 [40] ile hesaplanmıştır:

$$\boldsymbol{Sensitivity}\ (\%) = \left|\frac{I - I_0}{I_0}\right| x100 \quad (1)$$

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

PANI/ZnO NRs tabanlı FET sensörlerinin sensörlerinin $CO_2$ gazını algılama performansını karşılaştırmak için farklı sıcaklık ve gaz konsantrasyonlarında sensör yanıtları incelenmiştir. Şekil 2'de görüldüğü üzere, PANI/ZnO NRs kompozit kanal FET sensörü 25 °C sıcaklıkta maksimum yanıtı göstermiştir. %50 $CO_2$ gaz konsantrasyonu uygulandığında, 25 °C sıcaklıkta kaynak-akaç akımında (Ids) %34'lük, 50 °C sıcaklıkta ise %20'lik bir azalma kaydedilmiştir. Gaz konsantrasyonunun azalmasıyla birlikte yanıt oranında da kademeli bir azalma gözlenmiştir. 25 °C'de en düşük yanıt %5 gaz konsantrasyonu için %18 olarak ölçülmüştür ve bu değer, PANI/ZnO NRs tabanlı FET sensörünün en yüksek gaz konsantrasyonuna (%50) verdiği maksimum yanıt ile oldukça farklıdır. Bu durum gaz konsantrasyonuna karşı hassasiyet anlamında büyük önem taşımaktadır. Sensör yanıtları karşılaştırıldığında, PANI/ZnO NRs kompozit kanal FET sensörün yanıtları 25 °C'de, akım ölçeğinde $10^{-5}$ A mertebesindeyken, 80 °C'de $10^{-6}$ A mertebesindedir.

Ayrıca, PANI/ZnO NRs tabanlı FET sensörünün yanıtlarının sıcaklık artışıyla azaldığı ve 80 °C'de %3'e kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu durum, sensörün oda sıcaklığında daha verimli çalıştığının bir göstergesidir. PANI'ye ZnO nanorod yapısının entegre edilmesi, sensörün düşük sıcaklıklarda etkili bir şekilde çalışmasını sağlamıştır.




**Görsel 2. PANI/ZnO NRs kompozit kanal FET sensörünün, farklı sensör sıcaklıklarında ve çeşitli konsantrasyonlardaki $CO_2$ gazına karşı gösterdiği dinamik yanıt**

50 °C ve 80 °C sıcaklıklarda sensör duyarlılığındaki azalmanın, azalan adsorpsiyon ve artan desorpsiyona bağlı olabileceği düşünülmektedir [41]. Bunun yanı sıra, sıcaklık artışıyla birlikte kaynak-akaç akımının azaldığı gözlemlenmiştir. FET sensörünün aktif malzemesi olan PANI/ZnO NRs kompoziti, metalik bir davranış sergilemekte olup oda sıcaklığında maksimum iletkenlik değerine sahiptir. Ancak, sıcaklığın artması ile iletkenlikte bir azalma meydana gelmiştir [42]. Sıcaklığın yükselmesi, 50 °C ve 80 °C'deki tüm $CO_2$ gaz konsantrasyonlarında iletkenlikte zayıflamaya ve sensör hassasiyetinde bozulmaya neden olmuştur. Bu durum, sıcaklığın etkisiyle PANI/ZnO NRs kompozit kanalın gaz adsorpsiyonunun azalmasıyla ilişkilendirilmektedir.

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, PANI/ZnO NRs kompozit kanala sahip mikro FET yapısında bir $CO_2$ gaz sensörü üretilmiş ve oda sıcaklığındaki algılama performansları test edilerek karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, sensörün farklı sıcaklıklardaki $CO_2$ gaz algılama performansları incelenmiştir. Sensörün oda sıcaklığında başarıyla çalıştığı gözlemlenmiştir. Ancak, sensör sıcaklığı arttıkça, hassasiyeti azalmıştır. Bu durum, polimer yapısına nanoyapılı ZnO'nun eklenmesinin sensör yanıtını önemli ölçüde iyileştirdiğini ve çalışma sıcaklığını düşürdüğünü göstermektedir. Ayrıca, bu sensörün oda sıcaklığında ölçüm yapabilmesi, onu pratik kullanım açısından daha uygun bir seçenek haline getirmektedir.

## KAYNAKÇA

**1.** Timmer, B., Olthuis, W., van den Berg, A. Ammonia Sensors and Their Applications Review, Sensors and Actuators B: Chemical, 107, 666–677, 2005.

**2.** Mahajan, S. Pollution Control in Process Industries, Tata McGrawHill Education, Noida, India, 1985.

**3.** Luo, W., Chen, M. J., Wang, T., Feng, J. F., Fu, Z. C., Deng, J. N., ... & Zhao, H. B. Catalytic Polymer Self-Cleavage for CO2 Generation Before Combustion Empowers Materials with Fire Safety, Nature Communications, 15(1), 2726, 2024.

**4.** Durukan, M. Gazlarla İlgili Zararlı Ortamlar ve Gaz Güvenliği, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Teknik Bülteni, 2013.

**5.** Momen, F., Shayeganfar, F., Ramazani, A. Boron-Rich Hybrid BCN Nanoribbons for Highly Ambient Uptake of H2S, HF, NH3, CO, CO2 Toxic Gases, Physical Chemistry Chemical Physics, 26(6), 5262–5288, 2024.

**6.** Arafat, M. M., Dinan, B., Akbar, S. A., Haseeb, A. S. M. A. Gas Sensors Based on One Dimensional Nanostructured Metal-Oxides: A Review, Sensors, 12(6), 7207–7258, 2012.

**7.** Liao, L., Zhang, Z., Yan, B., Zheng, Z., Bao, Q. L., Wu, T., ... & Yu, T. Multifunctional CuO Nanowire Devices: P-Type Field Effect Transistors and CO Gas Sensors, Nanotechnology, 20(8), 085203, 2009.

**8.** Zou, X., Wang, J., Liu, X., Wang, C., Jiang, Y., Wang, Y., ... & Liao, L. Rational Design of Sub-Parts Per Million Specific Gas Sensors Array Based on Metal Nanoparticles Decorated Nanowire Enhancement-Mode Transistors, Nano Letters, 13(7), 3287–3292, 2013.

**9.** Singh, N., Yan, C., Lee, P. S. Room Temperature CO Gas Sensing Using Zn-Doped In2O3 Single Nanowire Field Effect Transistors, Sensors and Actuators B: Chemical, 150(1), 19–24, 2010.

**10.** Wang, L., Chai, R., Lou, Z., Shen, G. Highly Sensitive Hybrid Nanofiber-Based Room-Temperature CO Sensors: Experiments and Density Functional Theory Simulations, Nano Research, 11, 1029–1037, 2018.

**11.** Wang, Y., Gao, P., Sha, L., Chi, Q., Yang, L., Zhang, J., ... & Zhang, M. Spatial Separation of Electrons and Holes for Enhancing the Gas-Sensing Property of a

Semiconductor: ZnO/ZnSnO3 Nanorod Arrays Prepared by a Hetero-Epitaxial Growth, Nanotechnology, 29(17), 175501, 2018.

**12.** Zhao, X., Lv, L., Pan, B., Zhang, W., Zhang, S., Zhang, Q. Polymer-Supported Nanocomposites for Environmental Application: A Review, Chemical Engineering Journal, 170, 381–394, 2011.

**13.** Yoshioka, Y., Jabbour, G. E. Desktop Inkjet Printer as a Tool to Print Conducting Polymers, Synthetic Metals, 156, 779–783, 2006.

**14.** Li, X., Wang, Z., Li, X., Wang, G. Synthesis of a Super-Hydrophilic Conducting Polyaniline/Titanium Oxide Hybrid with a Narrow Pore Size Distribution, Applied Surface Science, 258, 4788–4793, 2012.

**15.** Gui, D., Liu, C., Chen, F., Liu, J. Preparation of Polyaniline/Graphene Oxide Nanocomposite for the Application of Supercapacitor, Applied Surface Science, 307, 172–177, 2014.

**16.** Li, Y., Lin, Y., Yeh, H., Wen, T., Huang, L., Chen, Y., Wang, Y. Ion-Modulated Electrical Conduction in Polyaniline-Based Field-Effect Transistors, Applied Physics Letters, 92, 093508, 2008.

**17.** Wang, S., Kang, Y., Wang, L., Zhang, H., Wang, Y., Wang, Y. Organic/Inorganic Hybrid Sensors: A Review, Sensors and Actuators B, 182, 467–481, 2013.

**18.** Nicolas-Debarnot, D., Poncin-Epaillard, F. Polyaniline as a New Sensitive Layer for Gas Sensors, Analytica Chimica Acta, 475, 1–15, 2003.

**19.** Farooqi, B. A., Yar, M., Ashraf, A., Farooq, U., Ayub, K. Graphene-Polyaniline Composite as Superior Electrochemical Sensor for Detection of Cyano Explosives, European Polymer Journal, 138, 109981, 2020.

**20.** Hübert, T., Boon-Brett, L., Black, G., Banach, U. Hydrogen Sensors – A Review, Sensors and Actuators B, 157, 329–352, 2011.

**21.** Al-Mashat, L., Tran, H. D., Wlodarski, W., Kaner, R. B., Kalantar-Zadeh, K. Conductometric Hydrogen Gas Sensor Based on Polypyrrole Nanofibers, IEEE Sensors Journal, 8, 365–370, 2008.

**22.** Bhadra, S., Khastgir, D., Singha, N. K., Lee, J. H. Progress in Preparation, Processing and Applications of Polyaniline, Progress in Polymer Science, 34, 783–810, 2009.

**23.** Neri, G. First Fifty Years of Chemo Resistive Gas Sensors, Chemosensors, 3, 1–20, 2015.

**24.** Farooqi, B. A., Yar, M., Ashraf, A., Farooq, U., Ayub, K. Remarkable Enhancement in Sensor Ability of Polyaniline Upon Composite Formation with ZnO for Industrial Effluents, Journal of Molecular Graphics and Modelling, 101, 107724, 2020.

**25.** Khan, S., Yar, M., Kosar, N., Ayub, K., Arshad, M., Zahid, M. N., Mahmood, T. First-Principles Study for Exploring the Adsorption Behavior of G-Series Nerve Agents on Graphdyine Surface, Computational and Theoretical Chemistry, 1191, 113043, 2020.

**26.** Kang, Y., Yu, F., Zhang, L., Wang, W., Chen, L., Li, Y. Review of ZnO-Based Nanomaterials in Gas Sensors, Solid State Ionics, 360, 115544, 2021.

**27.** Chougule, M. A., Nalage, S. R., Sen, S., Patil, V. B. Development of Nanostructured ZnO Thin Film Sensor for NO2 Detection, Journal of Experimental Nanoscience, 9, 482–490, 2014.

**28.** Patil, L. A., Bari, A. R., Shinde, V., Deo, Ultrasonically Synthesized Nanocrystalline ZnO Powder-Based Thick Film Sensor for Ammonia Sensing, Sensor Review, 30, 290–296, 2010.

**29.** Van Hieu, N., Van Quang, V., Hoa, N. D., Kim, D. Preparing Large-Scale WO3 Nanowire-Like Structure for High Sensitivity NH3 Gas Sensor Through a Simple Route, Current Applied Physics, 11, 657–661, 2011.

**30.** Sanchez, M., Rincon, M. E. Sensor Response of Sol-Gel Multiwalled Carbon Nanotubes-TiO2 Composites Deposited by Screen-Printing and Dip-Coating Techniques, Sensors and Actuators B: Chemical, 140, 17–23, 2009.

**31.** Gu, H., Wang, Z., Hu, Y. Hydrogen Gas Sensors Based on Semiconductor Oxide Nanostructures, Sensors, 12, 5517–5550, 2012.

**32.** Hubert, T., Boon-Brett, L., Black, G., Banach, U. Hydrogen Sensors: A Review, Sensors and Actuators B, 157, 329–352, 2011.

**33.** Su, S.-J., Kuramoto, N. Processable Polyaniline-Titanium Dioxide Nanocomposites: Effect of Titanium Dioxide on the Conductivity, Synthetic Metals, 114, 147–153, 2000.

**34.** Chauhan, J. Preparation and Characterization of Polyaniline/ZnO Composite Sensor, Nanomedicine Research Journal, 5, 2017.

**35.** Patil, S. L., Chougule, M. A., Pawar, S. G., Sen, S., Moholkar, A. V., Kim, J. H., Patil, V. B. Fabrication of Polyaniline-ZnO Nanocomposite Gas Sensor, Sensors and Transducers, 134, 120, 2011.

**36.** Labena, A. Novel, Low Cost and Fast Detection Sensor for Biogenic H2S Gas Based on Polyaniline/ZnO, CdO and CeO2 Nanocomposites at Room Temperature, Egyptian Journal of Chemistry, 2021.

**37.** Sadek, A. Z., Baker, C. O., Powell, D. A., Wlodarski, W., Kaner, R. B., Kalantar-Zadeh, K. Polyaniline Nanofiber-Based Surface Acoustic Wave Gas Sensors-Effect of Nanofiber Diameter on H2 Response, IEEE Sensors Journal, 7(2), 213–218, 2007.

**38.** Hirlemann, A., Brand, O., Hagleitner, C., Baltes, H. Microfabrication Techniques for Chemical/Biosensors, Proceedings of the IEEE, 91(6), 839–863, 2003.

**39.** Saini, P., Choudhary, V., Dhawan, S. K. Electrical Properties and EMI Shielding Behavior of Highly Thermally Stable Polyaniline/Colloidal Graphite Composites, Polymers for Advanced Technologies, 20, 355–361, 2009.

**40.** Wu, Y., Zhong, Y., Kang, W., Yang, T., Zhou, M., Zhou, L., Liu, Y. Two New Luminescent Cd(II)-Based Coordination Polymers by Regulating the Asymmetrical Tetracarboxylate and Auxiliary Ligands Displaying High Sensitivity for Fe3+ and CrO42-, CrystEngComm, 13, 2514–2522, 2021.

**41.** Park, Y., Moon, D. K., Kim, Y. H., Ahn, H., Lee, C. H. Adsorption Isotherms of CO2, CO, N2, CH4, Ar and H2 on Activated Carbon and Zeolite LiX Up to 1.0 MPa, Adsorption, 20, 631–647, 2014.

**42.** Kaiser, B., Liu, C. J., Gilberd, P. W., Chapman, B., Kemp, N. T., Wessling, B. B., Partridge, A. C., Smith, W. T., Shapiro, J. Comparison of Electronic Transport in Polyaniline Blends, Polyaniline and Polypyrrole, Synthetic Metals, 84, 699–702, 1997.

# ENERGY STATES OF THE DMS CYLINDRYCAL QUANTUM WIRE WITH A PARABOLIC AND INVERSE PARABOLIC CONFINING POTENTIAL

**Prof. Dr. Arif Babanlı**
Department of Physics, Suleyman Demirel University, 32260 Isparta, Turkey
arifbabanli@sdu.edu.tr
0000-0003-4468-999X
**Dr. Mustafa Balcı**
Isparta University of Applied Sciences, 32260 Isparta, Turkey
mustafabalci@isparta.edu.tr
0000-0002-6015-0233
**Dr. Muhammet Ovezov**
Institute of Engineering – Technical and Transport Communications of Turkmenistan, 74400, Ashgabat, Turkmenistan
edugation@tituki.edu.tm
**Dr. Gylych Orazov**
Institute of Engineering – Technical and Transport Communications of Turkmenistan, 74400, Ashgabat, Turkmenistan
glych.orazov@gmail.com
**M. Sc. Vepa Sabyrov**
Institute of Engineering – Technical and Transport Communications of Turkmenistan, 74400, Ashgabat, Turkmenistan
Institute of Natural Sciences, Suleyman Demirel University, 32260 Isparta, Turkey
sabyroww@gmail.com
0000-0002-3562-3086

## ABSTRACT

In this study, the behavior of the energy states of a dilute semimagnetic semiconductor cylindrical quantum wire with respect to the magnetic field was investigated. The height of the quantum wire is assumed to be very large compared to its base. A constant magnetic field acts on the quantum wire parallel to the main axis of the cylinder. The energy spectrum of the quantum system was found using the effective mass approximation method. The behavior of

the energy spectrum with respect to the changes in temperature and magnetic field parameters was investigated. According to the results obtained, as a result of the effect of the magnetic field, the degeneracy of the electron according to its spin is eliminated and energy splitting occurs. As the $x$ parameter, which determines the concentration of the Mn atom in the quantum system, increases, energy splitting becomes more pronounced. In addition, it has been determined that the magnitude of energy splitting is affected by temperature. As the temperature increases, energy splitting becomes less pronounced.

**Keywords:** Diluted magnetic semiconductor, quantum wire, parabolic potential.

## ÖZET

Bu çalışmada seyreltilmiş yarımanyetik yarıiletken silindirk kuantum telin enerji durumların manyetik alana göre davranışı araştırılmıştır. Kuantum telin yüksekliği onun tabanına göre çok büyük olduğu varsayılmaktadır. Silindirin ana eksenine paralel yönde kuantum tele sabit bir manyetik alanı etki etmektedir. Kuantum sistemin enerji spektrumu etkin kütle yaklaşımı yöntemi kullanılarak bulunmuştur. Enerji spektrumu sıcaklık ve manyetik alan parametrelerinin değişimine göre davranışı araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre manyetik alanın etkisi neticesinde elektronun spinine göre dejeneriliği ortadan kalkar ve enerji yarılması gerçekleşir. Kuantum sistemindeki Mn atomunun konsantrasyonunu belirleyen $x$ parametresinin artması sonucunda enerji yarılması dahada belirtili hale gelmektedir. Ek olarak, enerji yarılmasının büyüklüğü sıcaklıktan etkilendiği tespit edilmiştir. Sıcaklık arttıkça enerji yarılması daha az belirtili olmaktadır.

**Anahtar kelimeler**: Seyreltik manyetik yarı iletken, kuantum tel, parabolik potansiyel.

## 1. INTRODUCTION

The development of multilayer crystalline structures has been made feasible by technologies including MBE, MOCVD, LPE, and ALD [1], [2], [3], [4]. These multilayer structures, also known as heterostructures, have a lot of promise for use in different scientific and technological domains. For instance, extremely effective solar cells are frequently made from heterostructured materials [5].

Depending on the structure, heterostructures can consist of several or even several dozen layers. Each layer has its own crystalline structure. Usually, these layers are made of semiconductors or compounds of the A3B5, A2B6 type [6]. Energy wells are formed in the area of contact of semiconductors with different values of the energy gap. The geometry of the well is determined by the potential field [7]. The state of the electron in this well is limited by the boundary of the potential field. A system in which the electron's movement is limited to one dimension is called a quantum well. If the electron is confined to two dimensions, such a system is called a quantum wire. Finally, if the electron is confined in all three dimensions, the system is called a quantum dot [8]. It has been established that the physical properties of quantum systems depend on the shape and size of the potential field. For example, the band gap of quantum dots depends on the size of the quantum dot. As the size of the quantum dot increases, the band gap narrows.

This article discusses the energy levels of a single-electron diluted magnetic semiconductor (DMS) quantum wire with parabolic and inverse parabolic potentials. The energy spectrum of the quantum system was obtained by solving the Schrödinger equation using the effective mass method. The resulting expression was studied by changing the temperature and magnetic field.

## 2. THEORY

The study discusses a one-electron quantum system with a cylindrical geometry defined by the potential $V(\rho)$. The height of the cylinder is $L_z$ and its radius is $R$. It is assumed that the height of the cylinder is very large. Additionally, a constant magnetic field is applied parallel to the direction $z$ of the cylinder. In this case, the potential vector, which depends on the direction of the magnetic field, is defined as $\mathbf{A}=\left(0,\frac{1}{2}B\rho,0\right)$. The potential $V(\rho)$ of the quantum system is written as

$$V(\rho)=\begin{cases}\frac{1}{\mu}\left[\omega_0^2\rho^2+\omega_0^2\left(\frac{R^4}{\rho^2}-R^2\right)\right], & \rho<R\\ \infty, & \rho\geq R\end{cases}.$$

Here $\omega_0$ is the angular frequency. We define the electron wave function as $\psi(\rho,\phi,z)=C_{mn}\chi(\rho)e^{ik_z z}e^{im\phi}$. We write the Hamiltonian of the system as follows:

$$H=\frac{1}{\mu}(\mathbf{p}+e\mathbf{A})^2+V(\rho)+H_z+H_{DMS}.$$

Here $\mathbf{p}$ is the momentum operator, $\mu$ is the electron mass, $e$ is the electron charge, $H_z$ is the Zeeman term and $H_{DMS}$ is the DMS term [9], [10]. Given the Hamiltonian expression and the wave function that we defined above, as a result of solving the Schrödinger equation

$$E=\hbar\sqrt{\omega_c^2+4\omega_0^2}\left(n+\frac{\sqrt{m^2+\frac{\mu^2\omega_0^2R^4}{\hbar^2}}+1}{2}\right)+\frac{1}{2}\left(m\hbar\omega_c+\sigma g^*\mu_B B-\mu\omega_0^2R^2\right).$$

Here $\omega_c=\frac{eB}{\mu}$ is the cyclotron frequency, $n=0,1,2,\ldots$ is the radial quantum number, $m=0,\pm1,\pm2,\pm3,\ldots$ is the angular quantum number, and $\sigma=\pm1$ is . In addition, $g^*$ is the effective Lande factor, and its expression is written as

$$g^*=g+\frac{xN_0\theta\langle S_z\rangle}{\mu_B B}.$$

Here $g$ is the Lande factor, $x$ is the concentration parameter of the Mn atom, $\mu_B$ is the Bhor magneton, $B$ is the magnetic field, $N_0$ is the number of electrons per unit volume, $\theta$ is a constant and $\langle S_z\rangle$ is a thermodynamic parameter and its expression is written as

$$\langle S_z\rangle=-SB_S\left(\frac{Sg_{Mn}\mu_B B}{k_B T}\right).$$

Here $B_S(\xi)$ is the Brillouin function, $g_{Mn}=2$ is the Lande factor of the Mn atom, $k_B$ is the Boltzmann constant, $S=\frac{5}{2}$ is the spin of the electron in the $3d^5$ orbital of the Mn atom.

## 3. RESULTS

In this part of our study, the behavior of Equation , which we obtained in the previous section, is considered as a function of temperature, magnetic field and parameters $x$ according to different quantum numbers $n$, $m$ and $\sigma=\pm1$. The following values were used in the calculations: $\theta N_0=0.22eV$ [10], $\mu=0.096\mu_0$ [11], $g=-1.04$ [12].

Figure 1 and Figure 2 show graphs of the electron energies $n=1$ and $m=1$ as functions of the magnetic field and temperature, respectively. The graphs show the curves of the $\sigma=\pm1$ values and various valuesof the $x$ parameter. The blue curves correspond to $\sigma=-1$, and the red curves correspond to $\sigma=1$. Additionally, the solid, dotted, and dashed curves correspond to the $0.02$, $0.1$ and $0.3$ values of the $x$ parameter, respectively.

As can be seen in Figure 1, as the magnetic field increases, the energy increases nonlinearly. As the magnetic field increases, the energy is divided according to the quantum number $\sigma=\pm1$. It is clear from the curves that the magnitude of this division depends on the parameter $x$. That is, as a result of increasing $x$, it is clear that the difference between the corresponding energies $\sigma=-1$ and $\sigma=1$ increases.

It is evident from Fig. 2 that the energy value decreases nonlinearly with increasing temperature. The energy value has a certain value at $T=0K$, and this value decreases with increasing temperature and asymptotically approaches a constant energy value. If the splitting of energy by $\sigma=-1$ and $\sigma=1$ is more obvious at temperatures close to zero, then with increasing temperature the splitting disappears. On the other hand, the magnitude of the splitting depends on the parameter $x$, as can be seen in the figure.

## 4. CONCLUSION

In this work, the energy spectrum of a single-electron quantum wire DMS with parabolic and inverse parabolic potential was investigated. The behavior of the electron depending on the energy, temperature and magnetic field parameters was studied for different values of the parameter $x$. Additionally, the effect of changing $x$ on the energy splitting by $\sigma = \pm 1$ was studied. According to the results obtained, it was established that the energy nonlinearly increases with increasing magnetic field, nonlinearly decreases with increasing temperature and asymptotically approaches a constant value.

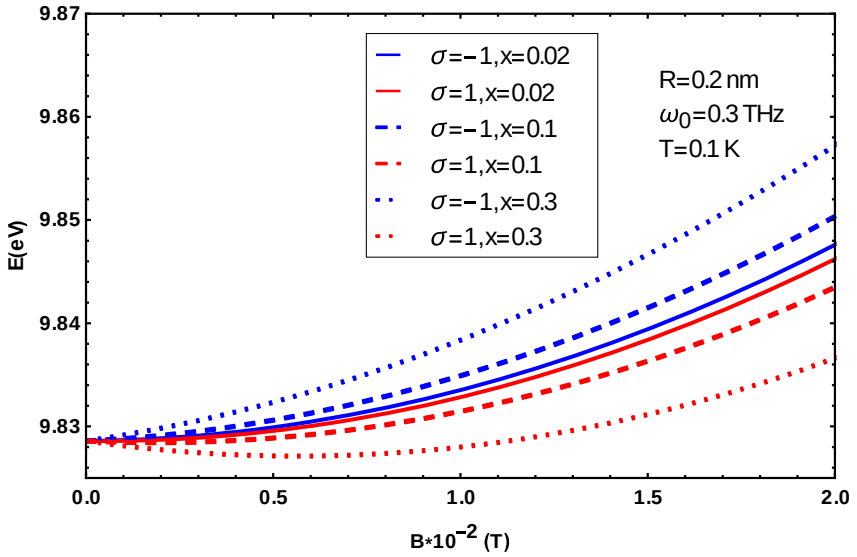



Figure 1. Graph of the dependence of energy on magnetic field for $n = 1$ and $m = 1$.

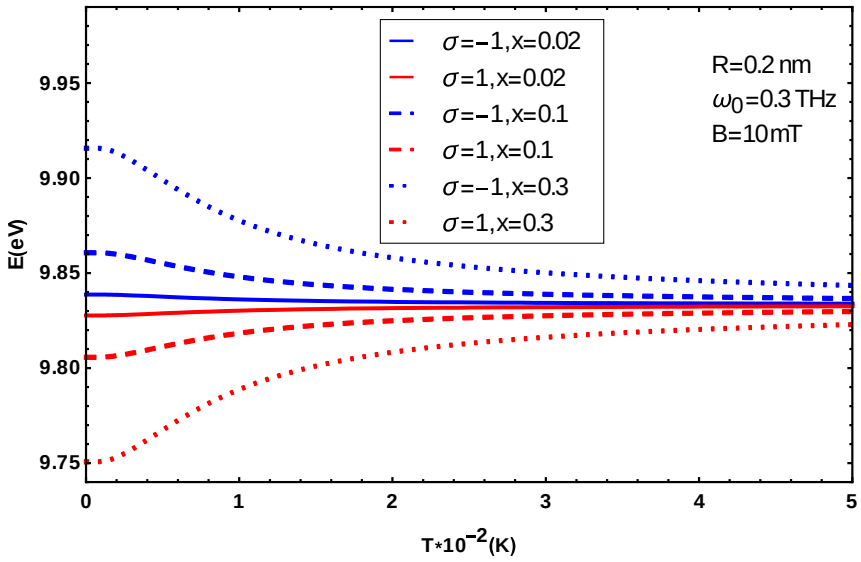


Figure 2. Graph of the dependence of energy on temperature for $n=1$ and $m=1$.

## REFERENCES

[1] A. Y. Cho, "Advances in molecular beam epitaxy (MBE)", *Journal of crystal growth*, c. 111, sy 1-4, ss. 1-13, 1991.

[2] M. Leskelä ve M. Ritala, "Atomic layer deposition (ALD): from precursors to thin film structures", *Thin solid films*, c. 409, sy 1, ss. 138-146, 2002.

[3] O. M. Moon, B.-C. Kang, S.-B. Lee, ve J.-H. Boo, "Temperature effect on structural properties of boron oxide thin films deposited by MOCVD method", *Thin Solid Films*, c. 464, ss. 164-169, 2004.

[4] T. Nishinaga, T. Nakano, ve S. Zhang, "Epitaxial lateral overgrowth of GaAs by LPE", *Japanese journal of applied physics*, c. 27, sy 6A, s. L964, 1988.

[5] V. M. Andreev, "Heterostructure solar cells", *Semiconductors*, c. 33, ss. 942-945, 1999.

[6] Z. I. Alferov, "The history and future of semiconductor heterostructures", *Semiconductors*, c. 32, ss. 1-14, 1998.

[7] M. Ciurla, J. Adamowski, B. Szafran, ve S. Bednarek, "Modelling of confinement potentials in quantum dots", *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, c. 15, sy 4, ss. 261-268, 2002.

[8] D. Bimberg, M. Grundmann, ve N. N. Ledentsov, *Quantum dot heterostructures*. John Wiley & Sons, 1999. Erişim: 06 Aralık 2024. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: https://books.google.com/books?hl=ru&lr=&id=2dcNOpIRfJkC&oi=fnd&pg=PR9&dq=bimberg+quantum+dot&ots=4bfCl5MIGR&sig=BATlWZrpMawhnyNMDAf0yb2En9A

[9] A. M. Babanlı, M. Balcı, ve V. Sabyrov, "Optical properties of an ellipsoidal quantum dot with a diluted magnetic semiconductor structure", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, c. 586, s. 171146, 2023.

[10] J. K. Furdyna, "Diluted magnetic semiconductors", *Journal of Applied Physics*, c. 64, sy 4, ss. R29-R64, Ağu. 1988, doi: 10.1063/1.341700.

[11] R. L. Harper *vd.*, "Excited confined quantum states in CdMnTe-CdTe superlattices", *Journal of Applied Physics*, c. 65, sy 2, ss. 624-628, Oca. 1989, doi: 10.1063/1.343094.

[12] A. A. Sirenko *vd.*, "Electron and hole g factors measured by spin-flip Raman scattering in CdTe/Cd 1 − x Mg x Te single quantum wells", *Phys. Rev. B*, c. 56, sy 4, ss. 2114-2119, Tem. 1997, doi: 10.1103/PhysRevB.56.2114.

# İNTRODÜKSİYON YÖNTEMİYLE ELDE EDİLEN İLERİ KADEME MERCİMEK GENOTİPLERİNİN ÖNEMLİ TARIMSAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

**Yüksek Lisans Öğrencisi, Ziraat Mühendisi, Erdoğan OTURANÇ**
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya, TÜRKİYE
erdoganoturanc@gmail.com
0000-0002-9109-4254

**Prof. Dr. Mustafa ÖNDER**
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye
monder@selcuk.edu.tr
0000-0001-7190-4099

## ÖZET

Mercimek yemeklik tane baklagiller içerisinde susuzluğa, aşırı sıcak ve aşırı soğuk hava şartlarına en dayanıklı olan bitkidir. Mercimek, içerdiği yüksek protein oranının yanında, kalsiyum, demir, A vitamini içeriği ile insan beslenmesinde; sap ve samanının besin değerinin yüksekliği sebebiyle de hayvansal gıda olarak önemli bir konumdadır. Mercimeğin birim alandan elde edilen veriminin arttırılması nadasa bırakılan alanların azaltılması bakımından önemlidir. Son yıllardaki ortalama yağış oranının azalması ve su sıkıntısı gibi sebeplerle, yetiştirilen ürünlerdeki payı arttırılarak ülke tarımımız ve üreticiler için önemi artmaktadır.

Yapılan araştırma, mercimek genotiplerini ıslah programlarında kullanmak, daha iyi verim elde etmek ve ileri kademe mercimek genotiplerinin bazı önemli tarımsal özelliklerini ortaya çıkarmak amacıyla 2022-2023 vejetasyon sezonunda Konya ekolojik koşullarında Augmented Deneme Desenine göre gerçekleştirilmiştir. Denemede, yurtiçi ve yurtdışından 56 mercimek hattı ve Türkiye'de yetiştirilen standart olarak kullanılan 4 kontrol çeşidi (Fırat-87, Yerli Kırmızı, Pul Mercimek ve Popülasyon) kullanılmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre bitki boyu 18,12-40,28 cm, ilk bakla yüksekliği 4,95-16,47 cm, anadal sayısı 3,21-1,41 adet/bitki, bakla sayısı 0,59-224,76 adet/bitki, tane sayısı 3,92-284,18 adet/bitki, kışa dayanım oranı %0,18-%93,1, bin tane ağırlığı 14,58-79,58 g, tane verimi 0,09-5,84 g/bitki arasındadır. Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre bitki boyu ve bin tane ağırlığı istatistiki olarak %5 seviyesinde önemli, kışa dayanıma oranı %1 seviyesinde önemli bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Mercimek, İntrodüksiyon, Verim Unsurları.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde beslenme problemi ve açlık dünyanın en mühim sorunlarından biri haline gelmiştir. Nüfus sayısının her geçen gün artması, sınırlı olan üretim kaynakları, ekonomik ve kültürel

faktörler, çevresel koşullar açlık ve beslenme problemini hızlandırmaktadır. Bunlara ilaveten günümüzde hayvansal olarak üretilen ürünlerin maliyetlerinin yüksek olması, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki beslenme açısından dengesiz ve yetersiz bir ortam oluşturmaktadır (Kaçar ve Azkan 1997). Dünyada insan beslenmesindeki oranlara bakacak olursak bitkisel proteinlerin %22'si, karbonhidratların %7'si; hayvan beslenmesinde ise proteinlerin %38'i ve karbonhidratların %5'i yemeklik tane baklagillerden sağlanmaktadır. İçeriğindeki %18-31.6 protein ihtivası, beslenme sorununun çözümünde gelişmekte olan ülkelerin beslenmedeki protein açığının kapatılmasında daha etkin ve ekonomik bitki grubunu oluşturmaktadır (Adak ve ark., 2010). Önceden gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerin ürünü olan mercimek; dünya ticaretinde etkin bir pazarının bulunması, insan sağlığı ve çevreye faydalı bir ürün olması sebebiyle Kanada, Avustralya ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerin de dikkatini çekmiştir. Türkiye'de kırmızı mercimek ve yeşil mercimek olarak 2 çeşit mercimek yetiştirilmektedir. Kırmızı mercimek kışlık olarak yüzde 98 oranında Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yetiştirilmekte olup bu bölgemiz dışında Orta Anadolu Bölgesinde de Seydişehir, Beyşehir ve Höyük ilçelerinde ekimi yapılmaktadır. Yeşil mercimek ise yazlık olarak Orta Anadolu Bölgesi ve geçit bölgelerinde ekimi tercih edilmektedir (Aydoğan ve ark., 2008). Bitkisel üretimin artmasında en başta gelen unsurlardan biri de bitki ıslahıdır. Günümüzdeki dünya nüfusunun sadece %5'ini doğal bitki örtüsüyle besleyebileceğimiz uzmanlarca ileri sürülmekte olup, bitki genetiği ve ıslahı bilim dalında günümüze kadar gerçekleştirilen gelişmeler ve başarılar tahmin edileninde ötesinde olmuştur (Çelik Özer ve ark., 2019).

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Çalışmada yurtiçi ve yurtdışı kaynaklı 58 adet genotip ve Türkiye'de tarımı yapılan 4 standart çeşit (Fırat-87, Yerli Kırmızı, Pul Mercimek ve Popülasyon) olmak üzere toplam 62 hat kullanılmıştır. Kullanılan genotipler Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1. Araştırmada Kullanılan Mercimek Genotiplerinin Erişim Numaraları, Orijinleri ve Yöresel İsimleri**

| Genotip Numaraları | Erişim No | Orijini | Yöresel İsmi |
|---|---|---|---|
| 86 | PI 368648 | FORMER SERBIA AND MONTENEG | SITNA |
| 20 | PI 636514 | BULGARIA | N 337 |
| 32 | PI 638619 | SYRIA | GACHSARAN |
| 33 | PI 641201 | HUNGARY | B92-129 |
| 30 | PI 636686 | UNITED STATES, WASHINGTON | ILL 9843 |
| 45 | PI 513253 | PAKISTAN | MASSAR |
| 35 | PI 641205 | TAJIKISTAN | TJK04:20-113 |
| 26 | PI 357224 | MACEDONIA | LOKALNA EDRA |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 27 | PI 357225 | FORMER SERBIA AND MONTENEG | SVETI-NIKOLSKA |
| 90 | PI 518734 | BRAZIL | CNPH 84-125 |
| 38 | PI 543070 | PAKISTAN, SIND | MASOOR 18-10 |
| 42 | PI 494067 | CHILE | OBRAZTZOV CHIFLIK 7 |
| 44 | PI 508091 | UNITED STATES, WASHINGTON | EMERALD |
| 31 | PI 636687 | UNITED STATES, WASHINGTON | ILL 9938 |
| 28 | PI 357226 | FORMER SERBIA AND MONTENEG | LOKALNA SITNA |
| 56 | PI 606650 | SPAIN | SPANISH BROWN |
| 1 | PI 565081 | SPAIN | SPANISH BROWN |
| 2 | PI 577235 | BULGARIA | MIZIA |
| 46 | PI 515969 | ARGENTINA | PRECOZ |
| 40 | PI 547037 | UNITED STATES, WASHINGTON | WA8649090 |
| 41 | PI 547038 | UNITED STATES, WASHINGTON | WA8649085 |
| 5 | PI 577238 | BULGARIA | JANA |
| 14 | PI 298923 | ITALY | TIPO TURCHE NO. 1 |
| 6 | PI 577239 | BULGARIA | STELA |
| 7 | PI 612306 | BULGARIA | ZIMNA LESTA |
| 3 | PI 577236 | BULGARIA | OBRAZTZOV CHIFLIK 7 |
| 18 | PI 308609 | SYRIA | HOMSI/KORDI |
| 12 | PI 606658 | PAKISTAN, NORTH-WEST FRONT | PAK 20 |
| 199 | PI 298921 | ITALY | ALTAMURA |
| 192 | PI 636685 | UNITED STATES, WASHINGTON | ILL 7502 |
| 13 | PI 298922 | ITALY | TIPO CASTELLUCIO PICCOLE |
| 10 | PI 606648 | ITALY | MOUNTAIN LENTIL #1 |
| 9 | PI 606647 | ITALY | CASTELLUCIO LENTIL |
| 29 | PI 631397 | SYRIA | MEYVECI 2001 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 | PI 606642 | UKRAINE | KROKHMAL #6 |
| 15 | PI 298924 | ITALY | TIPO TURCHE NO. 2 |
| 22 | PI 612286 | SYRIA | DOMMA 15 |
| 16 | PI 302398 | JORDAN | ILL 486 |
| 11 | PI 606649 | ITALY | MOUNTAIN LENTIL #2 |
| 17 | PI 308608 | SYRIA | BALADI |
| 21 | PI 612285 | SYRIA | HOMS 14 |
| 19 | PI 634208 | UNITED STATES, WASHINGTON | MERRIT |
| 190 | PI 636683 | ARMENIA | ARM 170 |
| 182 | PI 620882 | CHINA, YUNNAN | LE-00-01 |
| 198 | PI 643453 | SYRIA | SALIANA |
| 194 | PI 643449 | SYRIA | HALA |
| 191 | PI 636684 | ARMENIA | ARM 417 |
| 66 | PI 339275 | TURKEY | YERLI KUQUK |
| 187 | PI 636515 | BULGARIA | N 440 |
| 184 | PI 631396 | SYRIA | IDLIB-2 |
| 183 | PI 631395 | SYRIA | ALI DAYI |
| 181 | PI 620881 | SYRIA | S119 |
| 195 | PI 643450 | SYRIA | RACHAYYA |
| 196 | PI 643451 | SYRIA | ALEM TINA |
| 197 | PI 643452 | SYRIA | ASSANO |
| 23 | PI 612287 | SYRIA | VAN WILSON 16 |
| 25 | PI 345640 | FORMER SOVIET UNION | ZELENAYA AHUNSKAYA |
| 193 | PI 643448 | SYRIA | KEF |

Denemenin kurulduğu Konya ili karasal iklim özelliğine sahip olmakla birlikte denemenin kurulduğu 2022-2023 vejetasyon döneminde Konya Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınan verilere göre; aylık ortalama sıcaklık 10,3 °C, aylık ortalama nispi nem %63,9, toplam yağış miktarı ise 321,7 mm olarak gerçekleşmiştir.

**Çizelge 2. Denemenin Yürütüldüğü Alana Ait 2022-2023 Vejetasyon Dönemi ve Uzun Yıllara Ait Aylık Ortalama Sıcaklık (°C), Aylık Toplam Yağış (mm) ve Aylık Ortalama Nispi Nem (%) Değerleri**

| Aylar | Aylık Ortalama Sıcaklık (°C) | | Aylık Toplam Yağış (mm) | | Aylık Ortalama Nispi Nem (%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Uzun Yıllar (30 Yıl) | 2022-2023 Vejetasyon Dönemi | Uzun Yıllar (30 Yıl) | 2022-2023 Vejetasyon Dönemi | Uzun Yıllar (30 Yıl) | 2022-2023 Vejetasyon Dönemi |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ekim | 13,4 | 13,2 | 29,7 | 24,2 | 57,6 | 61 |
| Kasım | 6,2 | 8,3 | 34,5 | 10,9 | 70,1 | 65,2 |
| Aralık | 1,5 | 4,4 | 45,5 | 7,9 | 79,9 | 79 |
| Ocak | -0,3 | 1,7 | 35,9 | 11,9 | 79,8 | 73,8 |
| Şubat | 1,3 | -0,9 | 23,1 | 31 | 73,3 | 75,1 |
| Mart | 6 | 8 | 27,4 | 47,2 | 63,4 | 62,7 |
| Nisan | 10,9 | 10,5 | 34,2 | 48,7 | 58,7 | 60,6 |
| Mayıs | 15,9 | 14,9 | 38,2 | 74,4 | 56,1 | 62,7 |
| Haziran | 20,5 | 19,2 | 27,8 | 50,3 | 47,5 | 62,7 |
| Temmuz | 24,1 | 24,3 | 6,5 | 15,2 | 38,9 | 36,5 |
| Toplam | | | 302,8 | 321,7 | | |
| Ortalama | 9,9 | 10,3 | | | 62,5 | 63,9 |

Deneme arazisinin toprak özellikleri Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde yapılan analiz sonuçlarına göre; killi tınlı toprak yapısında, pH oranı 7,99 hafif alkalin, tuzluluk oranı düşük tuzlu, organik madde %2,01, inorganik azot 49,3 mg/kg, fosfor 9 mg/kg ve potasyum 277 mg/kg olarak bulunmuştur.

2.2. Yöntem

Çalışma, Konya ili Karatay ilçesindeki tarla koşullarında 2022 yılı Ekim ayında kurulmuştur. Denemenin kurulduğu arazide 3 Eylül 2022 tarihinde soklu pullukla sürülüp, ardından rotovatörle sürülerek tohum yatağı hazır hale getirilmiştir. Deneme kuru tarım şartlarında gerçekleştiği için 13 Ekim 2022 tarihinde uygun yağışın ardından toprak tavında iken elle ekim işlemi gerçekleştirilmiştir.

Augmented deneme desenine göre kurulan denemede; her parsel bir bloğu temsil etmektedir. Her parsele 28 sıra ekim yapılmıştır. İki sıra arası mesafe 40 cm, sıra üzeri 10 cm ve ekim derinliği yaklaşık olarak 4-5 cm derinliğindedir.

Denemede ekimden önce dekara 10 kg olacak şekilde 18-46-0 taban gübresi kullanılmıştır. Deneme süresince yabancı otla mücadele ve gerekli bakım işlemleri yapılmıştır. Denemede sulama işlemi yapılmamıştır.

