

ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ALANINDA MODERN YAKLAŞIMLAR

Editör
HASAN BARDAKÇI



BİDGE Yayınları

**ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ALANINDA
MODERN YAKLAŞIMLAR**

Editör: HASAN BARDAKÇI

ISBN: 978-625-372-731-4

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 2025-06-25

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltpe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



ÖNSÖZ

Küresel ölçekte derinleşen ekonomik entegrasyon, lojistik ve uluslararası ticaret alanlarını, sadece geleneksel arz-talep dengeleriyle açıklanamayacak kadar karmaşık ve çok boyutlu bir yapıya dönüştürmüştür. Bu dönüşüm, bir yandan iklim krizi ve doğal afetler gibi çevresel şoklara karşı dirençli ticaret altyapılarını zorunlu kılarken; diğer yandan dijitalleşmenin ve veri temelli karar süreçlerinin yaygınlaştığı yeni bir lojistik paradigmaya zemin hazırlamaktadır.

Elinizdeki bu eser, "*Uluslararası Ticaret ve Lojistik Alanında Modern Yaklaşımlar*" başlığı altında günümüzün öne çıkan dört kritik temasını bilimsel bir çerçevede bir araya getirmektedir. Kitabın ilk bölümü, küresel iklim değişikliğiyle mücadelede geliştirilen politikaların uluslararası ticaret sistematigi üzerindeki etkilerini ele alırken, çevre duyarlılığının sadece bir etik mesele değil, aynı zamanda bir rekabet unsuru haline geldiğine dikkat çekmektedir.

İkinci bölümde, kargo sektörüne odaklanılarak hat optimizasyonu ile dinamik fiyatlandırma arasında kurulabilecek bağlar incelenmekte; verimlilik ve esneklik arayışının, klasik taşımacılık modellerini nasıl dönüştürdüğü sorgulanmaktadır. Bu bağlamda, lojistik sektörünün geleceğinde karar destek sistemlerinin ve yapay zekâ tabanlı fiyatlama modellerinin rolü öne çıkmaktadır.

Üçüncü bölümde ise, 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş merkezli depremlerin Türkiye'nin liman ticareti üzerindeki etkileri analiz edilmekte, doğal afetlerin uluslararası ticaret akışlarını nasıl kırılganlaştırdığı ampirik verilerle ortaya konmaktadır. Bu bölüm, kriz yönetimi, altyapı dayanıklılığı ve limanların stratejik konumu açısından önemli çıkarımlar sunmaktadır.

Son bölümde ise, COVID-19 pandemisinin lojistik sektörü üzerindeki etkileri BIST30 endeksindeki lojistik firmaları özelinde değerlendirilmektedir. Pandemi döneminin sektör üzerindeki kısa ve uzun vadeli etkilerinin finansal performans analizleriyle ele alındığı bu çalışma, gelecekteki şoklara karşı daha dayanıklı bir lojistik stratejisi inşa etme ihtiyacına vurgu yapmaktadır.

Bu kitap, akademisyenler, sektörel uygulayıcılar, politika yapıcılar ve yüksek lisans-doktora düzeyindeki araştırmacılar için zengin bir içerik sunmakta; küresel gelişmelerin ticaret ve lojistik üzerindeki çok boyutlu etkilerini anlamaya yönelik güncel ve analitik bir bakış açısı kazandırmayı hedeflemektedir.

Emeği geçen tüm yazarlara, araştırmacılara ve katkı sunanlara teşekkür eder; bu eserin, alan yazınına ve uygulamaya değerli katkılar sunmasını temenni ederim.

Doç. Dr. HASAN BARDAKÇI
HARRAN ÜNİVERSİTESİ

İÇİNDEKİLER

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ POLİTİKALARI VE ULUSLARARASI TİCARET	1
---	---

DERYA DEMİR

KARGO SEKTÖRÜNDE DİNAMİK FİYATLANDIRMA POTANSİYELİNİ AÇIĞA ÇIKARMAK İÇİN ANA HAT OPTİMİZASYONU	36
--	----

GÖKAY BURAK AKKUŞ

DOĞAL AFETLERİN ULUSLARARASI TİCARET ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: 6 ŞUBAT DEPREMLERİNİN TÜRKİYE'NİN LİMAN TİCARETİ ÜZERİNDEKİ YANSIMALARI	81
--	----

ERDEM ATEŞ

COVID-19 PANDEMİSİNİN LOJİSTİK SEKTÖRÜNE YANSIMALARI: BİST30 ENDEKSİNDEKİ LOJİSTİK FİRMALARI ÜZERİNE BİR İNCELEME	107
---	-----

ELİF ÇINAR, HÜSEYİN ALİ KUTLU

BÖLÜM 1

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ POLİTİKALARI VE ULUSLARARASI TİCARET

DERYA DEMİR¹

Giriş

2. Dünya Savaşı sonrası dönemde ülkelerin büyüme oranlarıyla birlikte enerji ve hammadde gereksinimi artmış, bu gereksinim fosil yakıtlarla karşılanmış ve doğanın tahrip edilmesine yol açmıştır. Bu süreç, çevre kirliliği ve nüfus artışı sorunlarını beraberinde getirmiştir. İlk başta çevre sorunlarına yeterince ilgi gösterilmemişken, 1970'lerden sonra ozon tabakasının incilmesi ve diğer çevresel tehditler dikkat çekmeye başlamıştır. İklim değişikliği, insan faaliyetlerinin etkisiyle ortaya çıkan en ciddi çevre sorunu olarak kabul edilmekte ve bunun %95'inin insan kaynaklı olduğu belirtilmektedir (Black & Weisel, 2010: 8). Sanayi Devrimi'nden sonra atmosfere salınan karbondioksit (CO₂) ve diğer sera gazları, kürenin ısınmasını hızlandırmış, bunun sonucunda sıcaklıklar artmış ve iklimsel değişiklikler ortaya çıkmıştır. Bu durum, ekosistemleri, tarım, hayvancılık gibi sektörleri olumsuz etkilemekte ve iklim mülteciliği gibi sosyal sorunlara yol

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Reşadiye Meslek Yüksekokulu, Orcid: 0000-0002-7355-1757

açmaktadır. İklim değişikliğinin hızı, doğal süreçlerden çok daha yüksektir ve bu sebeple sera gazı emisyonlarının azaltılması amacıyla uluslararası işbirliği ve anlaşmalar gerekmektedir. 1992'de kabul edilen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ve Kyoto Protokolü, bu sorunun küresel bir sorun olarak ele alınmasını sağlamayı amaçlamaktadır.

