Bölüm 5

Kentsel Son Kilometre Lojistiğinin İklim Risklerine Uyumu: İstanbul İçin Sosyoteknik Direnç Çerçevesi

Emine Öztürk Koçali[1]

Özet

İklim değişikliğinin etkileri, kent içi lojistikte yalnızca altyapıyı değil, aynı zamanda operasyonların sürekliliğini ve ürün teslimatı gerçekleştiren sürücülerin refahını da etkileyen karmaşık risk rejimleri oluşturmaktadır. Bu çalışmanın amacı, İstanbul'da son kilometre lojistiğinin iklim direncini; altyapı dayanıklılığı, operasyonel esneklik ve kurye sağlığını tek bir bakış açısı altında bütünleştiren üç boyutlu bir çerçeve kullanarak incelemektir. Güncel hakemli araştırmaların, kurumsal raporların ve ilgili düzenlemelerin seçici bir sentezine dayanan analiz; sel, aşırı yağış ve sıcaklığın kentsel dağıtım ağlarını nasıl etkilediğine ve mikro konsolidasyon merkezleri, elektrikli kargo bisikletleri, hava koşullarına duyarlı rotalama ve esnek teslimat uygulamaları açısından uyum potansiyelinin ne olduğuna odaklanmaktadır. Buna ek olarak, motokuryelerin ısı stresi, uzun çalışma saatleri, zaman baskısı ve algoritmik yönetim kaynaklı risklere karşı kırılganlığı incelenmektedir. Bulgular, mevcut akademik literatürün ağ direnci, operasyonel uyum ve çalışan sağlığını çoğunlukla ayrı boyutlar hâlinde ele aldığını göstermektedir. İstanbul'un daha yüksek e-ticaret düzeyi, iklim açısından kırılganlığı ve teslimatta kuryelere olan bağımlılığı, bu bulguları kent bağlamında daha anlamlı hâle getirmektedir. Çalışma, iklim direncinin yalnızca altyapının bozulmalara karşı dayanıklılığıyla sınırlı olmadığını savunmaktadır. Bunun yerine, teslimat performansı ile çalışanların iklim maruziyetini tek bir sürdürülebilirlik değerlendirmesinde bir araya getiren bir yaklaşım önermektedir.

1 Öğretim Görevlisi, İstanbul Gelişim Üniversitesi İstanbul Gelişim Meslek Yüksekokulu Lojistik Programı, emozturk@gelisim.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-8975-9459

https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1502.c6017

1. Giriş

Son kilometre, lojistik zincirin dağıtım merkezinden alıcının adresine uzanan son aşamasıdır. Bu nedenle tedarik zincirinin en görünür ve en kırılgan bölümlerinden biri sayılır. Son yıllarda bu aşamanın önemi iki gelişmeyle daha belirgin hâle gelmiştir: e-ticaretin hızlı büyümesi ve iklim değişikliğinin kentsel altyapı üzerindeki etkisinin artması. Küresel lojistik sektörünün değeri 2021 yılında 8,4 trilyon Avro'yu aşmış, 2027 yılında ise 13,7 trilyon Avro'nun üzerine çıkacağı öngörülmüştür. Bu büyümenin önemli bir bölümü, altyapıya ve zamana yüksek ölçüde bağımlı olan son kilometre segmentinde gerçekleşmektedir (Touloumidis vd., 2025). Aynı dönemde sel, şiddetli yağış ve sıcak hava dalgaları gibi aşırı hava olaylarının görülme sıklığı ve şiddeti artmış, kentsel lojistik altyapısı üzerindeki baskı belirginleşmiştir.

Türkiye'de bu ilişkinin en belirgin örneği İstanbul'dur. Kent, ülkenin en yüksek e-ticaret ve kargo teslimat hacmine sahiptir ve Avrupa'da iklim değişikliğinin etkilerine karşı en kırılgan kıyı kentlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi [İBB], 2023). İstanbul'un iki kıtayı birbirine bağlayan köprüleri, sınırlı sayıdaki ana arteri ve yoğun, düzensiz yerleşim dokusu zaten hassas olan ulaşım ağını aşırı hava olaylarına karşı daha kırılgan hâle getirir. Bu bölüm son kilometre lojistiğinde iklim uyumunu üç boyutta inceler. İlk boyut, dağıtım altyapısının aşırı hava olaylarına dayanma kapasitesini ifade eden ağ direncidir. İkinci boyut, mikro konsolidasyon merkezleri, elektrikli araçlar ve esnek rota ile zaman planlaması gibi uygulamaları kapsayan operasyonel uyumdur. Üçüncü boyut ise kurye ve teslimat çalışanlarının özellikle ısı stresi başta olmak üzere iklim kaynaklı tehlikelerden korunmasına odaklanan insan boyutudur.

Literatür bu üç boyutu çoğunlukla birbirinden ayrı inceler. Ulaştırma mühendisliği çalışmaları ağların fiziksel direncine, işletme literatürü operasyonel verimliliğe, iş hukuku ve iş sağlığı ve güvenliği (İSG) araştırmaları ise çalışanı koruyan mekanizmalara odaklanır. Üç alan arasındaki bağlantılar sınırlı kalmıştır. Özellikle işgücü sağlığı, son kilometre lojistiği ve iklim direnci tartışmalarının büyük ölçüde dışında yer alır. Bu bölüm, İstanbul özelindeki mevcut literatürü bir araya getirerek üç katmanı ortak bir kavramsal çerçevede değerlendirmeyi amaçlar.

Bu çalışma, akademik yayınlar, sektör raporları, mevzuat yayınları ve haber kaynakları gibi ikincil kaynaklara dayanan kavramsal bir analizdir. Saha verisi toplanması bölümün kapsamına alınmamıştır. Kaynaklar üç ölçüte göre seçilmiştir: ağırlıklı olarak 2023 sonrasında yayımlanmış olmaları, Türkiye ve İstanbul'a ilişkin gelişmelerin resmî kaynaklarla desteklenmesi ve her iddianın doğrulanabilir bir kaynağa dayanması. Çalışma sistematik bir derleme değildir.

Hedefe yönelik bir sentez niteliği taşıdığı için bulgular temsil edicilik iddiası taşımaz ve ileride doğrulanması gereken bir çerçeve sunar. Bölüm, kitabın sürdürülebilirlik ve yeşil lojistik eksenindeki diğer katkılarını tamamlayacak biçimde kavramsal çerçeve, İstanbul bağlamı, bütüncül tartışma, sonuç ve öneriler sırasıyla ilerlemektedir.

2. Kavramsal Çerçeve

2.1 Son Kilometre Lojistiği ve Sürdürülebilirlik

"Son kilometre" (last mile) terimi, ulaştırma planlamasında bir aktarma veya dağıtım merkezinden nihai alıcıya kadar olan hareketi ifade eder. Tedarik zincirinin en maliyetli, emisyon yoğunluğu en yüksek ve görece en az verimli halkası olarak kabul edilir. Bazı çalışmalar son kilometrenin toplam taşıma maliyetinin %53'üne kadar ulaşabildiğini göstermektedir (Ferreira ve Esperança, 2025). Mevcut eğilimlerin sürmesi (business-as-usual) senaryosunda kentlerdeki dağıtım araçlarının sayısının 2030'a kadar %61, teslimata bağlı karbon emisyonlarının ise ortalama %60 artacağı öngörülmektedir. Bu artış, ulaştırma sektörü emisyonlarının yaklaşık %54'üne ve toplam kent emisyonlarının %13'üne karşılık gelmektedir (World Economic Forum, 2024). Aynı kentlerde teslimat hızı ve hacmi yükselirken karbon azaltımı ile yaşanabilirlik hedeflerinin daha iddialı hâle gelmesi, büyüme ile sürdürülebilirlik arasında doğrudan bir gerilim yaratır.

Sürdürülebilir son kilometre lojistiğine yönelik yenilikler geniş bir uygulama alanına yayılır. Kentsel ve kırsal alanlardaki lojistik yeniliklerin ekonomik ve çevresel etkilerini Delphi yöntemiyle inceleyen yakın tarihli bir çalışma, e-ticaret büyümesi ile dekarbonizasyon baskısının geleneksel mal ve hizmet sunum biçimlerini dönüştürdüğünü ortaya koymuştur (Mutambik, 2025). 2035 yılına yönelik senaryo araştırmaları da son kilometre lojistiğinin salt operasyonel bir konu olarak ele alınamayacağını gösterir. Küresel iklim değişikliği, ulusal ve uluslararası politikalar ile öngörülemeyen olaylar bu alanın işleyişini doğrudan etkiler. Sektörün geleceğinde yerel yönetim iş birliği ile teknolojik yenilik arasındaki dengenin belirleyici olacağı öngörülmektedir (Plazier, Rauws, Neef ve Buijs, 2024). Kentsel e-ticaret paydaşlarıyla yapılan görüşmeler de sürdürülebilirliğin çok paydaşlı bir müzakere süreci gerektirdiğini destekler (Gonzalez vd., 2023).