Hasat işlemi, her sırada baş ve sondaki 0,5 metrelik kısımları ayırarak ortadaki 1 metrelik kısımdan el ile hasat edilerek 3 Temmuz tarihinden başlayarak çeşitlerin olum zamanına göre 17 Temmuz tarihine kadar sürmüştür. Hasattan önce bitki boyu, ilk bakla yüksekliği, anadal sayısı ve kışa dayanım oranı değerleri ölçülmüş, hasat işleminden sonra ise bakla sayısı, tane sayısı, bin tane ağırlığı ve tane verimi gibi özellikler belirlenmiştir.

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışma sonucunda varyasyon sonuçlarına ilişkin elde edilen bitki boyu, ilk bakla yüksekliği, anadal sayısı, bakla sayısı, tane sayısı, kışa dayanım oranı, bin tane ağırlığı ve tane

verimine ait kareler toplamı, kareler ortalaması, hata karelerinin ortalaması ve f değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

**Çizelge 3. Standart Çeşitlerin İstatiksel Analizlerinin Özeti**

| Özellikler | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | Hata Karelerinin Ortalaması | F Değeri |
|---|---|---|---|---|
| Bitki Boyu | 260,72 | 86,90 | 17,32 | 5,02* |
| İlk Bakla Yüksekliği | 25,75 | 8,58 | 4,09 | 2,10 |
| Anadal Sayısı | 0,12 | 0,40 | 0,07 | 0,53 |
| Bakla Sayısı | 186,33 | 62,11 | 101,66 | 0,61 |
| Tane Sayısı | 1322,41 | 440,80 | 135,23 | 3,26 |
| Kışa Dayanım | 11920,70 | 3973,56 | 558,49 | 7,11** |
| Bin Tane Ağırlığı | 1175,05 | 391,68 | 72,91 | 5,37* |
| Tane Verimi | 0,21 | 0,07 | 0,10 | 0,65 |

**Çizelge 4. Denemede Kullanılan Mercimek Genotipleri ve Standart Çeşitlere Ait İncelenen Veriler**

| Özellikler | Min. | Maks. | Ort. | Fırat-87 | Yerli Kırmızı | Pul Mercimek | Popülasyon |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bitki Boyu (cm) | 18,12 | 40,28 | 24,91 | 27,94 b | 29,51 b | 35,87 a | 35,85 a |
| İlk Bakla Yüksekliği (cm) | 4,95 | 16,47 | 9,06 | 10,38 | 11,10 | 13,18 | 12,67 |
| Anadal Sayısı (adet/bitki) | 1,41 | 3,21 | 1,98 | 2,34 | 2,34 | 2,31 | 2,15 |
| Bakla Sayısı (adet/bitki) | 0,59 | 224,76 | 44,03 | 47,91 | 49,29 | 42,96 | 51,21 |
| Tane Sayısı (adet/bitki) | 3,92 | 284,18 | 37,93 | 40,67 | 42,24 | 24,55 | 25,97 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kışa Dayanım Oranı (%) | 0,18 | 93,10 | 50,54 | 66,9 a | 83,61 a | 57,11 a | 17,25 b |
| Bin Tane Ağırlığı (g) | 14,58 | 79,58 | 32,11 | 29,07 b | 32,04 b | 47,08 a | 44,12 a |
| Tane Verimi (g/bitki) | 0,09 | 5,84 | 1,10 | 1,23 | 1,31 | 1,03 | 1,19 |

Bitki boyuna ait varyans analiz sonuçları standart çeşitler arasında %5 ihtimal sınırında istatistiki olarak önemli çıkmıştır. Standart çeşitler arasında en uzun bitki boyuna sahip çeşit 35,87 cm ile Pul Mercimek çeşidi olurken en kısa bitki boyu 27,94 cm ile Fırat-87 çeşidinden elde edilmiştir. Genotipler arasında ise en uzun bitki boyu 40,28 cm ile 90 numaralı genotipten, en kısa bitki boyu ise 18,12 cm ile 7 numaralı genotipten elde edilmiştir (Çizelge 4).

İlk bakla yüksekliğine ait varyans analizi sonuçları istatistiki olarak önemli çıkmamıştır. Ancak ilk bakla yüksekliği en uzun olan standart çeşit 13,18 cm ile Pul Mercimek , ilk bakla yüksekliği en kısa olan standart çeşit ise 10,38 cm ile Fırat-87 çeşidi olmuştur. Genotipler incelendiğinde ise en uzun ilk bakla yüksekliği 16,47 cm ile 23 numaralı genotip, en kısa ilk bakla yüksekliğine sahip genotip ise 4,95 cm ile 12 numaralı genotip olmuştur (Çizelge 4).

Bitkideki anadal sayısı incelendiğinde varyans analiz sonuçları istatistiki olarak önemli çıkmamıştır. Standart çeşitler arasında ise bitkide en fazla anadal sayısına sahip çeşitler 2,34 adet/bitki ile Fırat-87 ve Yerli Kırmızı çeşitleri, en az bitkide anadal sayısına sahip çeşit ise 2,15 adet/bitki ile Popülasyon çeşidi olmuştur. Genotipler açısından en fazla bitkide anadal sayısına sahip genotip 3,21 adet/bitki ile 11 numaralı genotip, en az bitkide anadal sayısına sahip genotip ise 1,41 adet/bitki ile 184 numaralı genotip olmuştur (Çizelge 4).

Bitki başına düşen bakla sayısında varyans analiz sonuçları istatistiki olarak önemli çıkmamıştır. Standart çeşitler arasında bitki başına düşen en fazla bakla sayısı 51,21 adet/bitki ile Popülasyon çeşidi, bitki başına düşen en az bakla sayısı ise 42,96 adet/bitki ile Pul Mercimek çeşidi olmuştur. Genotipler arasında en fazla bitki başına düşen bakla sayısı 224,76 adet/bitki ile 5 numaralı genotip olurken, en az bitki başına düşen bakla sayısı ise 0,59 adet/bitki ile 192 numaralı genotip olmuştur (Çizelge 4).

Bitki başına düşen tane sayısına ait varyans analiz sonuçları istatistiki olarak önemli çıkmamıştır. Standart çeşitler arasında ise bitki başına düşen tane sayısında en fazla tane sayısı 42,24 adet/bitki ile Yerli Kırmızı çeşidi, en az bitki başına düşen tane sayısı ise 24,55 adet/bitki ile Pul Mercimek çeşidi olmuştur. Genotipler arasında en fazla bitki başına düşen tane sayısı 284,18 adet/bitki ile 5 numaralı genotip, en az bitki başına düşen tane sayısı ise 3,92 adet/bitki ile 8 numaralı genotip olmuştur (Çizelge 4).

Kışa dayanım oranına ait varyans analiz sonuçları istatistiki olarak %1 seviyesinde önemli çıkmıştır. Kışa dayanım oranı en yüksek standart çeşit %83,61 ile Yerli Kırmızı çeşidi olurken, en düşük kışa dayanım oranına sahip standart çeşit %17,25 ile Popülasyon çeşidi olmuştur. Genotipler arasında en yüksek kışa dayanım oranına sahip genotipler %93,1 ile 17,21 ve 19 numaralı genotipler olurken, en düşük kışa dayanım oranına sahip genotip %0,18 ile 45 numaralı genotip olmuştur (Çizelge 4).

Bin tane ağırlığına ait varyans analiz sonuçları istatistiki olarak %5 seviyesinde önemli çıkmıştır. Standart çeşitler arasında en yüksek bin tane ağırlığına sahip çeşit 47,08 g ile Pul Mercimek çeşidi, en düşük bin tane ağırlığına sahip çeşit ise 29,07 g ile Fırat-87 çeşidi olmuştur. Genotipler arasında en yüksek bin tane ağırlığına sahip genotip 79,58 g ile 23 numaralı genotip, en düşük bin tane ağırlığına sahip genotip ise 14,58 g ile 11 numaralı genotip olmuştur (Çizelge 4).

Tane verimine ait varyans analiz sonuçları istatistiki olarak önemsiz çıkmıştır. Standart çeşitler arasında en yüksek bitki başına düşen tane verimi 1,31 g/bitki ile Yerli Kırmızı çeşidi, en düşük bitki başına düşen tane verimi ise 1,03 g/bitki ile Pul Mercimek çeşidinden elde edilmiştir. Genotipler arasında ise en yüksek tane verimi 5,84 g/bitki ile 5 numaralı genotip olurken, en düşük tane verimi 0,09 g/bitki ile 6 numaralı genotipten elde edilmiştir (Çizelge 4).

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Alıcı (1997), yaptığı araştırmada çeşitlere ait bitki boylarının 21,6-31,3 arasında değiştiğini bildirmiş, ekolojik şartların da bitki boyu üzerine etki yaptığını söylemiştir. Alıcı (1997), Yerli Kırmızı çeşidinin 10,3 cm ile en düşük ilk bakla yüksekliğine sahip olduğunu söylemiştir. Karadavut ve Sözen (2019), anadal sayısında gözlenen kararlılık dal sayısının çevresel faktörlerden üst seviyelerde etkilenmediğini ortaya koymuşlardır. Kökten ve Bakoğlu (2011), ana dal sayısında baklagillerde varyasyon düzeyinin çok yüksek olmadığını tespit etmişlerdir. Biçer ve Şakar (2011), yaptıkları araştırmada dal sayısı ortalamasını 2,38 olarak saptamışlardır. Ölmez (2011), yaptığı çalışmada bitkideki bakla sayısını 44.61 ile 62.07 arasında bulmuştur. Biçer ve Şakar (2007), yaptıkları çalışmada en yüksek bakla sayısını 41.13

adet, en düşük bakla sayısını ise 22.45 aralığında bulmuşlardır. Çokkızgın, Çölkesen ve arkadaşları (2005), bitki başına düşen bakla sayısını 56,7 adet ile 26,5 adet arasında geldiğini bildirmişlerdir. Erman, Demirhan ve arkadaşları (2005) ise yürüttükleri çalışmada bitkide tane sayısını ortalama 33,55 bulmuşlardır. Biçer ve Şakar (2007), en yüksek bitkide tane sayısını 52.65 adet, en düşük 28.48 adet ile en düşük tane sayısını bulmuşlardır. Ölmez (2011), çeşitlere göre tane sayısının 47.87-124.45 adet/bitki arasında değiştiğini bildirmiştir. Ölmez (2011), yaptığı çalışmada çeşitler arasında farklı gruplar oluştuğunu ve çeşitlere ait bin dane ağırlığının 59.55-35.99 g arasında değiştiğini bildirmiştir. Aydoğan, Karagül ve arkadaşları (2008) ise yüz tane ağırlığının 7.7 g ile 2.5 g arasında değiştiğini açıklamıştır. Biçer ve Şakar (2007), bin dane ağırlığı yönünden çeşitler arasındaki farklılıkları önemli bulmuştur. Bin dane ağırlığını en yüksek 46.71 g ve en düşük 27.61 g arasında değiştiğini belirlemiştir. Çokkızgın, Çölkesen ve arkadaşları (2005), çeşitler arasındaki farklılıklar incelendiğinde bin dane ağırlığının 46.63 g ile 30.94 g arasında değerlere sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Öktem (2016), yetiştirdiği kırmızı mercimek çeşitlerinde analiz sonuçlarına göre bin dane ağırlığı değerlerinin 33.5-46.10 arasında değiştiğini belirlemiştir. Ulukuş (2019), araştırmasında kullandığı standart çeşitlerde blokların ortalaması olarak en yüksek bin dane ağırlığını 41.98 g ile Pul Mercimek çeşidinden elde etmiş olup, bunu 37.02 g ile Yerli Kırmızı, 36.98 g ile Fırat-87 ve 31.88 g ile Çağıl çeşitlerinin takip etmiş olduğunu açıklamıştır. Biçer ve Şakar (2011), bitki tane verimini en yüksek 0,93 g, en düşük 0,46 g olarak saptamıştır.

Mercimek yemeklik tane baklagiller arasında ekstrem iklim koşullarına adapte olabilme özelliği ile ön plana çıkmaktadır. Besleyici özelliği oldukça yüksek olan mercimeğin kuraklığa dayanıklılığı en önemli avantajlardan biridir. Mercimek, tane ve saman olarak iyi bir pazar değerine sahiptir. Ayrıca iyi bir toprak koruyucu, toprak işlemesiz tarımda ikinci ürün için iyi bir ön bitki ve yıllar geçtikçe süresi azalan yağışlı bahar ayları için erkenci bir ürün ve iyi bir kurak iklim bitkisidir. Kuru tarım yapılan alanlarda münavebe sistemi içerisinde yer alan mercimek, tarlayı buğdaya göre daha erken terk etme, toprağı organik maddece zenginleştirme ve kendisinden sonraki bitkiye daha elverişli bir toprak bırakma gibi özellikleri sebebiyle vazgeçilmez bitkilerden biridir. Yapılan çalışmalar sonucunda üreticiler için verimli alternatif çeşitlerin elde edilmesi sağlanmalıdır. Üreticilere gerekli desteklemeler ve teşviklerle diğer yetiştirilen ürünlerle rekabet etmesi kolaylaştırılmalıdır.

.

## KAYNAKÇA

**1.** Adak, M. S., Güler, M. ve Kayan, N., *Yemeklik Baklagillerin Üretimini Arttırma Olanakları,* 2010.

**2.** Alıcı, S., *Harran Ovası Koşullarında Farklı Mercimek (Lens culinaris Medic.) Çeşitlerinin Morfolojik ve Tarımsal Karakterlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma,* Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 1997.

**3.** Aydoğan, A., Karagül, V. ve Gürbüz, A., *Farklı Ekim Zamanlarının Yeşil ve Kırmızı Mercimeğin (Lens Culinaris Medik) ve Verim Öğelerine Etkileri,* Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 17 (1-2), 2008.

**4.** Biçer, B.T. ve Şakar, D., *Dış Kaynaklı Mercimek Hatlarının Tarımsal ve Morfolojik Özellikler İçin Yerel Çeşitlerle Karşılaştırılması,* Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 13(3):279-284, 2007.

**5.** Biçer, B.T. ve Şakar, D., *Mercimek (Lens culinaris Medik.) Hatlarının Verim ve Verim Özellikleri Yönünden Değerlendirilmesi,* Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 15(3):21-27, 2011.

**6.** Çelik Özer, G., Karaoğlu, C., Aydoğan, A. ve Kılınç, H. V., *Mercimekte (Lens culinaris M.) Hızlı Islah Teknikleri Kullanılarak Generasyon Süresinin Kısaltılması,* Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 28(2):103-111, 2019.

**7.** Çokkızgın, A., Çölkesen, M., Kayhan, K. ve Aygan, M., *Kahramanmaraş Koşullarında Kışlık Mercimek (Lens culinaris Medic.) Çeşitlerinde Verim ve Verim Özellikleri Üzerine Bir Araştırma,* Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(2):285-290, 2005.

**8.** Erman, M., Demirhan, H. ve Tunçtürk, M., *Siirt Ekolojik Koşullarında Kışlık Olarak Yetiştirilebilen Mercimek Çeşitlerinin Önemli Tarımsal ve Bitkisel Özelliklerinin Belirlenmesi,* Türkiye IV. Tarla Bitkileri Kongresi, 2005.

**9.** Kaçar, O., Azkan, N. ve Karasu, A., *Bursa Ekolojik Koşullarında Yetiştirilebilecek Mercimek Çeşitlerinin Belirlenmesi,* 1997.

**10.** Karadavut, U. ve Sözen, Ö., *Yerel Mercimek Genotiplerinin Verime Etki Eden Bazı Karakterleri İçin Genotipik ve Çevresel Etkilerin Belirlenmesi,* Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6(4):870-877, 2019.

**11.** Kökten, K. ve Bakoğlu, A., *Elazığ Koşullarında Mürdümük (Lathyrus sativus L.)'te Farklı Sıra Arasının Tohum Verimi ve Verim Öğeleri Üzerine Etkisi,* Bingöl Üniversitesi Fen. Bil. Dergisi, 1(1):37-42, 2011.

**12.** Öktem, A. G., *Şanlıurfa Koşullarında Yetiştirilen Bazı Kırmızı Mercimek (Lens culinaris Medik.) Genotiplerinin Verim ve Verim Öğelerinin Belirlenmesi,* Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(1):27-34, 2016.

**13.** Ölmez, Z.T.A., *Adıyaman Koşullarında Değişik Mercimek (Lens culinaris Medic.) Çeşitlerinde Verim ve Verim Unsurları Üzerine Bir Araştırma,* Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 2011.

**14.** Ulukuş, F., *Yurtiçi ve Yurtdışı Kaynaklı Mercimek Genotiplerinin Önemli Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi,* Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2019.

# MACAR FİĞİNDE MANYETİK ALAN PRİMİNG UYGULAMALARININ ÇİMLENME VE FİDE GELİŞİMİNE ETKİSİ

**Doç. Dr. Medine ÇOPUR DOĞRUSÖZ**

Yozgat Bozok Üniversitesi,

medine.copur@yobu.edu.tr, ORCID NO: 0000-0002-9159-1699

**Dr. Öğr. Üyesi Gökçe AYDÖNER ÇOBAN***

Yozgat Bozok Üniversitesi,

gokce.aydoner@yobu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-0851-8803

## ÖZET

Çalışma, Macar fiği tohumlarında çimlenme ve fide gelişimi üzerinde manyetik alan uygulamalarının olası etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırmada, ekim öncesinde Macar fiği tohumlarına 0, 0.5, 0.7, 0.9 ve 1 Tesla (T) şiddetlerinde 10 dakika süresince manyetik alan uygulanmıştır. Manyetik alan uygulanmış tohumlar, ışık, sıcaklık ve nem kontrolü olan ortamda petri kaplarına yerleştirilmiştir. Çalışma, üç tekrarlı tesadüf blokları deneme desenine göre düzenlenmiş olup, 8 günlük sürecin sonunda bitkiler hasat edilmiştir.

Araştırma kapsamında, çimlenme oranı, sürgün ve kök uzunluğu ile yaş ve kuru ağırlık gibi bitki büyüme parametreleri ölçülmüş ve sonuçlar, manyetik alan uygulanmamış kontrol grubu ile kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, manyetik alan uygulamasının çimlenme oranını ve erken büyüme hızını artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle 0.9 ve 1.1 T dozunda çimlenme oranının %95'e ulaştığı belirlendi. Ayrıca sürgün ve kök gelişimi ile en yüksek değerlerin 0.9 T uygulamasında elde edildiği görülmüştür. Bununla birlikte, manyetik alan yoğunluğu arttıkça sürgün uzunluğu ve yaş ağırlıkta düşüşler gözlemlenmiştir; bu durum, 0.5 ila 0.9 Tesla aralığındaki düşük ve orta yoğunlukların bitki büyümesine olumlu katkı sağlarken, 1 Tesla gibi yüksek dozların gelişimi olumsuz etkileyebileceğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, çalışmada 0.9 Tesla manyetik alan uygulaması Macar fiği tohumları için ideal bir doz olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, çevre dostu ve sürdürülebilir bir yöntem olarak manyetik alan uygulamalarının Macar fiği verimliliğini artırmada kullanılabileceğine işaret etmektedir. Hem hayvan yemi hem de insan gıdası olarak değerlendirilebilecek olan Macar fiği için bu uygulama, verimlilik ve biyokütle artışı açısından önemli bir potansiyel sunmakta olup, tarım ve gıda endüstrilerine yenilikçi bir bakış açısı sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Manyetik alan, Fiğ, Çimlenme, Fide

# EFFECT OF MAGNETIC FIELD PRIMING APPLICATIONS ON GERMINATION AND SEEDLING DEVELOPMENT IN HUNGARIAN VETCH

## ABSTRACT

The study aims to investigate the potential effects of magnetic field applications on the germination and seedling development of Hungarian vetch seeds. In the research, prior to sowing, Hungarian vetch seeds were exposed to magnetic fields of 0, 0.5, 0.7, 0.9, and 1 Tesla (T) for 10 minutes. The magnetically treated seeds were then placed in Petri dishes under controlled light, temperature, and humidity conditions. The experiment was arranged in a randomized block design with three replications, and the plants were harvested at the end of an 8-day period.

In the study, plant growth parameters such as germination rate, shoot and root length, and fresh and dry weight were measured and compared with the untreated control group. The findings revealed that magnetic field application has the potential to enhance germination rate and early growth performance. Specifically, it was determined that germination rates reached 95% at doses of 0.9 and 1 Tesla. Furthermore, the highest values for shoot and root development were observed in the 0.9 T treatment. However, as the magnetic field intensity increased, reductions in shoot length and fresh weight were noted. This suggests that while low to moderate intensities in the range of 0.5 to 0.9 Tesla positively contribute to plant growth, high doses such as 1 Tesla may adversely affect development.

In conclusion, the study identified 0.9 Tesla as the optimal magnetic field dose for Hungarian vetch seeds. These results indicate that magnetic field applications could be employed as an eco-friendly and sustainable method to enhance the productivity of Hungarian vetch. For Hungarian vetch, which can be utilized both as animal feed and human food, this approach offers significant potential for improving yield and biomass, providing an innovative perspective for the agricultural and food industries.

**Keywords:** Magnetic field, vetch, germination, seedling

## 1. GİRİŞ

Dünyada artan nüfus, tarımsal üretim üzerindeki baskıyı artırarak, özellikle kuraklık, tuzluluk ve sıcaklık gibi çeşitli abiyotik stres koşullarına dayanıklı bitki yetiştirme gerekliliğini doğurmaktadır. Bu bağlamda, bitki yetiştiriciliğinde alternatif teknikler ve uygulamalar üzerine yapılan araştırmalar son yıllarda büyük ilgi görmektedir. Manyetik alan uygulamaları, bu tekniklerden biri olarak öne çıkmakta olup, bitki fizyolojisi ve morfolojisi üzerinde olumlu etkiler sağlama potansiyeline sahiptir. Manyetik alan priming uygulamaları, özellikle tohum çimlenme sürecinde olumlu etki yaratarak, çimlenme hızını ve oranını artırdığı gibi fide

gelişimini de olumlu yönde etkileyebilir. Manyetik alanın tohum üzerindeki etkisi, hücre zarlarının geçirgenliğini artırarak su ve besin alımını hızlandırabilir; aynı zamanda metabolik faaliyetlerin düzenlenmesine katkıda bulunabilir. Bu durum, tohumların daha hızlı çimlenmesini ve kuvvetli fide gelişimini destekleyebilir.

Birçok çalışma, MF ile yapılan ön işlemin çimlenme, kök ve sürgün gelişimi, kuru madde birikimi gibi çeşitli bitki özellikleri üzerinde olumlu etkiler sağladığını rapor etmektedir (Yinan vd. 2005; Esitken ve Turan, 2004). Temel olarak, MF, manyetik özelliğe sahip maddelerde elektrik yüklerinin yer değiştirmesi veya elektrik akımı dolaşımı sonucunda ortaya çıkar. Yük yer değiştirme miktarı arttıkça, meydana gelen MF de artar ve bu durum, MF uygulamasının süresi ve frekansına bağlı olarak bitkilerde sıcaklık artışına yol açar (Vaezzadeh vd. 2006). Bu ısıl etkinin, bitkilerin çimlenme ve fide özelliklerini değiştirme potansiyeli bulunmaktadır.

Tohumların ekim öncesinde belirli sürelerle statik manyetik alanlara maruz bırakılması, bitki fizyolojisi ve büyüme performansı üzerinde önemli etkiler yaratabilmektedir. Bu yöntemle, keten, karabuğday, ayçiçeği ve bezelye gibi farklı bitkilerin tohumlarında daha erken çimlenme ve güçlü filiz oluşumu gözlemlenmiştir (Gubbels, 1982). Manyetik alan uygulamaları, tohum metabolizmasını etkileyerek bitki büyümesini hızlandıran çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik süreçleri tetikleyebilmektedir. Örneğin, Baghel ve arkadaşlarının (2019) soya fasulyesi üzerinde yaptıkları çalışmalar, manyetik alanın kök nodülü sayısını, taze ağırlığı ve bitki büyüme özelliklerini artırdığını göstermiştir. Bezelye üzerinde yapılan bir diğer çalışmada, manyetik alan uygulamalarının bitki dokularındaki ham protein, kalsiyum (Ca) ve fosfor (P) oranlarını artırırken, sodyum (Na) oranını azalttığı belirlenmiştir. Bu durum, manyetik alanın besin maddelerinin taşınması ve birikimi üzerindeki düzenleyici etkisini ortaya koymaktadır. Marul bitkileri üzerinde yapılan bir başka çalışmada ise Abdul Latef ve arkadaşları (2020), manyetik alan uygulamasının yoğunluk ve süreye bağlı olarak toplam çözünebilir şekerler, toplam çözünebilir proteinler ve serbest amino asit miktarını önemli ölçüde artırdığını bildirmişlerdir. Bu bulgular, manyetik alanın bitki metabolizmasını yeniden düzenleyerek büyümeyi teşvik ettiğini ve bitki performansını artırdığını göstermektedir.

Bununla birlikte, manyetik alan uygulamalarının oksidatif stres ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) neden olduğu hasarı azaltabildiği de belirtilmiştir. Bu durum, manyetik alanın hücresel düzeyde koruyucu mekanizmaları aktive ederek bitki sağlığını iyileştirme potansiyelini vurgulamaktadır. Tohumların ekim öncesinde manyetik alanla işlenmesi, tarımsal üretimde verimliliği artırmak için sürdürülebilir ve çevre dostu bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir. Özellikle, bu tür uygulamaların farklı bitki türleri üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak için kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Macar fiği (*Vicia pannonica*), yem bitkisi olarak önemli bir yere sahip olup, yüksek protein içeriği ve toprağı zenginleştirici özellikleri ile bilinir. Ancak, çimlenme ve erken dönem fide gelişimi açısından bazı zorluklarla karşılaşılabilmektedir. Bu çalışmada, Macar fiği tohumlarında manyetik alan priming uygulamalarının çimlenme ve fide gelişimi üzerindeki etkileri araştırılarak, tarımsal verimliliği artırma yönündeki potansiyel katkıları değerlendirilmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada bitki materyali olarak Macar fiğin " Altınova 2002" çeşidi kullanılmıştır. Tohumlar, manyetik alan uygulamaları için Hall Etkisi Ölçüm Sistemi (HEMS) kullanılarak 0, 0.5, 0.7, 0.9 ve 1.1 Tesla yoğunluklarında, her bir uygulama 10 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. Çalışma, Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde tamamen kontrollü koşullar altında, ışık, sıcaklık ve nem oranının sabit tutulduğu bir iklim odasında yürütülmüştür.

Deneme düzeni, tesadüf parselleri deneme desenine uygun Görselde, 3 tekerrürlü olarak planlanmıştır. Her bir petri kabına kurutma kağıtları yerleştirilmiş ve üzerine 10 tohum konulmuştur. Tohumların nem ihtiyacını karşılamak için her bir petri kabına 15 cc saf su eklenmiş ve bu kaplar Parafilm ile sıkıca kapatılmıştır. Deneme, ekimden itibaren 8 gün boyunca, 16 saat aydınlık (25 °C) ve 8 saat karanlık (23 °C) olacak Görselde %65 nem oranında kontrol edilen ortam koşullarında gerçekleştirilmiştir. Her bir petri kabı, bir tekerrür olarak değerlendirilmiştir.

Çimlenme oranı (%), ekimden sonraki 4. güne kadar günlük yapılan gözlemlerle belirlenmiş ve en az 2 mm uzunluğa ulaşan filizler çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Fide özellikleri (sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, taze ağırlık ve kuru ağırlık) ise denemenin 8. günü değerlendirilmiştir. Taze ağırlık ölçümleri, petri kabındaki tüm fidelerin tartılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Kuru ağırlık tayini için, her petri kabından alınan örnekler 65 °C'de bir etüvde sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutulmuştur.

Elde edilen veriler, SPSS 20.0 istatistik programı kullanılarak analiz edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki farklar, $p<0.05$ önem düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Verilerin daha etkili bir Görselde görselleştirilmesi ve yorumlanması amacıyla SRplot grafik çizim programı kullanılmıştır. Bu yöntemlerle, manyetik alan uygulamalarının Macar fiği tohumlarının çimlenme oranı ve fide karakterleri üzerindeki etkileri detaylı bir Görselde incelenmiştir.

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çizelge 1' de Macar fiği tohumlarına uygulanan farklı manyetik alan dozlarının çimlenme oranı, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, taze ağırlık ve kuru ağırlık üzerine etkileri istatistik olarak çok önemli ($p<0.01$) bulunmuş ve Duncan gruplandırması verilmiştir.

**Çizelge 1. Macar fiği tohumlarına uygulanan manyetik alan şiddetlerinin çimlenme ve fide gelişimine etkisi**

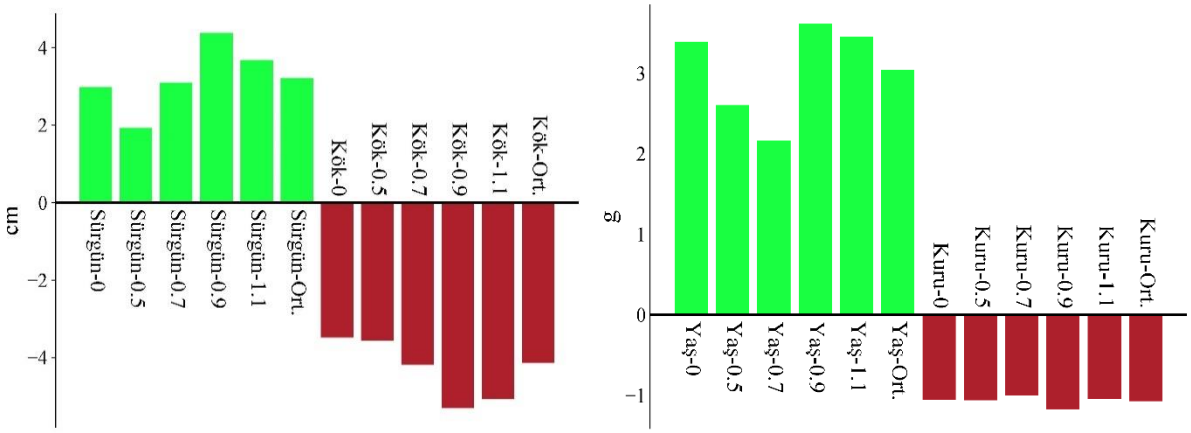
| Dozlar | Çimlenme Oranı (%) | Sürgün Boyu (cm) | Kök Boyu (cm) | Yaş Ağırlık (g) | Kuru Ağırlık (g) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 80 c | 2.98 c | 3.48 e | 3.39 c | 1.05 b |
| 0.5 | 75 d | 1.93 d | 3.56 de | 2.60 dc | 1.06 b |
| 0.7 | 90 b | 3.10 bc | 4.18 c | 2.16 d | 1.00 c |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.9 | 95 a | 4.38 a | 5.30 a | 3.61 a | 1.17 a |
| 1.1 | 95 a | 3.68 b | 5.06 b | 3.45 ab | 1.04 b |
| *Ortalama* | *87* | *3.21* | *4.13* | *3.04* | *1.07* |

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur.

Manyetik alan uygulamaları çimlenme oranı üzerinde önemli bir etki göstermiştir ($p<0.05$). Kontrol grubunda çimlenme oranı %80 iken, en yüksek değer %95 ile 0.9 ve 1.1 Tesla dozlarında elde edilmiştir. En düşük çimlenme oranı ise %75 ile 0.5 Tesla dozunda gözlenmiştir (Çizelge 1). Bu sonuçlar, uygun dozlarda uygulanan manyetik alanın tohum metabolizmasını ve su alımını hızlandırarak çimlenme sürecini teşvik ettiğini göstermektedir. Manyetik alanın düşük dozlarında ise muhtemelen yetersiz uyarım nedeniyle çimlenme oranı azalmıştır. Bu bulgular, Pietruszewski (1999) ve Souza-Torres ve ark. (2011) tarafından manyetik alan uygulamalarının çimlenme oranını artırdığına dair yapılan çalışmalarla uyumludur.

Manyetik alanın sürgün uzunluğu üzerinde belirgin bir etkisi olduğu görülmüştür. Kontrol grubunda sürgün uzunluğu 2.98 cm iken, 0.9 Tesla dozunda bu değer 4.38 cm ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır. 1.1 Tesla dozunda ise sürgün uzunluğu 3.68 cm olarak ölçülmüştür Çizelge 1, Görsel 1). Bu durum, yüksek dozlarda manyetik alanın bitki büyümesini teşvik ettiğini, ancak çok yüksek yoğunlukların olası bir stres etkisi yaratarak büyümeyi sınırlayabileceğini düşündürmektedir. Bu sonuçlar, Kato ve ark. (1989) ile Smith ve ark. (1966) tarafından bildirilen, sürgün büyümesinin manyetik alana duyarlılığına ilişkin bulgularla örtüşmektedir. Manyetik alan uygulamaları kök uzunluğu üzerinde de anlamlı bir etki yaratmıştır. Kontrol grubunda kök uzunluğu 3.48 cm iken, 0.9 Tesla uygulamasında 5.30 cm ile en yüksek değere ulaşmıştır. 1.1 Tesla uygulamasında ise kök uzunluğu 5.06 cm olarak ölçülmüştür. Kök büyümesindeki bu artış, manyetik alanın kök meristem hücrelerindeki metabolik aktiviteleri ve mikro element taşınımını artırıcı etkisi ile açıklanabilir (Mericle vd. 1964). Ayrıca, kök büyümesinin sürgünlere kıyasla manyetik alan uygulamalarına daha duyarlı olduğu gözlemlenmiştir.



**Görsel 2. Manyetik alana maruz kalan Macar fiğ fidelerinde sürgün- kök uzunluğu (sol) ve fide yaş-kuru ağırlığındaki (sağ) değişim**

Fidelerin yaş ağırlığı kontrol grubunda 3.39 g olarak ölçülmüş ve en yüksek değer 3.61 g ile 0.9 Tesla dozunda elde edilmiştir. Bu, manyetik alanın su tutma kapasitesini artırarak bitki biyokütlesini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. 0.7 Tesla dozunda yaş ağırlığın 2.16 g ile düşük bir seviyede kalması, bu dozun bitki metabolizması üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu düşündürmektedir. Fidelerin kuru ağırlığı da manyetik alan uygulamalarına bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Kontrol grubunda kuru ağırlık 1.05 g olarak ölçülmüşken, en yüksek değer 1.17 g ile 0.9 Tesla dozunda elde edilmiştir. Bu durum, manyetik alanın hücresel düzeyde biyokütle üretimini teşvik ettiğini göstermektedir. Ancak 0.7 ve 1.1 Tesla dozlarında kuru ağırlık değerlerinin nispeten düşük olması, bu dozların hücresel metabolizma üzerinde sınırlayıcı bir etkisi olabileceğini düşündürmektedir Çizelge 1, Görsel 1).

Manyetik alan (MF), bitki ve tohumlarla etkileşime girerek metabolik süreçleri hızlandırır ve çimlenme sürecini iyileştirir. MF, birincil ve ikincil metabolitler ile enzim aktivitelerinde değişikliklere neden olurken, su ve besin alım mekanizmalarını yeniden düzenler. Bu özellikleriyle, uygun koşullarda bitki büyümesini ve verimliliği artırmada önemli bir etkiye sahiptir. MF'nin tarımda kullanımına ilişkin ilk çalışmalar, 1930 yılında Savostin tarafından gerçekleştirilmiş ve buğday bitkilerinde çimlenme hızında artış ile boy gelişiminin iyileştiği rapor edilmiştir. Audus (1960) ve Pittman (1977), MF'nin özellikle kök gelişimi üzerinde güçlü bir etkisi olduğunu, köklerin manyetik alan yönüne doğru büyüme eğilimi gösterdiğini belirtmişlerdir. Mericle vd. (1964), MF'nin demir (Fe) ve kobalt (Co) atomlarının doğal eğilimlerini değiştirerek bu elementlerin kök meristemlerinde daha hızlı taşınmasını sağladığını ve bunun bitki büyümesini desteklediğini ifade etmişlerdir. Farklı dozlarda uygulanan MF'nin kök biyokütlesi, gövde çapı ve yaprak boyutunda değişikliklere yol açtığı; özellikle kök büyümesinin MF'ye karşı sürgünlere kıyasla daha hassas olduğu gözlemlenmiştir (Kato vd. 1989; Smith vd. 1966). Tohumlara MF uygulamaları yapılmasının, fide gelişimi, tohum canlılığı ve ürün verimi üzerinde olumlu etkiler sağladığı birçok çalışmada ortaya konulmuştur (Pietruszewski, 1999). MF, protein sentezini artırarak bitki büyümesini hızlandırır ve kök kapak hücrelerinde yer alan statositlerin içinde bulunan amiloplastların hareketini değiştirerek kök tropizmini aktive eder. Ayrıca, çimlenme oranını, besin alımını, çiçeklenmeyi ve verimliliği artırma potansiyeli taşır (Souza-Torres vd. 2011). MF'nin serbest radikaller üzerinde düzenleyici etkiler yaratarak protein ve enzim aktivitelerini artırdığı, bu yolla da tohum canlılığını geliştirdiği bildirilmektedir (Morar vd. 1993).

Araştırmalar, MF'nin bitki özellikleri üzerindeki olumlu etkilerini özellikle çimlenme, kök ve sürgün gelişimi ile kuru madde birikimi gibi parametrelerde ortaya koymaktadır (Yinan vd. 2005; Esitken ve Turan, 2004). MF'nin fiziksel mekanizması, manyetik özelliklere sahip materyallerde elektrik yüklerinin yer değiştirmesi veya elektrik akımı dolaşımıyla ilişkilidir. Elektrik yüklerinin yer değiştirme miktarının artmasıyla oluşan MF'nin gücü de artar. Uygulama süresi ve frekansına bağlı olarak MF, bitkilerde sıcaklık değişimlerine yol açabilir ve bu durum, çimlenme süreci ile fide gelişim özelliklerini etkileme potansiyeline sahiptir (Vaezzadeh vd. 2006).

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Manyetik alan uygulamaları, özellikle 0.9 Tesla dozunda, Macar fiği tohumlarının çimlenme oranı ve fide gelişim parametrelerinde olumlu etkiler göstermiştir. Ancak, 0.5 Tesla gibi düşük dozların ve 1.1 Tesla gibi yüksek dozların büyüme ve gelişim üzerinde daha sınırlı veya olumsuz etkiler yaratabileceği gözlemlenmiştir. Bu bulgular, manyetik alanın uygun dozlarda kullanıldığında tohum metabolizmasını, enzim aktivitesini ve hücresel büyümeyi olumlu yönde etkileyebileceğini, ancak aşırı veya yetersiz dozların bitki büyümesini sınırlayabileceğini ortaya koymaktadır. Elde edilen veriler, tarımsal üretimde manyetik alan uygulamalarının tohum çimlenmesi ve fide gelişimini optimize etmek için etkili bir yöntem olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Ancak, farklı bitki türleri ve manyetik alan yoğunluklarının etkilerini anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

## KAYNAKÇA

Abdel Latef, A. A. H., Dawood, M. F., Hassanpour, H., Rezayian, M., Younes, N. A. Impact of the static magnetic field on growth, pigments, osmolytes, nitric oxide, hydrogen sulfide, phenylalanine ammonia-lyase activity, antioxidant defense system, and yield in lettuce. Biology, 9(7), 172, 2020.

Audus, L. J. Magnetotropism: A new plant growth response, Nature, Vol. 185, 132–134. 1960.

Baghel, L., Kataria, S., Jain, M. Mitigation of adverse effects of salt stress on germination, growth, photosynthetic efficiency and yield in maize (*Zea mays* L.) through magnetopriming. Acta Agrobotanica, 72(1). 2019.

Esitken, A., Turan, M., Alternating magnetic field effects on yield and plant nutrient element composition of strawberry (Fragaria × ananassa cv. Camarosa), Acta Agric Scand Sect B Soil Plant Sci. 54:135–139. 2004.

Kato, R., Kamada, H., Aashima, M., Effects of high and very low magnetic field on the growth of hairy roots of Daucus carota and Atropa beladonna. Plant Cell Physiol. 30, 605–608. 1989.

Mericle RP, Mericle LW, Smith AE, Campbell WF, Montgomery, D.J., Plant growth responses, 183- 195 In: Biological Effects of Magnetic Fields. Plenum Press, Newyork. 1964.

Morar, R., Iluga, A., Dascalescu, L., Munteanu, I., Electric field influence on the biological processes of seeds. In: Proceedings of international symposium on high-voltage engineering", Yokohama, p 286. 1993.

Pieturszewski, S., Effect of alternating magnetic field on germination, growth and yield of plant seeds. Inzynieriarolnicza. 5:209–215. 1999.

Pittman, U. J., Effects of magnetic seed treatment on yields of barley, wheat and oats on Suthern Alberta, Can. J. Plant. Sci., Vol. 57, 37–45, 1977.

Smith, P., Shultz, A., Dycus, A.M., Effects on early plant growth from nulled and directional magnetic field environments (Abstract). In: Presented at 3rd Int. Biomagnetic Symp., Chicago, pp. 67–69. 1966.

Souza, J.M., Torres, C.A., Maia, A.L., Brandão, F.Z., Bruschi, J.H., Viana, J.H., E. Oba J.F., Fonseca, Autoclaved, previously used intravaginal progesterone devices induces estrus and ovulation in anestrous Toggenburg goats. Anim. Reprod. Sci., 129(1-2): 50-55. 2011.

Vaezzadeh, M., Noruzifar, E., Faezeh, G., Salehkotahi, M., Mehdian, R., Excitation of plant growth in dormant temperature by steady magnetic field. J Magnet Magnet Mater. 302:105–108. 2006.

Yinan, L., Yuan, L., Yongquing, Y., Chunyang, L., Effect of seed pretreatment by magnetic field on the sensitivity of cucumber (*Cucumis sativum*) seedling to ultraviolet- B radiation. Environ Exp Bot. 54:286–294. 2005.

# DİKEY TARIM TEKNOLOJİLERİNİN SEBZE ÜRETİMİNDEKİ ETKİNLİĞİ

**Dr. Öğr. Üyesi Gökçe AYDÖNER ÇOBAN***

Yozgat Bozok Üniversitesi,

gokce.aydoner@yobu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-0851-8803

**Doç. Dr. Medine ÇOPUR DOĞRUSÖZ**

Yozgat Bozok Üniversitesi,

medine.copur@yobu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-0851-8803

## ÖZET

Küresel nüfusun artışından kaynaklanan tarım arazileri üzerindeki baskı, birim alana düşen gıda üretiminin maksimize edilmesini zorunlu hale getirmektedir. Bu durum, tarımsal üretim sistemlerinde yenilikçi yaklaşımlara olan ilgiyi artırmış ve dikey tarım teknolojilerini gündeme taşımıştır. Dikey tarım teknikleri, verimli tarım arazilerinin ve su kaynaklarının azalmasına yönelik tamamlayıcı yaklaşımıyla modern tarımın ihtiyaçlarını karşılamak için kurulmuş sistemlerdir. Dikey tarım, geleneksel tarım yöntemlerine alternatif olarak ortaya çıkan ve kentsel alanlarda tarımsal üretimi artırmayı hedefleyen bir tarım modelidir. Bu model, sınırlı alanlarda yüksek verim elde etme potansiyeli ile dikkat çekmektedir.

Bu sistemler, toprak kullanımını ortadan kaldıran hidroponik ve aeroponik yöntemler ile desteklenmekte, aynı zamanda LED aydınlatma teknolojileri gibi yenilikçi çözümlerle enerji ve su tasarrufu sağlamaktadır. Dikey tarım teknolojileri, özellikle sebze üretiminde, çevresel sürdürülebilirlik ve gıda güvenliği açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu bağlamda, dikey tarımın sebze üretimine etkileri, günümüzde tarım sektörünün karşılaştığı zorlukları aşmak için kritik bir konu haline gelmiştir. Bununla birlikte, yüksek başlangıç maliyetleri, enerji tüketimi ve sistemlerin işletim süreçlerindeki teknik gereklilikler, bu modelin uygulanabilirliği açısından önemli sınırlamalar oluşturmaktadır.