1980'li yıllarda, küresel iklim değişikliği ile insan faaliyetleri sonucu oluşan sera gazı emisyonları arasındaki bağlantılar belirlenmeye başlanmıştır. 1990'larda Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli raporları, uluslararası işbirliğinin önemini vurgulamıştır (İKV, 2021: 9). 1992'deki Rio Konferansı, 178 ülkenin katılımıyla BMİDÇS'ni oluşturmuş; bu sözleşme, insan kaynaklı iklim değişikliğini önlemeyi ve sera gazı azaltım politikaları geliştirmeyi amaçlamıştır (Karagöz, 1998: 2). 1997'de kabul edilmiş olan Kyoto Protokolü, gelişmiş ülkelerin emisyonlarını azaltmalarını hukuki bir çerçeveye oturtmuş ve 2005'te yürürlüğe girmiştir (Kıvılcım, 2013: 42). Ancak, uygulamada ülkeler arasındaki farklılıklar nedeniyle beklenen sonuçlar elde edilememiştir (Genç, 2021: 63). 2015'te imzalanan Paris İklim Anlaşması, küresel ısınmayı 1,5 °C ile sınırlamayı hedeflemiş ve tüm ülkeleri sera gazı azaltım planları geliştirmeye teşvik etmiştir ((Clemençon, 2016: 3). 2019'da ilan edilen Avrupa Yeşil Mutabakatı ise, 2050'ye kadar net sıfır emisyon hedefleyerek, döngüsel ekonomi ve biyoçeşitlilik koruma politikalarını içermektedir (Karataş, 2023: 23).

İklim değişikliğiyle ilgili olarak en son yayınlanan (IPCC, 2022) rapora göre, insan faaliyetlerinin sebep olduğu sera gazı emisyonları nedeniyle meydana gelen küresel ısınma, 3.3-3.6 milyon insanı savunmasız hale getirmektedir. Mevcut emisyon artış hızının devam ettiği takdirde, 2100 yılına kadar gezegenin ortalama sıcaklığının 3°C'ye ulaşması öngörülmektedir. Paris İklim Anlaşması'na taraf olan ülkeler taahhütlerini yerine getirmezlerse küresel ısınmanın 4°C'ye ulaşma olasılığı ise yaklaşık %20

civarındadır. Bu durum, son yıllarda orman yangınları, sel felaketleri ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi olaylara yol açmaktadır. Gerçekleşen doğal olaylar, Paris İklim Anlaşması'nda belirlenen 1.5°C hedefinin ulaşılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu hedefe ulaşmak için özellikle malzeme ve enerji tüketimi yüksek sektörlerden kaynaklanan emisyonların belirli mekanizmalarla kontrol altına alınması gereklidir (Bayer & Aklin, 2020: 8809).

İklim değişikliğiyle mücadele çabalarında öncü rolü bulunan Avrupa Birliği (AB), hem içindeki ülkelerle hem de uluslararası ortaklarıyla iş birliği yaparak geliştirdiği köklü politikalarla bu sorunu ele almaktadır. 2030 yılına kadar emisyonlarını en az %55 azaltmayı ve 2050 yılına kadar iklim açısından nötr olmayı başaran ilk kıta olmayı hedefleyen AB, bu amaca ulaşmak için 2005 yılından beri AB Emisyon Ticaret Sistemi (AB-ETS) uygulamaktadır. AB-ETS, sisteme dahil olan tesislerin sera gazı emisyonlarının bir üst sınır ile kısıtlanmasını ve bu sınır için izin belgeleri üretilmesini içermektedir. Bu üst sınır çerçevesinde, AB-ETS'ye tabi kuruluşlara karbon tahsisatları verilmektedir. Her bir karbon tahsisatı, 1 ton CO₂ salınımı için izin anlamını taşımaktadır. Emisyonları yüksek olan tesisler, emisyonları düşük olan tesislerden izin belgeleri satın alabilmekte ve böylece sisteme dahil olan tesisler arasında karbon emisyonlarının ticareti mümkün olmaktadır. Bu nedenle AB-ETS, "CAP and TRADE" (SINIRLA ve AL SAT) sistemi olarak da adlandırılmaktadır. AB-ETS sayesinde belirli bir zaman diliminde atmosfere salınacak sera gazı miktarına dair kesinlik sağlanmakta ve belirlenen üst sınırın zamanla düşürülmesiyle karbon emisyonlarının kademeli olarak azaltılması mümkün hale gelmektedir (Erkara, 2023: 1).

Yapılan uluslararası anlaşmalar neticesinde küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılması amacıyla ETS ve Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) gibi yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı söz konusu yöntemlerin

uluslararası ticarete etkisinin araştırılmasıdır. Bu çalışmada şu sorulara cevap aranmıştır:

- Küresel iklim değişikliği nasıl ortaya çıktı? Sebepleri neler? Nasıl tanımlanıyor? Etkileri neler?
- Küresel iklim değişikliğine ilişkin dünyada neler yapıldı? Tarihsel süreçte neler oldu? Hangi uluslararası çabalar söz konusu oldu?
- Küresel iklim değişikliğine ilişkin olarak hangi önlemler alınıyor? Hangi yöntemler kullanılıyor? Kullanılan yöntemler arasında ne gibi farklar var? Bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları neler?
- ETS ve SKDM uluslararası ticareti nasıl etkiler?

Çalışmanın sonraki bölümünde küresel iklim değişikliğine ilişkin uluslararası anlaşmalar incelendikten sonra alınan önlemler ve kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Daha sonra ETS ve SKDM, uluslararası ticaret açısından irdelenmiştir.