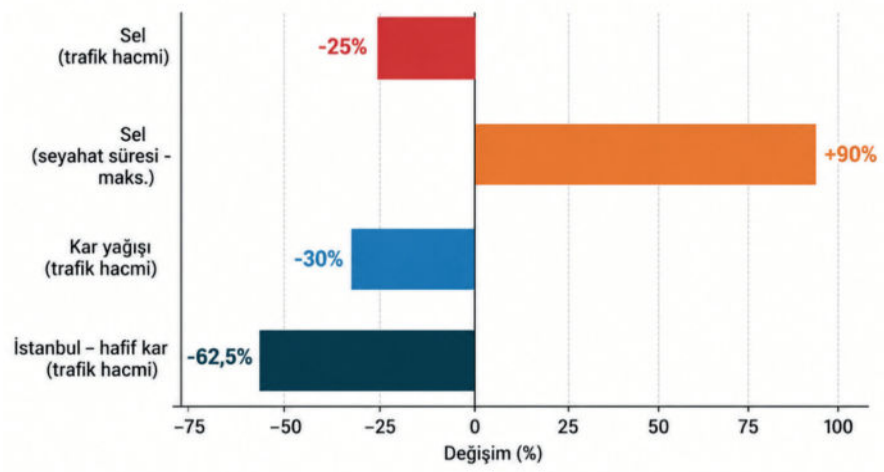
Uygulamada elektrikli araçların yapay zekâ destekli rota optimizasyonuyla birlikte kullanılması somut kazanımlar sağlayabilir. Lizbon'da yürütülen bir vaka çalışmasında Şehir Konsolidasyon Merkezi ile yapay zekâ destekli araçların birlikte kullanılması teslimat süresini %15–20, enerji verimliliğini %10–25 oranında iyileştirmiş ve emisyonları %40'a kadar azaltmıştır. Yetersiz şarj

altyapısı, yüksek maliyet, menzil kaygısı ve mevcut lojistik ağlarla bağlantı kurma gereksinimi bu çözümlerin geniş ölçekte benimsenmesini sınırlayan başlıca engellerdir (Ferreira ve Esperança, 2025). Kargo dolapları gibi teslimat noktası çözümlerini değerlendiren sistematik bir çalışma da benzer bir sonuca ulaşmıştır. Verimlilik kazanımları açık biçimde belgelenmiş olsa da bu kazanımların hangi koşullarda ve hangi aktörler için gerçekleştiğini inceleyen çalışmaların yetersiz kaldığı görülmektedir (Zhang ve Demir, 2025).

2.2 İklim Değişikliğinin Lojistik Ağlarına Etkileri

Aşırı hava koşullarının ulaştırma ve lojistik sistemleri üzerindeki etkisine ilişkin geniş bir bilgi birikimi oluşmuştur. PRISMA çerçevesinde 147 hakemli yayını inceleyen kapsamlı bir sistematik derleme, iklim değişikliğiyle birlikte aşırı hava olaylarının sıklık ve şiddetinin arttığını ve bunun ulaştırma ve lojistik sektörü açısından sistematik değerlendirme ile stratejik uyum gerektiren önemli sorunlar yarattığını göstermiştir (Touloumidis vd., 2025). Derlemeye göre literatürde en çok yağış, kar yağışı ve sel incelenmiştir. Aşırı sıcak ve soğuk olayları ise görece daha az çalışılmıştır. Bu fark, veri kıtlığının yanı sıra sıcaklığın etkisini yağış ve karın etkisinden daha güç ölçebilmekle ilişkilidir.

Derlemede bildirilen ölçülebilir etkiler oldukça belirgindir. Sel olayları trafik hacmini ve hızını medyan olarak yaklaşık %25 azaltırken seyahat süresini %90'a kadar artırabilir. Kar yağışı trafik hacminde yaklaşık %30 düşüşe yol açar. Avrupa'da hava koşullarına bağlı kayıpların 1998–2010 döneminde yılda 2,5 milyar Avro'ya ulaştığı, 1980'den bu yana AB üyesi ülkelerin aşırı hava olayları nedeniyle 360 milyar Avro'nun üzerinde zarara uğradığı bildirilmiştir. İklim değişikliğinin tetiklediği şiddetli yağışların ulaştırma altyapısında yol açtığı hasarın 2040'a kadar %50 artarak yılda yaklaşık 930 milyon Avro'ya çıkabileceği öngörülür. Türkiye açısından dikkat çekici bir bulgu da vardır. Derlemede aktarılan bir çalışmaya göre İstanbul'da hafif kar yağışı trafik hacmini %65–66 azaltmıştır (Touloumidis vd., 2025). Bu sonuç, kentin ulaşım sisteminin aşırı hava olaylarına karşı düşük toleransını gösterir. Hangzhou'da beş farklı yağış tekerrür aralığı için yürütülen ağ analizi, son kilometre erişilebilirliğinin neden ayrıca ele alınması gerektiğini ortaya koymuştur. Taşkın sırasında ana arterler ve viyadükler bir ölçüde işlevini korurken ilk başarısız olan bileşenler tali yollar olmuştur. Tali yollardaki toplam arıza uzunluğu 10 yıllık senaryoda 528 kilometreden 200 yıllık senaryoda 1.090 kilometreye çıkmıştır (Shi, Shen, Bai ve Xu, 2026). Aynı çalışma, 20 yıllık taşkın koşullarında ağın kırılganlık eşiğinin 0,328'den 0,067'ye gerilediğini ve kalan düğümlerin yalnızca %6,7'sinin devre dışı kalmasının kent ölçeğinde sistem çapında bir kopmayı tetikleyebileceğini göstermiştir. Karşılaştırmalı etkiler Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. Aşırı Hava Olaylarının Kentsel Trafik Ağlarına Etkisi

Kaynak: Touloumidis vd. (2025).

Aynı derleme, hava koşullarına bağlı bozulmaların fiziksel altyapının yanında işletme düzeyinde de maliyet yarattığını gösterir. Trafik kesintileri ve teslimat gecikmeleri bir işletmenin operasyonel maliyetlerine yaklaşık %10 ek yük getirebilir. Hazırlıksız işletmelerde gelir kaybı %35'e kadar çıkabilmektedir (Touloumidis vd., 2025). Bu büyüklükler iklim uyumunu itibar ya da çevresel sürdürülebilirlik meselesiyle sınırlı bırakmaz, doğrudan operasyonel risk yönetiminin konusu hâline getirir.

2.3 İklim Uyumu ve Lojistik Direnç Yaklaşımları

Direnç (resilience), tedarik zinciri literatüründe bir sistemin bozulmanın ardından eski durumuna dönebilme veya daha elverişli yeni bir duruma geçebilme kapasitesi olarak tanımlanır. Bu yaklaşım esneklik, iş birliği ve görünürlüğü merkeze alır (Christopher ve Peck, 2004). Kavram büyük ölçüde kurumsal ve örgütsel düzeyde geliştirilmiştir. Ağı fiilen işleten bireysel çalışanların direnci bu çerçevede açık biçimde teorileştirilmez.

Uygulamalı çalışmalar, lojistik sistemlerinin iklim direncini güçlendiren önlemleri beş grupta toplar: düşük riskli ve düşük maliyetli önlemler (low-regrets), çift yönlü fayda sağlayan önlemler (win-win), uyum sağlayıcı önlemler (adaptive), dönüştürücü önlemler (transformational) ve yüksek maliyetli kritik altyapı önlemleri (cost-bearing) (Touloumidis vd., 2025). Akıllı ulaştırma sistemleri ve gerçek zamanlı veri analitiği, geçirgen kaplama ve yeşil çatı gibi yeşil altyapı yatırımları, düzenli bakım, kapsamlı acil durum planları ve iklim risklerini planlama ile tasarım standartlarına taşıyan politika araçları

bu grupların başlıca örnekleridir. Örgütsel düzeyde yapılan karma yöntemli bir çalışma, uyarlanabilir liderlik, uyum yeteneği, görünürlük, esneklik, iş birliği, yedeklilik ve koşullandırma boyutlarının firma direncini desteklediğini göstermiştir. Firma düzeyindeki direnç çevredeki topluluğun direncine de katkı sağlayabilmektedir (Bag, Rahman ve Chiarini, 2025). İklim uyumu bu nedenle fiziksel altyapı kadar örgütsel kapasiteyle de ilişkilidir.

Bu önlemler için zaman ufkuna dayalı kademeli bir yol haritası önerilmektedir (Touloumidis vd., 2025). İlk 12 ayda risk haritalaması yapılması ve altyapı standartlarının gözden geçirilmesi öngörülür. Bir ile üç yıl arasında hava koşullarına duyarlı operasyonel sistemler ile acil durum protokollerinin devreye alınması önerilir. Dört ile yedi yıl arasında yükseltilmiş yol sistemleri ve dayanıklı malzemeler gibi altyapı yatırımları gündeme gelir. Sekizinci yıldan sonra ise kurumsal yönetişim ile uluslararası bilgi paylaşımının kapsamlı biçimde dönüştürülmesi hedeflenir. Şekil 2 bu yol haritasını özetlemektedir. Kademeli yaklaşım, İstanbul gibi büyüme baskısı ve iklim riski aynı anda yüksek olan bir kentte kısa vadeli düşük maliyetli müdahaleler ile uzun vadeli altyapı dönüşümünü aynı plan içinde ele alma olanağı sağlar.