Bu derleme çalışmasında, dikey tarım teknolojilerinin sebze üretimindeki etkinliği, mevcut literatür ışığında değerlendirilmiş ve bu alandaki potansiyel fırsatlar ile sınırlamalar tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Dikey tarım, sebze yetiştiriciliği, kent tarımı

# THE EFFICIENCY OF VERTICAL FARMING TECHNOLOGIES IN VEGETABLE PRODUCTION

## ABSTRACT

The increasing global population has intensified pressure on agricultural lands, necessitating the maximization of food production per unit area. This situation has heightened interest in innovative approaches to agricultural production systems, bringing vertical farming technologies to the forefront. Vertical farming techniques are systems designed to meet the needs of modern agriculture by offering a complementary approach to address the decline in fertile agricultural land and water resources. Emerging as an alternative to conventional farming methods, vertical farming aims to enhance agricultural production in urban areas. This model is particularly notable for its potential to achieve high yields in limited spaces.

These systems are supported by hydroponic and aeroponic methods, which eliminate the need for soil use, and are further enhanced by innovative solutions such as LED lighting technologies, enabling energy and water savings. Vertical farming technologies, especially in vegetable production, offer significant advantages in terms of environmental sustainability and food security. In this context, the impacts of vertical farming on vegetable production have become a critical issue in addressing the challenges currently faced by the agricultural sector.However, high initial costs, energy consumption, and technical requirements in the operation of these systems represent substantial limitations regarding the feasibility of this model.

This review evaluates the efficiency of vertical farming technologies in vegetable production based on the existing literature and discusses the potential opportunities and limitations in this field.

**Keywords:** Vertical farming, vegetable production, urban agriculture

## 1. GİRİŞ

Geleneksel tarımsal üretim sistemleri, azalan toprak verimliliği, besin maddesi rezervlerinin tükenmesi, sınırlı sulama suyu ve iklim değişikliği gibi önemli zorluklarla karşı karşıyadır. Bu faktörler, gıda güvenliğini sağlamak için daha verimli ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesini zorunlu kılmaktadır (Lambin ve Meyfroidt, 2011).

Topraksız tarım sistemleri, modern tarımın karşılaştığı bu sorunlara çözüm sunabilecek bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Örneğin, dikey tarım teknikleri, verimli tarım arazilerinin ve su kaynaklarının azalmasına yönelik tamamlayıcı bir yaklaşım sunabilir. Su kültürü yöntemi olarak da bilinen hidroponik, besin açısından zengin su çözeltileri kullanarak toprak olmadan bitki yetiştirilmesini sağlayan önde gelen bir topraksız tarım tekniğidir. Bu yöntem, hidroponik ve çatı tarımı gibi diğer topraksız tarım teknikleriyle birlikte, doğanın temel ilkeleriyle uyumlu olup modern tarımın ihtiyaçlarını karşılamak için yenilikçi çözümler sunmaktadır (Mir vd. 2022).

Dikey sebze yetiştiriciliği, kontrollü tarım alanındaki teknolojik gelişmelerin yenilikçi bir yönüdür. Bu yöntemin kullanımı, dünya nüfusunun artışı ve kentleşmenin hızlanmasıyla birlikte enerji, besin çözeltisi ve su tasarrufu sağlama gerekliliğinden kaynaklanmaktadır. "Kentsel çiftlikler" olarak adlandırılan bu konsept, şehir ortamındaki kullanılmayan alanlarda

örneğin, yeraltı kutularında, çatılarda veya kapalı seralarda bitki yetiştiriciliğini ifade etmektedir. Bu yöntemler, geleneksel tarım yöntemlerinden farklı olarak daha az alan kullanımı, enerji ve su tüketiminin önemli ölçüde azaltılması gibi avantajlar sunmaktadır. 2015 yılında dikey sebze pazarının büyüklüğü 1,15 milyar dolar olarak kaydedilmiştir. 2016 yılı sonunda %25 oranında bir büyüme gözlenmiş olup, 2025 yılına kadar pazar hacminin 6,0 milyar dolara ulaşması beklenmektedir (Balashova vd. 2019).

## 2. DİKEY TARIMIN TANIMI VE ÖNEMİ

Dikey tarım, toprak gereksinimi olmadan çok katlı yapılar içinde (gökdelenlerde veya dikey eğimli yüzeylerde) bitki yetiştirilmesini içeren bir tür kentsel tarımdır (Despommier, 2010).

Dikey sebze yetiştiriciliği, dünya nüfusunun büyük çoğunluğunun kentleşmesi nedeniyle kesintisiz gıda arzı sağlama ve gıda üretim maliyetlerini düşürme ihtiyacı doğrultusunda önem kazanmaktadır (Balashova vd. 2019). Birim alana düşen ürün verimini artırmak amacıyla dikey tarım (DT) çalışmaları hızla artan bir ivme kazanmaktadır (Agrilyst, 2017). Dikey yetiştiricilik yaparak geleneksel tarım arazileri üzerindeki baskıyı azaltmayı ve topraksız yetiştirme sistemlerini de içerecek şekilde kentsel alanlarda kullanımı artırmayı amaçlamaktadır (Beacham vd. 2019).

Dikey tarımda, geleneksel tarıma göre daha az su ve daha az pestisit ve gübre kullanılmaktadır. Önceki araştırmalar, geleneksel tarıma kıyasla pestisitlerin, suyun ve gübrelerin etkisini azaltma yeteneği de dahil olmak üzere dikey tarımın beklenen faydalarını araştırmıştır (Ares vd. 2021; Specht vd. 2016). Orta teknolojili seralar ve açık alanlarla karşılaştırıldığında, dikey sistemlerde besin solüsyonları tekrar dolaştırılarak ve terleme yoluyla oluşan suyu klima sistemlerinde toplayarak sırasıyla %90 ve %99 daha az su kullanılmaktadır. Ayrıca, yüksek hijyen standartları ile minimum veya hiç olmayan kimyasal uygulamaları mümkün kılmaktadır (Ji vd. 2023).

## 3. TEKNOLOJİK ALTYAPI VE KULLANILAN SİSTEMLER

Dikey tarım sistemleri, geleneksel yatay yetiştirme platformlarının birden fazla seviyeden oluşan sistemleri ve ürünün dikey bir yüzeyde yetiştirildiği sistemler olarak iki ana kategoriye ayrılmaktadır (Beacham vd. 2019).

Bu dikey tarım yöntemi, mevcut ticari seracılık sistemlerinden uyarlanmıştır ve birden fazla yatay yetiştirme katmanından oluşmaktadır. Marul (*Lactuca sativa*), diğer yapraklı sebzeler, domates (*Solanum lycopersicum*) ve biber (*Capsicum spp*.) gibi birçok sebze bu sistemlerde yetiştirilebilmektedir. Özellikle yapraklı sebzeler gibi bahçe bitkilerinin yetiştirilmesine uygun bir sistemdir (Agrilyst, 2017). Bu yatay yetiştirme sistemleri, daha yüksek yapılar içinde üst üste yerleştirilerek dikey bir tarım sistemi oluşturma potansiyeline sahiptir. Bu sistemler, cam seralarda veya kendine ait kontrollü ortam (KO) tesislerinde, diğer adıyla 'Bitki Fabrikaları'nda uygulanabilmektedir. KO sistemleri, büyüme koşullarını yıl boyunca kontrol ederek mevsimsellik sorununu ortadan kaldırır. Bu sayede kısa sürede hasat edilen bitkiler için ek ürün alınabilir ve yıllık döngü içinde verim artırılabilir (Takatsuji, 2010).

Cam seralar, bitki büyümesi için güneş ışığını kullanabilme avantajına sahiptir. Ancak, kış veya bulutlu hava gibi düşük ışık koşullarında ya da seranın çevresinden uzak veya daha yüksek

seviyelerdeki bitkilerin gölgede kaldığı alanlarda ek yapay ışıklandırma gerekmektedir. KO tesisleri ise tamamen kapalı yapılar olduklarından, tüm aydınlatmanın yapay olarak sağlanmasını gerektirir. Bu durum, cam seralara kıyasla enerji maliyetlerini artırır. Bununla birlikte, KO tesislerinin duvarlarının ışık geçirmesi gerekmediğinden daha iyi yalıtım sağlanabilir ve bu durum, cam seranın ısıtma maliyetine karşı denge oluşturabilir. Enerji tüketimini en aza indirmek için giderek daha verimli hale gelen ışık yayan diyotlar (LED) kullanılabilir. LED ışıkların spektrumu, belirli bitkilerin ihtiyaçlarına göre özelleştirilebilir (Bourget, 2008; Massa vd. 2008). LED ışıkların, yüksek basınçlı sodyum lambalarına göre daha az ısı yayması (Massa vd. 2008), bitkilere daha yakın konumlandırılmalarına olanak tanır; bu da dikey tarım tesislerinde üst üste yerleştirilmiş büyüme seviyeleri için idealdir (Beacham vd. 2019). KO tesisleri, ışık gereksinimi olmadığından herhangi bir uygun alana yerleştirilebilir. Örneğin, Londra'da Growing Underground adlı bir şirket, kullanılmayan bir metro tünelinde mikro yeşillikler ve salata grubu sebzeler üretmektedir (Beacham vd. 2019).

Silindirik büyüme ünitelerinde bitkiler, besin kaynağı barındıran dikey silindirik birimin yüzeyine üst üste olacak şekilde yetiştirilir ve genellikle bir sera veya kontrollü ortam tesisinde bulunur. Silindirik büyüme üniteleri marul, çilek ve çeşitli otların yetiştirilmesinde kullanılan bir yöntemdir (Briggs, 2020). Silindirik büyüme ünitesi ile geleneksel yatay yetiştirme yüzeyi arasında marul kullanılarak bir karşılaştırma yapılmıştır (Touliatos vd. 2016). Her iki sistemde de hidroponik yetiştirme ve yapay aydınlatma kullanmıştır. Çalışma, silindirik ünitede fotosentetik foton akı yoğunluğu ve marul sürgün yaş ağırlığının silindirin üst kısmından tabanına doğru önemli ölçüde azaldığını göstermiştir. Ancak, silindirik büyüme ünitesi yatay yetiştirme yüzeyine göre birim zemin alanı başına daha fazla ürün üretebilmiştir. Ek yapay aydınlatmanın, bu tür sistemlerde ürün üniformitesini artırabileceği vurgulanmıştır (Touliatos vd. 2016).

## 4. DİKEY TARIMDA SEBZE ÜRETİMİ

Dikey Tarım sistemlerinde şu an için ürün yelpazesi sınırlıdır; çoğu üretici, öncelikle salata-marul grubu ve diğer küçük yapraklı sebzeleri tercih etmektedir (Agrilyst, 2017). Bu ürün türleri, dikey tarım sistemlerinde birkaç nedenle iyi bir şekilde yetiştirilebilmektedir. Küçük boyutları, özellikle dikey alanın sınırlı olduğu yerlerde, katmanlı yatay sistemler veya silindirik büyüme üniteleri gibi tesislerde yetiştirilmelerini uygun hale getirir. Küçük bitki boyutu, aynı alanda daha fazla bitki yetiştirilmesine, dolayısıyla yatay olarak daha fazla gelir elde edilmesine olanak sağlar. Ayrıca bu tür ürünler, hızlı büyüme gösterir ve vejetasyon süreleri kısadır, bu da bir sezon içinde daha fazla ürün elde edilmesini sağlar ve karlılığı artırır. Hızlı ürün dönüşümü, ürün seçimi açısından dikey tarım sistemlerinde daha fazla esneklik sunar ve yetiştiricilerin hastalık veya zararlı zararı gibi sorunlarla daha iyi başa çıkmalarına olanak tanır (Beacham vd. 2019). Marul, gelir getirme potansiyeli nedeniyle yüksek ekonomik öneme sahip bir serin iklim sebzesidir ve dünya çapında yaygın olarak yetiştirilmektedir (Mou, 2005; Kumar vd. 2010). Dikey tarıma uygun türler arasında; ıspanak, lahana, roka, fesleğen, kişniş, maydanoz, kekik ve biberiye otlar yer almaktadır. Bununla birlikte mikro yeşillikler yüksek besin değerleri ve kısa büyüme döngüleri nedeniyle dikey tarım için popüler ürünlerdir. Brokoli, marul, turp, şalgam, mor ve yeşil fesleğen, bezelye filizi, pancar, mor ve yeşil lahana, ıspanak, kişniş, bakla ve yeşil fasulye yetiştiriciliği yapılan mikro filizler arasında yer almaktadır (Anonim, 2023b). Dünyada

Amerika, Singapur, Japonya gibi bazı ülkelerde dikey tarım sistemlerinde yetiştiricilik oldukça gelişmiş durumdadır. Son yıllarda Hindistan da dikey tarıma başlayarak ürün çeşitliliğini artırmıştır. Ülkemizde ise İstanbul ilinde iki dikey tarım işletmesi bulunmaktadır. Bunlardan ilki 300 $m^2$'lik bir alanda fesleğen ve marul üretimi yapan bir işletme olup, yaklaşık %95 oranında su ve %90 oranında gübre tasarrufu sağlayarak üretimini her ay yenilemektedir (Anonim, 2022). Diğer işletmede ise yaklaşık 1 da alanda yetiştiricilik yapılmakta ve fesleğen, lahana, pazı, kişniş, maydanoz, roka ve marul gibi sebzeler yetiştirilmektedir (Anonim, 2023a).

## SONUÇ

Dikey tarım teknolojileri, geleneksel tarım sistemlerinin karşılaştığı toprak verimliliğinin azalması, su kaynaklarının sınırlılığı ve kentleşmenin artışı gibi sorunlara sürdürülebilir çözümler sunan yenilikçi bir tarım modeli olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntem, özellikle hidroponik ve aeroponik sistemlerin yanı sıra LED aydınlatma teknolojilerinin kullanımı sayesinde, su ve enerji tasarrufu sağlayarak çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılar sağlamaktadır. Ayrıca, dikey tarım sistemlerinin, üretim alanını en verimli şekilde kullanarak kentsel alanlarda taze ve güvenilir gıda üretimini artırma potansiyeli bulunmaktadır.

Ancak, yüksek başlangıç maliyetleri, enerji tüketimi ve teknik altyapı gereksinimleri, bu teknolojilerin yaygın olarak benimsenmesinde önemli engeller olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, dikey tarım sistemlerinin ekonomik uygulanabilirliğini artırmak ve enerji tüketimini en aza indirmek için daha ileri teknolojik yeniliklere ve maliyetleri düşürücü stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Dikey tarımın sebze üretimindeki potansiyel etkileri üzerine yapılan mevcut çalışmalar, bu yöntemin gıda güvenliğini artırma ve çevresel baskıları azaltma konusundaki önemini ortaya koymaktadır. Ancak, bu sistemlerin tarımsal uygulamalardaki uzun vadeli etkilerini değerlendirmek ve ürün çeşitliliğini artırmak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

## KAYNAKÇA

Agrilyst. State of indoor farming 2017.

Anonim, (2022). İstanbul Kapalı Dikey Tarım Uygulama Merkezi. https://www.tarimorman.gov.tr/Haber/5624/Istanbul-Kapali-Dikey-Tarim-Uygulama-Merkezi-Hizmete-Acildi. Erişim: 20.12.2024)

Anonim, (2023a). Tarım Sektöründe Topraksız Dikey Tarım Uygulamaları. https://www.youtube.com/watch?v=Rl10sfKhCeQ Erişim: 20.12.2024)

Anonim, (2023b). New Generation Farming: Vertical Farming. Available at: https://www.linkedin.com/pulse/new-generation-farming-vertical-swadesh-saxena. Erişim: 20.12.2024)

Ares, G., Ha, B., & Jaeger, S. R. Consumer attitudes to vertical farming (indoor plant factory with artificial lighting) in China, Singapore, UK, and USA: A multi-method study. *Food Research International*, *150*, 110811. 2021

Balashova, I., Sirota, S., & Pinchuk, Y. Vertical vegetable growing: creating tomato varieties for multi-tiered hydroponic installations. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 395, No. 1, p. 012079). IOP Publishing. 2019

Beacham, A. M., Vickers, L. H., & Monaghan, J. M. Vertical farming: a summary of approaches to growing skywards. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 94(3), 277-283. 2019

Briggs, H.R. *Sustainable Intensification: insights from vertical farming on the links between Diffusion of Innovation and the Business Model* (Doctoral dissertation, University of Leeds). 2020

Bourget, C.M. An introduction to light-emitting diodes. HortScience, 43(7), 1944-1946. 2008

Despommier, Dickson, *The vertical farm: feeding the world in the 21st century*. Macmillan, 2010.

Ji, Y., Kusuma, P., & Marcelis, L. F. Vertical farming. Current Biology: CB, 33(11), R471-R473. 2023

Kumar, R., Kaushal, S., & Shukla, Y.R. Variability, correlation, and path analysis studies in lettuce. *International Journal of Vegetable Science*, *16*(4), 299-315. 2010

Lambin, E.F., & Meyfroidt, P. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proceedings of the national academy of sciences*, *108*(9), 3465-3472. 2011

Massa, G.D., Kim, H.H., Wheeler, R.M., & Mitchell, C.A. Plant productivity in response to LED lighting. HortScience, 43(7), 1951-1956. 2008

Mir, M. S., Naikoo, N. B., Kanth, R. H., Bahar, F. A., Bhat, M. A., Nazir, A., ... & Ahngar, T. A. Vertical farming: The future of agriculture: A review. *The Pharma Innovation Journal*, *11*(2), 1175-1195. 2022

Mou, B.Q. Genetic variation of beta-carotene and lutein contents in lettuce. 2005

Specht, K., Siebert, R., & Thomaier, S. Perception and acceptance of agricultural production in and on urban buildings (ZFarming): a qualitative study from Berlin, Germany. *Agriculture and Human Values*, *33*, 753-769. 2016

Takatsuji, M. Present status of completely-controlled plant factories. *Journal of Science and High Technology in Agriculture*, 22, 2–7. 2010

Touliatos, D., Dodd, I.C., & McAinsh, M.R. Vertical farming increases lettuce yield per unit area compared to conventional horizontal hydroponics. *Food and Energy Security*, 5, 184–191. 2016

# KENEVİR KATKILI BİTÜMLÜ BAĞLAYICILARIN GELENEKSEL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

**Dr. Öğr. Üyesi Ceren Beyza İNCE**
Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Müh. Böl.
ceren.ince@ozal.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-6385-0964

**Doç. Dr. Tacettin GEÇKİL**
İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl.
tacettin.geckil@inonu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-8070-6836

## ÖZET

Kenevir bitkisi, beton alanında ses ve ısı izolasyonunda, kağıt sanayisinde ve otomotiv sektöründe kullanılmaktadır. Özellikle bitki içerisinde yer alan liflerden tekstil sektöründe de oldukça yararlanılmaktadır. Bu çalışmada ise, kenevir bitkisine ait çeşitli atıkların (gövde ve sap kısmı) karayolu mühendisliğinde bir katkı malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, B 160/220 yumuşak kıvamlı asfalt içerisine ağırlıkça %1, %2 ve %3 oranında kenevir atıkları eklenmiştir. Ardından, farklı oranlarda elde edilen bağlayıcılar bir dizi geleneksel bitüm testlerine (düktilite, yumuşama noktası ve penetrasyon gibi) testlere tabi tutulmuştur. Bununla birlikte, kenevir atığı katkılı bağlayıcıların ısıya karşı duyarlılıklarını belirleyebilmek amacıyla geleneksel test sonuçları kullanılarak penetrasyon indeksi değerleri de hesaplanmıştır. Test sonuçları incelendiğinde, %2 kenevir atıkları ilave edilmiş bağlayıcıların diğer bağlayıcılara kıyasla daha sert kıvamda olduğu ve uzama kabiliyetinin kısmen azaldığı görülmüştür. Ayrıca, yine bu oranda bağlayıcıların ısıya karşı duyarlılıklarının azaldığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, kenevir bitkisi atıklarının karayolu mühendisliğinde kullanılabileceği ve bu atıklar sayesinde bağlayıcıların özelliklerinin iyileşeceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bitüm, Kenevir, Modifiye Bağlayıcı, Geleneksel Özellik.

# DETERMINATION OF CONVENTIONAL PROPERTIES OF HEMP ADDITIVE BITUMINOUS BINDER

## ABSTRACT

The hemp plant is used in sound and heat insulation in concrete, in the paper industry and in the automotive sector. Especially the fibers in the plant are also used in the textile sector. In this study, the usability of various hemp plant wastes (trunk and stem part) as an additive material in highway engineering was investigated. For this purpose, hemp wastes were added to B 160/220 soft consistency asphalt at a rate of 1%, 2% and 3% by weight. Then, the binders obtained at different rates were subjected to a series of traditional bitumen tests (such as ductility, softening point and penetration). In addition, penetration index values were also calculated using conventional test results in order to determine the heat sensitivity of hemp waste added binders. When the test results were examined, it was seen that the binders with 2% hemp waste added had a harder consistency compared to other binders and their extensibility was partially reduced. In addition, it was determined that the sensitivity of the binders to heat decreased at this rate. As a result, it is thought that hemp plant waste can be used in highway engineering and the properties of the binders will be improved thanks to these wastes.

**Keywords:** Bitumen, Hemp, Modified Binder, Conventional Property.

## 1. GİRİŞ

Kenevir bitkisi, çiçekli bir bitki olup iki evcikli, otsu bir bitkidir. Doğada bol miktarda bulunan kenevir, yüksek mekanik ve termal özelliklere sahip olan, yenilenebilir bir kaynaktır. Kozmetik, tarım, ilaç, gıda, kağıt, yakıt, plastik ve tekstil gibi bir çok alanda kullanılmaktadır. Kenevirin birçok alanda kullanılması oldukça önemli olmakla birlikte, kullanım sonucunda büyük miktarlarda atıkların oluşması ve bu atıklar genel olarak değerlendirilememesi de büyük bir dezavantaj olarak görülmektedir [1-4].

Karayolu mühendisliğinde, üstyapı inşaasında üretim maliyetlerinin ve bakım-onarım masraflarının artmasıyla birlikte atık malzemeleri kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır. Genellikle plastik, poşet, inşaat kalıntıları, çeşitli endüstriyel (uçucu kül vb.) ve ormansal (odun, talaş vb.) atıkların kullanıldığı son yıllarda yapılan çalışmalarda sıklıkla görülmektedir [5-9].

Bu çalışmada ise, daha önce hiçbir çalışmada kullanılmamış olan, kenevir bitkisine ait atıkların (gövde ve sap kısmı) karayolu mühendisliğinde bir katkı malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

## 2. MALZEMELER VE YÖNTEM

### 2.1 Malzemeler

Bağlayıcı olarak B160/220 asfaltının kullanıldığı ve katkı malzemesi olarak kenevir atıklarının kullanıldığı bu çalışmada, asfalta ait özellikler Çizelge 1' de, kenevir atıklarına ait çeşitli özellikler ve CHNS sonuçları Çizelge 2'de gösterilmiştir.

**Çizelge 1. Asfalta ait çeşitli özellikler**

| Özellik | Standart | Limit | Sonuç |
|---|---|---|---|
| Penetrasyon (0.1mm) | ASTM D5 | 160-220 | 175.4 |
| Yumuşama noktası (°C) | ASTM D36 | 35-43 | 41.60 |
| Düktilite (cm) | TS 119 | Min. 100 | 135 |

**Çizelge 2. Kenevir atıklarına ait CHNS sonuçları**

| Özellik | İçerik |
|---|---|
| Renk | Siyah |
| Form | Pudra |
| %C | 73.30 |
| %H | 0.30 |
| %N | 0.46 |
| %S | 0.02 |

### 2.2. Yöntem

Çalışmada, kenevir atıkları katkılı asfaltlar elde edebilmek için ilk olarak B 160/220 saf bağlayıcısı 150 °C'ye kadar ısıtılmıştır. Ardından içerisine sırasıyla ağırlıkça %1, %2 ve %3 oranlarında kenevir atıkları ilave edilerek 1600 rpm hızında 80 dakika boyunca karıştırma işlemi yapılmıştır. İşlem sonunda elde edilen tüm bağlayıcılar sırasıyla ASTM D5, ASTM D36 ve TS 119'a göre yine sırasıyla penetrasyon, yumuşama noktası ve düktilite testlerine maruz bırakılmıştır.

Kenevir atıklarının asfalt içerisindeki oranına bağlı olarak hazırlanan asfaltlar çalışmada Çizelge 3'deki gibi kodlanmıştır.

**Çizelge 3. Asfaltların kodlaması**

| Bağlayıcı türü | Kod |
|---|---|
| B 160/220 | P |
| B 160/220 + %1 Kenevir atığı | PK1 |
| B 160/220 + % 2 Kenevir atığı | PK2 |
| B 160/220 + %3 Kenevir atığı | PK3 |

## 3. BULGULAR

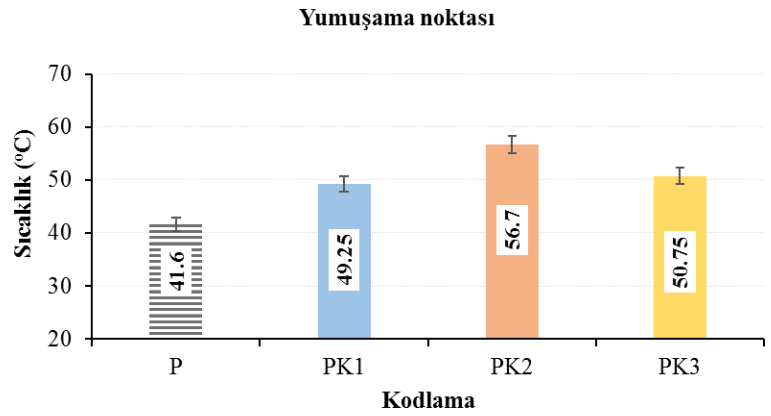
Gerçekleştirilen bu çalışmada, kenevir atığı katkılı ve saf asfaltlar üzerinde yumuşama noktası, penetrasyon ve Düktilite testleri uygulanmıştır. Bununla beraber, kenevir atıklarının bağlayıcıların sıcaklık hassasiyeti üzerindeki etkilerini de belirleyebilmek amacıyla, penetrasyon indeksi değerleri de Denklem 1 yardımı ile hesaplanmıştır [7]. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4'de verilmiştir.

$$PI = \frac{1952 - 500 \times \log(Pen_{25}) - 20 \times SP}{50 \times \log(Pen_{25}) - SP - 120} \quad (1)$$

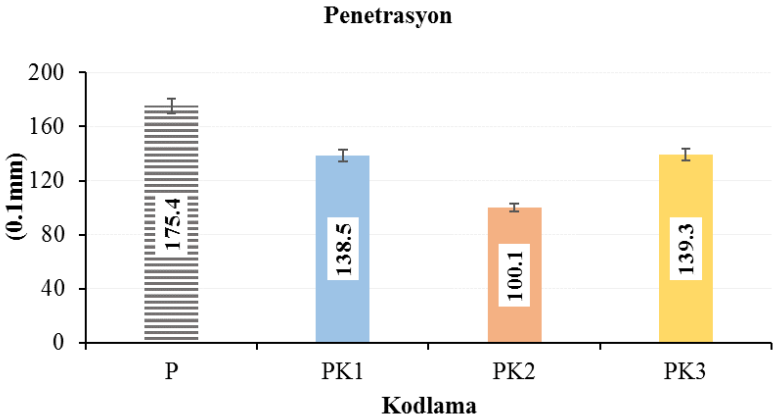
**Çizelge 4. Bağlayıcılara ait çeşitli sonuçlar**

| Bağlayıcı türü | Yumuşama noktası (°C) | Penetrasyon (0.1 mm) | Düktilite (cm) | PI |
|---|---|---|---|---|
| P | 41.60 | 175.4 | 135 | 0.04 |
| PK1 | 49.25 | 138.5 | 122 | 1.67 |
| PK2 | 56.70 | 100.1 | 101 | 2.38 |
| PK3 | 50.75 | 139.3 | 116 | 2.12 |

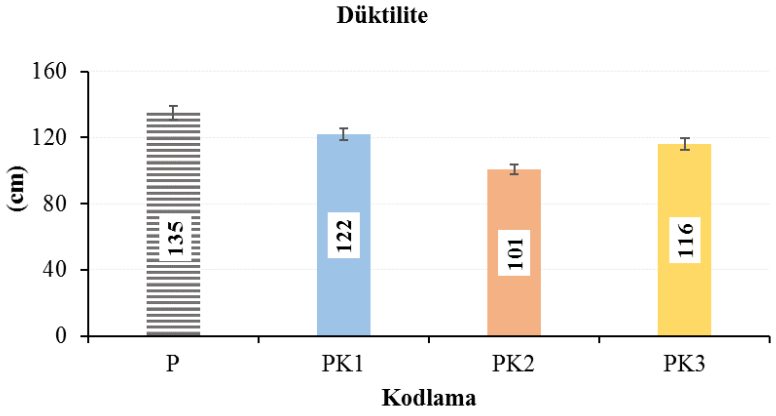
Çizelge 4 incelendiğinde, kenevir atığı katkısıyla bağlayıcıların fiziksel özelliklerinde önemli değişimler meydana geldiği görülmektedir. Fiziksel test sonuçlarının katkı oranına göre değişimi Şekil 1-4'de verilmiştir.



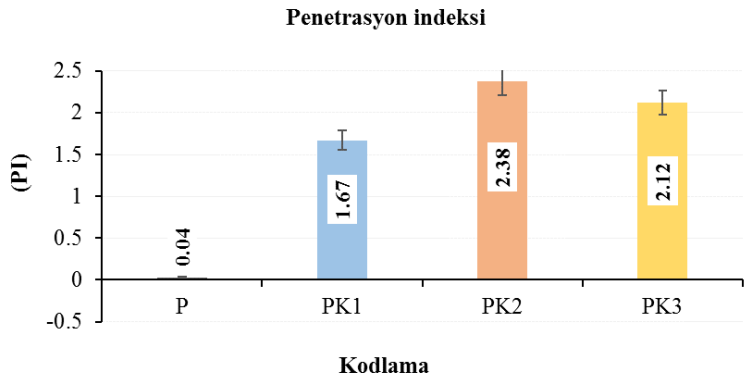

**Şekil 1. Yumuşama değerlerindeki değişim**




**Şekil 2. Penetrasyon değerlerindeki değişim**




**Şekil 3. Düktilite değerlerindeki değişim**




**Şekil 4. PI değerlerindeki değişim**

Tüm sonuçlar incelendiğinde, kenevir atığı katkısıyla asfaltların yumuşama değerlerinde saf asfalta göre artışlar meydana geldiği, en yüksek değerin ise %2 oranında elde edildiği, bu sonuçlara paralel olarak penetrasyon değerlerinde ise azalmalar meydana geldiği ve en düşük penetrasyon değerinin %2 oranından elde edildiği görülmüştür. Bu durum, kenevir atığı katkısının asfaltın sertliğini arttırdığı ve bu katkılı asfaltların daha sıcak iklime sahip bölgelerde kullanılabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, katkı oranıyla birlikte bağlayıcıların sertleşmesinden kaynaklı uzama kabiliyetlerinde de azalmalar meydana geldiği görülmüştür. PI sonuçlarına bakıldığında da, kenevir atık oranı artışı ile asfatların PI değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu sonuca göre kenevir atıklarının asfalt bağlayıcıların sıcaklık hassasiyetlerini azalttığı, sıcaklık hassasiyeti en az bağlayıcının da %2 kenevir atığı içeren bağlayıcılar olduğunu söylemek mümkündür.

## 4. SONUÇLAR

Kenevir atıklarının asfalt bağlayıcıların fiziksel özellikleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

1. Kenevir atığı katkısıyla bağlayıcıların yumuşama noktası değerlerinin önemli oranda arttığı ve en yüksek değerin %2 oranında elde edilmiştir. Bu sonuç, kenevir atığı katkılı asfatların yüksek sıcaklığa sahip bölgelerde kullanılabileceğini göstermektedir.
2. Katkı artışıyla asfaltların, yumuşama noktası değerlerine paralel olarak, penetrasyon değerlerinde azalmalar meydana geldiği ve en düşük değerin yine %2 oranından elde

edildiği görülmüştür. Buna göre, kenevir atığı katkılı asfatların yüksek sıcaklıktaki bölgelerde kalıcı deformasyon direncine karşı daha etkili olabileceği ifade edilebilir.

3. Kenevir atığı katkılı asfaltların, oran artışıyla birlikte uzama yeteneklerinde azalmalar meydana geldiği görülmüştür. Bu sonuç, sertliği artan asfatlarda beklenen bir sonuç olarak değerlendirilmektedir.
4. PI değerlerine bakıldığında, kenevir atığı ile sıcaklık hassasiyetlerinde büyük oranda azalmalar meydana geldiği ve ısıya karşı duyarlılığı en az %2 kenevir atığı katkılı asfatlar olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, kenevir bitkisi atıklarının karayolu mühendisliğinde kullanılabileceği ve bu atıklar sayesinde bağlayıcıların özelliklerinin iyileşeceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

[1] H. Albroomi, M. Elsayed, A. Baraka and M.A. Abdelmaged, Int. Conf. Chem. Environ. Eng. 7 (1) (2014). doi:10.21608/iccee.2014.35433.

[2] P. Li, R. Miao, P. Wang, F. Sun and X. Li, Chem. Eng. J. 426, 131263 (2021). doi:10.1016/j.cej.2021.131263.

[3] L. Cseri, F. Topuz, M.A. Abdulhamid, A. Alammar, P.M. Budd and G. Szekely, Adv. Mater. Technol. 6, 2000955 (2021). doi:10.1002/admt.202000955.

[4] S. Shojaei, S. Shojaei, S.S. Band, A.A.K. Farizhandi, M. Ghoroqi and A. Mosavi, Sci. Rep. 11, 16054 (2021). doi:10.1038/s41598-021-95649-5.

[5] Xu, F., Zhao, Y., Li, K. 2022. Using Waste Plastics as Asphalt Modifier: A Review, Materials, 15(1), 110.

[6] Duarte, G.M., Faxina, A.L. 2021. Asphalt concrete mixtures modified with polymeric waste by the wet and dry processes: A literature review, Construction and Building Materials**,** 312: 125408.

[7] Geçkil T, İnce CB, Tanyıldızı MM. 2022. Physical, Rheological and Microstructural Properties of Waste LDPE and TEOA Modified Bitumens, Journal of Chinese Institute of Engineers, 45 (6): 477-487.

[8] Abdy C, Zhang Y, Wang J, Yang Y, Artamendi I, Allen B. 2022. Pyrolysis of polyolefin plastic waste and potential applications in asphalt road construction: A technical review, Resources, Conservation and Recycling, 180: 106213.

[9] Lim SM, He M, Hao G, Ng TC, Ong GP. 2024. Recyclability potential of waste plastic-modified asphalt concrete with consideration to its environmental impact, Construction and Building Materials, 439: 137299.

# SUSUZ BORAKS KATKISININ SICAK KARIŞIM ASFALTLARIN KALICI DEFORMASYON DİRENCİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

**Dr. Öğr. Üyesi Ceren Beyza İNCE**
Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Müh. Böl.
ceren.ince@ozal.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-6385-0964

**Doç. Dr. Tacettin GEÇKİL**
İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl.
tacettin.geckil@inonu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-8070-6836

## ÖZET

Bor minerali, tarım, enerji, cam, seramik, metalurji, ilaç ve kimya sanayi, otomotiv endüstrisi, yanma önleyici madde yapımı ve nükleer uygulama gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Ülkemiz, en önemli bor yataklarının yaklaşık %70'ine sahiptir. Birçok sektörde kullanılan bu malzemenin bilindiği kadarıyla 230 çeşidi bulunmaktadır. Hemen her sektörde kullanılan bu malzemenin inşaat mühendisliğinde kullanımı ise oldukça kısıtlıdır. Bu çalışmada ise, susuz boraks malzemesinin sıcak karışım asfalt kaplamalarda kalıcı deformasyon direnci üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bunun için ilk olarak, B 70/100 bağlayıcısı ve kırmataş kullanılarak saf briket numuneleri hazırlanmış ve optimum asfalt içeriği (oai) belirlenmiştir. Ardından, karışım içerisindeki filler malzeme yerine ağırlıkça %3, %5, %7 ve %9 oranlarında susuz boraks ikame edilerek bor katkılı karışım numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan saf ve bor katkılı briket numuneleri Marshall stabilite ve akma testine tabi tutulmuştur. Ayrıca, HMA'ların kalıcı deformasyonlara karşı direncinin bir göstergesi olarak bilinen Marshall oranı (MQ) değerleri ve stabilite ve akma değerleri yardımıyla hesaplanmıştır. Test sonucunda, %5 susuz boraks katkılı briketlerden elde edilen stabilite sonuçlarının diğer katkı oranlarına kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, MQ oranlarına bakıldığında kritik oranın yine %5 olduğu ve bu orandaki karışımların deformasyonlara karşı direncinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, bor esaslı bir malzeme olan susuz boraksın karayolu mühendisliğinde HMA'larda filler malzeme olarak kullanılabileceği ve bu malzemenin kaplamaların kalıcı deformasyon direncini arttıracağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Asfalt, Bor, Susuz Boraks, Sıcak Karışım Asfalt, Stabilite.

# DETERMINATION OF THE EFFECT OF ANHYDROUS BORAX ADDITIVE ON THE PERMANENT DEFORMATION RESISTANCE OF HOT MIX ASPHALTS

## ABSTRACT

Boron mineral is used in many areas such as agriculture, energy, glass, ceramics, metallurgy, pharmaceutical and chemical industry, automotive industry, flame retardant production and nuclear application. Our country has approximately 70% of the most important boron deposits. As far as is known, there are 230 types of this material used in many sectors. The use of this material, which is used in almost every sector, in civil engineering is quite limited. In this study, the effect of anhydrous borax material on permanent deformation resistance in hot mix asphalt pavements was investigated. For this purpose, first, pure briquette samples were prepared using B 70/100 binder and crushed stone and the optimum asphalt content (oac) was determined. Then, boron-added mixture samples were prepared by substituting 3%, 5%, 7% and 9% anhydrous borax by weight instead of filler material in the mixture. The prepared pure and boron-added briquette samples were subjected to Marshall stability and flow tests. In addition, Marshall quotient (MQ) values, known as an indicator of the resistance of HMAs to permanent deformations, and stability and flow values were calculated with the help of these values. As a result of the test, it was observed that the stability results obtained from briquettes with 5% anhydrous borax were higher compared to other additive ratios. However, when the MQ ratios were examined, it was determined that the critical ratio was again 5% and that the mixtures with this ratio had higher resistance to deformations. As a result, it is thought that anhydrous borax, a boron-based material, can be used as a filler material in HMAs in highway engineering and that this material will increase the permanent deformation resistance of the pavements.

**Keywords:** Asphalt, Boron, Anhydrous Borax, Hot Mix Asphalt, Stability.

## 1. GİRİŞ

Bor minerali, özellikle cam, seramik, deterjan, tarım, metalürji, araba, ilaç ve kimya sanayinde kullanılan önemli bir malzemedir. Hemen her sektörde kullanılan bor mineralinin yaklaşık 230 çeşidi bulunmaktadır. Dünya üzerinde en önemli bor yataklarının başta Türkiye olmak üzere Rusya ve Amerika Birleşik Devletleri olduğu bilinmektedir [1-3].

Ülkemiz yaklaşık 3,3 milyar ton bor rezervine sahiptir, bu rakamların dünya üzerindeki yeri ise yaklaşık %70'e tekabül etmektedir. Yapılan araştırmalarda son yıllarda özellikle havacılık ve savunma sanayinde kullanılan bor mineralinin, inşaat mühendisliğinde kullanımının oldukça kısıtlı olduğu görülmektedir. Genellikle yalıtım malzemesi üretiminde ve yanmayı geciktirici malzeme yapımında kullanıldığı görülen bu malzemenin karayolu mühendisliğinde kullanımı ise çok azdır [2-8].

Bu çalışmada ise, bor esaslı bir malzeme olan susuz boraksın sıcak karışım asfalt kaplamalarda kalıcı deformasyon direnci üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1 Materyal

Bağlayıcı olarak B 70/100 saf asfaltı, agrega olarak kırmataş kalker agrega ve katkı malzemesi olarak susuz boraksın kullanıldığı bu çalışmada asfalta ait çeşitli özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Asfaltın çeşitli özellikleri

| Özellik | Standart | B 70/100 | |
|---|---|---|---|
| | | Limit | Sonuç |
| Penetrasyon (0.1mm) | ASTM D5 | 70-100 | 88 |
| Yumuşama Noktası (°C) | ASTM D36 | 43-51 | 46,75 |
| Düktilite (cm) | ASTM D113 | min.100 | 117 |
| Özgül Ağırlık (gr/cm³) | ASTM D70 | 1,0 - 1,1 | 1,038 |
| Penetrasyon İndeksi (PI) | - | - | -0,64 |

Kakı malzemesi olarak kullanılan susuz borak (SB)'ın genel özelikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

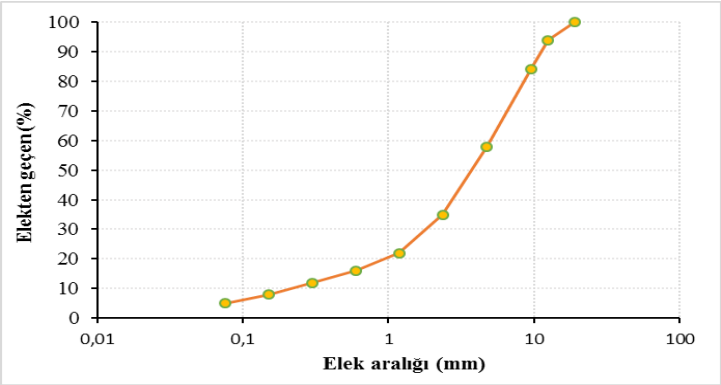
**Çizelge 2.** SB'nin özellikleri

| Özellik | SB |
|---|---|
| Form | Tanecikli |
| Renk | Beyaz |
| Özgül ağırlık | 1,13 g/cm$^3$ |

Karışım numuneleri Marshall karışım tasarım yöntemine göre hazırlanmış ve buradaki kırma taş kalker agregasının fiziksel özellikleri Çizelge 3'de, agrega gradasyon eğrisi ise Şekil 1'de verilmiştir.