Küresel İklim Değişikliği

1900'li yılların başından beri, 2. Dünya Savaşı sonrasında daha fazla olmak üzere ülkelerin büyüme oranlarında hızlı yükselme ile beraber enerji ve hammadde gereksinimi artmıştır. Enerji gereksinimi kömür ve petrol gibi fosil yakıt kaynaklarıyla hammadde gereksinimi de doğanın tahrip edilmesi pahasına doğadan karşılanmıştır. Bunların sonucunda nüfusun hızlı artışı, su ve hava kirliliği sorunları ortaya çıkmıştır. Gerek bölge gerekse ülke ölçeğinde ortaya çıkan bu sorunlar, önceleri yeterli ilgiyi görmemiştir. Bu durumda, doğanın serbest mal olduğu, bu sebeple fiyatının olmadığı anlayışı ile teknolojik gelişmelerin çevre sorunlarını ortadan kaldıracağı inancının etkili olduğu söylenebilir. O dönemde çevre sorunlarının küresel boyutta hissedilmemesi de, konuya gerekli ilginin gösterilmeme sebebidir. 1970'li yıllardan

sonra ozon tabakasının delindiğinin ortaya konulması, asit yağmurları, tropikal ormanların ciddi boyutta tahrip olması, endüstri süreçlerinin zararlı etkilerinin ortaya çıkması sonucunda çevre sorunlarına ilgi artmıştır. Ancak, çevresel sorunlar iklim değişikliği kadar gündem olmamıştır. Bölgesel etkileri yanı sıra küresel boyutta da hissedilmesiyle iklim değişikliği, küresel bir kimlik kazanmıştır. Bundan dolayı bu çevre sorunu, insanlığın günümüze kadar karşılaştığı en ciddi sorun olarak görülerek “küresel iklim değişikliği” olarak adlandırılmaktadır (Başoğlu, 2014: 176). İklim değişikliği gözlemlenebilir ve karşılaştırılabilir bir sürede iklimlerde meydana gelen değişiklikler olarak tanımlanabilir (Cesur, 2022: 17). Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli’ne göre, “iklim değişikliği, onlarca yıl veya daha uzun bir süre zarfında iklim özelliklerinin ortalamasındaki ve/veya değişkenliğindeki farklılıklarla istatistiksel olarak ölçülebilen değişiklik” olarak ifade edilmektedir (IPCC, 2013: 14). İklim değişikliği, “iklimin ortalama durumunda ya da onun değişkenliğinde onlarca ya da daha uzun yıllar boyunca süren istatistiksel olarak anlamlı değişimler” olarak da tanımlanabilir (Türkeş, 2008: 27).

Esasen iklim, dünyanın herhangi bir yerinde sıcaklık, nem, yağış, rüzgâr ve hava basıncı gibi meteorolojik koşul ve sonuçların uzun yılları içeren ortalamalarıdır (Türkeş, 2008: 27). Aynı zamanda yavaş gelişen süreçler neticesinde doğal olarak değişebilen, kendiliğinden gelişen dinamik bir yapısı olan bu süreç “iklim değişkenliği” olarak ifade edilmektedir (Duffy, 2008: 545). İklim değişikliği kıyaslanabilir bir zaman diliminde görülen iklimin doğal değişkenliği ile birlikte, atmosferin bileşimini doğudan veya dolaylı biçimde değiştiren insan faaliyetleri sonucunda iklimde ortaya çıkan değişimdir (UNFCCC, 1992: 3). Bu tanımdan yola çıkarak geçmişte iklimde görülen değişimlerin kaynağının doğal faktörler; günümüzde yaşanan değişimlerin kaynağının ise insan (antropojenik) faaliyetleri olduğu söylenebilir. Nitekim Hükümetler

arası İklim Değişikliği Paneli'nde de, iklim değişikliğinin istatistiksel açıdan %95 oranında insan faaliyetlerinden kaynaklandığı vurgulanmaktadır (Black & Weisel, 2010: 8).

Sanayi Devrimi ile 2. Dünya Savaşı sonrasında enerji gereksiniminin fosil yakıt kullanımıyla karşılanması sonucunda atmosferde sera etkisine sebep olan CO₂ miktarı ciddi boyutta artmıştır. Yerküre sera ile kaplanmış gibi güneşin ısınıpı hapsedip sıcaklık ortalamalarını artırmıştır (Türkeş, 2008: 17). Sanayi devrimi öncesi yaklaşık 280 ppm düzeyinde sabit olan CO₂ yoğunluğu 2014 yılına gelindiğinde 400 ppm düzeyini aşmıştır (Global Monitoring Laboratory, 2025). CO₂ gazı yanı sıra ormansızlaşma, arazilerin yanlış kullanılması ve tarımsal faaliyetlerin etkisiyle metan, azot (nitro) oksit, florlu gazlar gibi diğer sera gazlarının atmosferdeki yoğunlukları da artmıştır. Bu artış, dünyanın enerji dengesini sağlayarak canlıların yaşaması için uygun ısıda olmasına olanak tanıyan doğal sera etkisini kuvvetlendirmektedir (Türkeş, 2001: 189). Sera etkisinin kuvvetlenmesi enerji dengesini bozmakta ve dünyanın beklenenden daha fazla ısınmasına yol açmaktadır. Ortalama yüzey sıcaklığı, 20. yüzyılın başından bugüne kadar yaklaşık 0,9⁰C yükselmiştir (IPCC, 2013: 37). Bu durum ise “küresel ısınma” olarak nitelendirilmektedir. Bu ısınmanın neticesi 1901 yılı ile 2000 yılı arasında sıcaklığın ortalama 2⁰C artmasıdır. Buna karşılık toplam yağışlar ise yüzde 10 oranında azalmıştır. Buzullarda ciddi erime söz konusu olmuş, deniz suyu seviyesi se 20. yüzyılda 10-20 cm artmıştır. Kasırga, sel, taşkın vb. aşırı hava olayları da sık sık yaşanmaya başlanmıştır (Çapar, 2019: 11). İlaveten güneş etkinlikleri ile volkanik aktiviteler ve dünya yörüngesindeki değişimler gibi dışsal zorlamaların hareketlendirdiği iklimsel geri besleme mekanizmaları da küresel ısınmayı şiddetlendirmektedir. Bunların yanı sıra insan faaliyetleri neticesinde yaşanan küresel ısınma, küresel iklim değişikliğine zemin hazırlamıştır (Başoğlu, 2014: 177).