Şekil 2. İklim Direnci Önlemlerinin Aşamalı Uygulama Takvimi

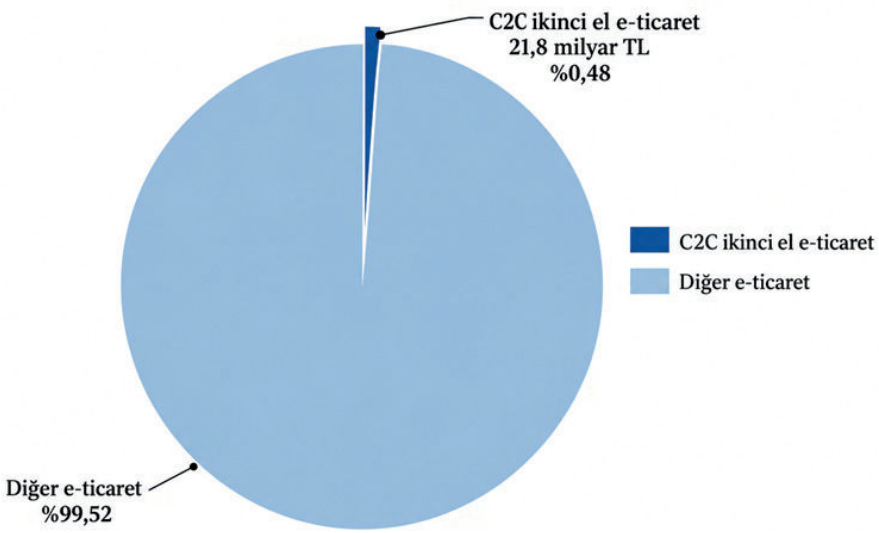
Kaynak: Touloumidis vd. (2025) tarafından önerilen politika yol haritasından uyarlanmıştır.

Son kilometre gibi emek yoğun bir alanda bu çok katmanlı yaklaşımın üçüncü ayağı çalışanlardır. Altyapı ve operasyon düzeyinde alınan önlemlerin kurye ve dağıtım çalışanları üzerindeki etkisi ayrıca değerlendirilmelidir. Bir rota optimizasyonu ya da mikro konsolidasyon modeli tasarım açısından ne kadar dirençli olursa olsun, uygulamadaki direnç açık havada ve çoğu zaman motosiklet veya bisiklet kullanan çalışanların emeğiyle ortaya çıkar. İzleyen bölümlerde bu üç katman İstanbul özelinde birlikte ele alınmaktadır.

3. Türkiye ve İstanbul Bağlamı: Riskler ve Uygulama Örnekleri

3.1 İstanbul'da E-Ticaret Büyümesi ve Son Kilometre Baskısı

Türkiye'de e-ticaret hacmi 2025 yılında bir önceki yıla göre %52,2 artarak 4,57 trilyon TL'ye, işlem sayısı ise 5,94 milyara ulaşmıştır. Aynı dönemde ortalama kargo teslim süresi 42,2 saate gerilemiş ve gönderilerin %53,1'i 24–48 saat içerisinde teslim edilmiştir. Kargo hareketlerinin mekânsal dağılımında İstanbul belirgin biçimde öne çıkmakta; 2025 yılında ülkedeki kargo gönderimlerinin %53,5'i İstanbul çıkışlı olurken, teslim alınan gönderilerin %27,9'u da İstanbul'da gerçekleşmiştir. Bu yoğunluk, özellikle son kilometre teslimatlarının kent içi hareketlilik üzerindeki çevresel dışsallıklarını önemli hâle getirmektedir. E-ticaret kaynaklı son kilometre lojistiğinin teslimat araçlarının sayısını ve kentsel yük taşımacılığını artırarak trafik sıkışıklığı, enerji tüketimi, sera gazı ve yerel hava kirletici emisyonları ile gürültü üzerinde ek baskı oluşturabildiği sistematik literatür incelemelerinde gösterilmektedir (Ranieri et al., 2018; Olsson et al., 2019; Bosona, 2020). Bunun yanı sıra, e-ticaretin artışı ürün başına kullanılan ambalaj miktarını ve ambalaj atığı oluşumunu artırabilmekte; ambalajın malzemesi, hacmi ve ağırlığı hem doğrudan atık üretimini hem de taşıma kaynaklı enerji tüketimi ve karbon emisyonlarını etkilemektedir (Escursell et al., 2021). Güncel çalışmalar bu nedenle son kilometre lojistiğinde performansın yalnızca teslimat süresi ve maliyet üzerinden değil, karbon emisyonları, enerji kullanımı, trafik etkileri ve ambalaj performansı gibi çevresel ölçütlerle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Toniolo et al., 2025). Türkiye'de sürdürülebilir tüketim kapsamında izlenen göstergelerden biri olan tüketiciden tüketiciye (C2C) e-ticaret hacmi ise 2025 yılında 21,8 milyar TL olarak gerçekleşmiştir (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2026).



Şekil 3. Türkiye E-Ticaret Sektöründe Sürdürülebilir Hacmin Payı (2025)

Kaynak: T.C. Ticaret Bakanlığı, 2026.

Bu görünüm, İstanbul'un son kilometre ağının hem hacim hem iklim riski bakımından baskı altında bulunduğunu gösterir. Teslimat sürelerini sürekli kısaltmaya yönelik ticari baskı, daha esnek rota planlaması ve olumsuz hava koşullarında faaliyetlerin geçici olarak durdurulması gibi iklim uyum önlemleriyle gerilim yaratır. Hız odaklı performans kültürü, iklim uyumunun gerektirdiği operasyonel esnekliği uygulamada sınırlayabilir.

3.2 İklim Kaynaklı Riskler: Sel, Taşkın ve Aşırı Sıcak

İstanbul Büyükşehir Belediyesinin (İBB) Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı (SECAP) kapsamında yürüttüğü resmî risk ve kırılganlık değerlendirmesi güçlü bir veri tabanı sunar. Avrupa kıyı kentlerini iklim riskine göre sıralayan bir akademik çalışmada İstanbul birinci, İzmir üçüncü sırada yer almıştır. On beş Avrupa kıyı kentinde aşırı hava olaylarının yaratabileceği ekonomik kayıpları karşılaştıran başka bir çalışma da İstanbul'u ilk sırada göstermiştir (Abadie vd., 2016, İBB, 2023). İBB'nin InVEST modeliyle ürettiği taşkın kırılganlık haritaları, akarsu ve kıyı taşkınlarına karşı en hassas ilçeleri ortaya koyar. Ayrı bir modelleme ise kentsel ısı adası etkisinin İstanbul'daki sıcaklık artışının en az 1–2°C'lik bölümünden sorumlu olabileceğini öngörmektedir (İBB, 2023).

İklim projeksiyonları da benzer bir risk görünümü ortaya koyar. IPCC'nin RCP senaryolarına dayanan modellemelerde İstanbul'un yıllık ortalama

sıcaklığının tüm senaryolarda 1 ile 4,5°C arasında artacağı, yaz aylarındaki yükselişin kış aylarından daha hızlı olacağı öngörülmektedir. Resmî iklim kayıtlarında kentte ölçülen en yüksek sıcaklık 13 Temmuz 2000 tarihinde 41,5°C olarak kaydedilmiştir (İBB, 2023).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü kayıtlarına göre Türkiye'nin Temmuz 2025 ortalama sıcaklığı 26,9°C olarak gerçekleşmiş, bu değer 1991–2020 normalinin 1,9°C üzerine çıkarak son 55 yılın en sıcak Temmuz ayı olarak kaydedilmiştir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2025). Bu durum tekil bir meteorolojik anomaliden ziyade Türkiye'de uzun süredir gözlenen ısınma eğilimiyle uyumludur. Nitekim 1970–2022 döneminde 277 meteoroloji istasyonunu inceleyen Tatlı ve Serkendiz (2025), sıcak hava dalgalarının sıklığı, süresi ve şiddetinde belirgin artışlar bulunduğunu; yıllık ortalama sıcak hava dalgası sayısının 1970'lerde yaklaşık beş iken 2000 sonrasında on olayın üzerine çıktığını ve incelenen istasyonların büyük çoğunluğunda sıcak hava dalgası sürelerinin anlamlı biçimde uzadığını göstermiştir. Benzer şekilde uzun dönemli sıcaklık analizleri, Türkiye'de özellikle yaz mevsimindeki ısınmanın belirgin biçimde güçlendiğini ortaya koymaktadır (Türkeş et al., 2023).