**Çizelge 3.** Agreganın fiziksel özellikleri

| Deney | Standart | Limit | Sonuç |
|---|---|---|---|
| Kaba agrega zahiri özgül ağırlık (gr/cm$^3$) | ASTM C127 | - | 2,70 |
| Kaba agrega hacim özgül ağırlık (gr/cm$^3$) | ASTM C127 | - | 2,67 |
| Kaba agrega su emme yüzdesi | ASTM C127 | maks.2 | 0,47 |
| İnce agrega zahiri özgül ağırlık (gr/cm$^3$) | ASTM C128 | - | 2,75 |
| İnce agrega hacim özgül ağırlık (gr/cm$^3$) | ASTM C128 | - | 2,63 |
| İnce agrega su emme yüzdesi | ASTM C128 | maks.2 | 1,66 |
| Filler zahiri özgül ağırlık (gr/cm$^3$) | ASTM D 854 | - | 2,85 |
| Aşınma kaybı, Los Angeles (%) | ASTM C131 | maks.30 | 27 |
| Donma kaybı (%) | ASTM C88 | maks.10 | 2 |




**Şekil 1.** Agrega gradasyon eğrisi

## 2.2 Metot

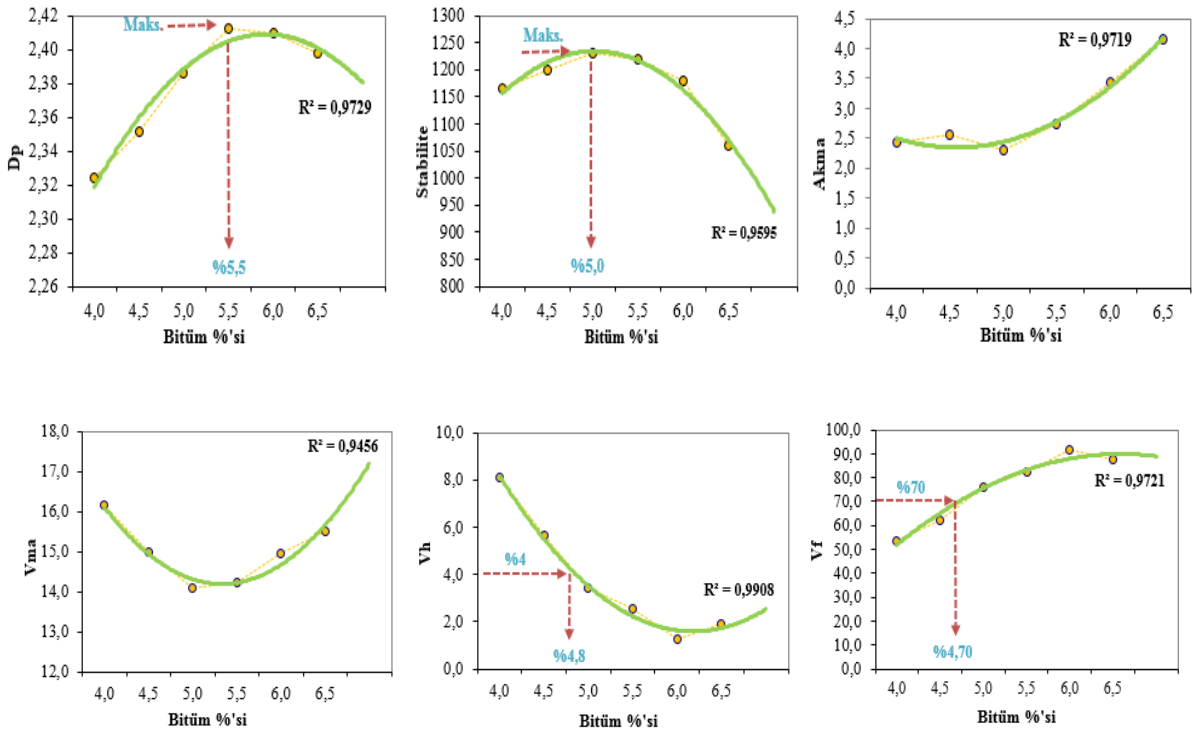
Susuz Boraks'ın sıcak karışımların stabilitesi üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla, ASTM D 1559'a göre ilk olarak saf asfalt ile sıcak karışım numuneleri elde edilmiştir. Bunun için, önce optimum asfalt içeriği (oai) oranı belirlenmiştir. Sonrasında oai sabit tutularak, karışımda kullanılan filler malzeme yerine ağırlıkça %3, %5, %7 ve %9 oranlarında SB ikame edilerek SB katkılı sıcak karışım numuneleri hazırlanmıştır.

Hazırlanan tüm numuneler Marshall stabilite ve akma testine tabi tutulmuş ve ardından bu değerler kullanılarak karışımların Marshall oranı (MQ) değerleri hesaplanmıştır.

Çalışma boyunca saf ve SB ikameli karışımlar sırasıyla S, S+%3SB, S+%5SB, S+%7SB ve S+%9SB olarak kodlanmıştır.

## 3. BULGULAR

Çalışmada, ilk olarak oai oranını belirlemek için saf bağlayıcı ve agrega kullanılarak hazırlanan karışımların mekanik ve hacimsel özellikleri belirlenmiş, ardından Marshall stabilite testine tabi tutulmuştur. Sonuçta elde edilen grafikler Şekil 2'de verilmiştir (hacim özgül ağırlıkları (Dp), boşluk oranları (Vh), agregalar arası boşluk oranları (VMA) ve asfaltla dolu boşluk oranları (Vf)).



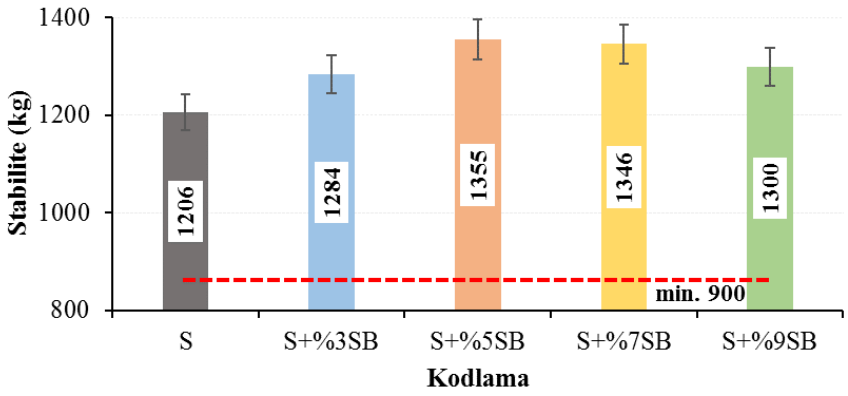

**Şekil 2.** Oai belirlemek için çizilen grafikler

Buradan karışımın optimum asfalt içeriği %5 olarak belirlenmiştir. Ardından, bu oranda yeni 3 adet numune hazırlanarak Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ) [9] değerleri ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4).

**Tablo 4.** KTŞ'ye göre kıyaslama

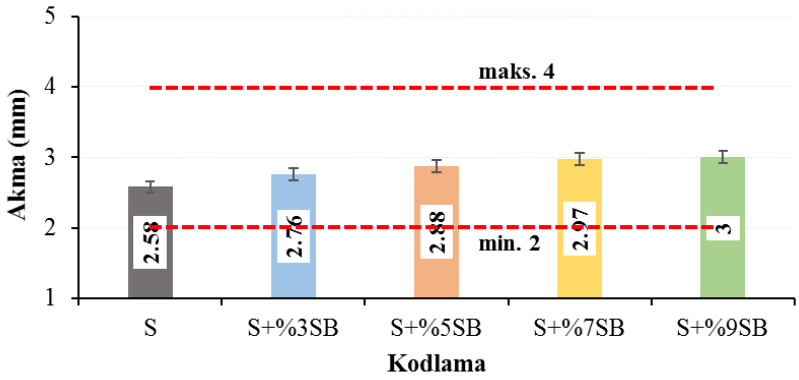
| % Asfalt | Dp (gr/cm$^3$) | Vh (%) | VMA (%) | Vf (%) | Stabilite(kg) | Akma(mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 2.42 | 3.62 | 14.27 | 72.85 | 1206 | 2.58 |
| KTŞ | - | 3-5 | 14-16 | 65-75 | >900 | 2-4 |

Susuz boraks ikameli numunelere ait Marshall stabilite ve akma testi sonuçları Şekil 3-5' de verilmiştir.

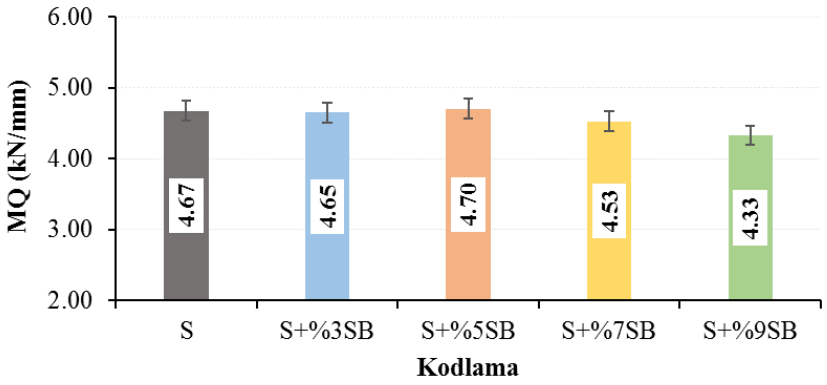



Şekil 3. Stabilite sonuçları

Şekil 3 incelendiğinde, SB ikame oranı arttıkça karışımların stabilite değerinin arttığı görülmektedir. Stabilite, kaplamaların kalıcı deformasyonlara karşı gösterdiği dirençtir. Bu sonuçlara bakıldığında, en yüksek stabilite değerinin %5 SB ikameli numunelerden elde edildiği görülmektedir. Bu durumda, kalıcı deformasyonlara karşı diğer karışımlara nazaran %5SB ikameli karışımların daha dirençli olduğu ifade edilebilir.




Şekil 4. Akma sonuçları




Şekil 5. MQ sonuçları

Şekil 4'e bakıldığında, SB ikamesi arttıkça akma değerlerinde oldukça az değişimlerin meydana geldiği görülmektedir. Akma, kaplamaların kırılma anında gösterdiği davranışı sembolize etmektedir. Bu durumda, saf katkılı karışımlara göre SB ikameli karışımların kırılma anındaki davranışlarının neredeyse aynı olduğu ifade edilebilir.

Şekil 5 değerlendirildiğinde, SB ikamesiyle karışımların MQ değerlerinin az da olsa artış gösterdiği ve en yüksek M değerinin %5SB ikameli karışımlardan elde edildiği görülmektedir. MQ, kayma gerilmelerine karşı direnci ifade etmektedir. Bu sonuçlara göre, %5 SB ikameli karışımların kayma gerilmelerine karşı gösterdiği direncin en yüksek olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, karayolu mühendisliğinde susuz boraks (SB) malzemesinin sıcak karışımlarda filler malzeme olarak kullanılabileceğini ve bu malzeme ile elde edilen kaplamaların kalıcı deformasyonlara karşı direncinin artacağını söylemek mümkündür.

## 4. SONUÇLAR

Susuz boraks (SB) katkısının sıcak karışımlarda filler olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. SB ikameli karışımların HMA'ların stabilite değerini arttırdığı, en yüksek değerin ise %5SB ikameli karışımlardan elde edildiği görülmüştür. Bu sonuç, SB katkısının HMA'ların kalıcı deformasyonlara karşı direncini arttırdığını göstermektedir.
2. SB ikame oranı arttıkça karışımların akma değerlerinin neredeyse aynı kaldığı görülmüştür. Bu durumda, SB ikameli kaplamaların kırılma anındaki davranışının önemli ölçüde değişmeyeceğini ifade etmek mümkündür.
3. MQ değerlerine bakıldığında, SB ikamesiyle MQ değerlerinin arttığı, en yüksek değerin ise %5SB ikameli karışımlardan elde edildiği görülmüştür. Elde edilen bu sonuca göre, SB ikameli karışımların kayma gerilmeleri altında gösterdiği direncin arttığı ifade edilebilir.

Sonuçta, susuz boraks katkısının sıcak karışımlarda bir katkı malzemesi olarak kullanılabileceğini ve bu katkıyla karışımların deformasyonlara karşı direncinin artabileceğini söylemek mümkündür.

## KAYNAKLAR

[1] Gençaslan A, Karaduman A. 2016. Titreşim karıştırmalı bilyeli değirmende sodyum borhidrür üretiminde borat kaynağı olarak susuz boraks ve sodyum metaboratın karşılaştırılması, Bor Dergisi, 1 (2): 96 – 103.

[2] Keskin M, Karacasu M. 2018. Atık Bor İçeren Asfalt Betonlarının Performanslarının

Değerlendirilmesi, Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi, 30 (2): 185-192.

[3] https://asrkimya.com/UrunDetay/su-sartlandirma-kimyasallari/boraks-1014

[4]https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/bor#:~:text=Do%C4%9Fada%20yakla%C5%9F%C4%B1k%20230%20%C3%A7e%C5%9Fit%20do%C4%9Fal,ettirmesi%20i%C3%A7in%20vazge%C3%A7ilmez%20elementlerden%20birisidir.

[5] https://btu.edu.tr/tr/haber/detay/6172/d%C3%BCnyadaki-en-kaliteli-bor-madeni-t%C3%BCrkiye-ve-bursada#:~:text=T%C3%BCrkiye'nin%20yakla%C5%9F%C4%B1k%203%2C3,sanayiinde%20h%C4%B1zla%20ilerledi%C4%9Fini%20dile%20getirdi.

[6] https://www.etimaden.gov.tr/storage/pages/July2020/etibor68-teknik-2020TR.pdf

[7] Oruç Ş, Yılmaz B. 2016. Improvement in performance properties of asphalt using a novel boron-containing additive, Construction and Building Materials, 123: 207-213.

[8] Gürer C, Selman GŞ. 2016. Investigation of Properties of Asphalt Concrete Containing Boron Waste as Mineral Filler, Construction Materials, 22 (1): 118-125.

[9] Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ), 2013.

# INVESTIGATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS ARCHITECTURE SELECTION FOR USD/JPY EXCHANGE RATE

**Cagatay BAL**
Mugla Sitki Kocman University, Department of Statistics,
cagataybal@mu.edu.tr - 0000-0002-7823-2712

## ABSTRACT

Choosing the best architecture for artificial neural networks is an important step to find a model that gives the most accurate predictions. The best architecture is the one that minimizes the difference between the network's predicted values and the actual target values. Many criteria are used in the literature to measure model performance. Additionally, some modified criteria, called weighted criteria, have been introduced by combining the traditional ones. In this study, the performance of these criteria is examined. To do this, USD/JPY exchange rate time series is used for comparison. The results show that the performance of traditional criteria changes based on the structure of the data. However, weighted criteria often perform as well as or better than the best traditional criteria.

**Key Words:** Artificial Neural Networks, Performance Criteria, Best Architecture, Time Series.

## 1. INTRODUCTION

As well known, Artificial Neural Networks (ANNs) are powerful heuristic approaches founded by mimicking the human brain neural communication structure. The term `Architecture` is one of hyperparameters of ANNs and it describes the structure of the network. Learning ability is the most important characteristic feature of ANNs and it has made possible by `Backpropagation Learning Algorithm` which has been introduced by Werbos in 1974 and successfully implemented to ANNs by Rumelhart in 1986. Learning algorithm is a hyperparameter of ANNs which should be used as a key role of successful model fitting and forecasting. The adaptation of non-linearity in ANNs could be achieved by using `Activation Functions`. These functions have the ability to shape and adapt the `Data` in order to map the relationship within the observations and acquiring the desired results from different types of networks for various tasks.

Using ANNs for various forecasting tasks has been done successfully over the years. The reason is that ANNs are also can be called `Universal Approximator` which means ANNs with at least 1 hidden layer can approximate any continues function (Cybenko 1989, Hornik 1991).

The main focus is out-of-sample predictions on forecasting which makes it separated from fitting or modeling the data. More detailed, a model can be acquired by using the data and the performance of the model can be tested by in-sample observations which already been used to create the model. However, it might not mean that the well-trained model can produce successful forecasts every time (Hyndman 2014). The expectation from the well-trained model is to predict the unseen out-of-sample observations accurately. But most of the time these expectations don't match the need and it becomes hard to handle to calculate the forecasting performance of the model to determine whether or not to use the model for forecasting.

The first ANNs are called `Perceptron` (McCulloch and Pitts 1943) and only able to handle linear problems as a linear classifier. Perceptron`s architecture has only a single layer and a basic type of learning rule with a step function as activation in network. These properties are the reasons why it can only be used as linear classifier. But after late 80`s with developing new components as learning algorithms, activation functions, improved architectures and specialized networks, `Multi-Layer Perceptron (MLP)` mainly called ANNs has become very successful approaches and recognized by numerous researchers from all around the world. Architecture of MLP can be seen in Figure I below.

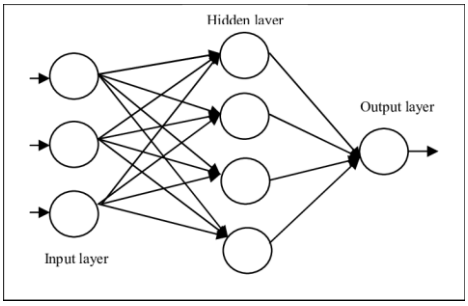



Figure I. Architecture of Artificial Neural Networks (ANNs)

The goal in forecasting with ANNs is obtaining a network with better out-of-sample performance than in-sample performance which concludes that the best network is not always well-trained but well-performed at out-of-sample forecasting. Networks with perfect in-sample fit and poor out-of-sample performance cause the situation called `Overfitting` in the field and to train a proper network comes with various strategies to avoid overfitting such as cross-

validation, k-fold cross-validation, noise injection, regularization and classic way as dividing data into training, testing and sometime validation set.

As the classic and the effective way of avoiding overfitting, splitting the data into training and testing is used in this study. ANNs are trained by using training set and selected model is tested the out-of-sample performance using by test set. Validation set partition is usually not preferred in time series forecasting with ANNs (Zhang et. Al. 1998). Networks with the best test set performances are determined as appropriate models.

ANNs have the model selection dilemma due to random initialization of weights at the beginning of training process. Random initialization of weights can be seen as an advantageous property of ANNs because of enabling the alternative solutions in solution space (Bal et. Al. 2017). On the other hand, random initialization of weights will lead a problem of having different architectures after training for the same data. This mostly cause an inconsistent way to interpret the results of the network. For this reason, training process often consists of training many networks simultaneously and selecting the best performed among obtained ones.

## 2. PERFORMANCE MEASURES AT FORECASTING

In time series analysis, dependent variable also named target observations in ANNs is $y_t$ and the explanatory variables are the past time lags of $y_t$ which can be seen below,

$$y_t = y_{t-1} + y_{t-2} + \cdots y_{t-k}$$

The strategy to achieve a powerful network is finding the relationship between $y_{t-1}, y_{t-2}, \cdots y_{t-k}$ and $y_t$ with a good test set performance. To calculate the performance of network, an error term must be obtained by using the forecasts $\breve{y}_t$ and observed values $y_t$ . Calculating test set performance of network can be done by performance criteria based on the error term ($e_t$) based on distance between $y_t$ and $\breve{y}_t$. List of the error types are shown in Table I.

TABLE I. List of Error Types.

| Error Types | Formulas |
|---|---|
| Error | $e_t = (y_t - \breve{y}_t)$ |
| Percentage error | $p_t = \frac{(y_t - \breve{y}_t)}{y_t}$ |

| | |
|---|---|
| Symmetric error | $s_t = \frac{\lvert y_t - \check{y}_t \rvert}{(y_t + \check{y}_t)}$ |
| | $s_t^* = mean_{k=1,i-1} \lvert y_k - \bar{y}_{i-1} \rvert$ |
| Relative error | $r_t = \frac{\lvert y_t - \check{y}_t \rvert}{(y_t - f_t^*)}$ $\quad f_t^* = y_{t-l}$ |
| Scaled error | $sc_t = \frac{\lvert y_t - \check{y}_t \rvert}{\frac{1}{n-1}\sum_{t=2}^{n} \lvert y_t - y_{t-l} \rvert}$ |

### 2.1. Absolute Error Based Criteria

Criteria based on $e_t$ are always on the same scale with the data. These criteria can't be used to compare time series with different scales. In such a case, the preprocessing of data may require to obtain same scale for each dataset. Performance measures based on $e_t$ is shown in Table II below.

TABLE II. Performance Measures Based on $e_t$.

| **Performance Measures** | **Formulas** |
|---|---|
| Mean Absolute Error | MAE = $mean_{i=1,n} \lvert e_i \rvert$ |
| Median Absolute Error | MdAE = $median_{i=1,n} \lvert e_i \rvert$ |
| Geometric Mean Absolute Error | GMAE = $gmean_{i=1,n} \lvert e_i \rvert$ |
| Mean Square Error | MSE = $mean_{i=1,n}(e_i^2)$ |
| Root Mean Square Error | RMSE = $\sqrt{mean_{i=1,n}(e_i^2)}$ |
| Fourth Root Mean Quadrupled Error | R4MS4E = $\sqrt[4]{mean_{i=1,n}(e_i^4)}$ |

### 2.2. Percentage Error Based Criteria

Criteria based on percentage error ($p_t$) have the advantageous of being scale-independent across different scaled datasets. However, major disadvantage of $p_t$ is division by zero when $y_t$ is equal or so close to zero. This can cause the undefined or infinite results when measuring the performance. Performance measures based on $p_t$ is shown in Table III below.

TABLE III. Performance Measures Based on $p_t$ .

| **Performance Measures** | **Formulas** |
|---|---|

| | |
|---|---|
| Mean Absolute Percentage Error | MAPE = $mean_{i=1,n}\|p_i\|$ |
| Median Absolute Percentage Error | MdAPE = $median_{i=1,n}\|p_i\|$ |
| Root Mean Square Percentage Error | RMSPE = $\sqrt{mean_{i=1,n}(p_i^2)}$ |
| Root Median Square Percentage Error | RMdSPE = $\sqrt{median_{i=1,n}(p_i^2)}$ |

Another issue about $p_t$ is that it should be based on quantity such as exchange rates, number of product sold, and etc. Because it doesn't make sense to represent performance with percentage when data is not include quantity such as Celcius or Fahrenheit temperatures (Hyndman and Koehler 2006). The main reason is that percentage should not change when scale of different datasets is changed and this only eligible with quantity based observations. It should also be noted that criteria based on $p_t$ are not symmetric which simply means that results may differ rather predictions are higher or lower than actual observed values.

### 2.3. Symmetric Error Based Criteria

Symmetric error ($s_t$) is a type of percentage error which modified to add symmetry to the $p_t$. However, as stated in Koehler (2001), despite its name this error is actually not symmetric. Criteria based on $s_t$ shares the similar disadvantage as $p_t$ of division by zero when $y_t$ and $\check{y}_t$ close to zero. To overcome this situation a modified version $s_t^*$ can be used. Performance measures based on $s_t$ is shown in Table IV below.

TABLE IV. Performance Measures Based on $s_t$ .

| **Performance Measures** | **Formulas** |
|---|---|
| Symmetric Mean Absolute Percentage Error | SMAPE = $mean_{i=1,n}(s_i)$ |
| Modified Symmetric Mean Absolute Percentage Error | MSMAPE = $mean_{i=1,n}(s_i/s_t^*)$ |
| Symmetric Median Absolute Percentage Error | SMdAPE = $median_{i=1,n}(s_i)$ |

### 2.4. Relative Error Based Criteria

The main feature of criteria based on relative error ($r_t$) is to use benchmarking approach for measuring the relativity between the errors produced by chosen benchmark method and $f_t^*$ errors (e.g. usually naive method). Criteria based on $r_t$ shares the similar disadvantage as $p_t$ and $s_t$ of division by zero when $y_t$ and $f_t^*$ close to zero. Performance measures based on $r_t$ is shown in Table V below.

TABLE V. Performance Measures Based on $r_t$ .

| Performance Measures | Formulas |
|---|---|
| Mean Relative Absolute Error | MRAE = $mean_{i=1,n}\|r_i\|$ |
| Median Relative Absolute Error | MdRAE = $median_{i=1,n}\|r_i\|$ |
| Geometric Mean Relative Absolute Error | GMRAE = $gmean_{i=1,n}\|r_i\|$ |

### 2.5. Scaled Error Based Criteria

Scaled error ($sc_t$) were proposed by Hyndman and Koehler (2006) to enable the comparing forecasting accuracy within scale-independent perspective. Criteria based on $sc_t$ shares the similar behavior with $p_t$ and $r_t$ but it have pros like being scale-independent unlike $p_t$, the disadvantage of division by zero still exist but with less likelihood to occur than $p_t$. Also $sc_t$ uses in-sample MAE from the naive method as a benchmark similar to $r_t$ but, relative errors have undefined mean and infinite variance which can only be used when there are several forecasts on the same series which make it can't be used to measure out-of-sample forecast accuracy at a single forecast horizon (Hyndman and Koehler, 2006). Performance measures based on $sc_t$ is shown in Table VI below.

TABLE VI. Performance Measures Based on $sc_t$.

| Performance Measures | Formulas |
|---|---|
| Mean Absolute Scaled Error | MASE = $mean_{i=1,n}\|sc_i\|$ |
| Root Mean Square Scaled Error | RMSSE = $\sqrt{mean_{i=1,n}({sc_i}^2)}$ |

### 2.6. Weighted Criteria

Criteria based on weighted errors are the criteria formed by using the other performance criteria together. Weighted errors are generated by multiplying the performance criteria selected according to the user's preference with the coefficients $a_i$ created based on certain strategies or preferences. The point here is that the sum of the coefficients must be equal to one $\sum a_i = 1$ .

The Weighted Information Criterion (WIC) developed for forecasting time series are given below (Egrioglu et. Al. 2008).

$$WIC = 0.2 * \big(RMSE + MAPE + MDA + (1 - DA)\big) + 0.1 * (AIC + BIC)$$

WIC is a weighted criterion which is consist of RMSE, MAPE, DA, MDA, AIC and BIC with constant coefficients. The AIC and BIC coefficients were set as 0.1 because they were

considered of less importance for the reason of their penalizing structure. Other criteria were considered more important and their coefficients were determined as 0.2.

Another weighted performance criterion which named Extended Weighted Performance Criterion (EWPC) is given as follows (Bal et. Al. 2016).

$$EWPC = 1/19 * (MSE + RMSE + R4MS4E + MAPE + MAE + GMAE + MdAE + MdAPE + NS + MRAE + MdRAE + GMRAE + RMSPE + RMdSPE + SMAPE + SMdAPE + MSMAPE + MASE + RMSSE)$$

EWPC is a performance criterion with constant coefficients, which consists of 19 different performance measures and has the characteristics of each. As it can be seen, the EWPC criterion does not include the in-sample information criteria as AIC and BIC, which are based on punishment. The disadvantage of having the term punishment causes these criteria to ignore alternative neural network architectures (Bal et. Al. 2016).

### 2.7. Other Criteria

Thirdly, Nash-Sutcliffe Efficiency Coefficient (NS) is mentioned.

$$\mathrm{NS} = 1 - \frac{\sum_{t=1}^{n}(y_t - \breve{y}_t)^2}{\sum_{t=1}^{n}(y_t - \bar{y})^2}$$

NS (Nash-Sutcliffe, 1970) is obtained by dividing the distance between observations and predictions to the variation of observations. The performance increases as NS approaches zero.

These all performance criteria have some advantages and disadvantages. The disadvantage of each criterion which use average operator is that they are highly influenced by extreme values. The disadvantage of each criterion that uses median operator is that calculations get hard as data set grows.

## 3. USD/JPY EXCHANGE RATE APPLICATION

In order to evaluate the application performances of the criteria discussed in this study, USD/JPY exchange rate time series is used. The exchange rates data has been obtained from the official website (www.tcmb.gov.tr) the Central Bank of the Republic of Turkey. They are weekly and cover totally 247 observations. Weekly observation values are the average of daily parity values for each working day of the week.




Figure II. Graph of USD/JPY time series.

For the application, the modeling process is basically carried out in 3 stages.

- In the first stage, delay matrices are obtained from data set containing input and target values to be used in the neural network.
- In the second stage, 144 networks are created for each dataset. The number of neurons in the input and hidden layers ranges from 1 to 12 as generally considered sufficiently. Then neural networks are trained and the performance criteria values are calculated for each network. The best performed network among 144 networks is chosen for each dataset.
- In the last stage, all procedure in Stage 2 is repeated 1000 times. So, 1000 networks with the best performance are determined for each dataset. Finally, the values of all performance criteria, one-step ahead forecasts, correlation coefficients for test sets, weights of trained neural networks, and test set of each network are obtained.

Levenberg-Marquardt back propagation algorithm is used during the training phase. This algorithm is an easy to use algorithm with very fast convergence speed. The tangent sigmoidal function is used as the activation function in the hidden layer. In the output layer, the linear function is used in order not to compress the results in a certain range for this type of forecasting task.

The results of USD/JPY time series are given in Table VII below.

Table VII. USD/JPY results.

| | USD/JPY | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Average of Correlation Values Between Test Set and Estimates | Mean Absolute Errors Between Test Set and Estimates | Average of One-Step Forecasts, Actual Value=113.92 | Percentage Proximity to One Step Ahead Real Value | Most Selected Architecture and Number of Selection | Minimum Error Value | Architecture of the Minimum Error Value | Maximum Error Value | Mean and Median of Error Values Set to 0 - 1 Interval | | Standard Deviation of Error Values Set to 0 - 1 Interval | Coefficient of Variation of Error Values Set to 0 - 1 Interval |
| EWPC | 0.99998 | 0.21205 | 113.26252 | 99.42285% | 1 - 2 - 1 / 712 | 0.07565 | 1 - 2 - 1 | 0.13036 | 0.65453 | 0.43579 | 0.26727 | 40.83304 |
| WIC | 0.99998 | 0.21426 | 113.23756 | 99.40095% | 1 - 2 - 1 / 549 | -0.63161 | 1 - 2 - 1 | -0.46648 | 0.88316 | 0.79532 | 0.11377 | 12.88230 |
| RMSE | 0.99998 | 0.21232 | 113.24898 | 99.41097% | 1 - 2 - 1 / 720 | 0.16110 | 1 - 2 - 1 | 0.25093 | 0.76900 | 0.62719 | 0.17889 | 23.26312 |
| MdAE | 0.99416 | 0.35655 | 113.24415 | 99.40673% | 1 - 8 - 1 / 291 | 0.02027 | 1 - 8 - 1 | 0.21342 | 0.20495 | 0.14781 | 0.17518 | **85.47368** |
| MAPE | 0.99998 | 0.21210 | 113.26630 | 99.42617% | 1 - 2 - 1 / 701 | 0.00130 | 1 - 2 - 1 | 0.00235 | 0.65819 | 0.44095 | 0.26634 | 40.46512 |
| RMSPE | 0.99998 | 0.21203 | 113.25174 | 99.41340% | 1 - 2 - 1 / 714 | 0.00148 | 1 - 2 - 1 | 0.00240 | 0.72395 | 0.55177 | 0.21199 | 29.28221 |
| SMAPE | 0.99998 | 0.21210 | 113.26630 | 99.42617% | 1 - 2 - 1 / 701 | 0.00130 | 1 - 2 - 1 | 0.00234 | 0.65810 | 0.44087 | 0.26635 | 40.47280 |
| MRAE | 0.99552 | 0.34438 | **113.41238** | **99.55440%** | 3 - 1 - 1 / 824 | 0.14398 | 2 - 2 - 1 | 0.25672 | 0.97413 | 1.00000 | 0.07707 | **7.91209** |
| MASE | 0.99998 | **0.21201** | 113.25326 | 99.41473% | 1 - 2 - 1 / 716 | 0.10544 | 1 - 2 - 1 | 0.18632 | 0.67769 | 0.46981 | 0.25526 | 37.66569 |
| NS | 0.99998 | 0.21232 | 113.24898 | 99.41097% | 1 - 2 - 1 / 720 | 0.00186 | 1 - 2 - 1 | 0.00451 | 0.73724 | 0.57621 | 0.20079 | 27.23601 |

From Table VII, the other criteria except for MdAE and MRAE for the USD/JPY exchange rate time series have high concordance performance with very high average correlation. MASE has the best performance with the lowest average absolute error and MRAE has the best forecasting performance with the proximity of 99.55440%. It is seen that 1-2-1 architecture is predominantly chosen by many performance criteria for USD/JPY.

The coefficient of variation for the errors of the 1000 networks are computed for each performance criterion. Apart from MdAE and MRAE, 1-2-1 architecture has the best performance over 1000 repetitions. MdAE and MRAE have the highest and the lowest coefficient of variation, respectively.

Figure III shows the line graphs of the minimum error values obtained for 1000 repetitions for the all performance criteria of USD/JPY (error values is rescaled to 0-1 range for comparison). It is seen that MdAE and MRAE have different characteristics compared to the others. It is seen that MdAE has the highest variability and MRAE has a very low variability compared to the other criteria. EWPC, WIC, RMSE, MAPE, RMSPE, SMAPE, MASE, and NS have very similar characteristics. The error values are often around 0.8 for WIC, 0.6 for RMSE, RMSPE, and NS and 0.4 for MAPE, SMAPE, and MASE. It is remarkable to point out that WIC cannot reach lower errors than the others.

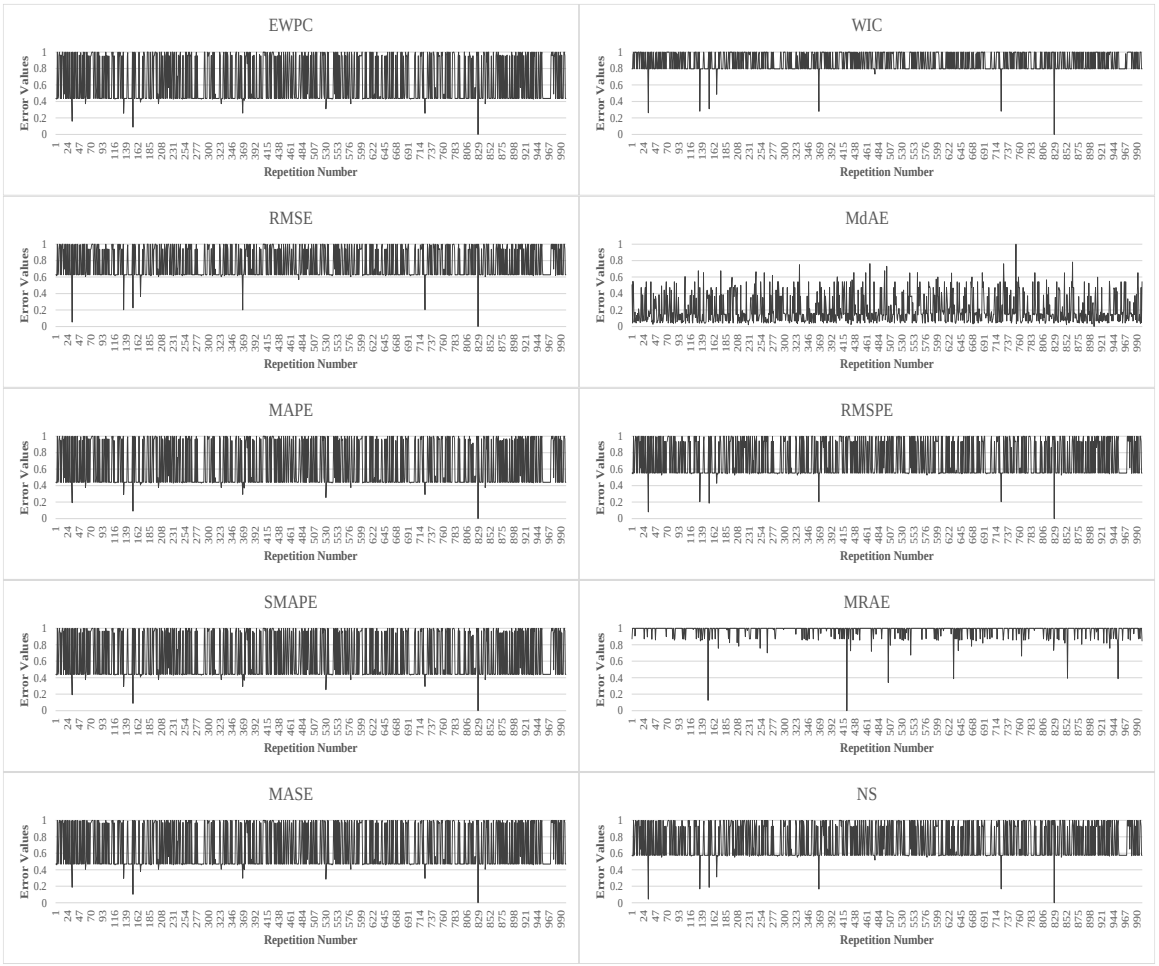



Figure III. Graphs of error values of the performance criteria for USD/JPY dataset.

## 4. CONCLUSION

Aim of this study is to introduce various performance criterion and to evaluate its performance for USD/JPY exchange rate time series. The application studies show that calculating error with different aspects can change training process of ANNs drastically. Criterion with adaptive coefficients as WIC and EWPC calculated with combining different criteria gives promising results. The aim of this study is to show representing the model performance with only one indicator may result poor decision-making. Therefore, representing the performance of a model with numerous criteria and also criteria which includes combining different error measures are critical.

## REFERENCES

Bal, C. ve Demir, S. (2017) Forecasting TRY/USD Exchange Rate with Various Artificial Neural Network Models, *TEM Journal*, 6: 11-16.

Bal, C., Demir, S. ve Aladag, C.H. (2016) A Comparison of Different Model Selection Criteria for Forecasting EURO/USD Exchange Rates by Feed Forward Neural Network, *Int'l Journal of Computing, Communications & Instrumentation Engg.*, 3: 2349-1477.

Cybenko, G. (1989) Approximation by Superpositions of a Sigmoidal Function, *Math. Control Signals Systems*, 2: 303-314.

Egrioglu, E., Aladag, C.H. ve Gunay, S. (2008) A new model selection strategy in artificial neural networks, *Applied Mathematics and Computation*, 195: 591–597.

Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. *International journal of forecasting*, *22*(4), 679-688.

Mcculloch, W.S. and Pitts, W.H. (1943) A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity, *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5: 115 – 133.

Koehler, D.A. (2001) Developments in health and safety accounting at Baxter International, *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 8: 229–239.

Nash, J. E. ve Sutcliffe, J. V. (1970) River flow forecasting through conceptual models, Part I - A discussion of principles, *Journal of Hydrology*, 10: 282–290.

Rumelhart, D.E., Hinton, G.E. ve Williams, R.J. (1986) Learning representations by back-propagating errors, *Nature*, 323: 533–536.

Werbos, P.J. (1974) *Beyond Regression: New Tools for Prediction and Analysis in the Behavioral Sciences*, PhD thesis, Harvard University.

Zhang, G., Patuwo, B. E., & Hu, M. Y. (1998). Forecasting with artificial neural networks: The state of the art. *International journal of forecasting*, *14*(1), 35-62.

# COMPARISON OF CBNET FUNCTION WITH TOOLBOX IN MATLAB FOR UNIVARIATE TIME SERIES FORECASTING

**Cagatay BAL**
Mugla Sitki Kocman University, Department of Statistics,
cagataybal@mu.edu.tr - 0000-0002-7823-2712

## ABSTRACT

Univariate time series forecasting is an important topic across various scientific fields, especially in statistics and data science. As data sizes grow larger, traditional methods and software face challenges in handling these datasets effectively. MATLAB is a widely used platform for engineering and scientific applications, including statistics, artificial neural networks (ANNs), and deep learning. In this study, the already introduced cbnet function, designed to enhance MATLAB's capabilities for univariate time series forecasting through detailed parameter selection, is enhanced. To evaluate its performance, additional simulations and applications are conducted to compare cbnet with MATLAB's existing toolbox.

**Key Words:** Artificial Neural Networks, cbnet function, MATLAB, Statistics, Univariate Time Series Forecasting.

## 1. Introduction

Time series refers to data arranged in a sequential, time-dependent structure that exhibits unique characteristics across time lags. In time series modeling, the concept of autocorrelation, as described by Box and Jenkins (1976), assumes that correlations exist between observations or intervals separated by specific lags. An input matrix created using these lag intervals can be defined as a parameter in the input layer of a neural network. After configuring other parameters and the network architecture, the model becomes ready for training and the forecasting task.

Neural networks are often characterized as nonlinear, nonparametric methods (Zhang et al., 1998). Like many methodologies in the literature, neural networks offer both strengths and weaknesses. Their advantages include flexibility due to the lack of assumptions, availability of alternative solutions, goal-oriented nature, and parameter adjustability. On the downside, they may suffer from limited generalizability, data-centric dependencies, inconsistent optimal

solutions across trials, and the need for expert knowledge in their design. These limitations have made trial-and-error approaches a commonly accepted strategy for identifying optimal solutions in neural network applications.

MATLAB is a widely recognized software platform among engineers, researchers, students, and professionals globally. It provides a versatile environment for tasks such as modeling and data processing. Its extensive toolboxes include one for artificial neural networks, which supports various modeling applications, including time series analysis. In this study, we focused on comparing MATLAB's neural network toolbox with a specialized function, cbnet, designed for univariate time series analysis (Bal and Demir, 2020), to highlight their respective advantages and limitations.

## 2. Artificial Neural Networks

Fundamentally neural networks consist of three main components as architecture, learning algorithm and activation functions (Egrioglu et. Al., 2008). Architecture of neural network can be described as the layered visualization scheme (Fig.1) and should be resolved according to the task. Layer and neuron numbers, data preparations and data partitions are the parameters which could be considerable within the architecture.

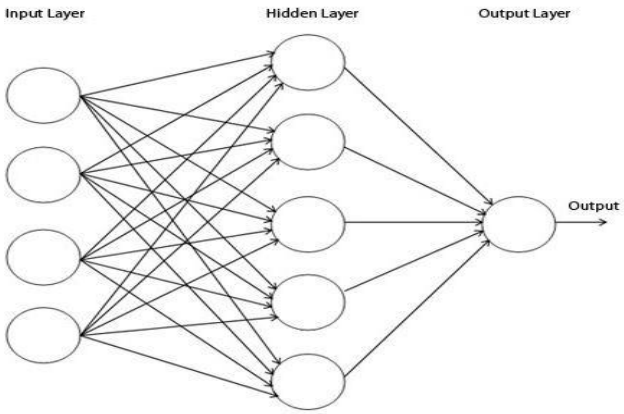



**Figure 1.** Artificial Neural Network Architecture.

Learning algorithm is the component of training process which makes neural networks learn from data lags in this case. Back propagation algorithms are the most widely used learning algorithms for neural networks.

Learning algorithms of neural networks are called backpropagation algorithms that uses error functions derivatives as gradients. General framework of backpropagation can be described as minimizing the total error $E_p$,

$$E_p = \sum_k (d_k - x_k)^2$$

Error function $E_p$ defines error between $d_k$ target value and $x_k$ output value of $k^{\text{th}}$ neuron in network.

In the machine learning domain, data is typically divided into three subsets: training, testing, and validation. The training set is primarily used to train the model, while the test set is reserved for evaluating the network's performance during later stages of assessment. The validation set serves to prevent overfitting by monitoring the training process and halting it once validation criteria indicate convergence. However, incorporating a validation set can sometimes lead to underfitting (Prechelt, 1998).

Activation functions are key linear or nonlinear components of neural networks, enabling the mapping between input and target outputs. Nonlinear S-shaped activation functions, such as tangent-sigmoid and logistic-sigmoid, are commonly employed in the hidden layers due to their effective nonlinear mapping capabilities. In contrast, the output layer often utilizes linear activation functions like step or purelin functions.

Sigmoidal functions are given below,

$$f_{logistic-sigmoid}(\mathrm{x}) = \frac{1}{1+e^{x}}$$

$$f_{tangent-sigmoid}(\mathrm{x}) = \frac{e^{x}-e^{-x}}{e^{x}+e^{-x}}$$

Purelin and step functions are given below,

$$f_{purelin}(\mathrm{x}) = \mathrm{x}$$

$$f_{step}(x) = \begin{cases} 0 & if\ x \in Output1 \\ 1 & if\ x \in Output2 \end{cases}$$

Model selection after error-trial process with performance measures is very important step especially if analysis includes many alternative neural networks to train (Bal and Demir, 2017).

MSE, RMSE, MAE and MAPE are given below,

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(y_j - \hat{y}_j)^2$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(y_j - \hat{y}_j)^2}$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}|y_j - \hat{y}_j|^2$$

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left|\frac{y_j - \hat{y}_j}{y_j}\right|^2$$

Numerous strategies exist to mitigate overfitting, a critical challenge in neural networks. Evaluating performance using the test set is an effective approach to identify the most promising network among various alternatives.