İklim değışikliğınden dünyada yaşıayan tüm canlılar etkilenmektedir. Küreselleşme yağışları azalttığı için bölgesel düzeyde çölleşme ve kuraklık meydana gelmekte, buzulların erimesiyle yükselen deniz seviyesi kıyılardaki yerleşim yerlerini tehdit etmektedir. Bu doğrultuda kıyılarda yapılan tarımsal faaliyetler de risk altında kalmakta, yaz-kış, gece-gündüz sıcaklık farkının azalmasından hayvan ve bitki varlığı da olumsuz etkilenmektedir (Sezik & Sümer, 2022: 20). İklim değışikliğınden ciddi boyutta etkilenen bölgelerde yaşıayan bireyler de başka bölgelere göç etmeye başlamış, iklim mültecisi konumuna gelmişlerdir. Olumsuz etkiler zaman içinde daha sık ve küresel boyutta hissedilmeye başlanmıştır (Sezik & Dokuyucu, 2025: 541-542). Ekosistemler değışmekte, biyolojik çeşitlilik azalmakta, birçok hayvan türü de daha uygun habitatlara göç etmekte, dolayısıyla insan faaliyetleri ile doğal hayat çatışmaktadır. Aynı zamanda iklim değışikliğı, sıtma ve dang humması gibi hastalıkların yayılmasına da sebep olmaktadır (IPCC, 2014). Özellikle tarım, hayvancılık ve balıkçılık benzeri doğal kaynaklara dayalı sektörlerde iklim değışikliğınin önemli ekonomik etkileri de ortaya çıkmaktadır. Ekonomik ve ticari sektörlerin tahrip olması, iklim değışikliğınin olumsuzluklarına daha çok maruz kalan gelişmekte olan ülkeler için ekonomik kayıpların ve toplumsal sorunların artması anlamına gelmektedir (Duzcu & Aydın, 2023: 15-17).

İnsanlık tarihi boyunca iklim değışikliğı doğal bir durum olmasına rağmen günümüzde görülen hızı, doğal iklim değışikliğı süreçlerinden çok daha yüksektir (Frederick, Short & Neckless, 1999: 170-171). İklim değışikliğınin büyüklüğü ve hızı büyük oranda insan faaliyetlerinden kaynaklandığı için sera gazı emisyonlarının düşürülmesi için iklim değışikliğınin sonuçlarına uyum sağlanması önem taşımaktadır (Ağıralan & Sadioğlu, 2021: 629). Bu doğrultuda iklim değışikliğini ortaya çıkaran faktörlerin belirlenmesi, iklim değışikliğine uyum sağlanması, olumsuz etkileri

durdurmak ve ortadan kaldırmak amacıyla ulusal ve uluslararası boyutta toplantılar gerçekleştirilmiş, hedef ve politikalar belirlenerek birçok ülkenin taraf olduğu anlaşmalar imzalanmıştır (Öner, 2023: 19). 1992’de BMİDÇS kabul edilerek, iklim üzerinde insan faaliyetlerinden kaynaklanan müdahaleyi engelleyecek bir düzeyde atmosferdeki sera gazı yoğunlaşmasının sabitlenmesi amaçlanmaktadır (UNFCCC, 1992). Böylece “Kyoto Protokolü” olarak anılan uluslararası süreç başlamıştır. İklim değişikliği sorununun, hükümetlerin, şirketlerin ve bireylerin ortak hareket etmesini gerektiren küresel bir sorun olduğunun kabul edilmesi son derece önemlidir (Duzcu & Aydın, 2023: 15-17).

Küresel İklim Değişikliğine İlişkin Uluslararası Düzenlemeler

1980’li yıllarda küresel iklim değişikliği ile insan faaliyetlerinin yol açtığı sera gazı emisyonları arasında bağlantı kurulmaya başlanmıştır. İlk adımı ise 1990’lı yıllarda yayımlanan Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli Raporu ile AB atmıştır. Raporda iklim değişikliğinin sebep olduğu küresel sorunların önlenmesi ve çözülmesi için uluslararası işbirliği yapılması gerektiği vurgulanmıştır (İKV, 2021: 9).

Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (Rio Konferansı 1992)

Brezilya’nın Rio de Janerio kentinde 1992’de aralarında Türkiye’nin de bulunduğu 178 ülke temsilcisinin katıldığı bir konferans düzenlenmiş ve sürdürülebilir kalkınma ve çevre konuları tartışılmıştır. Konferansta 21. yüzyılda uluslararası işbirliği ve kalkınma politikasına rehberlik etmek, çevre ve kalkınma konularında uluslararası eylem planları oluşturmak hedeflenmiştir (UN, 1992). Ayrıca toplantıda iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik ve çölleşme konuları ele alınmış BMİDÇS’nin maddeleri belirlenmiştir. Sözleşmenin temel amacı, insan faaliyetlerinin sebep olduğu iklim değişikliği etkileriyle sera gazı birikimlerinin önüne

geçmektir (Karagöz, 1998: 2). Sözleşmenin ilkeleri eşitlik, ihtiyatlılık, sürdürülebilir kalkınmayı destekleme, göreceli kabiliyetler ve ortak farklılaştırılmış sorumluluklar olarak saptanmıştır. Sözleşmeyi imzalayan üye ülkeler sera gazı azaltımına uyumlu politikalar belirleyerek uygulamaktan sorumlu tutulmuş, geliştirmekte olan taraf ülkeler ise sera gazı salınımlarını 1990 yılındaki seviyesine indirmekten sorumlu tutulmuşlardır. Gelişmiş taraf ülkelere ise geliştirmekte olan ülkelere hedeflerine ulaşmada hem teknolojik hem mali destekte bulunma yükümlülüğü getirilmiştir (Sezik & Dokuyucu, 2025: 543). Ancak uygulamada belirsizlikler olması ve ülkeler arasında derin farklılıklar bulunması sebebiyle istenen hedeflere ulaşılamamıştır (Boz & Yılmaz, 2025: 20).

BMİDÇS 21 Mart 1994'te resmi olarak yürürlüğe girmiştir. O tarihten bu yana her yıl BM çatısı altında taraflar konferansı (COP) düzenlenmektedir. Son 28. taraflar konferansı Dubai'de 30 Kasım 2023-12 Aralık 2023 arasında gerçekleştirilmiştir (Sadıoğlu & Ağıralan, 2020: 372). İklim değişikliği çerçeve sözleşmesinin daha etkin uygulanması amacıyla ve mevcut durumu tespit ederek gerektiğinde yeni yükümlülükler belirlemek için taraflar konferansı her yıl düzenlenmektedir (Karagöz, 1998: 2). Sözleşme 194 üye ülkenin katılımını içermekte olup Türkiye 24 Mayıs 2004'te 189. taraf ülke olarak sözleşmeye dahil olmuştur (Koç & Kaynak, 2023: 275).