Aşırı yağış ve taşkın riski de değişen iklim koşulları altında farklı bir mevsimsel ve zamansal yapı göstermektedir. Türkiye genelindeki uzun dönemli gözlemler, aşırı günlük yağışların özellikle son iki on yılda şiddetlendiğini; yaz mevsiminde aşırı yağışların hem sıklığı hem de büyüklüğünde, sonbaharda ise aşırı yağışların toplam yağış içindeki payında artış eğilimleri bulunduğunu göstermektedir (Güler ve Arlat, 2025). İstanbul özelindeki çalışmalar da maksimum yağışların şiddet ve tekerrür özelliklerinin durağan olmadığını ortaya koymaktadır. Şen ve Aksu (2021), İstanbul ve çevresindeki yedi meteoroloji istasyonundan altısında standart süreli maksimum yağışlarda belirgin artış eğilimleri belirlemiş; Sarıyer örneğinde maksimum yağış değerlerindeki değişimin tasarım taşkın debilerinde önemli artışlara yol açabileceğini göstermiştir. Bu bulgular, geçmiş yağış istatistiklerine ve sabit dönüş sürelerine göre boyutlandırılmış drenaj, menfez ve benzeri su yapılarının artan aşırı yağış koşullarında tasarım kapasitelerinin üzerinde yüklerle karşılaşabileceğine işaret etmektedir (Şen & Aksu, 2021; Tugrul et al., 2025).

Bu resmî ve akademik bulgular doğrudan lojistik odaklı değildir fakat İstanbul'daki dağıtım ağının dayandığı yol ve altyapı sisteminin giderek daha öngörülemez bir taşkın rejimi ile yükselen sıcaklıklar karşısında bulunduğunu açıkça gösterir. Uluslararası çalışmalar sel olaylarında seyahat süresinin %90'a kadar artabildiğini bildirmektedir (Touloumidis vd., 2025). Etki yalnızca yol ve bina altyapısıyla sınırlı kalmaz. Açık havada çalışan işgücü de aynı

iklim koşullarına doğrudan maruz kalır. Bu boyut 3.4'te ayrıntılı olarak incelenmektedir.

3.3 Uyum Stratejileri: Mikro Konsolidasyon Merkezleri, Elektrikli Kargo Bisikletleri ve Esneklik

Kentsel konsolidasyon merkezleri (UCC), uluslararası literatürde uzun süredir incelenen ve görece olgunlaşmış bir uyum ve verimlilik aracıdır. On yedi ülkedeki 114 UCC girişimini ele alan bir derleme, modelin araç trafiğini, emisyonları ve yerel hava kirliliğini azaltma potansiyeline dikkat çekmiştir (Allen vd., 2014). Daha yeni bir sistematik derleme ise UCC'lerin sürdürülebilirlik etkilerine ilişkin sonuçların çalışmalar arasında belirgin biçimde değiştiğini göstermektedir. Farklılıklar modelleme yaklaşımı, UCC tasarımı ve performans göstergesi seçimlerinden kaynaklanmaktadır. Alanın parçalı ve disiplinler arası yapısı devam etmektedir (Gillström ve Björklund, 2024). İstanbul örneği de bu parçalı görünümün izlerini taşır.

Yakın tarihli bir çalışma, İstanbul'da paylaşımlı mikro konsolidasyon merkezlerinin (PMKM) uygulanabilirliğini SWOT–TOWS yöntemiyle değerlendirmiştir. Modelin güçlü yönleri arasında operasyonel verimlilik ve çevresel yararlar bulunurken yüksek başlangıç maliyeti ile çok paydaşlı yapıdan kaynaklanan operasyonel karmaşıklık başlıca zayıflıklar olarak belirlenmiştir. Türkiye dâhil gelişmekte olan ülkelerde bu yaklaşımın uygulanabilirliği henüz yeterince değerlendirilmemiştir (Öztaş Karlı ve Karlı, 2026). Çalışma iklim uyumunu doğrudan ele almaz. Buna rağmen PMKM modelinin daha esnek dağıtım güzergâhları ve küçük araçlarla çalışma olanağı sunması, aşırı hava olayları karşısında ağın toparlanma kapasitesini artırabilir. Merkezî bir dağıtım merkezinin taşkın ya da erişim kesintisi nedeniyle devre dışı kalması durumunda dağıtık mikro merkezler yedeklilik sağlayarak tüm ağın işlevini kaybetmesini önleyebilir. Avrupa Birliğinin GREEN-LOG programı da sıfır emisyonlu son kilometre dağıtımı için kent platformları ile paydaş iş birliğini temel alan benzer modelleri desteklemektedir (Avrupa Komisyonu, 2024).

Elektrikli kargo bisikletleri İstanbul açısından uygulama karşılığı bulunan bir başka seçenektir. Yerli girişim ULAK'ın 2018 yılında geliştirdiği elektrikli kargo bisikletinin o dönemde 50 kilograma kadar yük taşıyabildiği ve pedal desteğiyle 80 kilometre menzile ulaşabildiği bildirilmiştir (Webrazzi, 2018). Güncel ULAK modelinin teknik özellikleri bağımsız olarak doğrulanmamıştır. Kargo bisikletleri karbon ayak izini azaltabilir ve dar ya da yoğun trafikli sokaklarda daha esnek hareket edebilir. Sürücüyü aşırı sıcak ve diğer olumsuz hava koşullarına doğrudan maruz bırakmaları ise 3.4'te ele alınan risklerle yakın ilişki kurar. İtalya'nın Faenza kentinde yürütülen bir çalışma, kargo bisikletine

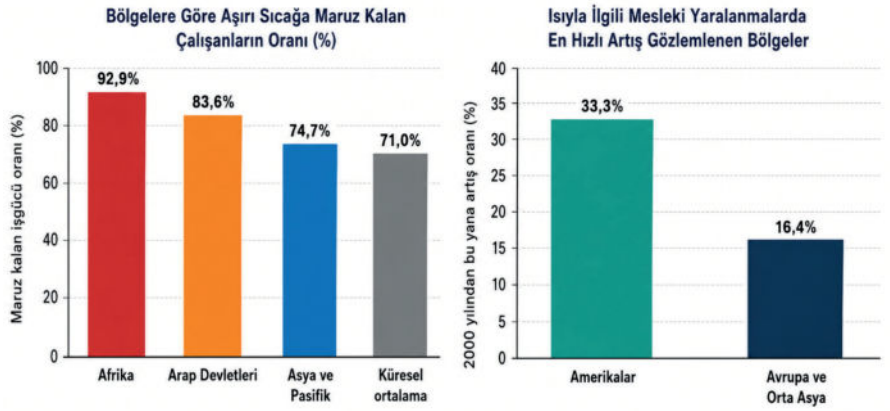
yerleştirilen düşük maliyetli çevresel sensörlerle bu ilişkiyi incelemiştir. Kirlilik yoğunluğunun sıcaklık ve nem gibi değişkenlerle ilişkili olduğu görülmüş, elde edilen verilerin güzergâh seçimini teslimat süresinin yanında kirletici maruziyetine göre de yapmaya olanak verebileceği değerlendirilmiştir (Cameli vd., 2025). Aracın "yeşil" olması sürücünün iklim ve çevre risklerinden kendiliğinden korunduğu anlamına gelmez. Maruziyetin ayrıca ölçülmesi ve rota kararlarına katılması gerekir.

Rota ve zaman esnekliği düşük maliyetli ve hızlı uygulanabilir bir başka uyum aracıdır. Uluslararası çalışmalar, hava koşullarına duyarlı (weather-aware) rota optimizasyonunun gecikme cezalarını belirgin biçimde azaltabildiğini ve olumsuz hava koşullarında seyahat sürelerinin %40–50 artabildiğini göstermektedir (Touloumidis vd., 2025). Türkiye'de valilikler olumsuz hava koşullarında motokuryelerin trafiğe çıkmasını geçici olarak yasaklayabilmektedir. Bu kararlara uyma yükümlülüğü, 2025 yılında Karayolu Taşıma Yönetmeliği'nde yapılan değişiklikle kurye işletmecileri açısından açık biçimde düzenlenmiştir (Aykaç, 2026). Böylece rota ve zaman esnekliği operasyonel bir uygulamanın yanında düzenleyici bir araç niteliği de kazanmıştır. Kararların ne ölçüde önceden ve bölgesel düzeyde, örneğin yalnızca riskli ilçe veya mahallelerde, uygulanabildiği ise literatürde henüz ayrıntılı biçimde incelenmemiştir.