## 3. Properties of *cbnet* Function

### 3.1. Cross Validation

In MATLAB's neural network toolbox, the functions dividerand and divideblock are available for data partitioning. The dividerand function allows data to be split precisely according to user requirements, but it generates indices randomly, which is not ideal for time series data. On the other hand, the divideblock function creates time-related indices, making it more suitable for time series; however, its lack of flexibility may not fully meet user needs. For example, users may prefer to exclude a validation partition, which is possible with dividerand but not with divideblock. A solution to this issue is to modify the dividerand function to generate time-related indices instead of random ones. The steps for this modification are detailed in the original article on the cbnet function (Bal and Demir, 2020).

### 3.2. Lag Matrixes

Since the trial-and-error method necessitates evaluating and comparing alternative models, input matrices for the specified lag intervals must be prepared prior to the training process. To

ensure accurate model construction, input matrices and target vectors need to be flawlessly aligned for the given time lag. The *cbnet* function includes a built-in capability to generate lag matrices based on user-defined parameters.

### 3.3. Predict Future Observations

Forecasting future values using a trained artificial neural network is a key feature that enhances its utility. The steps involved in the forecasting process are outlined below:

Step 1. Specify the desired number of step-ahead forecasts, denoted as ***f***

Step 2. Determine the number of neurons in the input layer of network, denoted as ***n***

Step 3. Select the last ***n*** observations from the target vector to initialize the test vector.

Step 4. Obtain the 1-step-ahead forecast using the trained network, treating the initialized **test vector** as input.

Step 5. Save the 1-step-ahead forecast as the first observation in the **forecast vector**.

Step 6. Update the **test vector** by appending the 1-step-ahead forecast to the end and removing its first observation. This ensures the **test vector** remains the same size, now containing updated **forecast values**.

Step 7. Repeat Steps 4, 5, and 6 a total of ***f*** times to generate the complete set of forecast values.

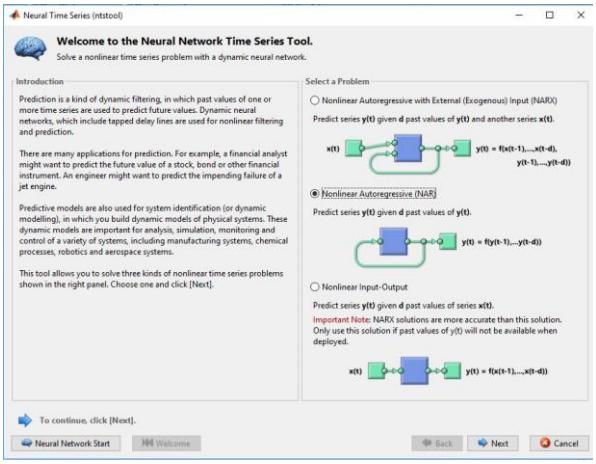
### 3.4. Presentation

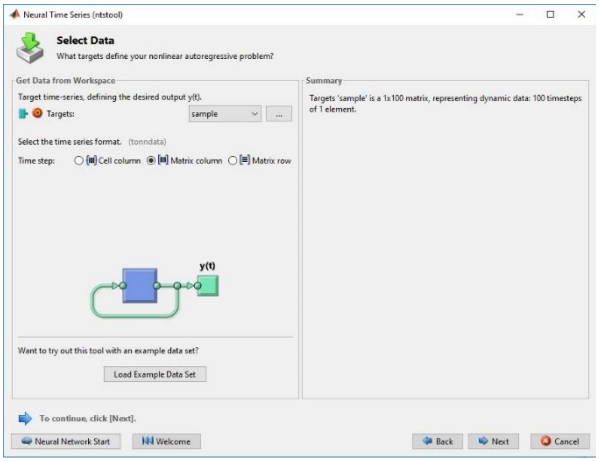
The selection of the optimal neural network architecture can be based on various criteria available in the literature. In this study, four widely recognized criteria—MSE, RMSE, MAE, and MAPE—have been incorporated into the code to provide users with diverse evaluation metrics. These results include the number of input, hidden, and output neurons, the test set error value from the performance measure, the forecast value vector, the input and target matrices, the test set vector, and the trained network stored as a MATLAB object for future use.

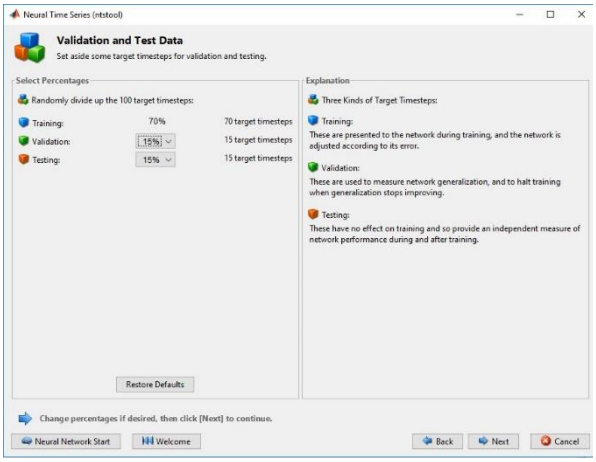
The best architecture across all runs will be presented in the final step of the process. The code for displaying the results will be provided below.

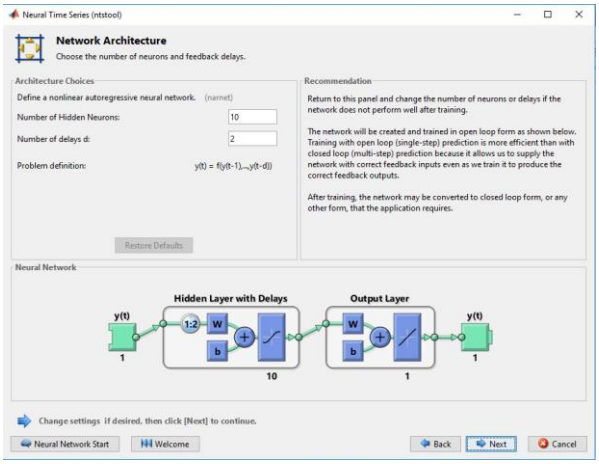
## 4. Comparison of *ntstool* and cbnet function

This section outlines the workflow of the *neural network toolbox*, providing detailed descriptions and a comparison with *cbnet* in terms of the number of steps required to achieve results, the effort involved in completing the analysis, the advantages and disadvantages, and the diversity of results. It is important to note that this comparison is intended to illustrate the workflows of both *cbnet* and the *neural network toolbox*, and therefore, the dataset used is not critical. For simplicity, the example dataset selected for this task is a linear vector ranging from 1 to 100. This sample dataset is also recommended for the cbnet tutorial, as mentioned in the description of the cbnet function within its .m file.



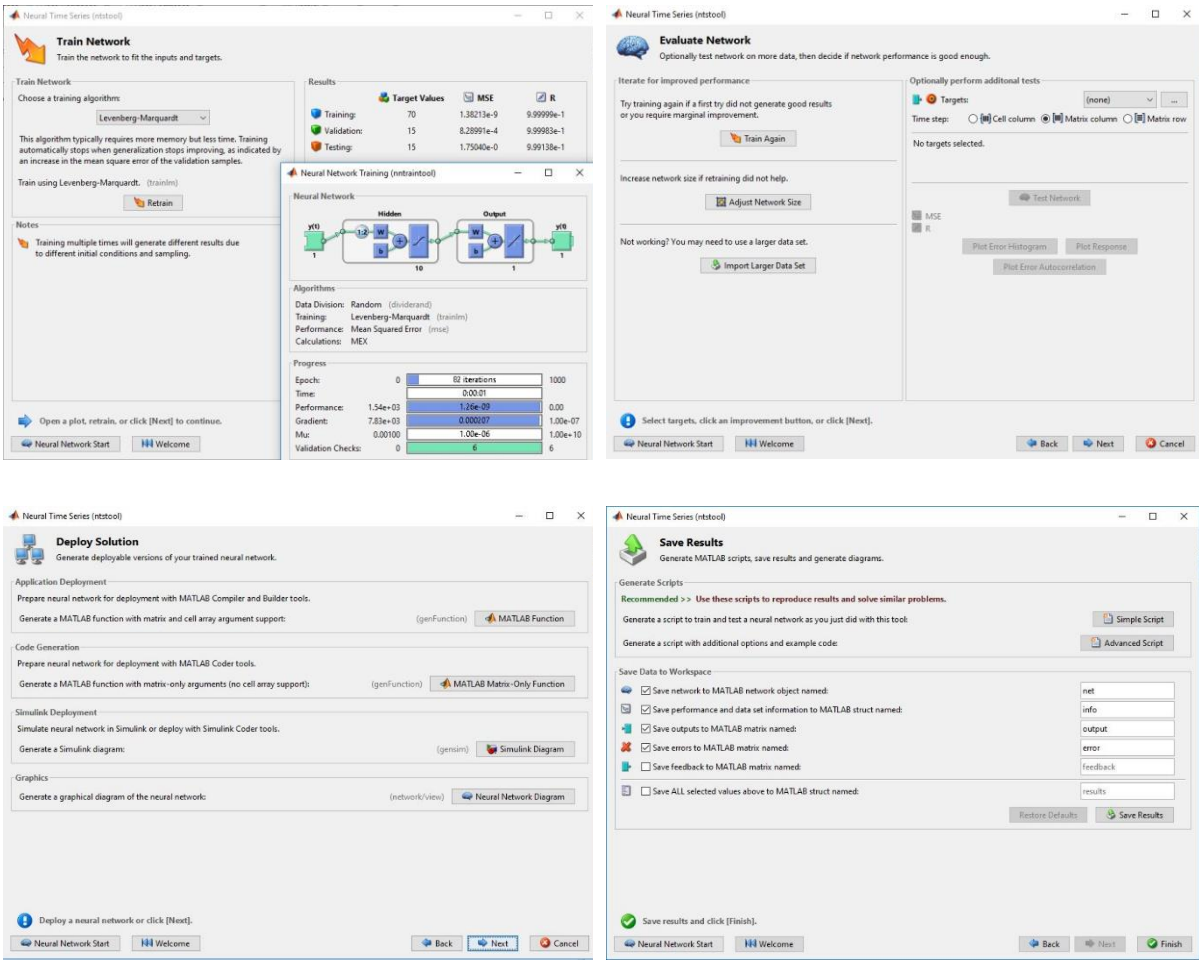



**Figure 2.** MATLAB *neural network toolbox* workflow step by step.

As shown in Fig. 2, a total of eight steps are required to train a network using the given dataset. The *neural network toolbox* offers three options for time series analysis: Nonlinear Autoregressive with External (Exogenous) Input (NARX), Nonlinear Autoregressive (NAR), and Nonlinear Input-Output. These options utilize the MATLAB network functions narxnet, narnet, and timedelaynet, respectively. Each of these network functions is based on the feedforwardnet MATLAB network function, with modifications tailored to suit the specific analysis requirements for each case.

In the *neural network toolbox*, these functions share common default properties, such as the number of hidden neurons, the number of delays, the training function, and, importantly, the data partition options. The default training algorithm is Levenberg-Marquardt Backpropagation, with two other available functions for selection. For the hidden layer activation function, the default is the tangent-sigmoid function (unfortunately, no other options are provided), as illustrated in the neural network diagram in Step 7.

The default data partition ratios are set at 70% for training, 15% for validation, and 15% for testing. However, there is no option to exclude the validation set partition, which is necessary to offer users the flexibility of choosing whether or not to use the validation method as a stopping criterion when the network's generalization ability ceases to improve. This limitation highlights a significant shortcoming in the *neural network toolbox* `s configuration options.

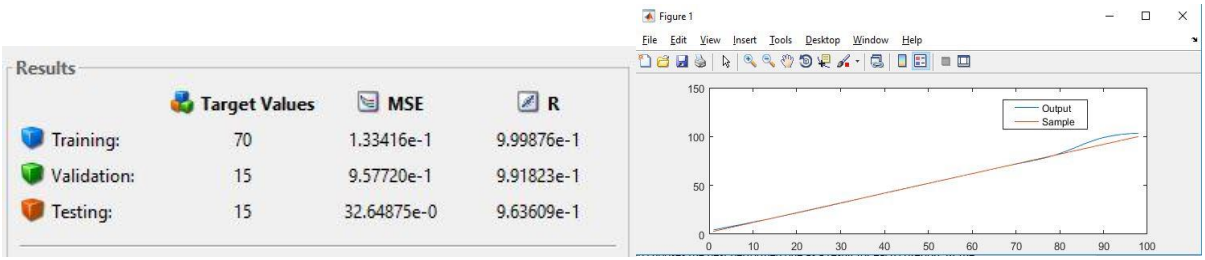



**Figure 3.** *neural network toolbox* results.

Despite efforts to enhance the generalizability of time series models, randomly partitioning the data can lead to unreliable results. To address this issue, the `cbnet` function, as shown in Fig. 3, provides a straightforward solution by modifying the `dividerand` function.

In the neural network toolbox, default parameters for network configuration are set with 10 neurons in the hidden layer and 2 delays. Identifying the optimal parameter design is one of the most challenging problems in neural network literature.

Unfortunately, the neural network toolbox does not provide any strategy for parameter optimization beyond assigning default values. Users must either know the best parameter configuration beforehand or manually experiment with all possible parameter combinations by restarting the toolbox each time. Furthermore, the toolbox lacks a trial-and-error strategy to assist users, making it time-consuming to identify the best parameter set by repeating the process with different configurations.

Another limitation of the neural network toolbox is the absence of an option to select the best network from a pool of candidate networks using performance metrics. This is closely related to the parameter optimization issue discussed earlier and should be viewed as part of a broader trial-and-error approach. The only performance measure available in *neural network toolbox* is MSE, a commonly used but often criticized criterion for evaluating model performance (Hyndman and Koehler, 2006). It would be more beneficial to evaluate network performance using a variety of performance metrics, as each metric assesses error from a different perspective (Bal et al., 2016).

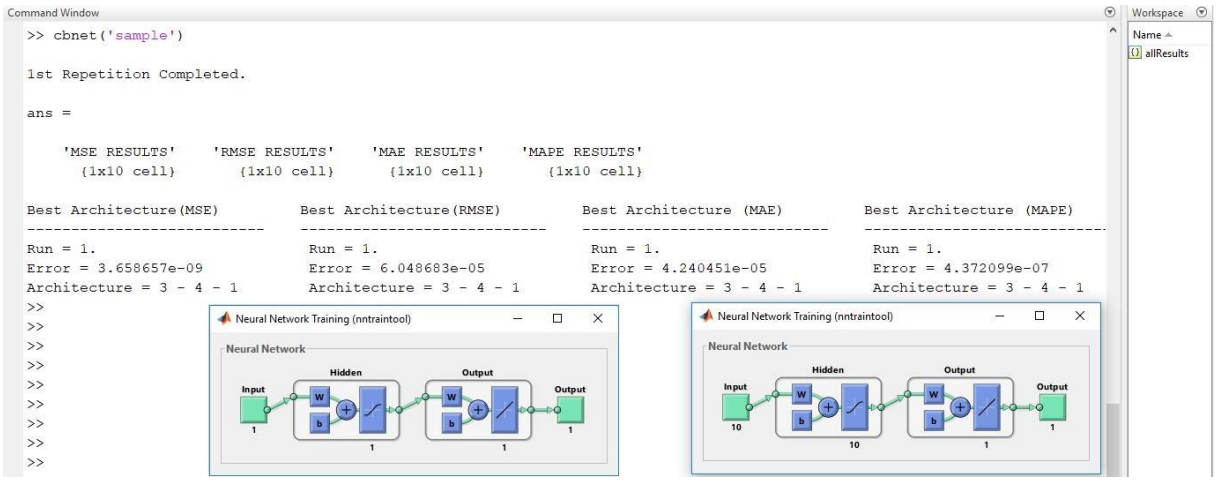



**Figure 4.** The workflow of *cbnet*.

As shown in Fig. 4, the `cbnet` function with its default settings can be accessed by typing `cbnet('sample')` in the MATLAB command window. The corresponding data file must be present in the current folder, with `sample` being the dataset used, as in the neural network toolbox examples mentioned earlier.

Upon execution, the user will obtain four networks, each representing the best choice for one of the four criteria. The default settings for `cbnet` define the number of neurons in both the input and hidden layers to range from 1 to 10, resulting in a total of 100 candidate network architectures, from 1-1-1 to 10-10-1. The network with the best testing performance is selected based on MSE, RMSE, MAE, and MAPE, individually. This process can also be repeated multiple times using the repetition parameter to generate several optimal networks (Bal et. Al. 2017). In this example, all four performance metrics selected the same network as their top choice.

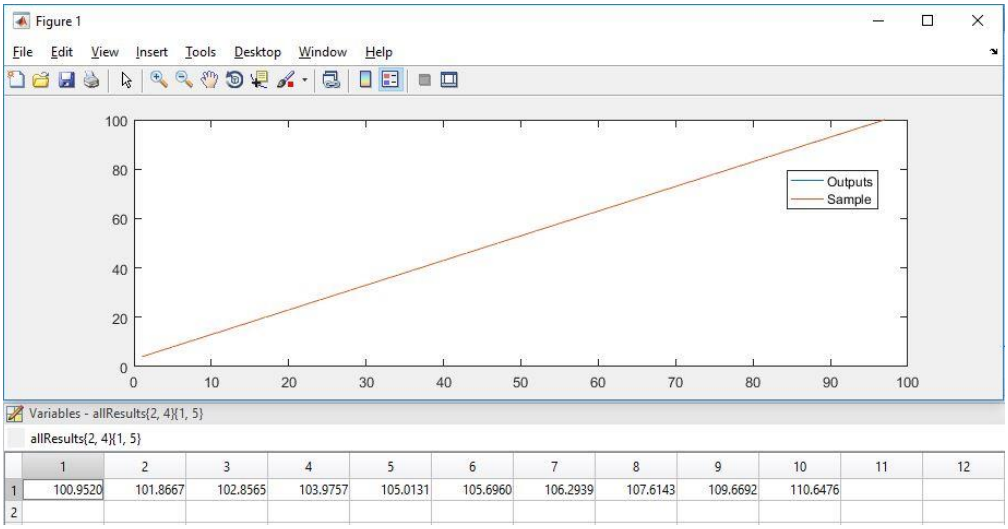


**Figure 5.** The results of *cbnet*.

In Fig. 5, the results demonstrate the precise output performance of the network obtained using the `cbnet` function. The figure also displays nearly accurate 10-step-ahead forecasts, highlighting the effectiveness of the `cbnet` forecasting function. This feature allows users to compute step-ahead forecasts with the selected networks, further validating the results and assessing the network's forecasting capability beyond its testing performance. In contrast, the neural network toolbox lacks a similar forecasting feature, making it difficult to evaluate whether the trained network possesses strong predictive power.

Below, in Table 1, the pros and cons of the neural network toolbox and `cbnet` are summarized to conclude the comparison.

**Table 1.** Comparison of *neural network toolbox* and *cbnet* function

| | ***neural network toolbox*** | ***cbnet*** |
|---|---|---|
| GUI (Graphical User Interface) | √ | X |
| Number of steps for utilization (Default) | 8 steps | 1 step |
| Network trained | 1 network with given parameter design | Best network selection with given parameter design |
| Network Selection Strategy | X | Testing performance |
| Data Partition | Randomly | Sequentially |
| Data Partition Ratio Eligibility | X | √ |
| Forecasting Function | X | √ |
| Learning Function | 3 Backpropagation Function | 8 Backpropagation Function |
| Activation Function | Only tangent-sigmoid | tangent-sigmoid and log-sigmoid |
| Global Repetition Parameter | X | √ |

## 5. Conclusion

This study presents a comparison of the `cbnet` function for univariate time series analysis with neural networks and MATLAB's neural network toolbox. The simple and user-friendly structure of `cbnet` enables users to achieve more detailed results with significantly less effort for this type of analysis.

Future enhancements aim to expand the functionality of `cbnet` by incorporating additional features, such as multi-hidden-layer configurations to facilitate a transition to deep networks, visualization tools for various components, and GUI structures for even easier usage. We hope that researchers interested in time series forecasting with artificial neural networks will find this function a valuable resource for their studies. The `cbnet` codes are available on MATLAB's File Exchange platform at https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/67628-cbnet.

## REFERENCES

Bal, C., Demir, S. ve Aladag, C.H. (2016) A Comparison of Different Model Selection Criteria for Forecasting EURO/USD Exchange Rates by Feed Forward Neural Network, Int'l Journal of Computing, Communications & Instrumentation Engg., 3: 2349-1477.

Bal, C. ve Demir, S. (2017) Forecasting TRY/USD Exchange Rate with Various Artificial Neural Network Models, *TEM Journal*, 6: 11-16.

Bal, C., & Demir, S. (2020). JMASM 55: MATLAB Algorithms and Source Codes of'cbnet'Function for Univariate Time Series Modeling with Neural Networks (MATLAB). *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, *19*.

Box, G.E.P., Jenkins, G.M., ve Reinsel, G.C. (1976) Time Series Analysis, Forecasting and Control. Third Edition. Holden-Day, 712s.

Eğrioğlu, E., Aladağ, Ç. H., & Günay, S. (2008). A new model selection strategy in artificial neural networks. Applied Mathematics and Computation, 195(2), 591-597.

Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. International journal of forecasting, 22(4), 679-688.

Prechelt, L. (1998). Automatic early stopping using cross validation: quantifying the criteria. Neural networks, 11(4), 761-767.

Zhang, G., Patuwo, B. E., & Hu, M. Y. (1998). Forecasting with artificial neural networks:

The state of the art. International journal of forecasting, 14(1), 35-62.

# 11-12 HAFTALIK MERİNOS KOYUN FETÜSLERİNİN STERNUMLARININ GELİŞİM DURUMU

**Prof. Dr. Şükrü Hakan Atalgın**

Balıkesir Üniversitesi Veteriner Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Çağış Kampüsü Altıeylül Balıkesir
orcid: 0000-0001-9436-6270 sukruhakan@hotmail.com

## Özet

Bu çalışmanın amacı, 11-12 haftalık Merinos koyun fetüslerinin sternumlarının kemikleşmelerinin ve büyüme durumlarının tespit edilmesidir. Kemik gelişimi bazı hastalıkların teşhisinde önemlidir. Kemikleşme merkezleri ve kemik büyüklükleri, doğum öncesi büyümeyi tahmin etmek için çok yardımcıdır ve bazı fötal anomalilerin saptanmasına yardımcı olur. Çalışmada kullanılan fetüsler Balıkesir'deki yerel mezbahadan toplandı. Numuneler, Inouye tekniği kullanılarak alizarin red ve alcian blue ile boyandı. Çalışmada 11-12 haftalık Merinos koyun fetüslerinin sternebra'larında kemikleşme durumunu gösteren kalsifikasyonu tespit etmek için alizarin red boyaması kullanıldı. Kıkırdak gelişimini göstermek için ise alcian blue boyaması kullanıldı. Çalışma 11-12 haftalık Merinos koyununun sternumundaki birincil kemikleşme merkezlerinin sayısının, yerinin ve şeklinin tespitini içeriyordu. 11-12 haftalık Merinos koyun fetüsünün temizlenmiş ve boyanmış sternum'unun incelenmesi ile bu periyottaki gelişim durumu açıklandı. %10'luk formolde saklanan materyaller saf su ile yıkandıktan sonra % 95'lik etanol içeren kaplara konuldu. Bu kaplarda 10 gün bekleyen materyaller saf asetonda 24 saat tutulduktan sonra boyamaya hazır hale getirildi. 300 mg alcian blue ve 100 ml % 70'lik etanol içeren çözelti ile 100 mg alizarin red ve 100 mg % 95'lik etanol içeren çözelti karıştırıldı. Bu karışıma 100 ml glisial asetik asit ile1700 ml % 70'lik etanol eklenerek solüsyon hazırlandı. Bu solüsyon içinde etüvde uygun sıcaklıkta 4 gün bekletilen kemikler etüvden çıkartıldıktan sonra 2 saat boyunca akan suda yıkandı. Yıkamanın ardından kemikler üç gün boyunca % 2'lik KOH içeren kaplarda bekletildi. Son olarak % 100'lük gliserin çözeltisinde saklandı. Materyallerde kırmızı ve mavi bölümler gözlendi. Kırmızı kısımlar kemikleşmeyi gösterdi. Mavi veya şeffaf kısımlar ise kıkırdak dokuyu gösterdi. 11-12 haftalık Merinos koyunlarında toplam 8 adet kemikleşme merkezinin olduğu saptandı. Sternebraları oluşturan bu merkezlerden biri hariç hepsinin tek bir kemikleşme merkezinden şekillendiği belirlendi. Merinos koyunlarındaki bu çalışma ile 11-12 haftalık fetüslerin sternumlarının kemikleşme durumları ortaya konulmuş, deneysel çalışmalara bir altyapı olması amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Alcian blue, alizarin red, fetüs, merinos koyunu, sternum.

## Developmental Status of Sternum of 11-12 Week-Old Merino Sheep Fetuses

## Abstract

The aim of this study was to determine the ossification and growth status of sternum of 11-12 week-old Merino sheep fetuses. Bone development is important in the diagnosis of some diseases. Ossification centers and bone sizes are very helpful in estimating prenatal growth and help in the detection of some fetal abnormalities. The fetuses used in the study were collected from the local slaughterhouse in Balıkesir. The samples were stained with alizarin red and alcian blue using the Inouye technique. Alizarin red was used to detect calcification indicating ossification status in developing sternebrae. Alcian blue was used to show cartilage

development. The study included the determination of the number, location and shape of primary ossification centers in the sternum of 11-12 week-old Merino sheep. The developmental status of this period was explained by examining the cleaned and stained sternum of an 11-12 week old Merino sheep fetus. The materials stored in 10% formalin were washed with pure water and then placed in containers containing 95% ethanol. The materials that were kept in these containers for 10 days were kept in pure acetone for 24 hours and then made ready for dyeing. A solution containing 300 mg alcian blue and 100 ml 70% ethanol was mixed with a solution containing 100 mg alizarin red and 100 mg 95% ethanol. A solution was prepared by adding 100 ml glycial acetic acid and 1700 ml 70% ethanol to this mixture. The bones that were kept in the oven at the appropriate temperature for 4 days in this solution were washed in running water for 2 hours after being removed from the stove. After washing, the bones were kept in containers containing 2% KOH for three days. Finally, it was stored in 100% glycerin solution. Red and blue sections were observed in the materials. Red sections showed ossification. Blue or transparent sections showed cartilage tissue. It was determined that there were a total of 8 ossification centers in 11-12 week old Merino sheep. It was determined that all of these centers, which form the sternebra, except for one, were formed from a single ossification center. With this study in Merino sheep, the ossification status of the sternums of 11-12 week old fetuses was revealed and it was aimed to be a basis for experimental studies.

Keywords: Alcian blue, alizarin red, fetus, merino sheep, sternum.

## Giriş

Sternum, göğüs kafesinin ventral duvarının önünde yer alan kemiktir. Evcil memelilerde sayıları 6-8 arasında değişebilen ve sternebrae denilen tek parçaların ardı ardına birleşmesinden oluşur. Sternebrae'ler arasındaki birleşme başlangıçta kıkırdaksal olduğu halde (syncondrosis sternalis) ileri yaşlarda kemikleşir, dolayısıyla tek parça kemik halini alır. Sternum önden arkaya doğru manubrium sterni, corpus sterni ve processus xiphoideus olmak üzere 3 ana kısımdan oluşur. Manubrium sterni, sternum'un ön ucundan ikinci incisura costalis'e kadar olan kısımdır. Ucunda, türlere göre değişen şekilde cartilago manubrii denilen bir kıkırdağa sahiptir. Bu kıkırdak equidede yandan basık ve ileri kalkıktır. Ruminantlarda çoğu kez yoktur, sus ve carnivorlarda ise kısa bir koni şeklindedir. Adı geçen kıkırdağın manubrium sterni ile birleşme yerinde, özellikle sus'ta, kıkırdağın varlığı halinde ise ruminantlarda, angulus sternii denilen bir açı oluşur (Dursun N, 2002; Getty R., 1975). Sternum veya göğüs kemiği, göğüs kafesinin iskeletini ventral olarak tamamlayan ve lateral olarak kaburgaların kıkırdaklarıyla eklemlenen median segmental bir kemiktir (Getty R., 1975). Sternum değişken sayıda sternebra'dan oluşur; etoburlarda 8, at ve domuzlarda 6, geviş getirenlerde 7 adet sternebra'ya sahiptir. İlk sternebra manubrium sterni olarak adlandırılırken, ince son sternebra ksifoid kıkırdak ile temas halindedir (Pasquini,1997). Sternumun her sternebrası tek bir endokondral kemikleşme merkezi tarafından kemikleşir (Latshow WK.,1987). Koyun sternumunun her sternebrası ise daha sonra birleşen çift kemikleşme merkezinden kemikleştiği bildirilmiştir (N.S Ahmed Z.Z Majeed, 2008). İnsanlarda sternumun gelişimi, insan sternum'unun çeşitli segmentlerindeki kemikleşme merkezlerinin ortaya çıkma zamanını tespit etmek için kuzeybatı Hindistanlı 15 erkek ve 12 kadın fetüsü kullanılarak incelenmiştir (Sharma S, 1988). Ayrıca, gebelik yaşı ile çeşitli sternal bileşenlerin görünümü arasındaki ilişkiyi değerlendirmek ve insan gebelik dönemindeki büyümeyi belirlemek için kesitsel bir çalışma da yapılmıştır (Zalel Y, 1999).

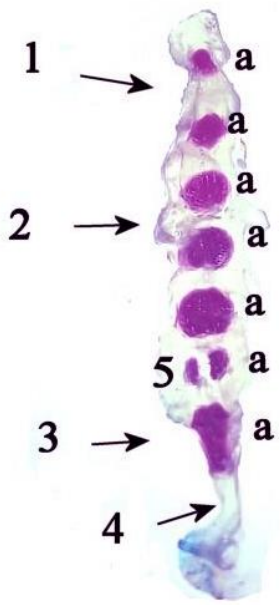
Kemik gelişimine ilişkin diğer çalışmalar radyografiye veya kemik boyalarıyla yapılmıştır. Günümüzde çok çalışılan evcil memeli hayvanlardan biri de Merinos koyunudur (Şahin F. Atalgın Ş.H, 2024). Fetal sternuma yönelik bazı radyografik çalışmalar, erken embriyonik dönemde koyun ve domuz fetüs iskeletinin diğer bileşenleriyle birlikte gelişimini ve kemikleşmesini tanımlarken (Wenham G, 1977; Wenham G, 1981; Wenham et al., 1969), diğer çalışmalar radyografi kullanarak farklı keçi ve koyun türlerinde yenidoğan ve yetişkin sternumunu tanımlamaktadır (Mgasa MN and Arnbjerg J,1992; Guillen MT et al,1993).

## Materyal Metot

Bu çalışmada 4 adet Merinos fetüsü kullanılmıştır. Hepsi rutin kesimden sonra gebe dişilerin uteruslarından toplandı. Fetüslerin tepe-kuyruk uzunluğu bir mezura kullanılarak ölçüldü. Bu uzunluk, (tepe-kuyruk uzunluğu) bu fetüsün tahmini yaşının 11-12 haftalık olduğu saptandı. Fetüsler derileri yüzüldükten sonra organları ayrıldı ve daha sonra güçlü boyama sağlayan %90 etil alkolde fiksasyon işlemi yapıldı. Bu kaplarda10 gün bekleyen materyaller saf asetonda 24 saat tutulduktan sonra boyamaya hazır hale getirildi. 300 mg alcian blue ve 100 ml % 70'lik etanol içeren çözelti ile 100 mg alizarin red ve 100 mg % 95'lik etanol içeren çözelti karıştırıldı. Bu karışıma 100 ml glisial asetik asit ile1700 ml % 70'lik etanol eklenerek solüsyon hazırlandı. Bu solüsyon içinde etüvde uygun sıcaklıkta 4 gün bekletilen kemikler etüvden çıkartıldıktan sonra 2 saat boyunca akan suda yıkandı. Yıkamanın ardından kemikler üç gün boyunca % 2'lik KOH içeren kaplarda bekletildi. Son olarak % 100'lük gliserin çözeltisinde saklandı (Atalgin, S. H., Kürtül, I. 2009). A. Boyama işlemi bitince materyaller stereomikroskop altında incelendi. Materyallerde kırmızı ve mavi bölümler gözlendi. Kırmızı kısımlar kemikleşmeyi gösterdi. Mavi veya şeffaf kısımlar ise kıkırdak dokuyu gösterdi.

## Bulgular

Çalışmada 11-12 haftalık Merinos koyunu fetüsünün sternumunun 7 sternebra'dan oluştuğu, saptandı. Manibrum sterni'yi oluşturan sternebra'ların ilkinin kıkırdak taslak içinde oldukça küçük bir kemikleşme merkezinin olduğu saptandı. Bu merkezin çubuk şeklinde olduğu görüldü. İkinci kemikleşme merkezi kıkırdak dokunun içinde görüldü. Kırmızı renkli hatları net şekilde gözlendi. Öncekinden farklı olarak kenarları keskin olmayan üçgen şeklinde gözlendi. Birincisinden büyük olmasına rağmen diğerlerinden daha küçük bir merkez olduğu saptandı. Üçüncü sternebra ise kıkırdak taslağın içinde oval şekilde saptandı. Önceki merkezlerden büyük olmakla beraber sonraki merkezlerden küçük olduğu saptandı. Muntazam olmayan oval şekilli bir merkez olarak görüldü. Dördüncü merkez ise kıkırdak dokunun içerisinde büyük bir oval kırmızı şekilli olarak görüldü. Önceki merkezlerden daha büyük olarak saptandı. Beşinci merkez en büyük kemikleşme merkezi olarak saptandı. Kırmızı oval şekilli bir merkez olarak gözlendi. Bundan sonraki kemikleşme merkezlerinin birbirine oldukça yakın olarak şekillendiği görüldü. Altıncı sternebra ise iki ayrı kemiğin oluşturduğu bir sternebra olarak görüldü. Bu merkezin bir dairenin ortadan ikiye bölünmüş yarım parçaları gibi şekillendiği saptandı. Birbirlerine bakan kısım düz bir hat ile çizilmiş gibi görüldü. İki kemikleşme merkezinin simetrik olmadığı saptandı. Sağ taraftaki kemikleşme merkezinin daha büyük olarak görüldüğü saptandı. Bundan sonraki yani sonuncu kemikleşme merkezi ise oval olarak değil, bir çubuk olarak gözlendi. Procesus xiphoideus'u oluşturacak olan bu kemik ön tarafı biraz daha kalın, arkası ise ince olarak saptandı. Arka tarafta cartilago xiphoidea ile yine birleştiği kısım dış bükey olarak saptandı, ön taraf ise içbükey olarak görüldü.




**Şekil 1.** 11-12 Haftalık Merinos Koyun Fetüslerinin Sternumlarının görünümü. a. strenebra 1. Manibrum sterni, 2. Corpus sterni, 3. Proc. xiphoideus, 4. Cartilogo xiphoidea, 5. Altıncı Sternebra'ya ait iki kemikleşme merkezi.

## Tartışma

Koyunlarda 7. sternebra 56-57 günlükken, 6. sternebra 69-71 günlükken kemikleşme gerçekleşir. Koyun sternumunun her sternebrası, daha sonra birleşen çift kemikleşme merkezinden kemikleştiği bildirilmiştir (N.S Ahmed, Z.Z Majeed, 2008). Çalışmamızda sadece 6. sternebrada iki adet kemikleşme merkezinden oluştuğu saptandı. Bu yönüyle bu çalışma ile uyumludur fakat aynı çalışmanın keçilerle yapılan kısmında ise kara keçi fetüs sternumunun 7 sternebradan oluştuğunu her birinin merkezi tek bir kemikleşme merkezinden kemikleştiğini bildirilmiştir (N.S Ahmed, Z.Z Majeed, 2008). Kemikleşme merkezlerinin ilk görünümü 54 günlükken 7. sternebrada meydana gelirken, sonuncusu 64 günlükken 1. sternebrada meydana geldiği belirtilmiştir. Ayrıca koyunlarda her bir sternebranın çift kemikleşme merkezinden geliştiği bildirilmesi (N.S Ahmed, Z.Z Majeed, 2008) yönüyle çalışmamızdan farklıdır çünkü çalışmamızda 6. sternebranın iki adet kemikleşme merkezinden oluştuğu saptanmıştır.

## Sonuç

Koyun sternumunun 6. sternebrasının küçük boyutta olmasına ve kemikleşmesinde gecikme olmasına rağmen hem Awasi koyununda hem de kara keçi sternasında sternebra sayısının 7 olduğunu göstermektedir (N.S Ahmed Z.Z Majeed,2008). Bu sonuçlara göre, keçi sternumunda sternebra sayısının 5, 6 veya 7 sternebra arasında değişmektedir (Mgasa MN, Arnbjerg J.,1992). Bunlar, keçinin cinsine bağlıdır ve Wenham'ın (1977) koyun fetüsündeki sternebra sayısının 7, ve 6. sternebra'nın çok küçük olduğu yönündeki sözleriyle uyuşmaktadır. (Wenham G,1977). Sonuçlar, her sternebranın keçi sternumundaki tek bir kemikleşme merkezinden ve koyun

sternumundaki çift kemikleşme merkezinden kemikleştiğini göstermektedir. Bu sonuçlar koyun sternumundaki yaptığımız çalışma ile uyumludur, önceki çalışmalarla da uyuşmaktadır (Wenham G. 1981; Mgasa MN and Arnbjerg J,1992; Guillen MT, 1993).

Sternumdaki kemikleşme merkezlerinin ilk görünümü, sırasıyla 54. ve 56. günlükken hem keçi hem de koyun fetüsünde 7. sternebrada olduğu bildirilmiştir (Wenham G. 1981). Wenham (1977)'ın çalışmaları, ilk 7. sternebranın kemikleşmeye başlama koyun fetüsünde 60 günlükkendir, sonra 6. sternebra sonra 5. sternebra görülmektedir (Wenham G,1977; Wenham G. 1981). Bir (N.S Ahmed Z.Z Majeed,2008) çalışmada ise sadece 6. sternebranın koyun fetüsünde 69-71 günlükken kemikleşmeye başlayan sternumun son parçası olduğunu bildirmiştir. Çalışmamız sadece 11-12 haftalık fetüslerde yapıldığından bu periyotlar için koyunlardaki çalışmalar için uygundur fakat keçiler için çalışmamızın verileriyle uygun değildir. Bu sonuç, kemik gelişimi üzerine yapılan çalışmalarla, özellikle koyundaki kemik gelişimi üzerine yapılan çalışmalarla örtüşmektedir.

Sonuç olarak, merinos koyunu sternum'unun deneysel çalışmalar için ulaşılabilir olması ve insana yakın büyüklüğe sahip olması nedeniyle ayrıntılı gelişiminin bilinmesi yapılacak çalışmalarında ve toksikolojik incelemelerde yararlı olabileceği düşünülmektedir.

## Kaynaklar

Atalgin, S. H., & Kürtül, I. (2009). A morphological study of skeletal development in turkey during the pre-hatching stage. Anatomia, histologia, embryologia, 38(1), 23-30.

Dursun Necdet, Veteriner Anatomi II Medisan yayınevi 2002.

Getty R. (1975). The Anatomy of the DomesticAnimals.Vol. 1.5th ed. Philadelphia: WS Saunders Company: 27.

Guillen MT, Robina A,Regodon S. (1993).Radiological investigation of the sternum of the sheep. Anatomia- Histologia-Embryologia.; 22(1)91-99.

Latshow WK. (1987). Veterinary Development Anatomy; clinically orie-nted approach. Philadelphia: BC Decker Inc: 132-134.

Mgasa MN, Arnbjerg J. (1992). Comparative structure and morphology of the goat sternum in West African Dwarf and Danish Landrace breeds. Anatomia- Histologia-Embryologia. ; 21 (2): 152-159.

N.S Ahmed, Z.Z Majeed (2008) The embryonic development of the sternum in sheep and goats AL-Qadisiya Journal of Vet. Med. Sci. Vol. /7 No./ 5

Pasquini C, Surgeont T, Pasquini(1997). Anatomy of Domestic Animals; Systematic and regional approach. 7th ed. USA: SUDZ Publishing, : 70-71.

Sharma S, Jit I. (1988). Times of appearance of centers of ossification in the sternum of northwest indian subjects . J Anat Sci of India; 37 (3): 169-181.

Şahin F, Atalgın HŞ. Merinos Koyunlarında Septum İnterventrikülere'nin Arteriyel Vaskülarizasyonu. (2024). Turk J Clin Cardiov Perfusion. Nisan;2 (1):29-37.

Wenham G, Mcdonald I, Elsley FWH. (1969).A radiographic study of the development of the skeleton of the fetal pig .J. Agric Sci. Camb;72:123-130.

Wenham G. (1977). Studies on reproduction in prolific ewes A radiographic study of the primary and secondary ossification centers in the fetus.J. Agric Sci Camb. ; 88:553-566.

Wenham G. (1981). A radiographic study of early skeletal development in foetal sheep. J Agric Sci Camb; 96: 39-44.

Zalel Y, Lipitz S, Soriano D and Achiron R. (1999).The development of the fetal sternum; a cross-sectional sonographic study.Ultrasound in Obstetrics & Gynecology; 13 (3), 187-190.

PROCEEDING BOOK ISBN NR. : 978-625-5962-06-5

# RADIAL AND ANGULAR ELECTRON ENERGY LEVELS OF A DILUTED SEMIMAGNETIC SEMICONDUCTOR QUANTUM WIRE

**Prof. Dr. Arif Babanlı**
Department of Physics, Suleyman Demirel University, 32260 Isparta, Turkey
arifbabanli@sdu.edu.tr
0000-0003-4468-999X
**Dr. Mustafa Balcı**
Isparta University of Applied Sciences, 32260 Isparta, Turkey
mustafabalci@isparta.edu.tr
0000-0002-6015-0233
**Dr. Muhammet Ovezov**
Institute of Engineering – Technical and Transport Communications of Turkmenistan, 74400, Ashgabat, Turkmenistan
edugation@tituki.edu.tm
**Dr. Gylych Orazov**
Institute of Engineering – Technical and Transport Communications of Turkmenistan, 74400, Ashgabat, Turkmenistan
glych.orazov@gmail.com
**M. Sc. Vepa Sabyrov**
Institute of Engineering – Technical and Transport Communications of Turkmenistan, 74400, Ashgabat, Turkmenistan
Institute of Natural Sciences, Suleyman Demirel University, 32260 Isparta, Turkey
sabyroww@gmail.com
0000-0002-3562-3086

## ABSTRACT

In this study, the behavior of the electron energy levels with respect to the magnetic field was investigated according to the radial and angular quantum numbers of the diluted semimagnetic semiconductor (DMS) cylindrical quantum wire. The quantum system is defined by parabolic and inverse parabolic potential. The height of the cylinder is assumed to be very large compared to its radius. The fixed magnetic field affects the cylinder in a direction parallel to the main

axis. This effect divides the electron energy into two according to its spin. The DMS term makes this division more effective. The solution of the Shredinger equation defining the quantum system was found using the effective mass approximation method. The behavior of the quantum system's energy expression with respect to the magnetic field was investigated. According to the obtained results, it was determined that the change of the magnetic field significantly affects the electron energy levels.