Kyoto Protokolü (1997)

BMİDÇS içeriğindeki yükümlülükler, sera gazı emisyonlarını azaltmaları konusunda gelişmiş ülkeleri bağlayıcı nitelik taşıması sebebiyle tarafların yükümlülüklerini hukuki bir çerçeveye yerleştirmek için Kyoto Protokolü kabul edilmiştir (UN, 1998). 11 Aralık 1997 tarihinde taraflar konferansının üçüncüsü (COP3) Japonya'nın Kyoto kentinde toplanmış ve protokol imzalanmıştır. 2004 yılında Rusya'nın protokolü imzalaması

sonucunda Şubat 2005'te yürürlüğe girmiştir. (Kıvılcım, 2013: 42). BMİDÇS'nde bağlayıcılığın eksik olması nedeniyle yeni bir hukuksal düzenleme gereği ortaya çıkmıştır. 16 Şubat 2005'te Kyoto Protokolü'nün yürürlüğe girmesi bu eksikliği gidermek için atılan önemli bir adımdır (Metin, 2022: 2). Böylece küresel sera gazı emisyonlarını azaltmak amacıyla spesifik hedefler belirlenmiş ve son tarihler açıklanmıştır. 2012-2020 yılları için hedef belirlenmiş, küresel sera gazı emisyonunun 1990 yılından 2020 yılına kadar %20 azaltılması hedeflenmiştir (İKV, 2021: 9). Kyoto Protokolü'ne AB ve 191 ülke taraf olmuş, Türkiye de 26 Ağustos 2009'da sözleşmeyi imzalayarak taraflar arasına katılmıştır (UN, 1998). Protokole taraf olan ülkeler hem kendilerine uygun olarak belirlenmiş olan sera gazı azaltım hedeflerine ulaşma hem de uygulama sonuçlarını raporlama yükümlülüğü altına girmişlerdir (United Nations Climate Change, 2025). Sera gazı emisyon hedeflerinin yanı sıra enerji verimliliğinin sağlanması, sürdürülebilir tarımın teşviki, yenilenebilir enerjinin ve çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesi, teşviki ve kullanımlarının artırılması, sera gazı emisyonunun azaltılması için önlem alınması ve mali teşvikler de Kyoto Protokolü kapsamında yer alan politiklardır (İklim Değişikliği Bakanlığı, 2016).

Küresel ekonominin hızlı ilerleyişi ve bu doğrultuda fosil yakıt kullanımının sera gazı salınımlarını ciddi boyutta artırmaya devam etmesi, iklim değişikliği ile dünya çapında mücadelede yeni politika arayışlarına neden olmuştur. Bunun önemli sonuçlarından biri Kyoto Protokolü kapsamında 2005 yılında ETS'nin yürürlüğe girmesidir (Koç & Kaynak, 2023: 275). Kyoto Protokolü'nde temiz kalkınma, ortak yürütme ve emisyon ticaret mekanizmaları belirlenmiştir. Bu mekanizmalar kullanılarak belirlenen sera gazı emisyon azaltım hedeflerine ulaşılması gereği vurgulanmıştır. Protokolün ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesi üzerine kurulduğu söylenebilir. Bu ilkeye göre, artan sera gazı yoğunluğundan ülkeler gelişmişlik durumlarına göre sorumlu

tutulmalıdır. Gelişmiş ülkeler geliştirmekte olan ülkelere göre sera gazı salınımında daha büyük sorumluluğa sahiptir. Dolayısıyla belirlenen hedeflere ulaşmada mali ve teknolojik olarak yükümlülükleri daha fazla olmalıdır. Taahhüt dönemi 2008 yılında başlayan protokol, 2012 yılında dönemini tamamlamıştır. Söz konusu dönemde protokol tarafı 36 ülkenin hepsi de verilen taahhütlere uymuştur (Tuğan, 2022: 373).

İklim değişikliği ve sera gazlarının salınımına ilişkin olarak, Kyoto Protokolü, hukuki bağlayıcılığı bulunan uluslararası nitelikteki tek belge olması sebebiyle, önemli bir konumdadır (Talu, 2015: 204). Bunun yanı sıra farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesinden dolayı devletlerin iklim değişikliğine yol açan faaliyetlerinin ve sorumluluklarının farklı olduğunu vurgulamıştır. Bu iki boyutuyla iklim değişikliği ile mücadelede Kyoto Protokolü önemlidir (Sezik & Dokuyucu, 2025: 544). Ayrıca sınırlı da olsa karbon salınımlarının azaltılmasına yönelik net hedefler belirlemesi ve çevreye ilişkin sorunların ancak uluslararası işbirliği ile çözülebileceği konusunda farkındalık getirmesi gibi faydalar sağlamıştır (Boz & Yılmaz, 2025: 24). Ancak Kyoto Protokolü sürecinde gelişmiş ve geliştirmekte olan ülkeler arasında farklı görüşler ortaya çıkmış, bağlayıcılığa dair problemler sebebiyle istenen sonuçlara ulaşamamıştır. 2009'da Kopenhag'da yeni anlaşma arayışları başlamış, bu arayış 2020 yılında protokol sona ereceği için hızlanmış ve neticede Paris İklim Anlaşması'na giden yol açılmıştır (Genç, 2021: 63). Güney Afrika'nın Durban kentinde 2011'de 17. Taraflar Konferansı gerçekleştirilmiş ve Kyoto Protokolü'nden sonra 2020'de yeni bir anlaşma için çalışma grubu oluşturulması kararı alınmıştır. Daha sonra yapılan Doha, Varşova ve Lima konferanslarında yeni anlaşmaya ilişkin müzakereler devam etmişse de somut bir sonuca varılamamıştır (Kıvılcım, 2013: 48).