3.4 Kurye ve Teslimat Çalışanlarında Isı Stresi

3.4.1. Küresel Bağlam

Son kilometre taşımacılık ağının direnci altyapı ve taşıma ekipmanı kadar bu ağı işleten çalışanlar açısından da değerlendirilmelidir. Küresel göstergeler ciddi bir riske işaret eder. Kapsamlı bir rapora göre dünya genelinde yaklaşık 2,41 milyar çalışan, yani küresel işgücünün %71'i, çalışma sırasında aşırı sıcağa maruz kalmaktadır. Bu maruziyetin yılda yaklaşık 22,85 milyon iş kazası, 18.970 ölüm ve 2,09 milyon engelliliğe ayarlanmış yaşam yılı (DALY) kaybıyla ilişkili olduğu tahmin edilmektedir (Uluslararası Çalışma Örgütü [ILO], 2024). Maruziyetin en yüksek olduğu bölgeler Afrika, Arap Devletleri ile Asya ve Pasifik'tir. Buna karşılık 2000 yılından bu yana ısıyla ilişkili iş kazalarının en hızlı arttığı bölgeler Amerika kıtaları (%33,3) ile Avrupa ve Orta Asya'dır (%16,4). Bu eğilim, aşırı sıcağın ılıman bölgelerde de hızla büyüyen bir mesleki risk olduğunu gösterir (Azzi vd., 2024). Sorunun güncelliği, 4.3'te ele alınan iki yeni uluslararası politika gelişmesiyle de pekişmektedir. Bölgesel maruziyet oranları ve eğilimler Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 4. Küresel Ölçekte Aşırı Sıcağa Maruziyet ve Eğilimler

Kaynak: Azzi vd. (Ed.) (2024), Uluslararası Çalışma Örgütü (2024).

3.4.2. Türkiye ve İstanbul'da Kurye Sağlığı

Yakın tarihli uluslararası bir sistematik derleme 32 makaleyi ve 38.682 son kilometre çalışanını kapsamıştır. Çalışma, ekonomik güvencesizlik, algoritmik yönetim ve zaman baskısı ile psikososyal sorunlar arasında ilişki bulunduğunu ve motorlu iki tekerlekli araç kullananların bisiklet ve hafif araç kullananlara göre daha yüksek kaza riski taşıdığını bildirmiştir (Useche vd., 2025). Isı stresi bu genel risk görünümünün ayrı bir boyutunu oluşturur. İstanbul'da 20 motokuryeyle yürütülen saha araştırması maruziyetin ölçeğini somutlaştırmaktadır. Katılımcıların %84'ü haftada 67 saat veya daha fazla, %31'i haftanın yedi günü çalışmıştır. Esnaf statüsündeki kuryelerin tamamı ücretli izinden yoksun, %61'i sosyal güvencesizdir. Ücretler kıdemden bağımsız olarak teslim edilen paket sayısına göre belirlenmiştir (Yertüm ve Balcı, 2023). Uzun süre açık havada kalmak ve parça başı ücret sistemi, platform çalışanlarının ısı stresine maruziyetini artırır. Algoritmik yönetim ve gelir kaybı kaygısı nedeniyle mola vermek ya da gölgeli güzergâh seçmek gibi kişisel korunma önlemlerini uygulamak bu çalışanlar için daha güçtür.

Algoritmik yönetim, platform ekonomisinin yapısından kaynaklanan risklerden biridir. Sürekli izleme, puanlama sistemleri ve algoritmik görev dağıtımı çalışanları daha hızlı teslimata yönlendirirken sağlık risklerini geri plana itebilir. Mevcut sistemler çoğunlukla verimlilik odaklıdır ve sıcak stresi gibi riskleri rota veya görev planlamasına katmaz. Tayvan'ın Kaohsiung kentinde 40 kuryeyi gerçek zamanlı izleyen ampirik bir araştırma, teşvik baskısının hız aşımı, sert fren ve ani hızlanma gibi riskli davranışları artırdığını göstermiştir. Isı stresi de hızla ilişkili risk almayı daha da güçlendirmiştir. Bulgular, teşvik baskısı

ile sıcak stresinin sürücü güvenliği üzerindeki olumsuz etkilerinin birbirini beslediğine işaret etmektedir (Hsu, 2025). Avrupa Birliğinin 2024/2831 sayılı Direktifi, dijital platformlara otomatik izleme ve karar sistemlerinden kaynaklanan güvenlik ve sağlık risklerini değerlendirme ve gerekli önleyici tedbirleri alma yükümlülüğü getirir. Bu kapsam psikososyal ve ergonomik riskleri de içerir. Direktif, çalışanların fiziksel veya ruhsal sağlığını tehlikeye atan ya da çalışan üzerinde gereksiz baskı oluşturan otomatik sistemlerin kullanımını açıkça yasaklamaktadır (Aykaç, 2026).

3.4.3. Mevzuat ve Denetim

Türkiye'de aşırı sıcakların çalışan sağlığı ve güvenliği üzerindeki etkileri giderek daha önemli bir düzenleme ve denetim sorunu olarak ortaya çıkmaktadır. Mevcut iş sağlığı ve güvenliği mevzuatında aşırı sıcak veya diğer aşırı hava olaylarında uygulanacak sıcaklık eşikleri, zorunlu çalışma–dinlenme programları ve sektöre özgü koruyucu tedbirler açık biçimde tanımlanmamıştır. Bu nedenle, aşırı sıcakların 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamındaki risk değerlendirme ve önleme yükümlülüklerine açık biçimde entegre edilmesi, WBGT temelli çalışma–dinlenme düzenlemelerinin geliştirilmesi ve iş teftişlerinin iklim değişikliğine bağlı yeni mesleki riskleri kapsayacak şekilde güçlendirilmesi önerilmektedir (Genç et al., 2026). Türkiye'de inşaat sektörüne ilişkin daha önceki bulgular da iş kazalarının yaz aylarında yoğunlaşabildiğine ve sıcak hava koşulları ile uzun çalışma sürelerinin bu örüntüye katkıda bulunabileceğine işaret etmektedir (Ercan, 2010). Uluslararası epidemiyolojik kanıtlar bu ilişkiyi daha güçlü biçimde desteklemekte; aşırı sıcaklıkların iş kazası riskini artırdığı ve özellikle tarım, inşaat ve diğer fiziksel olarak yoğun işlerde çalışanların daha yüksek risk altında bulunduğu gösterilmektedir (Spector et al., 2019; Fatima et al., 2021). Fatima et al. (2021) tarafından gerçekleştirilen sistematik derleme ve meta-analizde, referans sıcaklığın üzerindeki her 1°C artışın mesleki yaralanma riskinde yaklaşık %1 artışla, sıcak hava dalgalarının ise toplam yaralanma riskinde yaklaşık %17,4 artışla ilişkili olduğu bulunmuştur. Bu bulgular, açık havada çalışanlar ve çalışma koşullarını doğrudan kontrol etme olanağı sınırlı olan çalışan grupları açısından yalnızca genel işveren yükümlülüklerinin yeterli olmayabileceğini; ölçülebilir sıcaklık kriterlerine, çalışma–dinlenme programlarına, gölgeleme ve soğutma önlemlerine ve bunların uygulanmasını güvence altına alan etkin denetim mekanizmalarına ihtiyaç bulunduğunu göstermektedir (Genç et al., 2026; Fatima et al., 2021). Motokuryelik gibi açık havada yürütülen işlerde bu önlemlerin fiilen uygulanmasını sağlayacak denetim mekanizması ise yeterince gelişmiş değildir.

Mevzuatta son dönemde önemli adımlar atılmıştır. Mayıs 2025'te Karayolu Taşıma Yönetmeliği'nde yapılan değişiklikle kurye işletmeciliği "P" türü yetki belgesine bağlanmıştır. Kurye işletmecileri, motosiklet kullananlar için reflektif yelek, kask, koruyucu gözlük ve eldiven dâhil olmak üzere mevzuata uygun koruyucu ekipmanı sağlamak ve kullanımını izlemekle yükümlü tutulmuştur. Yükümlülüğe uymayanlar için idari yaptırım öngörülmüştür. Aynı düzenleme, esnaf-kurye modeliyle bağımsız çalışan motokuryelerin günlük ve haftalık çalışma sürelerinin platform şirketleri tarafından elektronik ortamda izlenmesini, kaydedilmesini ve iki yıl saklanmasını zorunlu kılar. Kurye işletmecilerinin belirli bir teslimat süresi taahhüt etmeden makul sürede teslimat yapması da hükme bağlanmıştır. Bu düzenleme, çalışanların gerçekçi olmayan kısa teslimat süreleri nedeniyle baskı altında kalmasını azaltmayı amaçlar (Aykaç, 2026). Koruyucu hükümler ısı stresine özgü açık bir süre sınırı veya mola zorunluluğu getirmemektedir. Bu alan genel İSG mevzuatındaki 31°C ve 33°C eşiklerine bırakılmıştır.

3.4.4. Karşılaştırmalı Uygulamalar

Karşılaştırmalı hukuk Türkiye açısından uygulanabilir örnekler sunar. İspanya'nın 2021 tarihli "Kurye Yasası", teslimat platformlarında çalışanlar için işçilik karinesi getirmiş ve bu çalışanları İş Risklerinin Önlenmesi Kanunu kapsamına almıştır. İtalya'da 2018 tarihli Bologna Bildirgesi olağanüstü hava koşullarında işi reddetme hakkını tanımış, daha sonra ulusal düzeyde kabul edilen Kurye Kararnamesi'ne (Riders Decree, 101/2019) esin kaynağı olmuştur. Milano'da 240 kuryeyle yürütülen bağımsız saha araştırması, katılımcıların %44'ünün haftanın yedi günü ve %23'ünün günde sekiz saatten fazla çalıştığını, işgücünün %83'ünün AB dışı kökenli göçmenlerden oluştuğunu göstermiştir (Boniardi vd., 2024). Güney Kore'de 2020 yılında İSG Kanunu'na eklenen hüküm, platformlara motosikletli kuryeler için doğrudan önlem alma yükümlülüğü getirmiştir. Bir toplu iş sözleşmesinde kötü hava koşullarında teslimatların askıya alınması da düzenlenmiştir. Çin'de yerel yönetimler teslimat çalışanlarına park, şarj, su ve tuvalet olanağı sağlayan ücretsiz "dinlenme istasyonları" kurmuştur. Bu istasyonlar yaz aylarında gölgede mola vermeyi mümkün kılan somut bir kentsel uyum örneğidir (Aykaç, 2026).