**Keywords:** Diluted magnetic semiconductor, quantum wire, parabolic potential.

## ÖZET

Çalışmada seyreltilmiş yarımanyetik yarıiletken (DMS) silindirik kuantum telin radyal ve açısal kuantum sayılarına göre elektronun enerji seviyelerinin manyetik alana göre davranışı araştırılmıştır. Kauntum sistem parabolik ve invers parabolik potansiyeli ile tanımlanmaktadır. Silindirin yüksekliği onun yarıçapına göre çok büyük olduğu varsayılmaktadır. Silindirin yüksekliğinin ana eksenine paralel bir yönde sabit manyetik alanı etki etmektedir. Bu etki elektronun enerjisinin spinine göre ikiye ayırmaktadır. DMS terimi ise bu yarılmanı daha etkili etmektedir. Kuantum sistemini tanımlayan Şredinger denklemi çözümü etkin kütle yaklaşımı yöntemi kullanılarak bulunmuştur. Tek elektron için elde edilen enerji ifadesi manyetik alana göre davranışı araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre manyetik alanın değişimi elektron enerji seviyelerini önemli bir şekilde etkilediği tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler**: Seyreltik manyetik yarı iletken, kuantum tel, parabolik potansiyel.

## 1. INTRODUCTION

Recent years have seen the development of highly efficient electrical devices thanks to research into low-dimensional quantum systems [1]. Furthermore, multilayer semiconductor structures, or heterostructure materials, started to be developed as a result of the advancement of technologies like MBE [2]. It is known that low-dimensional quantum systems are formed at the interfaces between layers of heterostructures. The magnetic properties of these materials become more noticeable when a certain number of magnetic atoms, such as Mn atoms, are added to such formations. Such types of structures are called diluted semimagnetic

semiconductor structures in the literature [3]. These structures are believed to be the materials that will eventually serve as the basis for spintronic devices. Currently, structures including quantum wells, quantum wires, and quantum dots are made from heterostructure materials. Due to their physical properties, these structures are attractive for use in various fields of electronics [4]. One of the most important parameters that determine the physical properties of low-dimensional quantum systems is this potential field. In this study, the behavior of the electron energy depending on the radial and angular quantum numbers of the dilute semimagnetic semiconductor parabolic and inverse parabolic potential cylindrical quantum wire with respect to the magnetic field is investigated.

## 2. THEORY

The study discusses a one-electron quantum system with a cylindrical geometry defined by the potential $V(\rho)$. The height of the cylinder is $L_z$ and its radius is $R$. It is assumed that the height of the cylinder is very large. Additionally, a constant magnetic field is applied parallel to the direction $z$ of the cylinder. In this case, the potential vector, which depends on the direction of the magnetic field, is defined as $\mathbf{A}=\left(0,\frac{1}{2}B\rho,0\right)$. The potential $V(\rho)$ of the quantum system is written as

$$V(\rho)=\begin{cases}\frac{1}{\mu}\left[\omega_0^2\rho^2+\omega_0^2\left(\frac{R^4}{\rho^2}-R^2\right)\right], & \rho<R\\ \infty, & \rho\geq R\end{cases}. \tag{1}$$

Here $\omega_0$ is the angular frequency. We define the electron wave function as $\psi(\rho,\phi,z)=C_{mn}\chi(\rho)e^{ik_z z}e^{im\phi}$. We write the Hamiltonian of the system as follows:

$$H=\frac{1}{\mu}(\mathbf{p}+e\mathbf{A})^2+V(\rho)+H_z+H_{DMS}. \tag{2}$$

Here **p** is the momentum operator, $\mu$ is the electron mass, $e$ is the electron charge, $H_z$ is the Zeeman term and $H_{DMS}$ is the DMS term [3], [5]. Given the Hamiltonian expression and the wave function that we defined above, as a result of solving the Schrödinger equation

$$E = \hbar\sqrt{\omega_c^2 + 4\omega_0^2}\left( n + \frac{\sqrt{m^2 + \frac{\mu^2\omega_0^2R^4}{\hbar^2}} + 1}{2} \right) + \frac{1}{2}\left( m\hbar\omega_c + \sigma g^*\mu_B B - \mu\omega_0^2R^2 \right). \quad (3)$$

Here $\omega_c = \frac{eB}{\mu}$ is the cyclotron frequency, $n = 0,1,2,...$ is the radial quantum number, $m = 0,\pm1,\pm2,\pm3,...$ is the angular quantum number, and $\sigma = \pm1$ is . In addition, $g^*$ is the effective Lande factor, and its expression is written as

$$g^* = g + \frac{xN_0\theta\langle S_z\rangle}{\mu_B B}. \quad (4)$$

Here $g$ is the Lande factor, $x$ is the concentration parameter of the Mn atom, $\mu_B$ is the Bhor magneton, $B$ is the magnetic field, $N_0$ is the number of electrons per unit volume, $\theta$ is a constant and $\langle S_z\rangle$ is a thermodynamic parameter and its expression is written as

$$\langle S_z\rangle = -SB_S\left( \frac{Sg_{Mn}\mu_B B}{k_B T} \right).$$

Here $B_S(\xi)$ is the Brillouin function, $g_{Mn} = 2$ is the Lande factor of the Mn atom, $k_B$ is the Boltzmann constant, $S = \frac{5}{2}$ is the spin of the electron in the $3d^5$ orbital of the Mn atom.

## 3. RESULTS

In this section of the study, the change of the energy spectrum expression obtained in the previous section as a function of the magnetic field is examined. In addition, the behavior of

the energy spectrum according to the magnetic field for different $n$ and $m$ quantum numbers is examined. The following values were used in the calculations: $\theta N_0 = 0.22eV$ [3], $\mu = 0.096\mu_0$ [6], $g = -1.04$ [7].

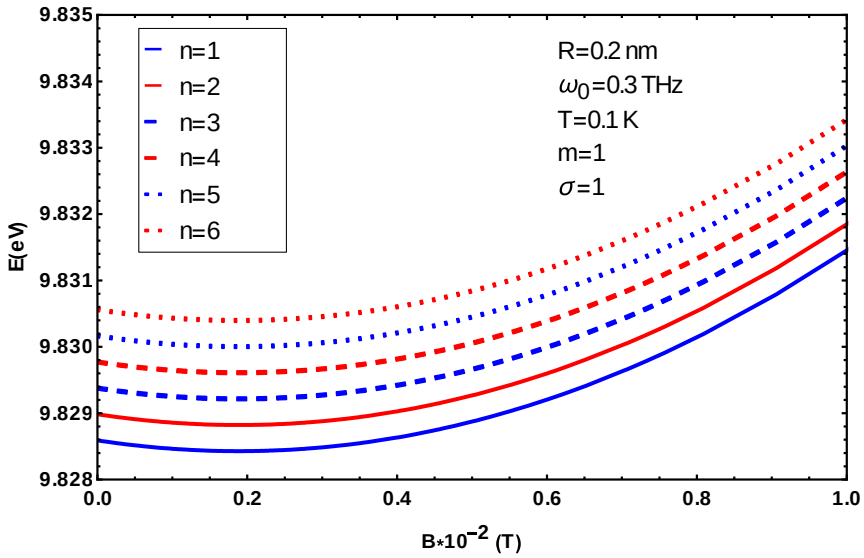



Figure. 1. Graph of the dependence of energy on the magnetic field for different quantum numbers $n$.

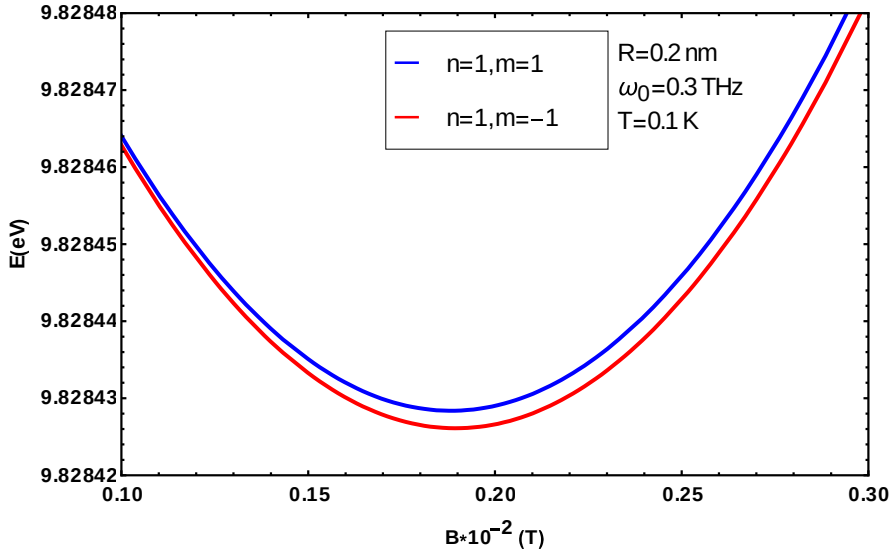



Figure 2. Graph of the dependence of the electron energy on the magnetic field for different values of the quantum number $m$.

Figure 1 shows the graph of the change of electron energy with respect to the magnetic field for different radial quantum numbers $n$. As can be seen from the figure, the energy levels increase as the quantum number $n$ increases. The energy levels initially decrease with the increase of the magnetic field and reach a certain minimum. Later, at higher values of the magnetic field, the electron energy levels show a nonlinear increasing behavior.

Figure 2 shows the graph of the change of electron energies with respect to the magnetic field at different values of the angular quantum number. As can be seen from the figure, the energy levels are located very close to each other according to the quantum number m. In addition, the energy level corresponding to $m=-1$ has lower energy than $m=1$.

## 4. CONCLUSION

In this study, the variation of the electron energy of the dilute semimagnetic semiconductor quantum wire with respect to the magnetic field at different values of radial and angular quantum numbers was investigated. Parabolic and inverse parabolic potentials were defined as the limiting potential of the quantum system. The height of the quantum wire is assumed to be large compared to its base radius. Taking into account the potential we defined, the solution of the Shredinger equation of the single-electron quantum system was found using the effective mass approximation method. According to the results obtained, the electron energy levels increase as the radial quantum number increases. In addition, it was determined that the electron energy with respect to the magnetic field reaches a minimum at a low value of the magnetic field and increases nonlinearly with the increase of the magnetic field.

## REFERENCES

[1] Z. I. Alferov, “The history and future of semiconductor heterostructures”, *Semiconductors*, c. 32, ss. 1-14, 1998.

[2] A. Y. Cho, “Advances in molecular beam epitaxy (MBE)”, *Journal of crystal growth*, c. 111, sy 1-4, ss. 1-13, 1991.

[3] J. K. Furdyna, “Diluted magnetic semiconductors”, *Journal of Applied Physics*, c. 64, sy 4, ss. R29-R64, Ağu. 1988, doi: 10.1063/1.341700.

[4] D. Bimberg, M. Grundmann, ve N. N. Ledentsov, *Quantum dot heterostructures*. John Wiley & Sons, 1999. Erişim: 06 Aralık 2024. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: https://books.google.com/books?hl=ru&lr=&id=2dcNOpIRfJkC&oi=fnd&pg=PR9&dq=bimberg+quantum+dot&ots=4bfCl5MIGR&sig=BATlWZrpMawhnyNMDAf0yb2En9A

[5] A. M. Babanlı, M. Balcı, ve V. Sabyrov, "Optical properties of an ellipsoidal quantum dot with a diluted magnetic semiconductor structure", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, c. 586, s. 171146, 2023.

[6] R. L. Harper *vd.*, "Excited confined quantum states in CdMnTe-CdTe superlattices", *Journal of Applied Physics*, c. 65, sy 2, ss. 624-628, Oca. 1989, doi: 10.1063/1.343094.

[7] A. A. Sirenko *vd.*, "Electron and hole g factors measured by spin-flip Raman scattering in CdTe/Cd 1 − x Mg x Te single quantum wells", *Phys. Rev. B*, c. 56, sy 4, ss. 2114-2119, Tem. 1997, doi: 10.1103/PhysRevB.56.2114.

# RİZE FLORASINDA YAYILIŞ GÖSTEREN *HYPERİCUM SCABRUM* (L.)'UN KİMYASAL İÇERİĞİ

***Dr. Öğretim Üyesi EMİNE YURTERİ*[1]**
**[1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3770-2714**
**[1]emine.yurteri@erdogan.edu.tr**

**[2]Arş. Gör. Dr. *Aysel ÖZCAN AYKUTLU*[3]**
**[2]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-0401-2071**
**[2]aysel.ozcan@erdogan.edu.tr**

**Prof . Dr. *Fatih SEYİS*[3]**
**[3]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-9714 370X**
**[3]fatih.seyis@erdogan.edu.tr**
**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Tarla Bitkileri Bölümü**

## ÖZET

Dünya'da yaklaşık 500 türe sahip olan *Hypericum* türleri Hypericaceae (Kantaron) familyasının en önemli üyeleri arasındadır. Bu türler. özellikle Avrupa. Asya ve Kuzey Amerika'da doğal olarak yetişir ve zengin bir genetik çeşitliliğe sahiptirler. Türkiye. *Hypericum* türlerinin gen merkezi konumunda olan ülkeler arasında yer almakla birlikte 43'ü endemik olan yaklaşık 90 türü bulundurur. Bu ailenin üyelerinden biri olan *Hypericum scabrum* (L.). biyokimyasal içeriği hem de farmakolojik etkileri nedeniyle uzun süredir geleneksel tıpta; yara iyileştirici, antimikrobiyal, antiinflamatuar ve antidepresan olarak kullanılmaktadır. Bitkinin çiçekleri ve yapraklarından yapılan infüzyonlar, yanıklar, yaralar ve deri hastalıkları için kullanılmıştır. *Hypericum* yağı. geleneksel olarak "kantaron yağı" olarak da bilinir ve kas ağrılarından mide rahatsızlıklarına kadar çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılır. Çalışmada. Rize florasından toplanan *Hypericum scabrum (*L.) bitkisinin yağında bulunan aroma bileşenlerini belirlemek için Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometrisi (GC-MS). Solid-Phase Microextraction (SPME) yöntemi kullanılmıştır. SPME. uçucu bileşenlerin örneklenmesi için etkili bir teknik olup. bu yöntemle bitkinin uçucu bileşenlerinin kalitatif ve kantitatif analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda 50'e yakın bileşen belirlenirken. uçucu yağın ana bileşenleri; β-selinene. Ɣ-cadinene. aromadendrene. α-copaene. camphor.β-pinene. α-pinene. spathulenol and Δ-cadinene olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** GC-MS. , sağlık , tıbbi ve aromatik bitki , *Hypericum*

## Chemical Content of *Hypericum scabrum* (L.) Distributed in Rize Flora

## ABSTRACT

*Hypericum* species, which have approximately 500 species in the world, are among the most important members of the Hypericaceae (St. John's Wort) family. These species grow naturally, especially in Europe, Asia and North America, and have a rich genetic diversity. Turkey is among the countries that are the gene center of *Hypericum* species and contains approximately

90 species, 43 of which are endemic. One of the members of this family, *Hypericum scabrum* L., has long been used in traditional medicine as a wound healing, antimicrobial, anti-inflammatory and antidepressant due to its biochemical content and pharmacological effects. Infusions made from the flowers and leaves of the plant have been used for burns, wounds and skin diseases. *Hypericum* oil. traditionally known as "St. John's Wort oil" and used in the treatment of various diseases from muscle pain to stomach discomfort. In the study. Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) was used to determine the aroma compounds in the oil of *Hypericum scabrum* (L.) collected from the Rize flora. Solid-Phase Microextraction (SPME) method was used. SPME is an effective technique for sampling volatile components. Qualitative and quantitative analysis of the volatile components of the plant was performed with this method. As a result of the analysis, nearly 50 components were determined. The main components of the essential oil were; β-selinene. Ɣ-cadinene. aromadendrene. α-copaene. camphor.β-pinene. α-pinene. spathulenol and Δ-cadinene.

**Keywords:** GC-MS. , health , medicinal and aromatic plant , *Hypericum*

## Introduction

*Hypericum* species are known as the most widespread species of the Hypericaceae family. There are 484 species of the *Hypericum* genus belonging to the Hypericaceae family, and they are perennial herbaceous or shrubby plants. *Hypericum* species are naturally found in tropical, subtropical, warm and temperate regions of the world, except for the Antarctic continent (Crockett et al. 2011). Our country is an important gene center for Hypericum species (Akgöz, 2013). There are 89 species of Hypericum in our country, 43 of which are endemic (Alınterim and Aksu, 2015). *Hypericum* species: *Hypericum scabrum* L., *Hypericum perforatum* L., *Hypericum trigqetrifolium*, *Hypericum calycinum*, *Hypericum empetrifolium* Willd. are some of the most common species in Turkey (Baytop, 1974 ; Davis, 1988). In general, *Hypericum* species have been used by the public for centuries for health purposes, such as treating stomach, nervous system disorders, arthritis and skin diseases (Çırak and Kurt, 2014). The chemical composition of *Hypericum* species includes vitamin C, protein, carotene, flavonoids, phenolic compounds, essential oils and anthracene species (hypericin and pseudohypericin) (Altınterim and Aksu, 2015). The antidepressant effect of *Hypericum perforatum*, one of the most well-known species of the Hypericace family, is due to the hyperforin and hypericin components it contains (Barnes et al. 2001; Linde et al. 2008). Hypericin compounds attract the most attention due to their pharmacological properties. In the studies, hyperforin, the chemical compound of *Hypericum* extracts, is important due to its antidepressant effect. In addition, these hyperforin compounds show anti-inflammatory, antiangiogenic and anti-tumor properties (Çırak et al., 2008).

*Hypericum scabrum* L., which belongs to the Hypericacea family and is the subject of our study, is a perennial herbaceous plant that grows in rocky places, varies in height between 10-60 cm (usually 40-50 cm), and blooms between May and August (Duman and Sevimli, 2008). The H. scabrum L. plant is known by the people in Anatolia as "Mayasıl otu, Kepir otu, Cornelian

cherry otu" (Tatli, 1988; Baytop, 1999). Knowing the botanical properties of the plant is very important to recognize it and use it for various medicinal purposes.
It is known that *H. scabrum* L. species are widespread in Turkey, with specimens collected from the surrounding provinces of Siirt, Hakkari, Van, Gaziantep, Kahramanmaraş, Elazığ, Erzurum, Sivas, Adıyaman, Adana, Bursa, Antalya, Denizli, Ankara, Konya, Niğde, Kayseri, Kastamonu, Gümüşhane and Rize (Tanker, 1971). The aboveground organs of the *Hypericum scabrum* L. plant are widely used among the public to prepare medicine (Pirbalouti et al., 2011). In Turkey, it is used among the public for various diseases such as antispasmodic, sedative, anti-inflammatory, and to prevent eczema, hemorrhoids and various fungal diseases (Tanker, 1971; Tatli, 1988; Baytop, 1999). In addition, ointments prepared from the aboveground parts of the plant are used against psoriasis (Ayan et al, 2009). In Turkey, infusions prepared from the flower part of the *Hypericum scabrum* L. plant are used by the public in the treatment of diabetes. Infusions prepared from the flowers are used by the public in the treatment of diabetes (Dalar, 2018).

When the essential fatty acid content of *Hypericum scabrum* L. flowers was examined, alpha-linolenic (48.60%), linoleic (32.53%) and oleic (11.45%) acids were detected (Özen and Başhan, 2003). The main components found in the essential oil of *Hypericum scabrum* L. are α-pinene, thymol and carvacrol (Pirbalouti et al., 2011).
Phytochemical studies have shown that H. scabrum contains benzoylphloroglucinol derivatives (Matsuhisa et al., 2002; Pirbalouti et al., 2011). Apigenin-7-O-glucoside, amentoflavone, hypericin, pseudohypericin, hyperoside, chlorogenic acid, rutin, quercetin and quercitrin were found in the content of *Hypericum scabrum* (Ayan et al., 2009).

## Materials and Methods

**Plant Material:** *Hypericum scabrum* (L.) plants collected from different altitudes of Rize's Anzer plateau (HSC1: 1950m, HSC2: 1800m) by simple sampling method during the summer of 2022 were used as plant material. The collected plant samples were brought to the laboratory and dried in an oven at 35°C. For volatile compound analysis, the samples were ground in a coffee grinder to become powder and stored in the refrigerator at 4°C.

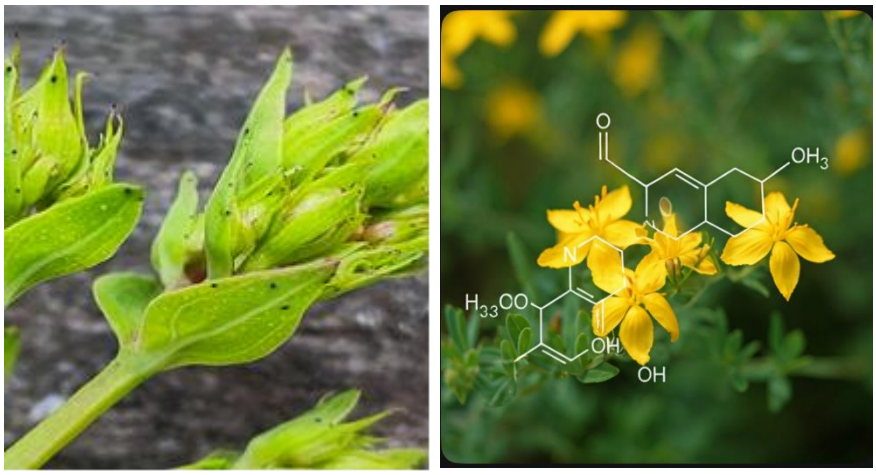


Image 1. General view of *Hypericum scabrum* (L.)

**Chemical analysis:** Shimadzu model GC-MS (2010 Plus) SPME Method Solid Phase Micro Extraction (SPME) was used for volatile component analysis in RTEU Faculty of Agriculture Plant Analysis Laboratory. Analysis results were evaluated and reported in the FFNSC 1.2 library. (Yurteri. 2023).

**Data Analysis:** Biplot Analysis was performed using the XLSTAT 2024 statistical program.

## Results and Discussion

In the study, samples were read in GC-MS to determine the aroma components in the oil of *Hypericum scabrum* L. plant collected from Rize flora. As a result of the analyzes, nearly 42 components were determined as seen in Graph 1. When the obtained data are considered; Approximately 80% of the essential oil of HSC1 and HSC2 are, respectively; α-pinene (22.65-20.24%), ɣ-cadinene (9.16-13.95%), Δ-cadinene (5.27-7.82%), nonane (6.96-6.56%), ɣ-Terpinene (7.28-0.5%), hendecane (2.47-8.78%), valencene (2.83-6.98%), aromadendrene (4.58-4.44%), α-Copaene (3.41-4.6%), limonene (2.58-4.58%), and eucalyptol (3.97-1.23%) (Chart 1, Image 2).

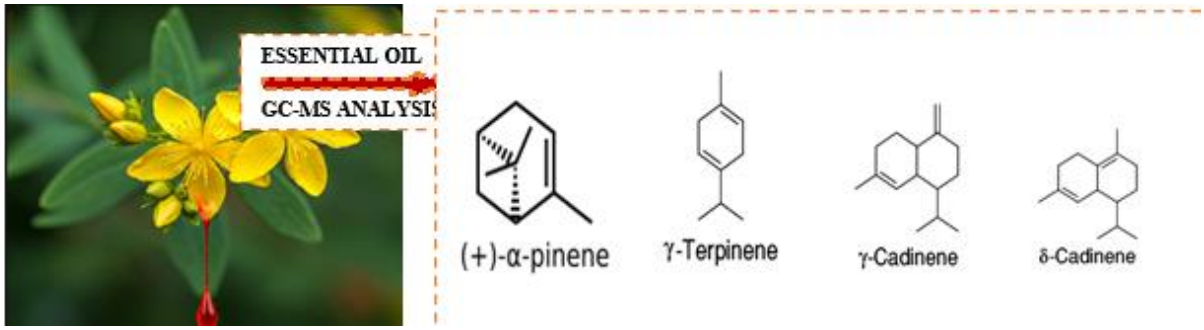



Image 2. Chemical structure of Major Volatile Components of *Hypericum scabrum (L.)*

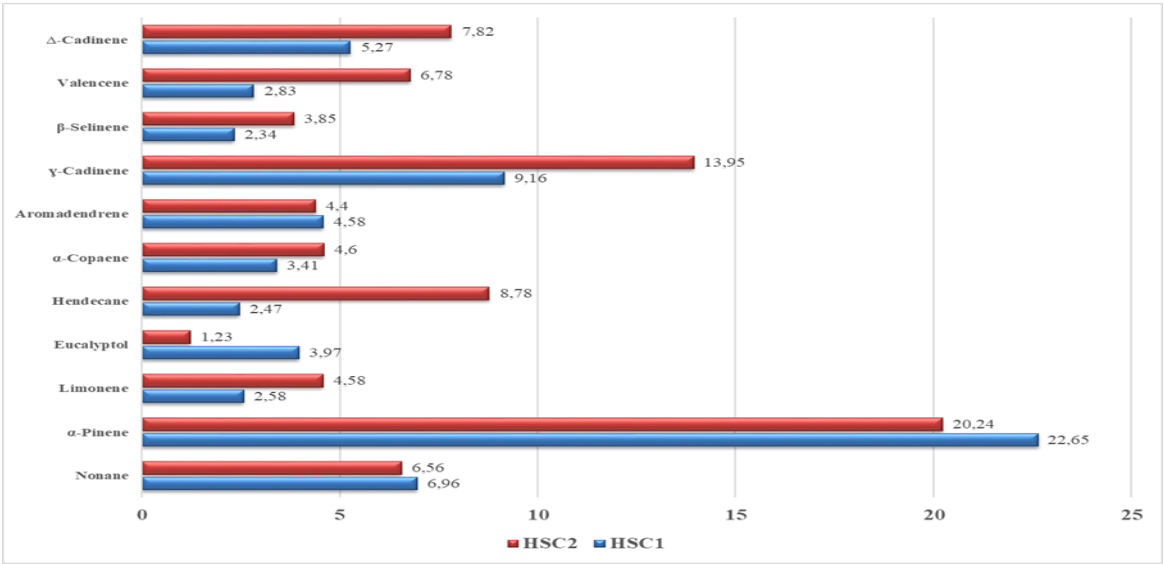



**Image 3.** Prominent Aroma Components (%) of *Hypericum scabrum* (L.) Collected from Rize Flora

As seen in Image 3. we can say that the essential oil composition of the plant changes depending onthe altitude. At low altitude (HSC2:1800m); Valencene, hendecane, ɣ-cadinene, Δ-cadinene, limonene were found in higher amounts, while at high altitude (HSC1:1950m) ɣ-terpinene, α-pinene and eucalyptol amounts were found to be high.

The Biplot diagram created according to the determined aroma components is shown in Figure 2. The first two calculated principal components constituted 100% of the present variation (PC 1 = 92.60%. PC 2 = 7.40). Especially ɣ-cadinene, α-pinene, Δ-cadinene and valencene components were effective in the separation in samples collected from both altitudes.

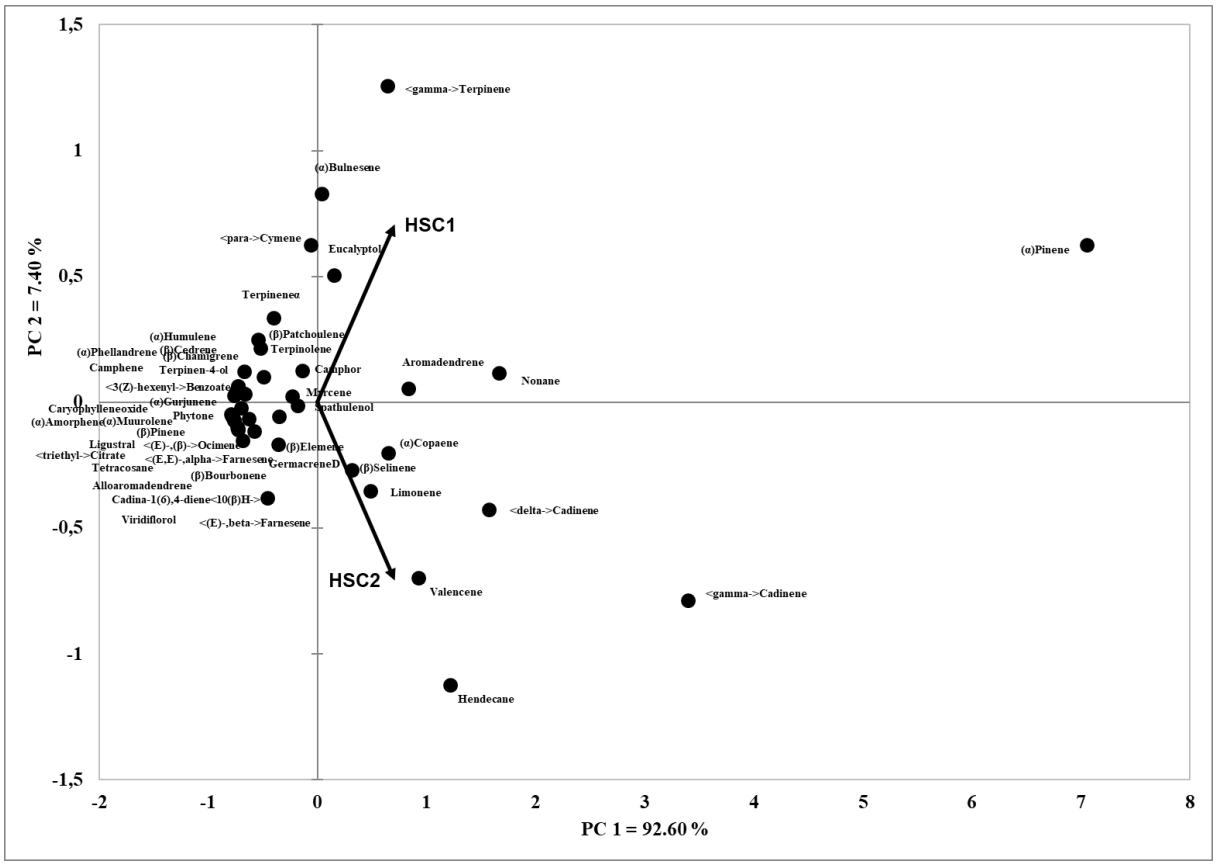



**Image 4.**PCA based on selected aroma components detected in Plants *Hypericum scabrum* (L.)

**Chart 1 :** Aroma Components (%) of *Hypericum scabrum* (L.) Plant Collected from Rize Flora

| **Bileşen Adı** | ***R.T.** | ****HSC1** | **** HSC2** |
|---|---|---|---|
| Nonane | 7.988 | 6.96 | 6.56 |
| α-Pinene | 9.192 | 22.65 | 20.24 |
| Camphene | 9.69 | 0.54 | 0.27 |
| β-Pinene | 10.75 | 1.14 | 1.39 |
| Myrcene | 11.379 | 1.18 | 0.55 |
| α-Phellandrene | 11.833 | 0.45 | - |
| Terpineneα | 12.315 | 2.04 | 0.15 |
| p-Cymene | 12.615 | 3.72 | 0.29 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Limonene | 12.78 | 2.58 | 4.58 |
| Eucalyptol | 12.872 | 3.97 | 1.23 |
| β-Ocimene (E) | 13.583 | 0.37 | 0.63 |
| ɣ-Terpinene | 13.963 | 7.28 | 0.5 |
| Terpinolene | 15.118 | 1.41 | 0.16 |
| Hendecane | 15.601 | 2.47 | 8.78 |
| Camphor | 17.244 | 2.18 | 1.48 |
| Terpinen-4-ol | 18.533 | 0.45 | - |
| α-Copaene | 24.854 | 3.41 | 4.6 |
| β-Bourbonene | 26.087 | - | 0.73 |
| β-Elemene | 26.313 | 0.37 | 0.91 |
| α-Gurjunene | 26.936 | 0.49 | 0.17 |
| Aromadendrene | 27.257 | 4.58 | 4.4 |
| ɣ-Cadinene | 27.575 | 9.16 | 13.95 |
| α-Bulnesene | 28.048 | 4.53 | - |
| β-Farnesene (E) | 28.417 | - | 2.01 |
| Alloaromadendrene | 28.627 | - | 0.49 |
| α-Muurolene | 28.906 | 1.7 | 1.75 |
| Germacrene-D | 29.292 | 0.81 | 1.68 |
| β-Patchoulene | 29.379 | 1.44 | - |
| β-Selinene | 29.469 | 2.34 | 3.85 |
| β-Chamigrene | 29.54 | 0.77 | - |
| Valencene | 29.69 | 2.83 | 6.78 |
| α -Farnesene (E) | 30.072 | - | 0.47 |
| β-Cedrene | 30.108 | 0.33 | - |
| Δ-Cadinene | 30.625 | 5.27 | 7.82 |
| Ligustral | 32.003 | - | 0.29 |
| Spathulenol | 32.324 | 1.67 | 1.51 |
| Caryophylleneoxide | 32.511 | - | 0.21 |
| Viridiflorol | 34.605 | - | 0.14 |
| Phytone | 39.807 | 0.29 | 0.32 |
| Tetracosane | 50.739 | - | 0.2 |

***R..T: Alıkonma zamanı ** *Hypericum scabrum* (L.) Anzer Yaylası: HSC1: 1950m- HSC2: 1800m**

The prominent components in the *Hypericum scabrum* L. plant are; β-selinene. Ɣ-cadinene. aromadendrene. α-copaene. Camphor, β-pinene. α-pinene. spathulenol and Δ-cadinene. Components such as α-pinene, β-pinene, limonene, copaene found in the volatile oil of the plants have strong antibacterial and antifungal effects. Linalool and β-selinene components can be used to improve mood, relieve anxiety and relax and anxiety. Thanks to the high amounts of α-pinene, β-pinene and limonene it contains, the plant has upper respiratory tract relaxing and expectorant effects. These components found in the plant are used in folk medicine especially in the treatment of diseases such as cold, flu and bronchitis.

In a study conducted to determine the essential oil composition of *H. Scabrum* (L.) collected from different countries (Iran, Tacakistan, Uzbekistan and Turkey), it was reported that the main components of the essential oils were α-Pinene (37.8%) ), limonene (11.6%), myrcene (5.6%), β-pinene (3.4%) and nonane (3%) (Fahed, L., et.al. 2021).) In the study conducted by Khorshidi et al. (2020), it was determined that the main components of the essential oil of *H. Scabrum* were α-pinene, β-pinene, limonene and E-caryophyllene.Different studies have shown that the dominant components of the essential oil *of H. Scabrum* are α-pinene, Δ-cadinene, ϒ-cadinene and β-pinene (Stojanović et al.. 2013). These components contribute to the characteristic odor of the plant (Adams, 2017). Our findings were similar to the findings of the researchers. It is stated that the chemical composition of essential oils varies depending on factors such as growing conditions, soil structure and climate change (Maffei, 2003; Maffei, 2019).

## Result

As a result; the composition of essential oils obtained from different parts of *Hypericum scabrum* plant was detailed by GC-MS analysis. α-pinene, β-pinene, Δ-cadinene and ϒ-cadinene from terpene groups were determined as the main components. Our findings provide scientific contribution to the traditional use of the plant. Future studies should be supported by advanced biological tests to better understand the industrial and pharmaceutical use potential of essential oils.

## References

Adams, R. P. (2017). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 5 online ed. Gruver, TX USA: Texensis Publishing.

Akgöz, Y. (2013). Threat categories and new species found in the *Hypericum* L. genus belonging to the Flora of Turkey. Journal of the Institute of Science and Technology of Yüzüncü Yıl University, 18(1-2), 62-69. In Turkish

Aksu, Ö., and Altınterim , B. (2015). St. John's Wort (*Hypericum perforatum*) and Hypericin. Science and Youth, 3(1), 58-64. In Turkish

Ayan, A.K., Radušienė, J., Çirak, C., Ivanauskas, L., Janulis, V. (2009). Secondary metabolites of *Hypericum scabrum* and *Hypericum* bupleuroides. Pharmaceutical Biology, 47(9), 847-853.

Barnes, J., Anderson, L. A., and Phillipson, J. D. (2001). St John's wort (*Hypericum perforatum* L.): a review of its chemistry, pharmacology and clinical properties. Journal of pharmacy and pharmacology, 53(5), 583-600.

Baytop T., (1974). Pharmacognancy textbook Istanbul University Publications. No: 2003. Faculty of Pharmacy. No:19. In Turkish

Baytop, T. (1997). Turkish Plant Names Dictionary. Atatürk Culture, Language and History Supreme Institution-Turkish Language Association Publications, Ankara. In Turkish

Baytop, T. (1999): Therapy with Medicinal Plants in Turkey; Today and in Future. Istanbul, Istanbul University Press, pp. 166-167

Crockett, S. L., and Robson, N. K. (2011). Taxonomy and chemotaxonomy of the genus *Hypericum*. Medicinal and aromatic plant science and biotechnology, 5(Special Issue 1), 1.

Çırak, C. and Kurt, Ç., 2014. *Hypericum* Species and Their Usage Areas as Important Medicinal Plants. Anadolu, Journal of Aegean Agricultural Research Institute, 24 (1), 38-52. In Turkish

Çırak, C., Radušienė, J., and Çamas, N. (2008). Pseudohypericin and hyperforin in two Turkish *Hypericum* species: Variation among plant parts and phenological stages. Biochemical Systematics and Ecology, 36(5-6), 377-382.

Dalar, A. (2018). Plant taxa used in the treatment of diabetes in Van Province, Turkey. International Journal of Secondary Metabolite, 5(3), 171-185.

Davis P.H., (1988). Flora of Turkey and the East Aegean Islands II. 355-40. Edinburg University Press, Edinburg.

Đorđević, A., Lazarević, J., Šmelcerović, A., and Stojanović, G. (2013). The case of *Hypericum rochelii* Griseb. and Schenk and *Hypericum umbellatum* A. Kern. essential oils: Chemical composition and antimicrobial activity. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, *77*, 145-148

Duman, R., and Sevimli, A. (2008). Determination of Antibacterial Activities of *H. perforatum H. scabrum* L. and *H. kotschyanum* Boiss. Extracts. Selcuk University Faculty of Science Journal of Science, 2(31), 27-33. In Turkish

Fahed. L.; Beyrouthy. M.E.; Ouaini. N.; Eparvier. V.; Stien. D.; Vitalini. S.; Iriti. M. Antimicrobial Activity and Synergy Investigation of *Hypericum scabrum* Essential Oil with Antifungal Drugs. Molecules 2021. 26. 6545.

Khorshidi, J., Morshedloo, M. R., and Moradi, S. (2020). Essential oil composition of three Iranian *Hypericum* species collected from different habitat conditions. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 28, 101755.

Linde, K., Berner, M. M., and Kriston, L. (2008). St John's wort for major depression. Cochrane database of systematic reviews, (4).

Maffei, M. (2003). Biochemistry, physiology and bioengineering of bioactive compounds from plants used as dietary supplements. In Dietary Supplements of Plant Origin (pp. 113-178). CRC Press.

Maffei, M. E. (2020). Fibromyalgia: recent advances in diagnosis, classification, pharmacotherapy and alternative remedies. International journal of molecular sciences, 21(21), 7877.

Matsuhisa, M., Shikishima, Y., Takaishi, Y., Honda, G., Ito, M., Takeda, Y., Shibata, H., Higuti, T., Kodzhimatov, O.K., Ashurmetov, O. (2002). Benzoylphloroglucinol Derivatives from *Hypericum scabrum*. Journal of Natural Products, 65(3), 290-294.

Özen, H.Ç., Başhan, M. (2003). The composition of fatty acids in *Hypericum scabrum*, *H. scabroides* and *H. amblysepalum*. Turkish Journal of Chemistry, 27(6), 723-726.

Tanker, N. (1971). About *Hypericum scabrum* L.. J. Fac. Pharm. Ankara. Uni, 1, 10-15.

Tatli, A. (1988): Important Range Plants of Erzurum Province. Ankara, Turkey, Food and Agricultural Organization of the United Nations Press, pp. 1-77 (Guedes, 2004).

Yurteri, E. (2023). Volatile Oil Yield and Composition, Total Phenolic Content, Antioxidant Activity and Secondary Metabolite Content of Collected Thymus praecox Species in Rize. Chemistry and Biodiversity, 20(7), e202300180.

# SPME YÖNTEMİ İLE *ACHİLLEA MİLLEFOLİUM* (L.)'UN AROMA BİLEŞENLERİNİN BELİRLENMESİ

***Dr. Öğretim Üyesi EMİNE YURTERİ*[1]**
**[1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3770-2714**
**[1]emine.yurteri@erdogan.edu.tr**

**[2]Arş. Gör. Dr. *Aysel ÖZCAN AYKUTLU*[3]**
**[2]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-0401-2071**
**[2]aysel.ozcan@erdogan.edu.tr**

**Prof . Dr. *Fatih SEYİS*[3]**
**[3]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-9714 370X**
**[3]fatih.seyis@erdogan.edu.tr**
**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Tarla Bitkileri Bölümü**

## ÖZET

Halk arasında *Achillea millefolium* ‘’yaralıotu’’ olarak bilinen. asteraceae familyasına ait çok yıllık bir bitkidir. Genellikle 30 cm -1 m arasında boylanabilmektedir. Asya. Avrupa ve Kuzey Amerikanın çeşitli bölgelerinde yaygın olarak bulunur. Tıbbi ve aromatik özelliklerinden dolayı geçmişten günümüze halk tıbbında kullanımı yaygındır. özellikle içermiş olduğu uçucu yağlar sebbeiyle sağlık üzerindeki etkileri daha belirgin olmaktadır. Çalışmada. Rize florasından toplanan *Achillea millefolium* L. bitkisinin yağında bulunan aroma bileşenlerini belirlemek için Solid-Phase Microextraction (SPME) yöntemi kullanılmıştır. SPME. uçucu bileşenlerin örneklenmesi için etkili bir teknik olup. bu yöntemle bitkinin uçucu bileşenlerinin kalitatif ve kantitatif analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda 41'e yakın bileşen belirlenirken. uçucu yağın ana bileşenleri; α-pinene. camphene. eucalyptol ve camphor olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** GC-MS. , sağlık , tıbbi ve aromatik bitki

## Determination of Aroma Components of *Achillea millefolium* (L.) by SPME Method

## ABSTRACT

It is a perennial plant belonging to the asteraceae family. popularly known as *Achillea millefolium* (L.)"wound grass". It can usually be between 30 cm -1 m tall. It is widely found in various parts of Asia. Europe and North America. Due to its medicinal and aromatic properties. it is widely used in folk medicine from past to present. Especially due to the essential oils it contains. its effects on health are more pronounced. In the study. Solid-Phase Microextraction (SPME) method was used to determine the aroma components in the oil of Achillea millefolium L. plant collected from Rize flora. SPME is an effective technique for sampling volatile components. through which qualitative and quantitative analysis of the volatile components of the plant has been carried out. As a result of the analyzes. nearly 41 components were

determined. while the main components of the essential oil were; α-pinene. camphene. eucalyptol and camphor.

**Keywords:** GC-MS. , health , medicinal and aromatic plant

## Introduction

*Achillea millefolium,* commonly known as "yarrow", is a perennial plant belonging to the Asteraceae family. This plant is widely grown worldwide and grows naturally in Europe, Asia and North America. *A. millefolium* has long been used in traditional medicine and is used in many cultures for a variety of health benefits. It has been used since ancient Greek and Roman times, where it was used in the treatment of wounds, digestive problems and as an antipyretic (Sherif et al.. 2023). The pharmacological properties and potential health benefits of *A. millefolium* have been revealed by contemporary research as well as its traditional use. The health effects of *A. millefolium* are determined by the active components of the plant. Analgesic, anti-inflammatory, antimicrobial and antioxidant properties of *A. millefolium* are supported by components such as volatile oils, flavonoids, tannins and phenolic compounds (Asghari et al.. 2012). The specific smell of the plant and its numerous biological activities come mainly from the essential oils. In conclusion, studies on the chemical structure of the essential oils of *A. millefolium* and the effects of these components on human health indicate the potential pharmaceutical value of the plant.