Paris İklim Anlaşması (2015)

BMİDÇS 21. taraflar konferansı (COP21), 2015'te Fransa'nın başkenti Paris'te toplanmış ve konferansın sonunda Paris anlaşması imzalanmıştır. Küresel sera gazı salınımının %55'ine neden olan en az 55 ülkenin onayı ile Paris Anlaşması 2016'da yürürlüğe girmiştir (Karakaya, 2016: 2). Sera gazı emisyonlarının azaltılması 2°C'nin hatta 1,5°C'nin altında tutulması hedeflenen anlaşma oybirliği ile kabul edilmiş, ülkelerin sera gazı emisyonları ile ilgili plan ve stratejiler geliştirmesi ve sunması öngörülmüştür (Clemençon, 2016: 3). BMİDÇS'ne dayanan Paris Anlaşması, 2020'den sonra iklim değişikliği ile küresel boyutta mücadele etmenin genel hatlarını belirlemiş ve tüm ülkelerin bu mücadeleye katılımını esas almıştır (Demir, 2022: 169). Anlaşma, fosil kaynaklı yakıtların kullanımını sınırlayarak CO₂ salınımını azaltma ve karbon emilimi sağlayan alanları koruma ve geliştirme konusunda tüm ülkelere sorumluluk yüklemektedir (Sezik & Dokuyucu, 2025: 544). Bu bağlamda gelişmiş ülkelerin geliştirmekte olan ülkelere her yıl 100 milyar dolar tutarında finansman desteği vermesini ve çevre dostu teknolojilerin yaygınlaşması amacıyla teknoloji transferinde kolaylık hedeflemektedir (Guttmann, 2018: 169). Paris İklim Anlaşması yasal yaptırımlar içermemekte ancak uluslararası hukuk açısından resmi belge niteliği taşımaktadır. Gelişmiş ülkelerle birlikte geliştirmekte olan ülkeleri de sera gazı azaltım hedeflerine dahil etmesi ile Koyoto Protokolü'nden daha kapsamlıdır. Bütün ülkeler için temel yükümlülükler belirlemiştir. Ancak BMİDÇS ve Kyoto Protokolü'nün katı ve sabit ayrımlarına karşın her ülkenin kendi özel dinamiklerine uyarlanabilen bir yaklaşım benimsemiştir. Kapsamı 2020 yılına kadar olan uzun vadeli sürdürülebilir bir yapı arz etmektedir. Bu uzun vade içerisinde her beş yılda bir gelecek beş yıl için emisyon azaltım planlarında güncellemeye yönelik toplantılar yapılmasını ve tarafların ilerlemesini gözden geçirmeyi öngörmektedir. Zaman içinde daha katı ve kapsamlı faaliyetler

yürütme beklentisini teşvik etmekte olup şeffaflık ve hesap verebilirlik mekanizması kurmakta ve hiç olmazsa evrensel yakın bir katılımı amaçlamaktadır (Bodansky, 2016: 310). Anlaşmanın 2. maddesine göre sanayileşme öncesi döneme kıyasla küresel sıcaklık artışının 1.5⁰C ile sınırlandırılması, 3. maddesine göre her ülkenin kendi hedefini belirlemesi, bu konuda planlama ve raporlama yapması gereği üzerinde durulmuştur. Anlaşmanın 6. maddesinde ise küresel karbon piyasasının yeniden yapılandırılması, her ülkenin karbon salınımını en düşük maliyetle en aza indirmesi gereği vurgulanmıştır. Böylece taraf ülkelerin ikili anlaşmalar ile karbon ticareti yapabilmelerine olanak sağlanmıştır (Öztürk & Öztürk, 2019: 539).

Avrupa Yeşil Mutabakatı

11 Aralık 2019 tarihinde Avrupa Komisyonu, Avrupa Yeşil Mutabakatı'nı ilan etmiş, 2050'ye kadar net sera gazı emisyonlarını sıfıra indirmeyi ve karbon kaçaklarını önlemek amacıyla karbon fiyatlandırması bulunmayan ülkelere AB'ne yaptıkları ihracatı AB sınırlarında karbon fiyatlandırması ile düzenlemeyi hedeflemektedir (Uyduranoğlu, Gevrek & Acar, 2023: 261). Avrupa Yeşil Mutabakatı net sıfır emisyonu, döngüsel ekonomi ve sıfır atık politikası, biyoçeşitliliği koruma ve tarladan sofraya politikalarını kapsayan sürdürülebilir bir yol haritasıdır. Küresel iklim değişikliğine karşı adil ve etkili dönüşüm hedefleyen AB-27, gerekli koşulları net olarak belirlemek ve dönüşümün geri dönülmez olması için 4 Mart 2020 tarihinde İklim Yasası önerisini ilan etmiştir. Böylece, net sıfır emisyon hedefini hukuki olarak bağlayıcı hale getirmeyi hedeflemiştir (EU, 2019). Avrupa Yeşil Mutabakatı 14 Temmuz 2021'de de Avrupa Komisyonu Başkanı Ursula von der Leyen başkanlığında "Fit for 55" paketini açıklamıştır. Avrupa Komisyonu, 2030'a kadar da sera gazı emisyonlarını %55 azaltmayı amaçlarken, hedeflerine nasıl ulaşacağına ilişkin bir vizyon ortaya koymuştur (İKV, 2021: 11). Bu paket ile AB-ETS'nin güçlendirilmesi,

genişletilmesi, enerji verimliliğinin artırılması, düşük emisyonlu taşımacılık için altyapı çalışmaları yapılması ve Avrupa Yeşil Mutabakatı hedeflerine uygun vergilendirme politikaları oluşturulması amaçlanmıştır (EU, 2019).

Küresel İklim Değışikliğıne İlişkin Alınan Önlemler ve Kullanılan Yöntemler

Küresel iklim değışikliğinin etkileri bütün dünyada hissedilmekte olup bu etkilerin giderilmesinde çözüm yolu sera gazı emisyonlarının küresel boyutta azaltılmasıdır. Bunun gerçekleştirilmesi için sera gazı yayılımını vergilendirmek ve karbon fiyatlandırma mekanizmalarını kullanarak olumsuz dışsallığın azaltılması çözüm olarak görölmektedir. Dünyada kullanılan üç farklı karbon fiyatlandırması mekanizması kullanılmaktadır. Bu mekanizmalar ETS, karbon vergisi ve iki aracın birlikte kullanıldığı hibrit sistemdir. Bu üç araç temelde birbirinden farklı özelliklere sahiptir (Özdemir & Köse, 2024: 535).