Bu örnekler, ısı stresi ve olumsuz hava koşullarına karşı korumanın genel eşik değerleriyle sınırlı kalmaması gerektiğini gösterir. Sektöre özgü, çalışma hakkını temel alan düzenlemeler ile dinlenme istasyonları gibi fiziksel altyapı çözümleri korumayı güçlendirebilir. İstanbul'da algoritmik rota planlamasının en kısa güzergâhın yanında gölgeli yolları, düşük trafik yoğunluklu güzergâhları ve dinlenme noktalarını da dikkate alacak biçimde tasarlanması düşük maliyetli bir müdahale alanı sunar. Böyle bir düzenleme operasyonel direnci ve kurye

sağlığını birlikte destekleyebilir (Aykaç, 2026). Bu yaklaşım, 193 sayılı Sözleşme'nin algoritmik yönetimi çalışan güvenliği ve sağlığı açısından ele alan hükümleriyle uyumludur (ILO, 2026b). Çin'deki dinlenme istasyonu modelinin İstanbul'un yoğun teslimat koridorlarında pilot olarak uygulanması da görece düşük maliyetle kısa sürede hayata geçirilebilecek bir seçenek olarak değerlendirilebilir.

4. Tartışma: Bütüncül Bir İklim Uyum Çerçevesine Doğru

4.1 Üç Literatürün Kesişmeyen Sınırları

Bu bölümde incelenen ağ direnci, operasyonel uyum ve kurye sağlığı literatürde büyük ölçüde birbirinden bağımsız ele alınır. Uluslararası ulaştırma ve lojistik çalışmaları aşırı hava olaylarının altyapı ve işletme maliyetleri üzerindeki etkilerini ayrıntılı biçimde nicelleştirmiş ve beş kategorili bir politika yol haritası önermiştir (Touloumidis vd., 2025). İşgücü sağlığı bu çerçevede neredeyse hiç yer almaz. Platform çalışması ve İSG literatürü ise kurye sağlığı risklerini ayrıntılı biçimde ele alır ve karşılaştırmalı hukuktan çok sayıda örnek sunar (Aykaç, 2026). Bu çalışmalar ağ tasarımı ile altyapı direnci arasında doğrudan bağ kurmaz. İstanbul'daki PMKM ve elektrikli kargo bisikleti gibi uygulamalar da daha çok verimlilik ve emisyon azaltımı açısından tartışılır. İklim direnci ve çalışan sağlığıyla kurulan bağlantı sınırlıdır (Öztaş Karlı ve Karlı, 2026).

Tedarik zinciri yönetiminin temel referanslarından Christopher ve Peck'in (2004) tanımı, direnci bir sistemin, başka bir deyişle örgütün veya ağın, bozulmanın ardından önceki durumuna dönme kapasitesi üzerinden açıklar. Bu görece dar çerçevede ağı fiilen işleten bireysel çalışanın fiziksel dayanıklılığı, maruziyet süresi ve toparlanma kapasitesi ayrı bir analiz birimi olarak yer almaz. Bu sınırlılık tedarik zinciri yönetimi literatürüne özgüdür. Komşu bir alan olan direnç mühendisliği, beklenmedik koşullara uyum sağlama kapasitesini incelerken insan operatörü ve operatörün sürekli yaptığı yaklaşık ayarlamaları sosyoteknik sistemin merkezine yerleştirir (Hollnagel, Woods ve Leveson, 2006). Kurye sağlığının son kilometre direnci tartışmalarının dışında kalması bu nedenle tek bir direnç kavramsallaştırmasının zorunlu sonucu olarak görülmemelidir. Daha çok tedarik zinciri yönetimi ile direnç mühendisliği literatürleri arasındaki sınırlı etkileşimi yansıtır.

4.2 Operasyonel Kör Noktalar

Bu parçalı yapı uygulamada somut bir kör nokta oluşturur. İklim uyumu amacıyla tasarlanan ve daha sık fakat daha küçük hacimli teslimatlara dayanan bir mikro konsolidasyon modeli, kurye başına günlük teslimat sayısını artırırsa

açık havada geçirilen süreyi de uzatabilir. Böyle bir durumda iklim riskine maruziyet azalmak yerine artar. Hız ve teslimat yoğunluğu için optimize edilen algoritmik bir rota sistemi de aşırı sıcak günlerde en güvenli güzergâhı dikkate almadığında "yeşil" dağıtım modelinin insan boyutundaki sürdürülebilirliğini zayıflatabilir. Sürdürülebilirliğin çevresel göstergeleri kadar çalışan iyilik hâliyle ilgili sosyal boyutu da vardır. UCC literatürünü inceleyen derlemeler, sürdürülebilirlik etkilerinin çoğunlukla çevresel ve operasyonel performans ölçütleri üzerinden değerlendirildiğini, işgücüne ilişkin göstergelerin ise büyük ölçüde göz ardı edildiğini göstermektedir (Gillström ve Björklund, 2024). Aynı boşluk küresel literatürde de görülür. İstanbul örneği bunu somutlaştırır. İlişki iki yönlüdür. İyi tasarlanmış bir optimizasyon sistemi rota süresini ve dolayısıyla açık havada geçirilen toplam zamanı azaltarak maruziyeti düşürebilir. Belirleyici nokta, hedef fonksiyonuna hız ve teslimat yoğunluğunun yanında maruziyet süresinin de açık biçimde eklenmesidir.

4.3 Uluslararası Politika Alanındaki Yakınsama

Son bir yılda uluslararası politika alanında bu bölümün savunduğu bütüncül yaklaşımla uyumlu iki önemli gelişme yaşanmıştır. Nisan 2026'da ILO bünyesinde bir araya gelen hükümet, işveren ve işçi temsilcilerinden oluşan uzman grubu, aşırı hava olayları ve değişen hava örüntülerinde iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin ilk küresel mutabakat metnini kabul etmiştir. Metin, ulusal maruziyet eşikleri ile sınırlarının belirlenmesini, iş kazası tazminat mekanizmalarının güçlendirilmesini ve İSG'nin önleme politikalarına dâhil edilmesini önermektedir (ILO, 2026a). İkinci gelişme, 12 Haziran 2026'da Cenevre'de sona eren 114. Uluslararası Çalışma Konferansı'nda Platform Ekonomisinde İnsana Yakışır İş Sözleşmesi'nin (193 sayılı Sözleşme) kabul edilmesidir. Sözleşme platform ekonomisine özgü ilk uluslararası çalışma standardıdır ve istihdam statüsünden bağımsız olarak tüm dijital emek platformlarını ve platform çalışanlarını kapsar. Örgütlenme özgürlüğü, toplu pazarlık, ayrımcılık yasağı ve güvenli ve sağlıklı çalışma koşulları gibi temel hakların yanında algoritmik yönetim uygulamalarını da doğrudan düzenler (ILO, 2026b). Bu iki gelişme, önerilen üç aşamalı modelin teorik tartışmanın ötesine geçerek küresel kurumsal gündemin parçası hâline geldiğine işaret eder. Türkiye'nin 2025 yılında kurye kayıtları ve ekipman yükümlülükleri konusunda attığı adımlar da aynı zaman çizgisine denk gelmektedir. Sözleşme ancak onaylandığında bağlayıcı olacaktır. Mevcut ulusal düzenlemeler de ILO'nun önerdiği maruziyet eşiği ve tazminat mekanizması unsurlarını henüz açık biçimde içermemektedir. Türkiye mevzuatının gelişen bu küresel çerçeveyle daha sistematik biçimde ilişkilendirilmesi önümüzdeki dönem için önemli bir politika alanı yaratabilir.

4.4 Kurumsal Parçalanmışlık: Üç Ayrı Yönetişim Silosu

Literatürdeki parçalanmışlık kurumsal yönetişim düzeyinde de görülür. İstanbul'da iklim riski değerlendirmesi ve altyapı uyumu büyük ölçüde İBB Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığının sorumluluğundadır (İBB, 2023). Kurye kaydı, ekipman ve çalışma süresi kuralları, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ile Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunun yetki alanındaki Karayolu Taşıma Yönetmeliği ve Posta Sektörüne İlişkin Yetkilendirme Yönetmeliği üzerinden yürütülür (Aykaç, 2026). Genel ısı stresi eşikleri ise Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığına bağlı İSG mevzuatının konusudur (Gazete Kamu, 2026). Üç ayrı sorumluluk alanının farklı düzenleyici çerçeveler altında işlemesi, literatürde görülen kavramsal ve ampirik parçalanmayı kurumsal düzeyde yeniden üretme riski taşır. Bu çıkarım doğrudan bir koordinasyon aksaklığı vakasına değil, kurumsal yapının kendisine dayanmaktadır ve doğrulanması gereken bir varsayım olarak ele alınmalıdır. Önerilen bütüncül çerçevenin uygulanması, araştırmanın yanında bu üç kurumsal alan arasındaki eşgüdümü güçlendirecek bir mekanizmadan da yarar sağlayabilir.