A large number of instruments have been developed recently for the analysis of essential oils. This field uses the Solid Phase Micro Extraction (SPME) method. SPME. provides adsorption of volatile components. This allows subsequent analysis to be done by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). This method enables the separation and identification of volatile components. Thus, detailed information about the chemical profile of the plant can be obtained (Kumar and Kumari . 2020). The volatile constituents of *A. millefolium* have been investigated to help us better understand the importance of the plant in traditional and modern medicine and its potential in the field of health.

The aim of the study was to determine the volatile components of *Achillea millefolium* plant samples collected from different altitudes of Cimil Plateau using SPME method. As a result of the results, the chemical composition of the plant will be revealed and more information will be revealed about its health benefits.

### Materials and Methods

**Plant Material:** *Achillea millefolium* (L.) plants collected by simple sampling method from different altitudes of Cimil Yala of Rize (AH1: 1700m. AH2: 1870m) during the summer of 2022 were used as plant material. The collected plant samples were brought to the laboratory and dried in an oven at 35°C. For volatile component analysis, samples were ground in a coffee grinder to powder and stored in a refrigerator at 4°C.

**Chemical analysis:** Solid Phase Micro Extraction (SPME) was used for volatile component analysis using Shimadzu model GC-MS (2010 Plus) SPME Method at RTEU Faculty of

Agriculture Plant Analysis Laboratory. SPME fiber contains polydimethylsiloxane (PDMS). PDMS optimizes the adsorption of volatile components (Sherif et al.. 2023). For the analysis of the samples, the SPME fiber was immersed in a heated environment at 80 °C for 20 min. During this time, volatile components were adsorbed on the fiber. Then, the fiber was placed in the GC-MS device and the separation and identification of the components were performed. Helium (at a constant flow rate of 1 ml/min) was used as the carrier gas. Analysis results were evaluated and reported in the FFNSC 1.2 library (Yurteri. 2023).

**Data Analysis:** Biplot Analysis was performed using the XLSTAT 2024 statistical program.

## Results and Discussion

In the study, Solid-Phase Microextraction (SPME) method was used to determine the aroma components in the oil of Achillea millefolium (L.) plant collected from Rize flora. SPME is an effective technique for sampling volatile components and qualitative and quantitative analysis of plant volatile components was carried out by this method. As a result of the analysis, nearly 41 components were identified, as seen in Chart 1. When the obtained data were considered, approximately 85% of the essential oil of AH1 and AH2 was composed of eucalyptol (29.7-40.54%), camphor (34.79-34.72%), α-pinene (9.34-3.33%), camphene (4.93-3.85%), germacrene-D (3.15-1.62%) and isoborneol (3.81-1.9%), respectively (Chart 1).

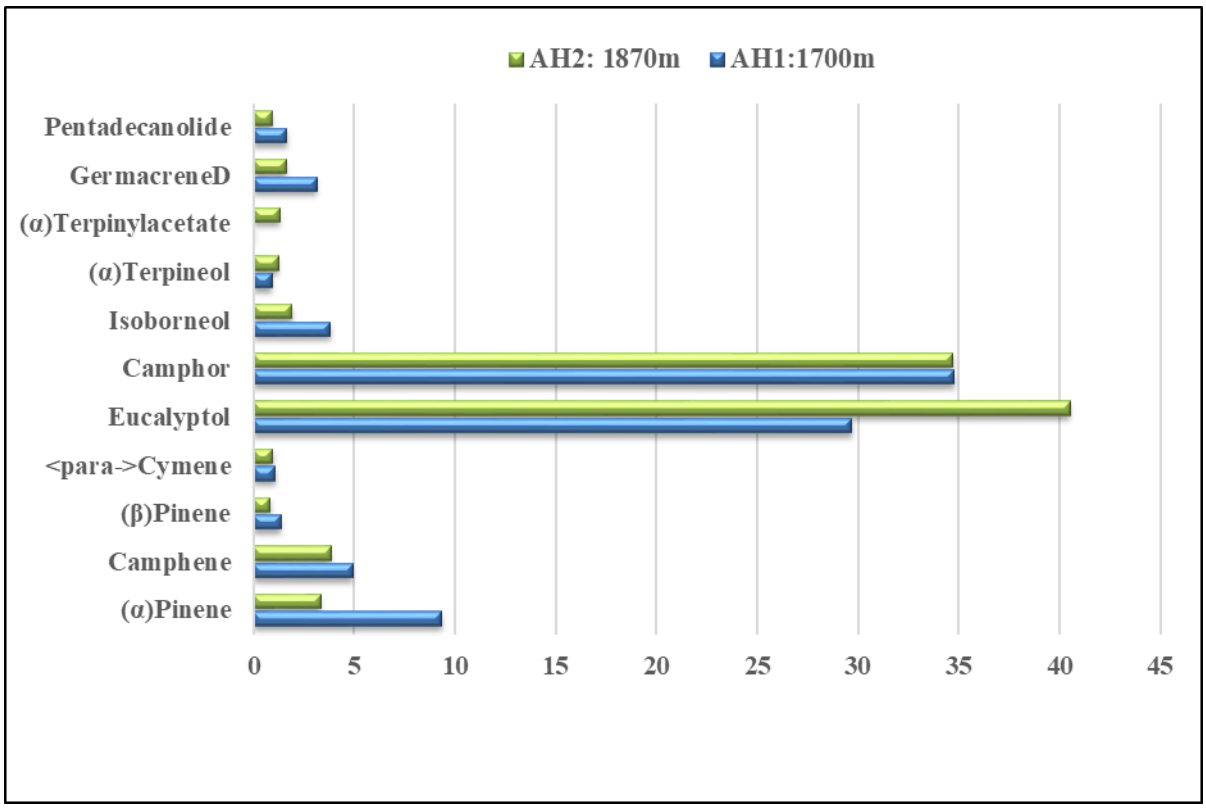


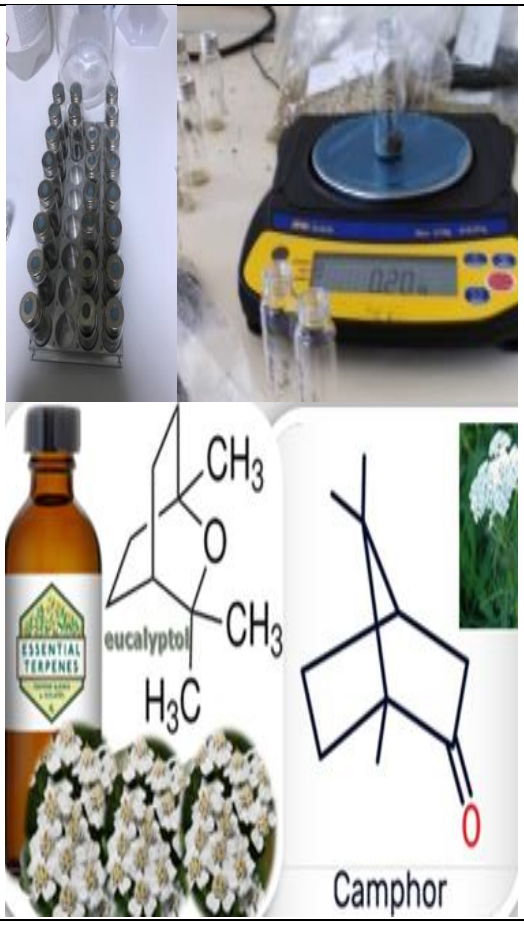
**Image 1.** Prominent Aroma Components (%) of *Achillea millefolium* (L.) collected from Rize flora

**Chart 1 :** Aroma Components (%) of *Achillea millefolium* (L.) Collected from Rize Flora

| **Component Name** | ***R.T.** | ****AH1** | ****AH2** |
|---|---|---|---|
| Tricyclene | 8.696 | 0.22 | 0.19 |
| (α)Pinene | 9.14 | 9.34 | 3.33 |
| Camphene | 9.667 | 4.93 | 3.85 |
| (β)Pinene | 10.73 | 1.35 | 0.82 |
| <para->Cymene | 12.596 | 1.06 | 0.94 |
| Limonene | 12.767 | 0.26 | - |
| Eucalyptol | 12.85 | 29.7 | 40.54 |
| <trans->Linalooloxide | 14.491 | 0.11 | 0.16 |
| <cis->Linalooloxide | 15.11 | 0.2 | 0.18 |
| Linalool | 15.562 | 0.29 | 0.24 |
| Pseudolimonene | 16.539 | 0.59 | 0.21 |
| <trans->Pinocarveol | 17.033 | 0.48 | 0.23 |
| Camphor | 17.251 | 34.79 | 34.72 |
| (β)Thujone | 17.745 | 0.14 | 0.19 |
| Pinocarvone | 17.938 | 0.28 | 0.16 |
| Isoborneol | 18.064 | 3.81 | 1.9 |
| Terpinen-4-ol | 18.512 | 0.21 | 0.14 |
| <1.4->Cineole | 18.704 | - | 0.18 |
| (α)Terpineol | 19.016 | 0.91 | 1.23 |
| Myrtenal | 19.232 | 0.26 | 0.29 |
| Verbenone | 19.714 | 0.11 | 0.16 |
| <trans->Carveol | 20.071 | 0.26 | - |
| (α)Terpinylacetate | 20.796 | - | 1.31 |
| Verbenol | 21.663 | 0.35 | - |
| Bornylacetate | 22.551 | 0.77 | 0.69 |
| Yomogialcohol | 23.232 | - | 0.13 |
| (α)Cubebene | 25.735 | 0.17 | 0.13 |
| (β)Caryophyllene | 27.228 | - | 0.31 |
| <(E)-.beta->Farnesene | 28.378 | 0.11 | 0.13 |
| (α)Gurjunene | 29.061 | 0.55 | 0.27 |
| Germacrene-D | 29.253 | 3.15 | 1.62 |
| (β)Selinene | 29.425 | - | 0.26 |
| Bicyclogermacrene | 29.755 | 0.28 | 0.19 |
| Nerylisovalerate | 30.074 | - | 0.57 |
| Linaloolpropanoate | 31.149 | - | 0.32 |
| Caryophylleneoxide | 32.467 | 0.5 | 0.15 |
| (β)Eudesmol | 34.479 | - | 0.54 |



| | | | |
|---|---|---|---|
| Phytone | 39.773 | 0.71 | 0.82 |
| Pentadecanolide | 40.062 | 1.63 | 0.9 |
| <methyl->Palmitate | 41.885 | 0.1 | 0.2 |
| Hexadec-6-enoicacid<16-hydr | 47.431 | 0.18 | 0.21 |




*** R..T: Retention time ** *Achillea millefolium* (L.) Cimil Plateau: AH1 (1700m), AH2 (1870m)**

Image 2. We can say that the essential oil composition of the plant changes depending on the altitude. At low altitude (AH1:1700m); camphore, α-pinene, camphene, germacrene-D, isoborneol, β)Pinene, Pentadecanolide and α-terpineol were found to be high, and at high altitude (AH2:1870m) Eucalyptol was found to be high. The Biplot diagram created according to the determined aroma components is shown in Image 2. The first two calculated principal components accounted for 100% of the variation present (PC 1 = 98.52%, PC 2 = 1.48). Especially Eucalyptol and camphor components were effective in decomposition in samples collected from both altitudes.

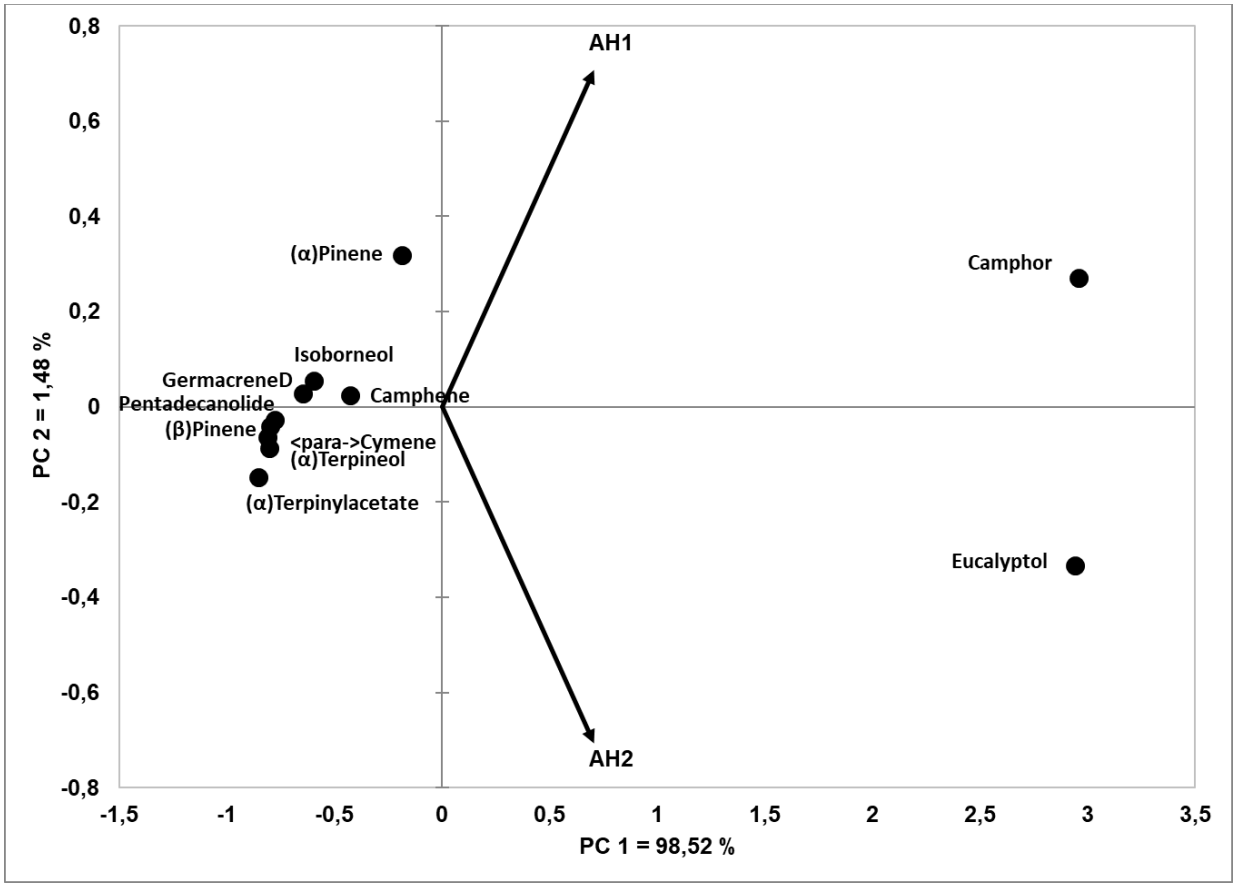



**Image 2**. PCA based on selected aroma components detected in Plants *Achillea millefolium* (L.)

In the study conducted to determine the essential oil content of *Achillea millefolium*, it was reported that the prominent components of the plant were sabinene (17.58%), 1,8-cineole (13.04%), borneol (12.41%), bornyl acetate (7.98%), β-pinene (6.28%), terpinene (5.28%) and camazulen (5.28%) (Nadim et al., 2011*).*

1,8-cineole was detected as a common component in all *Achillea millefolium* subsp. *millefolium* var. *millefolium* taxa taken from six different localities and growing naturally within the borders of Bingöl province. In the sample taken from Karlıova, the main components were determined as 1,8-cineole (28.88%), trans-chrysanthenon (13.31%), α-pinene (7.16%) and β-pinene (6.43%). In the sample taken from Yedisu vicinity, 1,8-cineole (24.33%), cyclohexanol (15.36%), α-pinene (11.24%), sabinene (10.18%) and endo-bornylacetate (8.81%) were detected. In the sample taken from the Merkez-Ilıcalar area, 1.8-cineole (33.28%), β-pinene (8.83%), α-pinene (5.83%) and sabinene (5.56%) were detected. In the sample taken from the Merkez-Ekinyolu vicinity, 1,8-cineole (31.18%), β-bisabolenepoxide (8.51%) and 1,3,6-octatriene (7.44%) were detected. It was reported that 1,8-cineole (25.31%), sabinene (20.25%) and endo-bornylacetate (7.29%) were present in the sample taken from vicinity. In the sample taken from the Merkez-Sancak area, 1.8-cineole (23.86%), β-thuone (23.46%) and sabinene (8.92%) were reported. ( Çakici . 2014 ) They reported that the main components of the oil obtained from *A. millefolium* subsp. *millefolium* growing in Elazığ were δ-cadinene (19.03%),

limonene oxide (10.13%), alloaromadendrene (6.37%), caryophyllene oxide (5.71%) and trans-caryophyllene (4.89%) (Kocak et al. 2010).

In a study carried out in the Gürün district of Sivas province, it was determined that the liquid oil of the Achillea millefolium plant could provide high levels of 1,8-cineole (19.33%). This finding shows that the main component of the essential oils of the A. millefolium plant grown in the Sivas region is 1,8-cineole. In addition, the components of the essential oil include compounds such as α-pinene (5.53%), camphene (1.58%), sabinene (5.27%), β-pinene (6.42%), β-myrcene (3.16%), α-phellandrene (12.47%), limonene (4.97%), camphor (11.87%), borneol (1.65%), α-terpineol (2.33%), γ-muurolene (1.26%), α-cadinene (3.87%), camazulen (12.22%) and caryophyllene oxide (4.91%) ( Zöngür , 2023 ). The data we obtained in our study were in harmony with the findings of the researchers. Studies on the volatile components of Achillea millefolium showed that the main components of the plant are 1.8-cineole (eucalyptol) and α-pinene.These ingredients have antioxidant, anti-inflammatory and antimicrobial properties( Süntar et al ., 2010 ; Sherif et al ., 2023 ). It is believed that *A. millefolium* possesses a wide variety of pharmacological effects, such as analgesic, anti-inflammatory, antidiabetic, antitumor, antioxidant, antifungal , antiseptic. (Sayed and Bano, 2018; Villalva et al., 2019; Chávez-Silva et al., 2018; Mouhid et al., 2018; El-Kalamouni et al., 2017; Aydın and Sevindik, 2018; Arias-Duran et al., 2020). At the same time, the plant can be evaluated in aromatherapy applications due to the stress-reducing and relaxing effects of components such as 1.8-cineole (eucalyptol) and limonene found in the essential oil of *Achillea millefolium* (Asghari et al., 2012, Santos and Rao, 2000, Kumar and Kumari ., 2020).

**Result**

Due to the components found in the essential oil of *Achillea millefolium* sp., its areas of use in medicine and trade are increasing day by day. Identification of these species found in the flora of Türkiye and revealing their chemical contents are very important both in terms of health and economy. In conclusion, this study shows that all samples of *A. millefolium* collected from Cimil plateau of Rize are rich in eucalyptol and camphor. In particular, eucalyptol is known for its anti-inflammatory effects and is thought to be beneficial in folk medicine for sinusitis and bronchitis. These plants growing in our natural flora will contribute to our economy and will also benefit humanity as a natural healing source. In addition, our findings will form a basis for future research.

**References**

Aliasghari, A., Majd, S. A., Khorasgani, M. R., Khosravi, F., Shokri, D., and Mohammadi, A. (2017). Antibacterial Effects of Camellia sinensis and Achillea millefolium on several antibiotic-resistant bacteria. *Eur J Med Plants*, *19*(4), 1-8.

Alkan, M. (2020). Chemical composition of Achillea millefolium L.(Asteraceae) essential oil and insecticidal effect against Sitophilus granarius (Coleoptera: Curculionidae) and

Rhyzopertha dominica (Coleoptera: Bostrichidae). *Plant Protection Bulletin*, *60*(1), 85-93.

Arias-Duran, L., Estrada-Soto, S., Hernandez-Morales, M., Chávez-Silva, F., Navarrete-Vazquez, G., and Leon-Rivera, I. (2020). Tracheal relaxation through calcium channel blockade of *Achillea millefolium* hexanic extract and its main bioactive compounds. *Journal of Ethnopharmacology*, *253*, 112643.

Asif, M., Saleem, M., Saadullah, M., Yaseen, H. S., and Al Zarzour, R. (2020). COVID-19 and therapy with essential oils having antiviral, anti-inflammatory, and immunomodulatory properties. Inflammopharmacology, 28, 1153-1161.

Aydın, S., and Sevindik, E. (2018). *Achillea millefolium* L. subsp. *millefolium* essential oil's antifungal effect. *European Journal of Biological Research*, *8*(3), 153-156.

Chávez-Silva, F., Ceron-Romero, L., Arias-Duran, L., Navarrete-Vazquez, G., Almanza-Pérez, J., and Román-Ramos, R. (2018). Antidiabetic effect of *Achillea millefolium* through multitarget interactions: α-glucosidases inhibition, insulin sensitization and insulin secretagogue activities. *Journal of Ethnopharmacology*, *212*, 1-7.

Çakici, A. V. Investigation of essential oil compositions of some Achillea L.(Asteraceae) taxa growing in Bingöl province. MS thesis. Institute of Science, 2014.

Dadkhah, A., Fatemi, F., Ababzadeh, S., Roshanaei, K., Alipour, M., and Tabrizi, B. S. (2014). Potential preventive role of Iranian Achillea wilhelmsii C. Koch essential oils in acetaminophen-induced hepatotoxicity. *Botanical Studies*, *55*, 1-10.

El-Kalamouni, C., Venskutonis, P. R., Zebib, B., Merah, O., Raynaud, C., and Talou, T. (2017). Antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil of *Achillea millefolium* L. grown in France. *Medicines*, *4*(2), 30.

Eslamifar, Z., and Sabbagh, S. (2020). A histopathological study of cisplatin-induced acute vascular injuries in vital organs and protective effect of Achillea millefolium. *Journal of pharmaceutical research international*, *32*(10), 56-69.

Goda, M. S., Ahmed, S. A., Sherif, F. E., Khattab, S., Hassanean, H. A., Alnefaie, R., and Ibrahim, A. K. (2023). In vitro micropropagation of endangered Achillea fragrantissima Forssk. combined with enhancement of its antihyperglycemic activity. Agronomy, 13(2), 278.

Khani, A., and Asghari, J. (2012). Insecticide activity of essential oils of Mentha longifolia, Pulicaria gnaphalodes and Achillea wilhelmsii against two stored product pests, the flour beetle, Tribolium castaneum, and the cowpea weevil, Callosobruchus maculatus. *Journal of Insect Science*, *12*(1), 73.

Kıralan, M., Kara, H. H., Çalıkoğlu, E., and Bayrak, A. (2017). Determination of six-carbon volatile aroma components in Aegean region olive oils.

Kocak, A., Bagci, E., Bakoglu, A., 2010. Chemical composition of essential oils of *Achillea teretifolia Willd*. and *A. millefolium* subsp. *millefolium* growing in Turkey. Asian Journal of Chemistry, 22(5): 3653-3658.

Kumar, P., Shruthi, R., Bindu, I., and Raghavendra, P. (2021). Pharmacognosy, phytochemistry, and molecular studies of an important medicinal herb Achillea millefolium L. *AYU (An International Quarterly Journal of Research in Ayurveda)*, *42*(2), 93-102.

Kumar, S., and Kumari, R. (2021). Pharmacological Activities of *Achillea santolina*: A Review. *Am J Pharmacol Pharmacother*, *8*(3), 13.

Miranzadeh, S., Adib-Hajbaghery, M., Soleymanpoor, L., and Ehsani, M. (2015). Effect of Achillea millefolium herb added to gargle on chemotherapy-induced oral mucositis in cancer patients: a double-blind randomized controlled trial. European Journal of Oncology Nursing, 19(3), 207-21

Mouhid, L., Gomez de Cedron, M., Vargas, T., García-Carrascosa, E., Herranz, N., and García-Risco, M., et al. (2018). Identification of antitumoral agents against human pancreatic cancer cells from Asteraceae and Lamiaceae plant extracts. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, *18*(1), 1-11.

Nadim, M. M., Malik, A. A., Ahmad, J., and Bakshi, S. K. (2011). The essential oil composition of *Achillea millefolium* L. cultivated under tropical condition in India. World J Agric Sci, 7(5), 561-565.

Santos, F. A., and Rao, V. S. N. (2000). Antiinflammatory and antinociceptive effects of 1, 8-cineole a terpenoid oxide present in many plant essential oils. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, *14*(4), 240-244.

Santos, F. A., Rao, V.S.N., 2000. Antiinflammatory and antinociceptive effects of 1,8-cineole a terpenoid oxide present in many plant essential oils. Phytotherapy Research, 14: 240–244.

Sayed, A., and Bano, H. (2018). Brinjasif (*Achillea millefolium* Linn): An efficacious unani medicine. *International Journal of Herbal Medicine*, *6*(1), 25-28.

Süntar, I. P., Akkol, E. K., Yılmazer, D., Baykal, T., Kırmızıbekmez, H., Alper, M., and Yeşilada, E. (2010). Investigations on the in vivo wound healing potential of *Hypericum perforatum* L. *Journal of ethnopharmacology*, *127*(2), 468-477.

Turan, V., Schröder, P., Bilen, S., Insam, H., and Fernández-Delgado Juárez, M. (2019). Co-inoculation effect of Rhizobium and *Achillea millefolium* L. oil extracts on growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and soil microbial-chemical properties. *Scientific reports*, *9*(1), 15178.

Villalva, M., Jaime, L., Villanueva-Bermejo, D., Lara, B., Fornari, T., Reglero, G., et al. (2019). Supercritical anti-solvent fractionation for improving antioxidant and anti-

inflammatory activities of an *Achillea millefolium* L. extract. *Food Research International*, *115*, 128-134.

Yurteri, E. (2023). Volatile Oil Yield and Composition, Total Phenolic Content, Antioxidant Activity and Secondary Metabolite Content of Collected Thymus praecox Species in Rize. Chemistry and Biodiversity, 20(7), e202300180.

Zöngür, A. (2023). Evaluation of Antimicrobial and Antifungal Activity of Essential Oils of Achillea millefolium (Yarrow). Journal of the Institute of Science and Technology, 13(2), 906-913. İn Turkish

# AÇILI YARIM HALKA TÜRBÜLATÖRLERİN ISI TRANSFERİNE ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ

**Öğr. Gör. Uğurcan YARDIMCI**
Bingöl Üniversitesi/ Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu/ Elektrik ve Enerji Bölümü
uyardimci@bingol.edu.tr – ORCID ID: 0000-0001-6511-4058

**Arş. Gör. Dr. Volkan TUĞAN**
Munzur Üniversitesi/ Mühendislik Fakültesi/ Makine Mühendisliği Bölümü
volkantugan@munzur.edu.tr – ORCID ID: 0000-0001-7910-1207

## ÖZET

Bu çalışmada ısı değiştiricilerinde kullanılmak üzere açılı yarım halka şeklinde tasarlanan türbülatörlerin ısı transferine (Nu), sürtünme faktörüne (f) ve termal performans faktörüne olan etkileri incelenmiştir. Analizler sayısal olarak ANSYS CFX programı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde silindirik boru içerisine yerleştirilen yarım halka türbülatörler kullanılmış ve sayıları aynı tutulmuştur. Türbülatörlerin yatay eksenle yaptıkları üç farklı açı analizlerde parametre olarak kullanılmıştır. Bu parametrelerin oluşturduğu etkiler beş farklı Re ile grafikler üzerinden gösterilmiştir. Bu parametre farklılıkları sayesinde boş boru deneylerine göre Nusselt sayısında 2.1 kat artış elde edilmiştir. Termal performans faktöründe ise maksimum olarak 0.99 değerine ulaşılmıştır. Elde edilen bu sonuçlar literatür ile kıyaslanmış ve benzer ilkelerle tasarlanan türbülatörlerde açı ile yapılan iyileştirmenin oldukça etkili olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Türbülatör, CFD, Isı Değiştiricisi

## 1. GİRİŞ

Isı değiştiricileri günümüzde enerji santrallerinde, iklimlendirme sistemlerinde, gıda ve petrokimya endüstrisi gibi birçok kullanım alanına sahiptir. Bu kadar geniş bir kullanım alanına sahip olan ısı değiştiricilerin verimli kullanılması oldukça önemlidir. Isı değiştiricilerinde verimin arttırılmasında en çok kullanılan yöntemlerden birisi türbülatörlerdir. Literatürde türbülatörlerin ısıl ve hidrolik performanslarını incelemeye yönelik çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Bunlardan bazıları şu şekildedir. Wang vd. [1], titreşimli silindirik türbülatörlerin, içten yanmalı motorların soğutma sistemlerinde kullanılan çift borulu bir ısı değiştiricisinin termal verimine etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Çalışmada, sabit kapalı uçlu, sabit açık uçlu, titreşimli kapalı uçlu ve titreşimli açık uçlu olmak üzere dört farklı türbülatör kullanılmıştır. Deneyler, 1052 ile 8430 arasında değişen farklı Reynolds sayılarında yürütülmüştür. Sonuçlara göre, kapalı uçlu silindirik türbülatörler, açık uçlu türbülatöre kıyasla ısı transferi ve termal iyileştirme faktörü açısından daha iyi performans göstermiştir. Titreşimli türbülatörlerin basınç kaybını artırdığı ancak ısı transferi ve termal iyileştirme faktörünü önemli ölçüde iyileştirdiği gözlemlenmiştir. En yüksek termal iyileştirme faktörü (3,45), titreşimli kapalı uçlu silindirik türbülatör için elde edilmiştir. Düz borulu bir ısı değiştiriciyle kıyaslandığında, titreşimli kapalı uçlu silindirik türbülatörlerin ısı transferi ve basınç düşüşünü sırasıyla %385 ve %95 artırdığı gözlemlenmiştir. Ajarostaghi vd. [2], iç yüzeyinde spiral dişlerin bulunduğu ve üzerinde delikler olan boru şeklindeki türbülatörlerin çift borulu bir ısı değiştiricisindeki ısı transferine etkisini sayısal olarak incelemişlerdir. Deneyler, 8000 ile 14000 arasındaki Reynolds sayılarında gerçekleştirilmiş olup, 30 º, 90 º, 150 º olmak üzere üç farklı spiral diş açısının ve 12, 16, 20 olmak üzere üç farklı delik sayısının termal performans faktörüne etkisi araştırılmıştır. Reynolds sayısının 10000 olması durumunda, 90 º'lik açı için elde edilen termal performans faktörünün, 30 º ve 150 º olanlara kıyasla sırasıyla %22,65 ve %15,62 daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Ek olarak, delik sayısının 20 olması durumunda elde edilen termal performans faktörünün, 12 ve 16 olması durumlarına kıyasla sırasıyla %17,55 ve %16,93 daha fazla olduğu görülmüştür. Xiong vd. [3], zigzag şerit türbülatörlerin kullanıldığı ısı değiştiricinin termal performansını deneysel olarak araştırmışlardır. Çalışmada, V-kesim ve U-kesim olmak üzere iki farklı zigzag türbülatör incelenmiştir. Deneyler, 5390 ile 10860 arasında değişen Reynolds sayılarında ve 60 º ve 150 º arasında değişen zigzag açılarında yürütülmüştür. Reynolds sayısının 5390 ve bükme açısının 150 º olması durumunda, U-kesim ve V-kesim türbülatörlerin Nusselt sayısını sırasıyla %48 ve %61 artırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, U-kesim ve V-kesim türbülatörlerin sürtünme faktörünü sırasıyla %154 ve %170 artırdığı belirtilmiştir. Tavousi vd. [4], çift borulu ısı değiştiricilerinde türbülatör ve nanoakışkan kullanmanın ısıl performansa etkisini sayısal olarak araştırmışlardır. Çalışmada, CuO, SiO2, Al2O3 olmak üzere üç farklı su bazlı nanoakışkan ve üçgen, dikdörtgen, trapez ve oval olmak üzere dört farklı türbülatör kullanılmıştır. Trapez türbülatörlerin kullanılmasıyla diğer türbülatör çeşitlerine kıyasla daha yüksek Nusselt sayısı ve sürtünme faktörü elde edilmiştir. Oval türbülatörlerin ise diğer türbülatörlere kıyasla daha yüksek performans değerlendirme kriterine sahip olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek performans değerlendirme kriterinin (1,9), SiO2/su nanoakışkanı ve türbülatörlerin kullanıldığı durumda elde edildiği gözlemlenmiştir.

Esmaeili vd. [5], türbülatörlerin kullanıldığı çift borulu bir ısı değiştiricinin termal performans ve entropi üretimini sayısal olarak araştırmışlardır. Boru içerisinden akan akışkan için Reynolds sayısı 3000-13000 aralığında incelenmiştir. Isı değiştiriciye türbülatörlerin dahil edilmesinin termal performansı iyileştirdiği görülmüştür. Reynolds sayısının 3000 olduğu durumda, geleneksel ısı değiştirici ile kıyaslandığında türbülatörlü ısı değiştirici için Nusselt sayısı ve basınç kaybında sırasıyla %73 ve %87 artış olduğu gözlemlenmiştir. Gövde tarafındaki akışkan için performans değerlendirme kriterinin 1,41 olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Mohadjer vd. [6], borulu ısı değiştiricilerinde, bükümlü şerit türbülatörlerin Nusselt sayısı, sürtünme faktörü ve performans değerlendirme kriterine etkisini sayısal olarak araştırmışlardır. Çalışma akışkanı olarak TiO2/su nanoakışkanı kullanılmıştır. Sonuçlara göre, bükümlü şerit türbülatörlerin Nusselt sayısını %65,1'e, sürtünme faktörünü 6 kata ve performans değerlendirme kriterini %6,3'e kadar artırdığı görülmüştür. Yao vd. [7], manyetik ve helisel bobin telli türbülatörlerin çift borulu ısı değiştiricinin termal ve hidrolik performansına etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Çalışmada, akışkan hızı 0,5-4 l/dk aralığında değiştirilmiştir. Sonuçlara göre, manyetik türbülatör, helisel bobin telli türbülatör ve her ikisinin birlikte kullanıldığı durumlar için ısı transferinde sırasıyla %237, %262 ve %491 artış olduğu gözlemlenmiştir. İki türbülatörün birlikte kullanıldığı durumda basınç kaybının geleneksel ısı değiştiriciye kıyasla 3,8 kat arttığı ve termal gelişim faktörünün 3,78 olduğu belirtilmiştir. Abed vd. [8], titreşimli türbülatör ve kabarcık enjeksiyon tekniğinin çift borulu ısı değiştiricilerin termal verimine etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Ayrıca, su akış hızının (0,5-4 kg/dk) ve kabarcık enjeksiyon akış hızının (2-6 l/dk) ısı transferi ve basınç düşüşüne etkisi araştırılmıştır. Kabarcık enjeksiyonunun, manyetik türbülatörün ve her ikisinin birlikte kullanıldığı durumlar için ısı transfer katsayısının sırasıyla %150,3, %328,8 ve %586,2 arttığı gözlemlenmiştir. Belirtilen durumlar için sürtünme faktörünün geleneksel duruma kıyasla sırasıyla 6,7, 1,6 ve 7,8 kat arttığı görülmüştür. Kabarcık enjeksiyonu ve manyetik türbülatörün birlikte kullanıldığı durum için termal gelişim faktörünün 3,49 olduğu belirtilmiştir.

## 2. SAYISAL ÇALIŞMA

### 2.1. Temel Denklemler

Bu çalışmada 25 °C de ve 1 atm basınçtaki hava akışkan olarak kullanılmıştır. Boru içerisinde akan akışkanın hızı ($V$), borunun iç çapı ($d_i$) ve akışkanın kinematik viskozitesi (υ) kullanılarak Re sayısı denklem 1'deki gibi hesaplanmıştır.

$$Re = \frac{V d_i}{\upsilon} \tag{1}$$

Isı transferi sonuçlarının gösterilebilmesi için Nu (Nusselt) sayısı kullanılmıştır. Havanın ısı iletim katsayısı ($k$), ısı taşınım katsayısı ($h$) ve borunun iç çapı ($d_i$) kullanılarak Nu sayısı denklem 2'deki gibi hesaplanmıştır. Isı taşınım katsayısının hesaplanabilmesi içinde denklem 3 kullanılmıştır.

$$Nu = \frac{h d_i}{k} \tag{2}$$

$$h = \frac{(\rho V A_k) C_p (T_i - T_o)}{A_y (LMTD)} \tag{3}$$

Denklem 3 içerisinde yer alan $\rho$ yoğunluğu, $A_k$ kesit alanını, $T_i$ akışkanın boru içerisine giriş sıcaklığını, $T_o$ akışkanın borudan çıkış sıcaklığını, $A_y$ yanal alanı, $C_p$akışkanın özgül ısısını ve $LMTD$ ise logaritmik ortalama sıcaklık farkını temsil etmektedir. Denklem 3 içerisindeki $LMTD$ giriş sıcaklığı, çıkış sıcaklığı ve çeper sıcaklığı $T_w$ kullanılarak denklem 4'teki gibi bulunmaktadır.

$$LMTD = \frac{(T_w - T_i) - (T_w - T_o)}{\ln\left(\frac{T_w - T_i}{T_w - T_o}\right)} \quad (4)$$

Giriş ve çıkış arasındaki basınç farkı $\Delta P$, borunun uzunluğu $L$, akışkanın hızı, akışkanın yoğunluğu ve borunun iç çapı kullanılarak sürtünme faktörü denklem 5'te verilmiştir.

$$f = \frac{2\Delta P d_i}{L\rho V^2} \quad (5)$$

Elde edilen verilerin literatür ile kıyaslanmasının daha iyi yapılabilmesi adına termal performans faktörü ($TPF$) de hesaplanmıştır. Termal performans faktörü ($TPF$), boş boru Nusselt ($Nu_b$) değeri, türbülatörlü Nusselt ($Nu_t$) değeri, boş boru sürtünme faktörü ($f_b$) ve türbülatörlü sürtünme faktörü ($f_t$) değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Termal performans faktörü denklem 6 içerisinde verilmiştir.

$$TPF = \frac{(Nu_t/Nu_b)}{(f_t/f_b)^{1/3}} \quad (6)$$

## 2.2. Sayısal Analiz

Bu çalışmada yapılan analizler için ANSYS CFX programı kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan süreklilik momentum ve enerji denklemleri sırasıyla denklem 7, denklem 8 ve denklem 9 içerisinde verilmiştir [9,10]. Bu denklemlerde $k$ ısıl iletkenliği, $P$ basıncı, $\mu$ dinamik viskoziteyi temsil etmektedir.

Süreklilik;

$$\nabla(\rho V) = 0 \quad (7)$$

Momentum;

$$\nabla(\rho VV) + \nabla P = \nabla(\mu \nabla V) \quad (8)$$

Enerji;

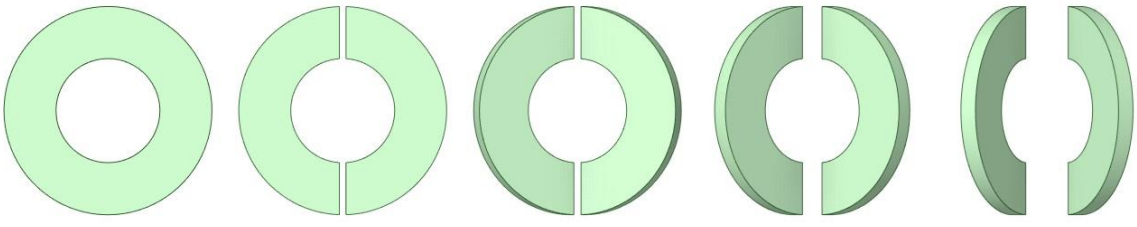
$$\nabla\left(\rho C_p V\right) = \nabla(k \nabla T) \quad (9)$$

Isı değiştiricisini simule etmek için silindirik bir boru kullanılmıştır. Bu silindirik boru 66 mm çapa ve 1500 mm uzunluğa sahiptir. Silindirik borunun çeperine 100 °C sabit sıcaklık sınır şartı girilmiştir. Akışkanın giriş sıcaklığı 25 °C olarak belirlemiştir. Zamandan bağımsız olarak gerçekleştirilen bu analizlerde türbülans modeli olarak $k$-$\varepsilon$ seçilmiştir. Oluşturulan geometriye atılan mesh 208 bin elemana sahiptir. Görsel 1'de kullanılan türbülatörlerin silindirik boru içerisindeki görseli gösterilmektedir.



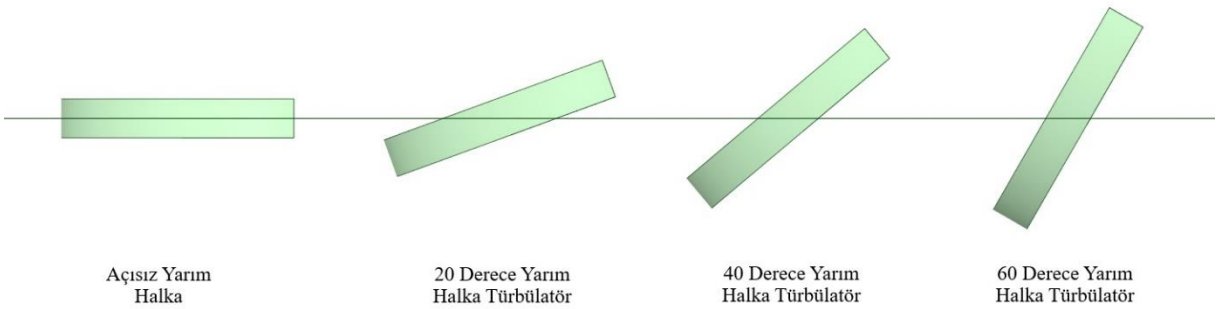
**Görsel 1.** Türbülatörlerin Silindirik Boru İçerisindeki Görünümü

Analizlerde kullanılan türbülatörler 62 mm dış 31 mm iç çapa sahip halkalardan oluşmaktadır. Bu halkaların orta noktasından 2 mm boşluk açılarak yarım halka şekline dönüştürülmüştür. Sonrasında bu halkalara 20, 40 ve 60 derece olmak üzere 3 farklı açı verilerek analizlerde kullanılan türbülatörler oluşturulmuştur. Türbülatörlerin kalınlıkları ise 5 mm olarak belirlenmiştir. Görsel 2'de açılı yarım halka türbülatörlerin ayrılmamış halinden son halini alana kadar yapılan işlemlerin önden görünümü verilmiştir.




**Görsel 2.** Yarım Halka Türbülatörlerin Önden Görünümü

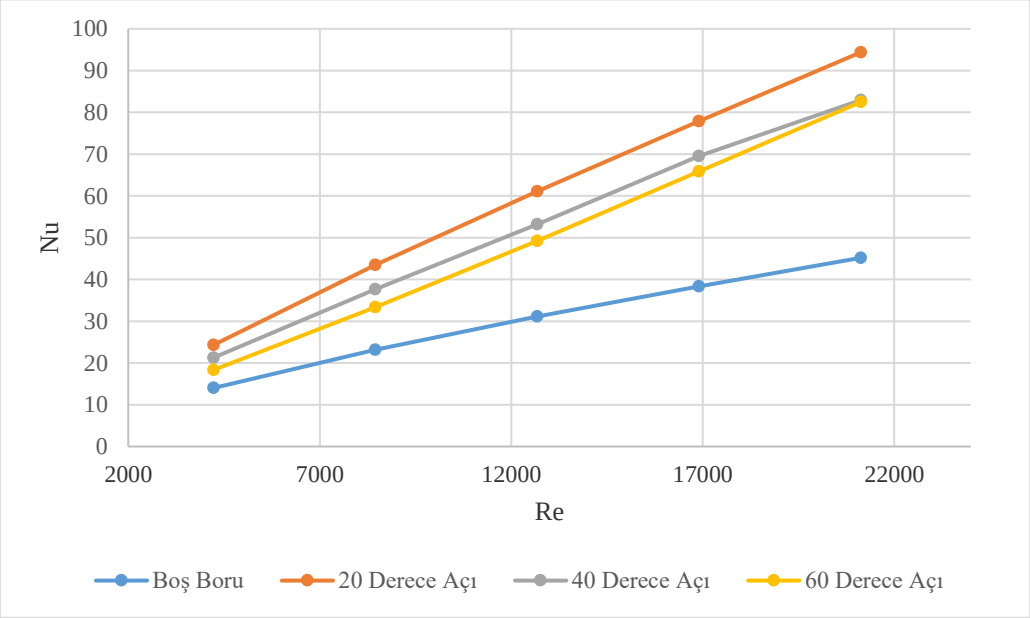
Oluşturulan yarım halkalara merkez noktasından açılar verilerek türbülatörler oluşturulmuştur. Bu açıların üstten gösterimi Görsel 3'de verilmiştir. Boru içerisinde toplam 3 adet türbülatör yerleştirilmiştir. Türbülatörler girişten 250 mm uzaklıktan başlayarak 500 mm aralıklarla yerleştirilmiştir.