AB-ETS ve SKDM, AB'nin iklim değışikliğı ile mücadele ve sürdürülebilir bir ekonomi oluşturma hedefi doğrultusunda geliştirdiğı iki önemli araçtır. ETS, sera gazı emisyonları için katılımcılara belirli bir emisyon kotası tahsis ederek bu emisyonları azaltmayı hedefler. Katılımcılar, kullanmadıkları emisyon haklarını diğerkatılımcılara sistem içerisinde satma imkanına sahiptir. Bu sistem, 2005 yılından itibaren faaliyettedir ve sera gazı salınımlarıyla ilgili önemli veriler temin edilmiştir. Bu verilere göre, sistemdeki katılımcıların toplam emisyonlarında bir azalma gözlemlenmektedir. SKDM ise yeni bir mekanizma olarak geliştirilmiş olup henüz tam anlamıyla uygulanmamıştır. Bu mekanizmanın amacı, AB dışındaki ölkelerde üretilen ve AB'ne ithal edilen ürünlerin emisyon değerklerine dayanarak vergilendirilmesi yoluyla iklim değışikliğı ile mücadeleye katkıda bulunmaktır. Ayrıca, AB içinde kullanılan ithal ürünlerin karbon ayak izinin

izlenmesi açısından da faydalı olabileceği düşünülmektedir. AB, SKDM'nin Dünya Ticaret Örgütü'nün kurallarıyla uyumlu olduğunu savunsa da, bu konuda çeşitli eleştiriler yapılmıştır (Karataş, 2023: 23).

Emisyon Ticaret Sistemi

AB-ETS, Kyoto Protokolü çerçevesinde sanayileşmiş ülkelerin imzaladığı, yasal olarak bağlayıcı emisyon azaltma hedeflerini gerçekleştirmek amacıyla 2000 yılında Avrupa Komisyonu tarafından sunulan bir yeşil raporla ilk kez gündeme gelmiştir. Bu rapor, ETS'nin oluşumuna yönelik paydaşların fikir desteğini sağlamak için de bir temel oluşturmuştur. Sistemin hukuki altyapısını oluşturacak yönerge 2003 yılında kabul edilmiştir. 2005 yılında ise uygulanmaya başlanmıştır. Böylece, dünya genelinde ilk uluslararası ETS hayata geçirilmiştir. Birlik düzeyinde kabul edilen bu yönerge, paydaşlar için emisyon sınırlarını, ulusal düzeyde belirlenen Ulusal Tahsisat Planları aracılığıyla düzenlemektedir (EC, 2023a). Ekonominin genelinde etkili bir karbon fiyatlandırması, Avrupa Komisyonu'na göre iklimle ilgili hedeflere ulaşmanın temel bir gerekliliğidir. Karbon fiyatlandırma mekanizması olarak işleyen ETS ile, ilgili sektörlerde faaliyet yürüten üreticiler, kendilerine tahsis edilen emisyon limitlerini aşmaları durumunda, bu kotaları piyasadan satın almak zorunda kalmaktadır (Acar, Aşıcı & Yeldan, 2022: 8162).

Aşamalar halinde ilerleyen ETS'nin ilk aşaması 2005-2007, ikinci aşaması 2008-2012, üçüncü aşaması ise 2013-2020 yılları arasını kapsamıştır (EC, 2023a). Üçüncü ve içinde bulunulan aşama ise 2021-2030 yılları arasını kapsamaktadır. Dördüncü aşama, 14 Temmuz 2021 tarihinde Avrupa Komisyonu tarafından, AB'nin 2050'ye kadar iklim bakımından nötr bir kıta olma hedefine ulaşılması için bir dizi yasa teklifini içeren paketin sunulmasıyla başlamış ve 2023 yılında kabul edilmiştir. Bu paket, ETS de dahil

AB iklim mevzuatının çeşitli bölümlerinin gözden geçirilmesini kapsamaktadır. Revize edilen ETS, yeni durumda dahil ettiği sektörlerin emisyonlarını 2005 seviyelerine göre %43 oranında azaltmayı hedeflemektedir. Bu hedef doğrultusunda, AB-ETS Yönergesi güncellenerek dördüncü dönem için geçerli olacak bir dizi entegre önlem içermektedir (EC, 2023b).

Sistem içerisindeki tüm tesislerin toplam emisyonunun, 2030'a kadar 2005'e kıyasla %43 oranında azaltılması hedefinin, 2020 yılı sonunda başarıyla gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir. Bu durum, sistemin akılcı hedeflere sahip olduğunu ve etkili bir şekilde yönetildiğini göstermesi açısından önem taşımaktadır. ETS'nin 1990 yılına göre sera gazı emisyonlarını en az %40 düşürme hedefi, Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Avrupa İklim Yasası gibi temel hukuki düzenlemeler nedeniyle en az %55 oranında bir azaltma hedefine yükseltilmiştir. Ayrıca, Avrupa Komisyonu, ETS'nin sera gazı emisyonundaki azaltma hedefinin 2005 yılına göre %61'e çıkarılmasını ve bu hedefin 2030 yılına kadar gerçekleştirilmesini önermiştir. Ancak, sistem içerisinde bu oranın sağlanmasının iklim açısından nötr bir kıta oluşturmak için yeterli olmadığı, bu hedefe ulaşabilmek için emisyonların aynı tarihe kadar %70 oranında düşürülmesi gerektiği yönünde görüşler ortaya atılmıştır (Stoefs, 2022: 1).