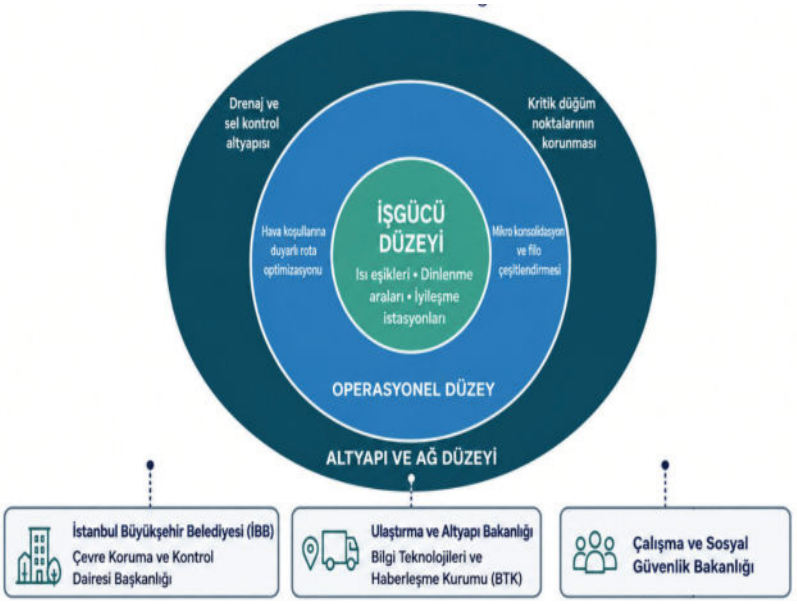
4.5 Veri ve İzleme Boşluğu

Bir başka kör nokta veri ve izleme düzeyindedir. Uluslararası literatürde taşkın risk haritalama, coğrafi bilgi sistemi (CBS) tabanlı hasar tahmini ve trafik simülasyonu gibi yöntemler oldukça gelişmiştir (Touloumidis vd., 2025). İBB'nin SECAP çalışması da InVEST tabanlı taşkın kırılganlık ve kentsel ısı adası haritaları üretmiştir (İBB, 2023). Buna karşılık bu haritaları İstanbul'daki kurye ve dağıtım rotalarıyla eşleştirerek hangi mahallede, hangi saatte ve hangi hava koşulunda kurye maruziyetinin en yüksek olduğunu gösteren bütünleşik bir veri setine veya çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu boşluk hem akademik hem uygulamalı açıdan görece düşük maliyetle ele alınabilir. Gerekli iki temel veri katmanı, taşkın ve ısı adası haritaları ile kurye rotaları, büyük ölçüde zaten mevcuttur. Eksik olan bu katmanların bütünleştirilmesidir.

4.6 Bütüncül Çerçeveye Doğru

Bütüncül bir iklim uyum çerçevesi üç düzeyi birlikte ele almalıdır. İlk düzey altyapı ve ağ direncidir. Drenaj, alternatif güzergâh planlaması ve kritik düğüm noktalarının korunması bu düzeyin temel unsurlarıdır. İkinci düzey operasyonel uyumdur. Hava koşullarına duyarlı rota optimizasyonu, mikro konsolidasyon ve araç filosunun çeşitlendirilmesi bu gruba girer. Üçüncü düzey işgücünün korunmasıdır. Isı stresi eşiklerinin sektöre özgü uygulanması, çalışma süresi sınırları, olumsuz hava koşullarında işi reddetme hakkı ve dinlenme istasyonları gibi fiziksel destekler bu düzeyde yer alır. Üç katmanlı yapı ile İstanbul'daki karşılık gelen kurumsal sorumluluk alanları Şekil 5'te birlikte gösterilmektedir.

Ortak bir izleme çerçevesi, örneğin kurye başına iklim maruziyeti gibi paylaşılan bir gösterge, literatürdeki kavramsal parçalanma ile İstanbul'daki kurumsal parçalanmayı aynı anda ele almak için başlangıç noktası oluşturabilir. Yüksek e-ticaret hacmi ve artan iklim riski, İstanbul'u üç boyutu birlikte sınayan pilot uygulamalar açısından uygun bir saha hâline getirmektedir.



Şekil 5. Son Kilometre Lojistiğinde Bütüncül İklim Uyum Çerçevesi (İstanbul Örneği)

5. Sonuç ve Öneriler

Bu bölüm, İstanbul özelinde son kilometre lojistiğinin iklim uyumunu ağ direnci, operasyonel uygulamalar ve kurye sağlığı üzerinden incelemiştir. Literatür, aşırı hava olaylarının lojistik sistemler üzerindeki etkilerinin uluslararası düzeyde nicel olarak iyi belgelendiğini gösterir. İşgücü sağlığı ise bu bulgularla nadiren birlikte ele alınmaktadır. Türkiye'de kurye İSG'sine ilişkin düzenlemeler, özellikle 2025 tarihli Karayolu Taşıma Yönetmeliği değişiklikleriyle hızla gelişmiştir. Mevcut düzenlemeler iklim ve ısı stresi boyutunu henüz açık biçimde kapsamamaktadır.

Bulgular altı uygulama alanına işaret etmektedir. Birincisi, genel 31°C ve 33°C ısı indeksi eşikleri motokurye ve bisikletli kurye faaliyetlerine özgü güzergâh ve mola planlamasıyla somutlaştırılmalıdır. Bu alanda başlıca sorumlular Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı ile kurye işletmecileridir. İkincisi, rota optimizasyon algoritmaları teslimat süresinin yanında gölge,

sıcaklık ve dinlenme noktası verilerini de dikkate almalıdır. Bu görev öncelikle platform şirketlerine düşer. Üçüncüsü, mikro konsolidasyon merkezleri ve elektrikli kargo bisikletleri yaygınlaştırılırken kurye başına iş yükü ile maruziyet süresi performans göstergesi olarak izlenmelidir. Kurye işletmecileri ile Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu bu alanda rol üstlenebilir. Dördüncüsü, Çin örneğine benzer biçimde yoğun teslimat koridorlarında gölge ve su sağlayan düşük maliyetli dinlenme noktaları pilot olarak kurulabilir. İBB ve ilçe belediyeleri bu uygulamayı yürütebilir. Beşincisi, valiliklerin olumsuz hava koşullarında uyguladığı trafik kısıtlamaları İBB'nin taşkın erken uyarı sistemleriyle ilişkilendirilerek daha dinamik ve coğrafi olarak hedefli hâle getirilebilir. İstanbul Valiliği ile İBB bu alanda birlikte çalışabilir. Altıncısı, İBB, ilgili bakanlıklar ve meslek örgütlerini bir araya getiren bir eşgüdüm mekanizması ILO'nun 2026 tarihli küresel çerçevesi dikkate alınarak kurulabilir. Bu kurumsal eşleştirmeler mevcut yetki dağılımına dayanan ön önerilerdir ve uygulama öncesinde ilgili kurumlarla doğrulanmalıdır.

Gelecek araştırmalar, İstanbul'daki kurye ve dağıtım işletmecilerini kapsayan saha çalışmalarıyla burada önerilen kavramsal çerçeveyi ampirik olarak sınayabilir. Özellikle taşkın ve sıcaklık risk haritalarını kurye rota ve maruziyet verileriyle birleştiren CBS tabanlı çalışmalar, literatürde belirlenen önemli bir boşluğu doldurabilir.

Kaynakça

Allen, J., Browne, M., Woodburn, A. ve Leonardi, J. (2014). A review of urban consolidation centres in the supply chain based on a case study approach. Supply Chain Forum: An International Journal, 15(4), 100–112.

Avrupa Komisyonu. (2024). GREEN-LOG: Cooperative and interconnected green delivery solutions towards an era of optimized zero emission last-mile logistics. Periodic reporting for period 1. CORDIS. https://cordis.europa.eu/project/id/101069892/reporting/de

Aykaç, H. B. (2026). Hukuki yönüyle platform çalışmalarında iş sağlığı ve güvenliği: Riskler ve çözüm önerileri. Çalışma ve Toplum, 1(88), 205–248. https://doi.org/10.54752/ct.1761600

Azzi, M., Flouris, A., Graczyk, H., Nafradi, B. ve Scott, N. (Ed.). (2024). Heat at work: Implications for safety and health. A global review of the science, policy and practice. International Labour Organization.