**Görsel 3.** Açılı Yarım Halka Türbülatörlerin Üstten Görünümü

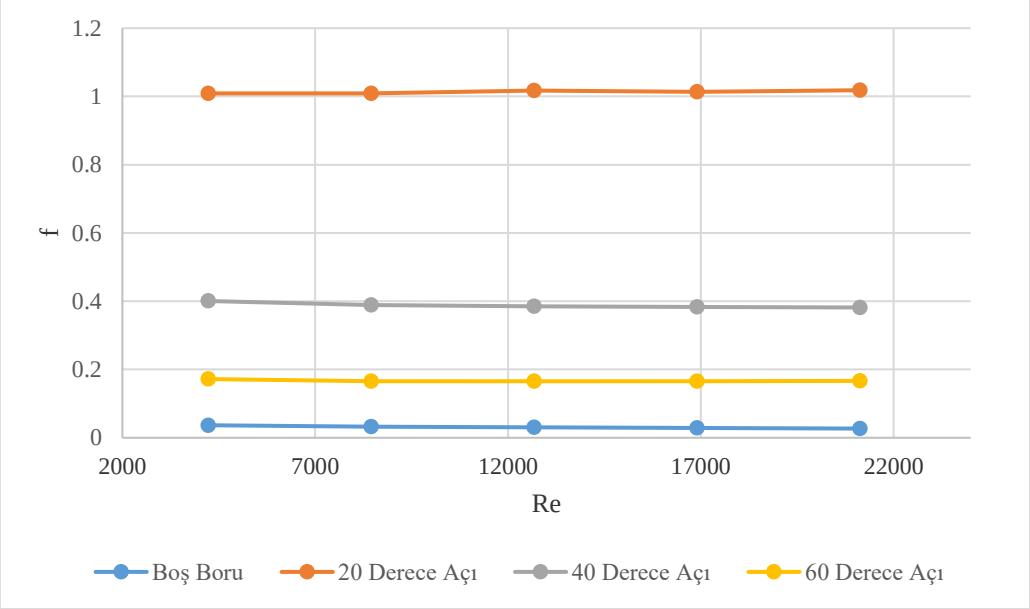
## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Yapılan analizlerin sonuçları 3 farklı grafik ile verilmiştir. Görsel 4'te tüm türbülatörün $Nu$-$Re$ grafiği, Görsel 5'te $f$-$Re$ grafiği ve Görsel 6'da $TPF$-$Re$ grafikleri verilmiştir. Görsel 6'da analizlerden elde edilen sonuçlara ek olarak literatür de yer alan Kongkaitpaiboon vd. yaptıkları açısız halka türbülatörlerin verilerine de yer verilmiştir [11].

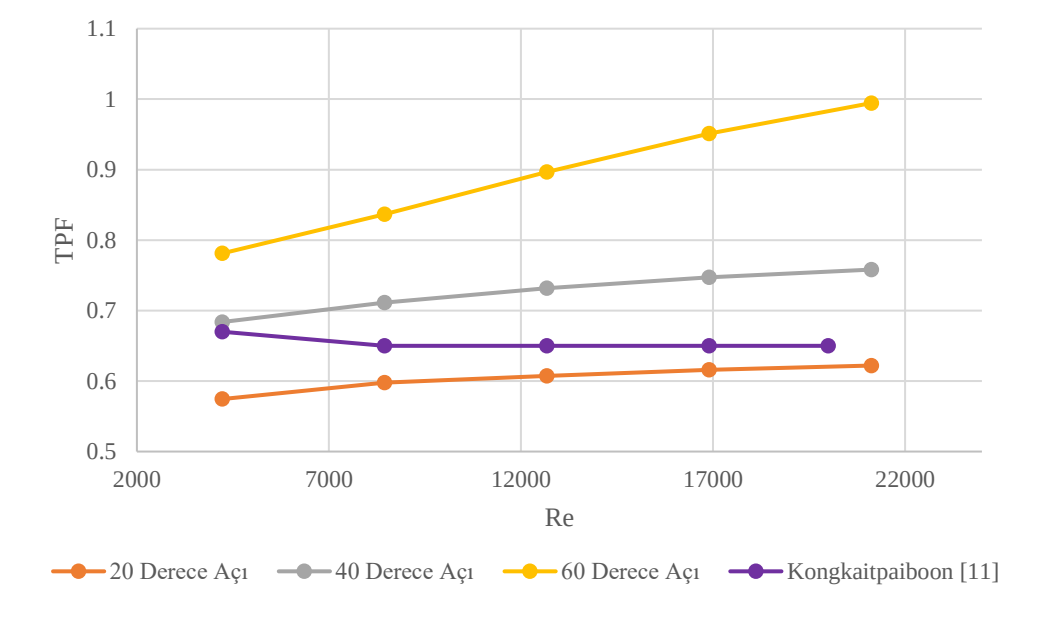



**Görsel 4.** Tüm Türbülatörlerin $Nu$-$Re$ değişimi

Görsel 4 incelendiğinde açı farklarının $Nu$ değerlerinde farklılıklara sebep olduğu görülmektedir. Boş boruya göre 20 derece açı ile $Nu$ değerlerinin 2.1 kat arttığı görülmektedir. Açı değerlerinde ikinci yüksek artış 40 derece açıda gerçekleşirken en az artış 60 derece açıda gerçekleşmiştir. Açı değerlerinin artışı $Nu$ değerlerinde azalmaya sebep olmuştur. Görsel 5 incelendiğinde 20 derece açının $Nu$ grafiklerinde olduğu gibi $f$ değerlerinde de en yüksek artışa sebep olduğu görülmektedir. Sürtünme faktörü ($f$) değerlerinde, değişen $Re$ sayılarına rağmen dalgalanmalar görülmemiş ve neredeyse sabite yakın seyretmiştir. En yüksek $f$ değerleri 1.18 ile 20 derece açıda görülmüştür. En düşük $f$ değerleri ise 60 derece açıda yakalanmıştır. Açının artışı $f$ değerlerinin azalmasına sebep olmuştur.




**Görsel 5.** Tüm Türbülatörlerin $f$-$Re$ değişimi




**Görsel 6.** Tüm Türbülatörlerin $TPF$-$Re$ değişimi

Görsel 6 incelendiğinde $TPF$ değerlerinin $Re$ ile değişimi görülmektedir. Termal performans faktörü $Nu$ ve $f$ değerlerini birlikte değerlendirmesi açısından oldukça önemlidir. Bu doğrultuda $TPF$ değerleri incelendiğinde en ideal açı değerinin 60 derece olduğu görülmektedir. Bu durumu, $Nu$ değerlerinde en yüksek artışı gerçekleştirememesine rağmen $f$ değerlerindeki düşüşün diğer açılara göre çok daha fazla olmasına bağlayabiliriz. Diğer açılara bakıldığında ise 60 dereceyi sırasıyla 40 derecenin ve 20 derecenin takip ettiği görülmektedir. Literatürde Görsel 2'de ayrılmamış halka olarak tabir edilen ve herhangi bir açıya sahip olmayan Kongkaitpaiboon vd. [11] yaptıkları çalışmanın verileri de Görsel 6 içerisinde gösterilmektedir. Bu veriler incelendiğinde 40 derece ve üzerindeki açıların geleneksel olarak

kabul edebileceğimiz Kongkaitpaiboon vd. [11] yaptıkları ayrılmamış halkalara göre oldukça avantajlı olduğu görülmektedir.

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Isı değiştiricilerinde kullanılmak üzere tasarlanan halka türbülatörlerin geleneksel olarak kullanılmasının ısı transferini arttırdığı bilinmektedir. Halka türbülatörlerin bu çalışmada yapıldığı gibi ikiye bölünerek boru içerisine açılı bir şekilde yerleştirilmesi sürtünme faktörünü oldukça azalmasına ve termal performans faktörünün ise artmasına sebep olmaktadır. Bu durum geleneksel yöntemin daha da iyileştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada açı arttıkça termal performans faktörünün arttığı görülmektedir. Bu çalışmada, parametre farklılıkları sayesinde boş boru deneylerine göre Nusselt sayısında 2.1 kat artış elde edilmiştir. Termal performans faktöründe ise maksimum olarak 0.99 değerine ulaşılmıştır.

## KAYNAKÇA

1) Wang, Y., Abbas, S. J., Jhala, R., Kulshreshta, A., Beemkumar, N., Mann, V. S., & Mahariq, I. (2024). Thermal frictional analysis of a novel vibrating cylindrical turbulator in double tube heat exchangers for engine cooling. Case Studies in Thermal Engineering, 64, 105472. https://doi.org/10.1016/j.csite.2024.105472
2) Ajarostaghi, S. S. M., Basem, A., Al-Mansoori, K. W., Sultan, A. J., Al-Yasiri, M., Karouei, S. H. H., & Ahangaran, H. (2024). Numerical evaluation of the impact of using spiral innovative turbulator on improving the thermal performance of a helical double-pipe heat exchanger. International Journal of Thermofluids, 24, 100830. https://doi.org/10.1016/j.ijft.2024.100830
3) Xiong, X., Abed, A. M., Beemkumar, N., Mouldi, A., Loukil, H., Deifalla, A., & Mahariq, I. (2024). Thermal enhancement of a heat exchanger of engine via U-cut and V-cut zigzag strip turbulator combined with bubble injection method. Case Studies in Thermal Engineering, 59, 104555. https://doi.org/10.1016/j.csite.2024.104555
4) Tavousi, E., Perera, N., Flynn, D., Hasan, R., & Rahman, M. (2024). Effect of novel turbulators on the hydrothermal performance of counterflow double tube heat exchanger using nanofluids. International Journal of Heat and Fluid Flow, 107, 109427. https://doi.org/10.1016/j.ijheatfluidflow.2024.109427
5) Esmaeili, Z., Vahidhosseini, S. M., & Rashidi, S. (2024). A novel design of double pipe heat exchanger with innovative turbulator inside the shell-side space. International Communications in Heat and Mass Transfer, 155, 107523. https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2024.107523
6) Mohadjer, A., Nobakhti, M. H., Nezamabadi, A., & Ajarostaghi, S. S. M. (2024). Thermohydraulic analysis of nanofluid flow in tubular heat exchangers with multi-blade turbulators: The adverse effects. Heliyon, 10(9). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30333
7) Yao, B., Alqahtani, A. M., Deebani, W., Shutaywi, M., & Ghoushchi, S. P. (2024). Improving the thermal performance of the heat exchanger through simultaneous utilization of novel magnetic turbulators and helical coil wire turbulators. International

Journal of Thermal Sciences, 197, 108812. https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2023.108812

8) Abed, A. M., Chauhan, B. S., Ayed, H., Mouldi, A., Ghoushchi, S. P., Deifalla, A., & Mahariq, I. (2024). Heat transfer augmentation in a double pipe heat exchanger by tandem utilization of bubble injection and novel magnetic turbulators methods. Case Studies in Thermal Engineering, 57, 104298. https://doi.org/10.1016/j.csite.2024.104298
9) He, Y., Geng, Y., Guo, S., Ma, R., & Li, Z. (2024). A machine learning approach and numerical investigation for intelligent forecasting of entropy generation rate inside a turbulator-inserted solar collector tube. Engineering Analysis with Boundary Elements, 158, 375-384. https://doi.org/10.1016/j.enganabound.2023.11.006
10) Esmaeili, Z., Vahidhosseini, S. M., & Rashidi, S. (2024). A novel design of double pipe heat exchanger with innovative turbulator inside the shell-side space. International Communications in Heat and Mass Transfer, 155, 107523. https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2024.107523
11) Kongkaitpaiboon, V., Nanan, K., & Eiamsa-Ard, S. (2010). Experimental investigation of convective heat transfer and pressure loss in a round tube fitted with circular-ring turbulators. International Communications in Heat and Mass Transfer, 37(5), 568-574. https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2009.12.016

# ÇOKLU SİLİNDİRİK ÇUBUK TÜRBÜLATÖRLERİN ISI TRANSFERİNE ETKİSİNİN CFD ANALİZİ

**Öğr. Gör. Uğurcan YARDIMCI**
Bingöl Üniversitesi/ Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu/ Elektrik ve Enerji Bölümü
uyardimci@bingol.edu.tr – ORCID ID: 0000-0001-6511-4058

**Arş. Gör. Dr. Volkan TUĞAN**
Munzur Üniversitesi/ Mühendislik Fakültesi/ Makine Mühendisliği Bölümü
volkantugan@munzur.edu.tr – ORCID ID: 0000-0001-7910-1207

## ÖZET

Bu çalışmada ısı değiştiricilerinde kullanılmak üzere silindirik çubuklardan oluşturulmuş türbülatörlerin ısı transferine (Nu), sürtünme faktörüne (f) ve termal performans faktörüne olan etkileri incelenmiştir. Analizler sayısal olarak ANSYS CFX programı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde silindirik çubuklar demetler halinde ve iki eksende açılı olarak ısı değiştiricinin içerisine yerleştirilmiştir. Çubukların uzunlukları değiştirilerek beş farklı Re ile grafiklerde gösterilmiştir. Boş boru deneylerine göre Nusselt sayısında 2.2 kat artış elde edilmişken termal performans faktöründe ise 1.3 değerlerine ulaşılmıştır. Elde edilen bu sonuçlar literatür ile kıyaslanmış ve benzer ilkelerle tasarlanan türbülatörlere göre bu çalışmada yapılan tasarımın oldukça etkili olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Türbülatör, CFD, Isı Değiştiricisi

## 1. GİRİŞ

Günümüzde ısı değiştiricileri, otomotiv endüstrisi, ilaç endüstrisi, malzeme endüstrisi, kağıt endüstrisi ve yenilenebilir enerji sistemleri gibi oldukça fazla kullanım alanına sahiptir. Bu kadar yaygın bir sistem olan ısı değiştiricilerinde enerji tasarrufu sağlamak, işletme maliyetlerini düşürüp çevresel etkileri de azaltacaktır. Isı değiştiricilerinde enerji tasarrufu yapmanın yöntemlerinden birisi türbülatörlerdir. Son yıllarda literatürde, türbülatörlerin ısı transferi ve basınç kaybına etkisini inceleyen çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Paikar vd. [1], çeşitli geometrilere sahip türbülatörlerin kullanıldığı gövde borulu ısı değiştiricisinin ısı transfer performansını ve basınç kaybını sayısal olarak araştırmışlardır. Kütle akış hızı boru tarafında 0,2-0,565 kg/s, gövde tarafında 1,1 kg/s olacak şekilde analizler gerçekleştirilmiştir. Boru tarafındaki akışkanın kütle akış hızının 0,338 kg/s olması durumunda, tek ve çift kanatlı türbülatörlerin, ısı transfer katsayısını sırasıyla %25,41 ve %33,43 artırdığı görülmüştür. Ek olarak, tek ve çift kanatlı türbülatörlerin kullanılması durumunda türbülatörsüz duruma kıyasla basınç kaybının sırasıyla 6,32 kat ve 8,62 kat arttığı görülmüştür. Luo vd. [2], hava kabarcığı enjeksiyon yöntemi, delikli dalgalı şerit türbülatör ve nanoakışkanın kullanıldığı çift borulu bir ısı değiştiricinin termal performansını deneysel olarak araştırmışlardır. Deneylerde, kabarcık enjeksiyon için farklı akış hızları (2-6 l/dk) ve türbülatörler için değişken delik çapı oranları incelenmiştir. Türbülatör, nanoakışkan ve kabarcık enjeksiyon yönteminin ısı transferini sırasıyla %53, %56 ve %14,1 artırdığı belirtilmiştir. En yüksek termal performans faktörü (1,24), delik çapı oranının 6 ve kabarcık enjeksiyon akış hızının 6 l/dk olması durumunda elde edilmiştir. Pan vd. [3], delikli manyetik türbülatörlerin ısı değiştiricinin hidrolik ve termal performansına etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Ayrıca, akışkan hızı, delik çapı, delik aralığı ve eğim parametrelerinin ısı transferi ve basınç kaybına etkisi incelenmiştir. Basit ve delikli türbülatörlerin ısı transferini sırasıyla %156 ve %150'ye kadar artırdığı gözlemlenmiştir. Bu türbülatörlerin kullanılmasıyla, ısı değiştiricideki basınç kaybının sırasıyla 1,97 kat ve 1,86 kat arttığı görülmüştür. En yüksek termal performans faktörünün (2,06), delik çapının 2 mm ve delik aralığının 12 mm olduğu manyetik türbülatörlerin kullanıldığı durumda elde edildiği gözlemlenmiştir. Sun vd. [4], ısı değiştiricilerde manyetik türbülatör kullanımının termal performans katsayısına etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmada, basit ve delikli tip manyetik türbülatörler kullanılmış olup, dört farklı delik çapı (1-4 mm) ve beş farklı delik aralığı (4-24 mm) incelenmiştir. En yüksek ısı transferi, basit manyetik türbülatörün kullanıldığı ısı değiştirici için elde edilmiştir. En yüksek termal performans katsayısının (5,35), delik çapının 2 mm ve delik aralığının 6 mm olması durumunda elde edildiği gözlemlenmiştir.

Wang vd. [5], bakır bir boruda kullanılan delikli ve damla şeklindeki türbülatörün hidrolik ve termal performansı sayısal olarak araştırılmıştır. Çalışmada, kare, altıgen, sekizgen ve daire olmak üzere dört farklı geometride deliklere sahip türbülatörler kullanılmıştır. Analizler, 0,044-0,099 kg/s aralığında akış hızlarında gerçekleştirilmiştir. En yüksek termal performans faktörünün (1,39), 5 mm çapında dairesel deliklere sahip damla şeklindeki türbülatörlerin kullanılması durumunda elde edildiği gözlemlenmiştir. Düz boru ile kıyaslandığında basit ve damla şeklindeki türbülatörlerin kullanıldığı durumlarda ısı

transferinde sırasıyla %310,1 ve %298 artış olduğu görülmüştür. Hassan ve Hameed [6], kare türbülatör şeritlerin ısı değiştiricinin termal ve hidrolik performansına etkisini deneysel ve sayısal olarak araştırmışlardır. 0,25 cm, 0,5 cm ve 1 cm olmak üzere üç farklı türbülatör çubuğu kullanılmıştır. Düz boruya kıyasla, 0,25 cm genişliğindeki kare kesitli türbülatörlerin kullanılmasının Nusselt sayısını %271,7 artırdığı görülmüştür. 0,25 cm genişliğindeki kare kesitli türbülatörlerin kullanıldığı durumda termal performans faktörünün 2,9 olduğu gözlemlenmiştir. Pourahmad vd. [7], çalışma akışkanına hava kabarcıkları enjekte etmenin ve çift bükümlü şerit türbülatör kullanmanın çift borulu ısı değiştiricinin termal performansına etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Kabarcık enjeksiyon akış hızının ve Reynolds sayısının artmasıyla Nusselt sayısının arttığı gözlemlenmiştir. Basit borulu ısı değiştiriciyle kıyaslandığında, kabarcık enjeksiyonu ve türbülatörlerin birlikte kullanıldığı durumda elde edilen Nusselt sayısında %98-114 oranında iyileşme olduğu görülmüştür. Xiong vd. [8], çift borulu ısı değiştiricisinde konik ve fuziform şeklindeki türbülatörlerin ısı transferine etkisini sayısal olarak incelemişlerdir. Analizler, 4000 ile 13000 arasında değişen dört farklı Reynolds sayısında gerçekleştirilmiştir. Termal performans açısından en iyi konfigürasyonun, dairesel iç boruya ve 12 mm fuziform türbülatörlere sahip çift borulu ısı değiştirici için elde edildiği belirtilmiştir. Reynolds sayısının 4000 olduğu durumda, 9 mm fuziform türbülatörlere ve dikdörtgen boruya sahip ısı değiştiricisinde elde edilen ısı transfer katsayısının, düz dikdörtgen borulu ısı değiştiriciye kıyasla %4,58 daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

## 2. SAYISAL ÇALIŞMA

### 2.1. Temel Denklemler

Bu çalışmada ısı transferi değerleri $Nu$ sayısı ile verilmiştir. Denklem 1 de verilen $Nu$ sayısı, ısı iletim katsayısı $(k)$, ısı taşınım katsayısı $(h)$ ve borunun iç çapı $(d_i)$ değerlerinden oluşmaktadır. Denklem 1 de $Nu$ sayısında yer alan $h$ değerinin hesaplanabilmesi için denklem 2'den yararlanılmıştır. Denklem 2'de $\rho$ yoğunluğu, $A_k$ kesit alanını, $T_i$ giriş sıcaklığını, $T_o$ çıkış sıcaklığını, $A_y$ yanal alanı, $C_p$akışkanın özgül ısısını ve $LMTD$ ise logaritmik ortalama sıcaklık farkını temsil etmektedir. Denklem 2 içerisindeki $LMTD$ giriş sıcaklığı, çıkış sıcaklığı ve çeper sıcaklığı $T_w$ kullanılarak denklem 3'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$Nu = \frac{hd_i}{k} \tag{1}$$

$$h = \frac{(\rho V A_k) C_p (T_i - T_o)}{A_y (LMTD)} \tag{2}$$

$$LMTD = \frac{(T_w - T_i) - (T_w - T_o)}{\ln\left(\frac{T_w - T_i}{T_w - T_o}\right)} \tag{3}$$

Analizlerde $Nu$ değerleri $Re$ sayısının değişimi ile görsellerde verilmektedir. Bu $Re$ değerinin hesaplanabilmesi için denklem 4 kullanılmıştır. Denklem 4'te akışkanın hızı $(V)$, borunun iç çapı $(d_i)$ ve akışkanın kinematik viskozitesi (υ) ile gösterilmektedir.

$$Re = \frac{V d_i}{\upsilon} \tag{4}$$

Sürtünme faktörünün($f$) hesaplanması için denklem 5 kullanılmıştır. Denklem 5 içerisinde yer alan değişkenlerden $\Delta P$ silindirik borunun iki ucu arasındaki basınç farkını, $L$ ise borunun uzunluğu temsil etmektedir.

$$f = \frac{2\Delta P d_i}{L\rho V^2} \tag{5}$$

Boş boru şeklinde alınan Nusselt ($Nu_b$) değeri, boş boru sürtünme faktörü ($f_b$) ve türbülatörlü Nusselt ($Nu_t$) değeri ile türbülatörlü sürtünme faktörü ($f_t$) değerleri birlikte kullanılarak termal performans faktörü ($TPF$) denklem 6'da hesaplanmıştır. Termal performans faktörünün hesaplanması literatür ile yapılacak kıyaslanmanın da önünü açmaktadır.

$$TPF = \frac{(Nu_t/Nu_b)}{(f_t/f_b)^{1/3}} \tag{6}$$

## 2.2. Sayısal Analiz

Bu çalışmada yapılan analizler için ANSYS CFX programı kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan süreklilik momentum ve enerji denklemleri sırasıyla denklem 7, denklem 8 ve denklem 9 içerisinde verilmiştir [9,10]. Bu denklemlerde $k$ ısıl iletkenliği, $P$ basıncı, $\mu$ dinamik viskoziteyi temsil etmektedir.

Süreklilik;

$$\nabla(\rho V) = 0 \tag{7}$$

Momentum;

$$\nabla(\rho VV) + \nabla P = \nabla(\mu \nabla V) \tag{8}$$

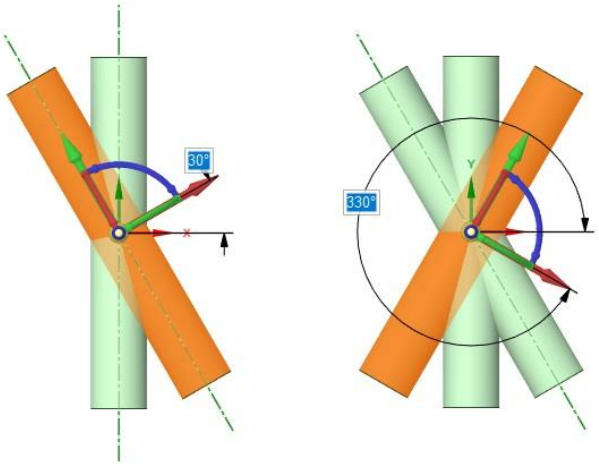
Enerji;

$$\nabla\left(\rho C_p V\right) = \nabla(k \nabla T) \tag{9}$$

Analizlerde 66 mm çaplı 1500 mm uzunluklu silindirik boru kullanılmıştır. Kullanılan bu borunun çeper sıcaklığı sabit ve 100 °C olarak belirlenmiştir. Çeper sıcaklığı haricinde akışkanın giriş sıcaklığı 25 °C girilmiştir. Analizler zamandan bağımsız şekilde gerçekleştirilmiş ve akışkanın özellikleri için 25 °C de havanın değerleri seçilmiştir. Türbülans modeli olarak k-ε seçilmiştir. Türbülatörler bu boru içerisine 100 mm arayla 14 adet olacak şekilde yerleştirilmiştir. Görsel 1 de türbülatörlerin boru içerisindeki yerleşimi verilmiştir.

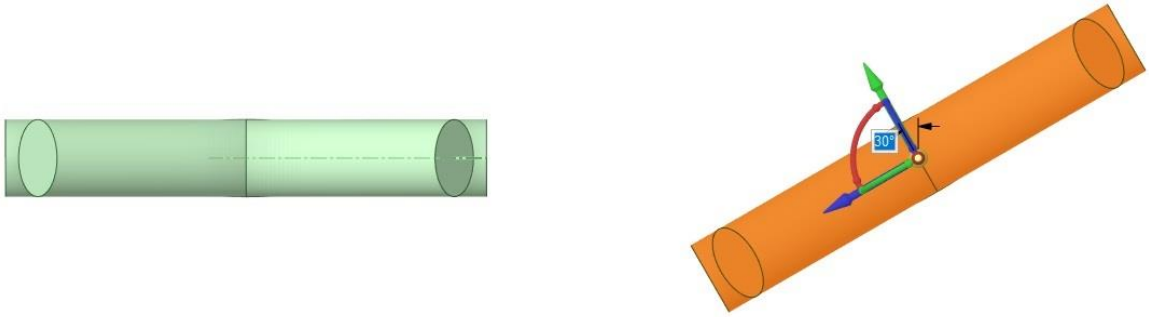


**Görsel 1.** Türbülatörlerin Silindirik Boru İçerisindeki Görünümü



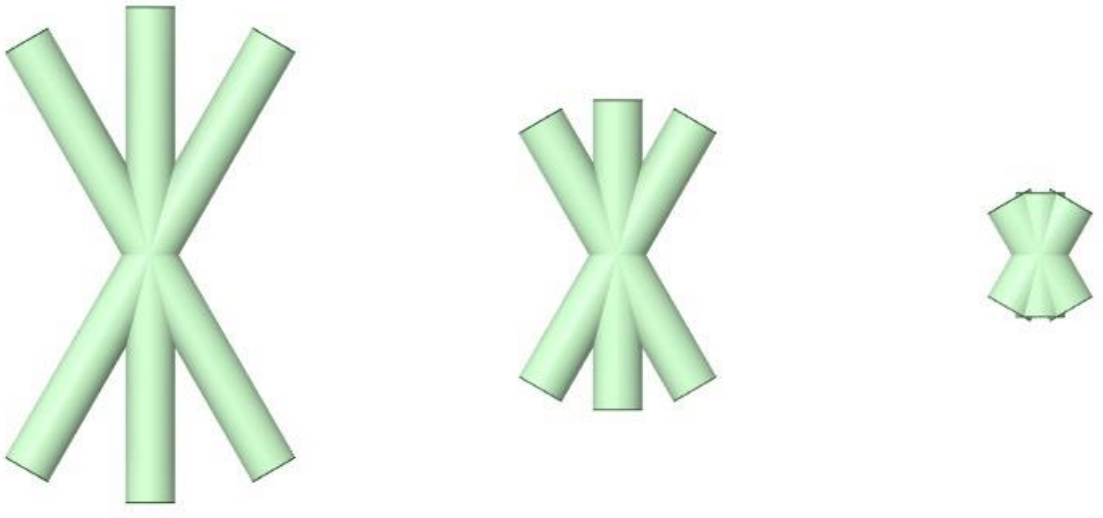

**Görsel 2.** Silindir Demetlerinin Oluşumu

Analizlerde kullanılan türbülatörler 8 mm çaplı silindirik çubuklardan oluşmaktadır. Her biri 3 silindir çubuktan oluşan toplam 14 adet silindir demeti bulunmaktadır. Bu silindir demetleri akışa dik olan ve ortada konumlanan bir silindir çubuğu ile bu ortadaki silindir çubuğunun 30 derece solunda ve 30 derece sağına yerleştirilen 2 adet çubuktan oluşmaktadır. Bu yerleşim Görsel 2'de verilmiştir. Oluşturulan silindir demetleri akışa paralel olacak şekilde 30 derecelik açı ile boru içerisine yerleştirilmiştir. Bu yerleşimde Görsel 3'de verilmiştir.



**Görsel 3.** Silindir Demetlerinin Kanal İçinde Yaptığı Açının Gösterilmesi

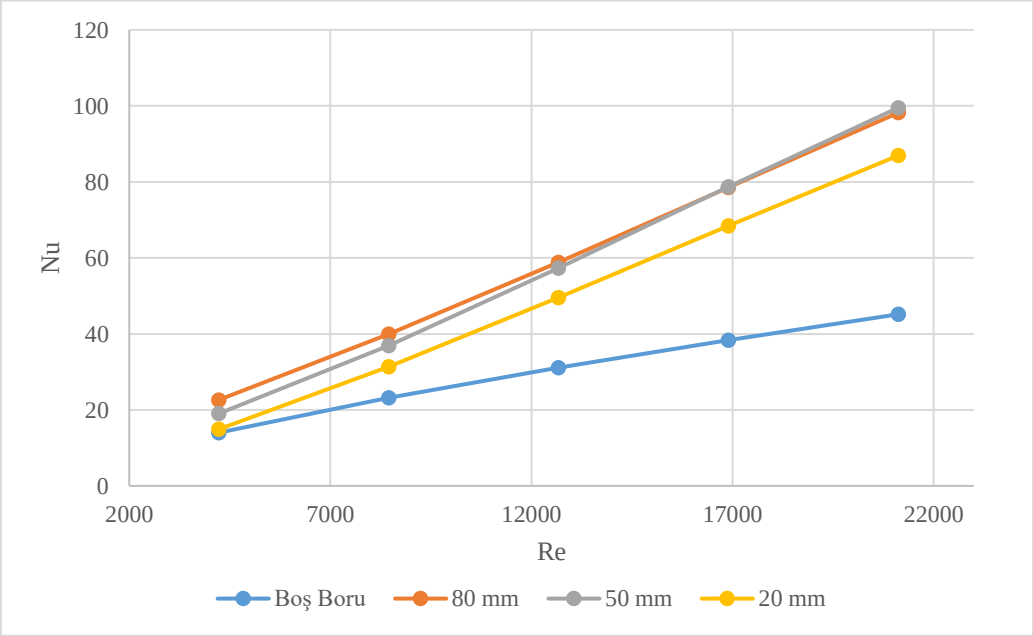
Türbülatörlerin birbirlerinden ayrılan yönleri ise silindirlerin uzunluklarıdır. Bu analizde 3 farklı silindir uzunluğu kullanılmıştır. Bu uzunluklar 80 mm, 50 mm ve 20 mm'dir. Türbülatörler arasındaki bu uzunluk farkları Görsel 4 içerisinde verilmiştir.



**Görsel 4.** Türbülatörlerin Uzunluk Farklarının Gösterimi

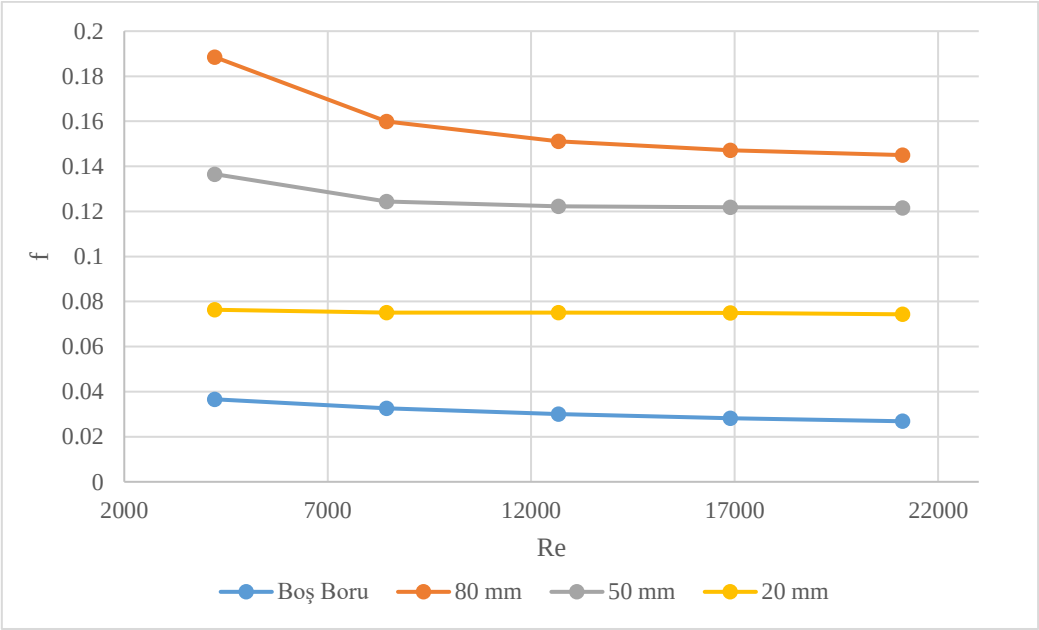
## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Elde edilen sonuçlar $Nu$-$Re$, $f$-$Re$ ve $TPF$-$Re$ değişimleri ile sunulmuştur. Görsel 5'te $Nu$-$Re$ değişimi, Görsel 6'da $f$-$Re$ değişimi ve Görsel 7'de $TPF$-$Re$ değişimleri verilmiştir.

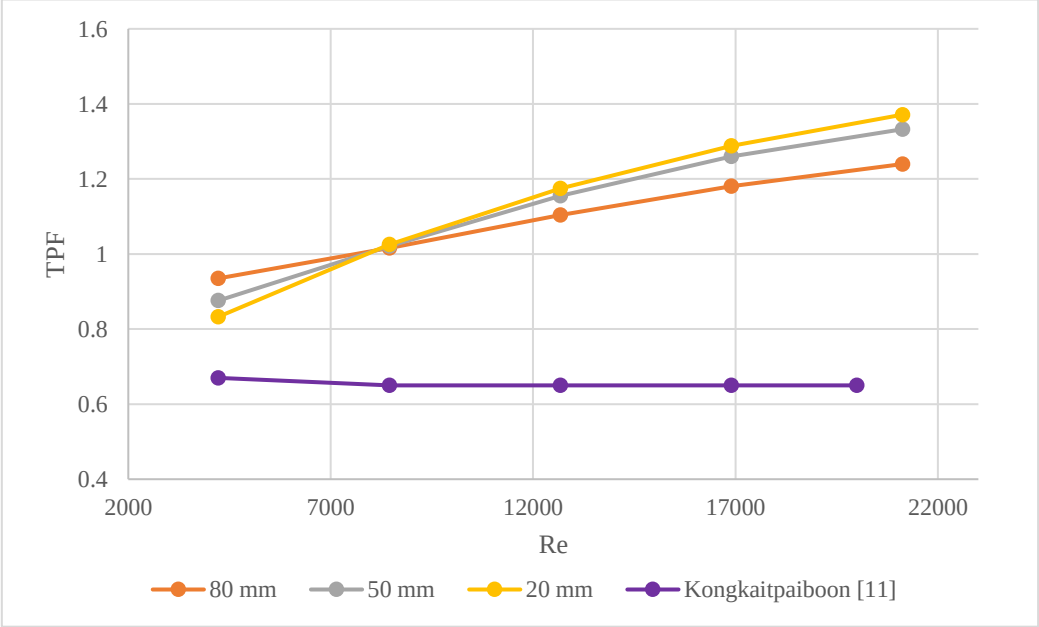



**Görsel 5.** Tüm Türbülatörlerin $Nu$-$Re$ değişimi

Görsel 5 incelendiğinde çoklu silindirik çubuk türbülatörlerin uzunluklarındaki değişim $Nu$ değerlerinde farklılıklara sebep olduğu görülmektedir. Uzunluk değerlerinden 80 mm ve 50 mm değerleri birbirine yakın seyrederken 20 mm değerlerinde diğer iki uzunluğa göre daha az artış olduğu görülmektedir. En yüksek $Nu$ artışı boş boruya göre 2,2 kat ile 50 mm de gerçekleşmiştir. 80 mm ve 50 mm için elde edilen $Nu$ değerlerinin yakın olduğu görülmektedir. Görsel 6 incelendiğinde ise 80 mm değerinin en yüksek $f$ artışına sebep olduğu görülmektedir. En az $f$ artışı 20 mm değerinde gerçekleşmiştir. 80 mm ve 50 mm $Nu$ değerlerindeki benzerlik $f$ değerlerinde devam etmemiştir.




**Görsel 6.** Tüm Türbülatörlerin $f$-$Re$ değişimi



**Görsel 7.** Tüm Türbülatörlerin $TPF$-$Re$ değişimi

Termal performans faktörü değerlerinin verildiği Görsel 7 incelendiğinde düşük $Re$ değerlerinde 80 mm uzunluğunun en iyi sonuç olduğu görülürken $Re$ sayısının artmasıyla 20 mm uzunluk değerinin daha iyi bir performans sergilediği görülmektedir. Düşük $Re$ sayılarında karşılaşılan bu durumun sebebi, 20 mm uzunluğun düşük $Re$ değerlerinde boş boruya yakın $Nu$ değerleri oluşturmasıdır. Fakat $Re$ değerleri arttıkça $Nu$ değerlerinde iyi bir artış görülürken $f$ değerlerinde çok fazla bir artış görülmemiştir. Bu durumda 20 mm uzunluğun $Re$ değerinin 8194'den yukarı olması durumunda en ideal seçenek olduğunu göstermektedir. Fakat aşağı olması durumunda ise 80 mm uzunluğun en ideal seçenek olduğu görülmektedir. Bu çalışmada yapılan çoklu silindirik çubuk türbülatörlerin, Kongkaitpaiboon vd. [11] yaptıkları halka şekilli türbülatörler ile kıyaslandığında oldukça iyi bir gelişme sağladığı görülmektedir.

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Isı değiştiricilerinde kullanılmak üzere tasarlanan türbülatörlerin ısı transferini arttırdığı bilinmektedir. Bu çalışmada kullanılan çoklu silindirik çubuk türbülatörlerin ısı transferine etki ettiği görülmektedir. Yüksek $Re$ sayılarında kısa çoklu silindirik türbülatörlerin daha iyi bir termal performans faktörü yakaladığı görülürken, düşük $Re$ sayılarında ise uzun çoklu silindirik türbülatörlerin daha iyi bir sonuç yakaladığı görülmektedir. Boş boru deneylerine göre Nusselt sayısında 2.2 kat artış elde edilmişken, termal performans faktöründe ise 1.3 değerine ulaşılmıştır.

## KAYNAKÇA

1) Paikar, M., Hosseinzadeh, K., Kermani, J. R., & Ganji, D. D. (2024). Hydrothermal assessment of a double-pass shell and tube heat exchanger in the presence of blade turbulators with different configurations. International Journal of Thermofluids, 21, 100577. https://doi.org/10.1016/j.ijft.2024.100577
2) Luo, J., Asadollahzadeh, M., Chauhan, B. S., Abdalmonem, A., Elbadawy, I., Salah, B., ... & Ghoushchi, S. P. (2024). First and second law analysis of a heat exchanger equipped with perforated wavy strip turbulator in the presence of water-CuO nanofluid. Case Studies in Thermal Engineering, 54, 103968. https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103968
3) Pan, C., Alqahtani, A. M., Wei, H., Sulaiman, N., Elsiddieg, A. M., & Ghoushchi, S. P. (2024). Heat transfer enhancement of a heat exchanger using novel multiple perforated magnetic turbulators (MPMT): An experimental study. International Journal of Thermal Sciences, 195, 108642. https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2023.108642
4) Sun, K., Liu, D., Ghoushchi, S. P., Zhao, T., Chen, X., Salah, B., & Zhao, W. (2023). Heat transfer and pressure drop in a double pipe exchanger equipped with novel perforated magnetic turbulator (PMT): An experimental study. Applied Thermal Engineering, 235, 121278. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.121278
5) Wang, H., Abed, A. M., Al-Zubaidi, A., Deifalla, A., Galal, A. M., Zhou, Y., & Ghoushchi, S. P. (2023). Heat transfer enhancement of a copper tube with constant wall temperature using a novel horizontal perforated teardrop-shaped turbulators (PTST).

International Journal of Thermal Sciences, 192, 108418. https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2023.108418

6) Hassan, J. H., & Hameed, V. M. (2022). Evaluate the hydrothermal behavior in the heat exchanger equipped with an innovative turbulator. South African Journal of Chemical Engineering, 41, 182-192. https://doi.org/10.1016/j.sajce.2022.06.003
7) Pourahmad, S., Pesteei, S. M., Ravaeei, H., & Khorasani, S. (2021). Experimental study of heat transfer and pressure drop analysis of the air/water two-phase flow in a double tube heat exchanger equipped with dual twisted tape turbulator: Simultaneous usage of active and passive methods. Journal of Energy Storage, 44, 103408. https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103408
8) Xiong, Q., Izadi, M., Shehzad, S. A., & Mohammed, H. A. (2021). 3D numerical study of conical and fusiform turbulators for heat transfer improvement in a double-pipe heat exchanger. International Journal of Heat and Mass Transfer, 170, 120995. https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.120995
9) He, Y., Geng, Y., Guo, S., Ma, R., & Li, Z. (2024). A machine learning approach and numerical investigation for intelligent forecasting of entropy generation rate inside a turbulator-inserted solar collector tube. Engineering Analysis with Boundary Elements, 158, 375-384. https://doi.org/10.1016/j.enganabound.2023.11.006
10) Esmaeili, Z., Vahidhosseini, S. M., & Rashidi, S. (2024). A novel design of double pipe heat exchanger with innovative turbulator inside the shell-side space. International Communications in Heat and Mass Transfer, 155, 107523. https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2024.107523
11) Kongkaitpaiboon, V., Nanan, K., & Eiamsa-Ard, S. (2010). Experimental investigation of convective heat transfer and pressure loss in a round tube fitted with circular-ring turbulators. International Communications in Heat and Mass Transfer, 37(5), 568-574. https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2009.12.016