Bag, S., Rahman, M. S. ve Chiarini, A. (2025). Building sustainable supply chain resilience: Insights from a mixed-method study. Business Strategy and the Environment, 34(2), 2103–2127. https://doi.org/10.1002/bse.4071

Boniardi, L., Campo, L., Prudenzi, S., Fasano, L., Natale, P., Consonni, D., Carugno, M., Pesatori, A. C. ve Fustinoni, S. (2024). Occupational safety and health of riders working for digital food delivery platforms in the city of Milan, Italy. La Medicina del Lavoro, 115(5), Article e2024035. https://doi.org/10.23749/mdl.v115i5.16278

Bosona, T. (2020). Urban freight last mile logistics—Challenges and opportunities to improve sustainability: A literature review. *Sustainability, 12*(21), 8769. https://doi.org/10.3390/su12218769

Cameli, L., Pazzini, M., Ceriani, R., Vignali, V., Simone, A. ve Lantieri, C. (2025). Integrating environmental sensing into cargo bikes for pollution-aware logistics in last-mile deliveries. Sensors, 25(15), Article 4874. https://doi.org/10.3390/s25154874

Christopher, M. ve Peck, H. (2004). Building the resilient supply chain. The International Journal of Logistics Management, 15(2), 1–14.

Ercan, A. (2010). Türkiye'de yapı sektöründe işçi sağlığı ve güvenliğinin değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi, 13*(1), 49–53.

Escursell, S., Llorach-Massana, P., & Roncero, M. B. (2021). Sustainability in e-commerce packaging: A review. Journal of Cleaner Production, 280, 124314. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124314.

Fatima, S. H., Rothmore, P., Giles, L. C., Varghese, B. M., & Bi, P. (2021). Extreme heat and occupational injuries in different climate zones: A systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence. *Environment International, 148*, 106384. https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106384

Ferreira, J. C. ve Esperança, M. (2025). Enhancing sustainable last-mile delivery: The impact of electric vehicles and AI optimization on urban logistics. World Electric Vehicle Journal, 16(5), Article 242. https://doi.org/10.3390/wevj16050242

Genç, S., Çakmakcı Karakaya, S., Olcay, S. S., Kadıoğlu, M., & Dinç Ütükler, İ. C. (2026). Working in extreme heat, an invisible occupational risk: Legislation, risk management and policy recommendations for Türkiye: Turkish Thoracic Society workshop report on the regulation of working conditions in extreme heat. *Thoracic Research and Practice, 27*(4), 250–260. https://doi.org/10.4274/ThoracResPract.2026.2026-2-5

Gillström, H. ve Björklund, M. (2024). Assessing the benefits of urban consolidation centres: An overview based on a systematic literature review. Transport Reviews, 44(5), 972–991. https://doi.org/10.1080/01441647.2024.2348639

Gonzalez, J. N., Garrido, L. ve Vassallo, J. M. (2023). Exploring stakeholders' perspectives to improve the sustainability of last mile logistics for e-commerce in urban areas. Research in Transportation Business & Management, 49, Article 101005.

Güler, H., & Erlat, E. (2025). Spatio-temporal changes in daily extreme precipitation in Turkey. *International Journal of Climatology, 45*(13), e70048.

Hollnagel, E., Woods, D. D. ve Leveson, N. (Ed.). (2006). Resilience engineering: Concepts and precepts. Ashgate.

Hsu, C.-K. (2025). Burning gig, rewarding risk: Effects of dual exposure to incentive structure and heat condition on risky driving among on-demand food-delivery motorcyclists in Kaohsiung, Taiwan. Accident Analysis & Prevention, 210, Article 107841. https://doi.org/10.1016/j.aap.2024.107841

İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2023). İstanbul Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı (SECAP). İBB Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı. https://cevre.ibb.istanbul/wp-content/uploads/2024/03/SECAP-TR-1.pdf

Mutambik, I. (2025). Foresight for sustainable last-mile delivery: A Delphi-based scenario study for smart cities in 2030. Sustainability, 17(15), Article 6660. https://doi.org/10.3390/su17156660

Olsson, J., Hellström, D., & Pålsson, H. (2019). Framework of last mile logistics research: A systematic review of the literature. *Sustainability, 11*(24), 7131. https://doi.org/10.3390/su11247131

Öztaş Karlı, R. G. ve Karlı, H. (2026). Kentsel lojistikte paylaşımlı mikro konsolidasyon merkezleri: İstanbul örneğinde SWOT-TOWS analizi. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, e-ticaret lojistiği, 46-64. https://doi.org/10.51290/dpusbe.1815201

Plazier, P., Rauws, W., Neef, R. ve Buijs, P. (2024). Towards sustainable last-mile logistics? Investigating the role of cooperation, regulation, and innovation

in scenarios for 2035. Research in Transportation Business and Management, 56, Article 101198. https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2024.101198

Ranieri, L., Digiesi, S., Silvestri, B., & Roccotelli, M. (2018). A review of last mile logistics innovations in an externalities cost reduction vision. *Sustainability, 10*(3), 782. https://doi.org/10.3390/su10030782.

Shi, Y., Shen, Y., Bai, O. ve Xu, L. (2026). Multi-scenario flooding impacts on urban road network structural resilience: A global-local complex network analysis. Humanities and Social Sciences Communications, 13, Article 1042. https://doi.org/10.1057/s41599-026-07363-0

Spector, J. T., Masuda, Y. J., Wolff, N. H., Calkins, M., & Seixas, N. (2019). Heat exposure and occupational injuries: Review of the literature and implications. *Current Environmental Health Reports, 6*(4), 286–296. https://doi.org/10.1007/s40572-019-00250-8

Şen, K., & Aksu, H. (2021). İstanbul İçin Standart Süreli Gözlenen En Büyük Yağışların Eğilimleri. *Teknik Dergi, 32*(1), 10495–10514. https://doi.org/10.18400/tekderg.647558

T.C. Ticaret Bakanlığı. (2026). *Türkiye'de e-ticaretin görünümü raporu 2025*. İç Ticaret Genel Müdürlüğü. https://icticaret.ticaret.gov.tr/haberler/turkiyede-e-ticaretin-gorunumu-raporu-2025-yayinlandi

Tatli, H., & Serkendiz, H. (2025). Heatwave dynamics in Türkiye: A long-term spatiotemporal analysis of frequency, duration, and intensity (1970–2022). Environmental Monitoring and Assessment. https://doi.org/10.1007/s10661-025-14246-5 PubMed

Toniolo, S., Russo, I., Ren, J., & Moktadir, M. A. (2025). Decarbonizing last-mile logistics: A life cycle and just transition perspective. *Sustainable Production and Consumption, 61*(2005), 305–322. https://doi.org/10.1016/j.spc.2025.11.006

Touloumidis, D., Madas, M., Zeimpekis, V. ve Ayfantopoulou, G. (2025). Weather-related disruptions in transportation and logistics: A systematic literature review and a policy implementation roadmap. Logistics, 9(1), Article 32. https://doi.org/10.3390/logistics9010032

Tugrul, T., Oruc, S., & Gunes, B. (2025). Quantifying future rainfall extremes in Türkiye: A CMIP6 ensemble approach with statistical downscaling. *Acta Geophysica, 73*, 3477–3494.

Uluslararası Çalışma Örgütü. (2024). Ensuring safety and health at work in a changing climate. ILO.

Uluslararası Çalışma Örgütü. (2026a). Occupational safety and health in extreme weather events and changing weather patterns: Report for discussion at the Meeting of Experts. ILO. https://www.ilo.org/sites/default/files/2026-03/MEEWE-2026-EN.pdf

Uluslararası Çalışma Örgütü. (2026b). Platform ekonomisinde insana yakışır iş sözleşmesi (193 sayılı Sözleşme). 114. Uluslararası Çalışma Konferansı, Cenevre. https://www.ilo.org/resource/record-decisions/convention-concerning-decent-work-platform-economy-2026

Useche, S. A., Traficante, S., Llamazares, F. J. ve Marin, C. (2025). The human cost of fast deliveries: A systematic literature review of occupational risks and safety outcomes in last-mile delivery workers. Journal of Transport & Health, 44, Article 102133. https://doi.org/10.1016/j.jth.2025.102133

Webrazzi. (2018, 14 Mayıs). Kişiye özel kurye uygulaması ULAK'ın bir yılda dikkat çeken büyümesi. https://webrazzi.com/2018/05/14/kisiye-ozel-kurye-uygulamasi-ulakin-bir-yilda-dikkat-ceken-buyumesi/

World Economic Forum. (2024). Transforming urban logistics: Sustainable and efficient last-mile delivery in cities. https://reports.weforum.org/docs/WEF_Transforming_Urban_Logistics_2024.pdf

Yertüm, U. ve Balcı, B. (2023). Motor-kurye çalışanlarının çalışma koşullarına yönelik bir araştırma: İstanbul örneği. Journal of Academic Inquiries, 18(2), 328–350. https://doi.org/10.17550/akademikincelemeler.1307683

Zhang, Q. ve Demir, E. (2025). Parcel locker solutions for last mile delivery: A systematic literature review and future research directions. Frontiers in Future Transportation, 6, Article 1654621. https://doi.org/10.3389/ffutr.2025.165462