Sera gazı emisyonlarını azaltmak amacıyla oluşturulan ETS, dünya üzerinde ilk örnek olmasına rağmen, şu anda tek örnek değildir. Paris Anlaşması'nın 6. maddesi, uluslararası karbon piyasasının kurulmasına yasal bir zemin sağlamaktadır. Bu madde, belirlenen taraflar arasında bir piyasa mekanizması oluşturulmasını, ortak bir muhasebe sisteminin geliştirilmesini ve bu sistem üzerinden uluslararası bir tahsisat-ticaret düzeninin kurulmasını teşvik etmektedir. Bu çerçevede, ETS'nin yanı sıra Kanada, Çin, Japonya, Yeni Zelanda, Güney Kore, İsviçre ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerde de çeşitli düzeylerde benzer sistemler ya

uygulanmakta ya da planlanmaktadır. AB, ETS kapsamında dünyanın farklı bölgeleriyle ikili veya çok taraflı iş birliği süreçleri başlatmış veya başlatmayı planlamaktadır. AB, emisyon ticareti konusunda Çin ve Güney Kore ile ikili iş birliği gerçekleştirmiştir. Avrupa Komisyonu, Çin'de ulusal bir ETS'nin tasarımı ve uygulanmasını desteklemek, kapasite geliştirmek ve eğitim sağlamak için çeşitli projelere destek sağlamaktadır. "AB ile Çin arasında Emisyon Ticaretine İlişkin Politika Diyalogu ve İş birliği Platformu" adlı proje şu anda aktif olarak yürütülmektedir. Ayrıca, Avrupa Komisyonu, Kore'nin ulusal ETS olan Kore ETS için gerekli kapasiteyi geliştirmeye yönelik bir teknik yardım projesini de desteklemektedir (EC, 2023c).

Emisyon ticareti, yaklaşık 30 yıldır çeşitli ülkeler ve bölgelerde çevre politikalarının bir bileşeni olarak uygulanmaktadır. ETS'ler, teorik olarak sera gazı emisyonlarını kısıtlayarak emisyon izinlerinin ticaretini gerçekleştiren bir piyasa mekanizması oluşturmayı hedeflemekte ancak uygulamada bazı farklılıklar göstermektedir (Schmalensee & Stavins, 2015: 59). ETS uygulamaları, bölgesel (örneğin AB-ETS), ulusal (Güney Kore, Norveç, İsviçre, Yeni Zelanda, Kazakistan vb. ülkeler) ya da şehir/eyalet düzeyinde (California, ABD Bölgesel Sera Gazı Girişimi-RGGI, Quebec, Pekin gibi yerlerde) uygulanabilmektedir. Bunun yanı sıra, 191 üyeye sahip olan Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu gibi çok taraflı platformlarda da ETS uygulamaları hayata geçirilebilmektedir. Paris Anlaşması öncesinde sunulan ulusal katkı beyanlarında ise yaklaşık 90 ülke, karbon piyasasını kullanma niyetlerini ifade etmiştir (EDF & IETA, 2016). Dünya Bankası verilerine göre 36 ETS girişimi uygulanmaktadır (World Bank, 2023). AB-ETS, AB tarafından 2005 yılında pilot uygulama olarak 11.500'e yakın enerji yoğun işletme ile başlanmış en büyük bölgesel emisyon ticareti özelliği taşımaktadır (European Commission, 2016).

1990-2018 yılları arasında AB'nin ekonomisi %61 büyümüşken, bu dönemde sera gazı emisyonlarını %23 düşürmeyi başarmıştır (Acar, Aşıcı & Yeldan, 2022: 8163). ETS, bir karbon fiyatlandırma mekanizması olarak, üreticilerin AB'nde karşılaştıkları maliyetleri etkileyerek, hem AB içindeki ve uluslararası pazarlardaki rekabet güçlerini şekillendirmektedir. Üretilen ürünlerin karbon ve ticaret yoğunluğu gibi özelliklerine bağlı olarak, üreticilerin bu düzenlemeden etkilenme dereceleri değişiklik göstermektedir. Karayolu taşımacılığı gibi yer değiştiremeyen sektörler, AB içinde faaliyetlerine devam ederken, sorumlu oldukları karbon için maliyet üstlenmek zorunda kalmaktadır. Öte yandan, dış ticaretin yoğun yapıldığı demir-çelik, çimento gibi sektörlerde AB'li üreticiler, üretim tesislerini karbon düzenlemesi uygulamayan ülkelere kaydırma eğilimindedir. Bu durumun AB açısından iki önemli dezavantajı bulunmaktadır. İlki, karbon düzenlemesi nedeniyle bir kısmı yurtdışına kaydırılan üretimden dolayı, üretim ve istihdam kaybı olmasıdır. İkincisi ise, AB içinde kalıp belirli bir süreçte emisyonlarını azaltmak zorunda olan sektörlerin yurtdışına kayması durumunda, bu zorunluluğun ortadan kalkması ve emisyonların aynı seviyede devam etmesidir. Bu duruma literatürde "karbon sızıntısı/kaçığı" denilmektedir. Karbon sızıntısı, karbon fiyatlandırması uygulanan ve uygulanmayan bölgeler ya da ülkeler arasında meydana gelmektedir. Bu sebeple, karbon sızıntısını azaltma amacıyla Avrupa Yeşil Mutabakatı SKDM'nı gündeme getirmiştir (Uyduranoğlu, Gevrek & Acar, 2023: 262).

Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması

SKDM'na ihtiyaç duyulmasının başlıca nedenleri bazı sektörler tarafından üretim faaliyetlerinin karbon düzenlemesi bulunmayan ülkelere taşınarak karbon kaçığı yaratılmasını engellemek, artan karbon maliyetleri nedeniyle AB'ndeki üreticilerin rekabet gücünün zarar görmesini önlemek, SKDM'den muaf olmak isteyen ülkeleri, kendi karbon düzenlemelerini geliştirmeye teşvik

etmek, emisyon azaltım çabalarını küreselleştirmek ve AB'nin iklim değişikliği ile mücadele politikalarına zarar veren ETS'deki ücretsiz tahsisatların, SKDM ile birlikte uygulanacak karbon ücretleri ile aşamalı olarak kaldırmaktır (Böning, Di Nino & Folger, 2023: 35). AB-ETS'nin en büyük dezavantajı, yüksek iklim hedefleri saptayarak sera gazı salınımını sınırlayan ülkelerin, daha esnek iklim hedeflerine sahip diğer ülkelere üretimlerini kaydırarak iklim değişikliği ile mücadeleyle ilgili maliyetlerden kaçınma eğilimidir (EU, 2022). Sınırdaki karbon düzenlemesinin temel amacı, ticareti yapılan ürünlerin üretiminde yer alan karbon maliyetleri arasındaki farklılıkların sınırdaki uyarılama yöntemiyle ortadan kaldırılmasıdır. Buna göre, AB sınırından giren ürünlerin karbon içeriği, geldikleri ülkede fiyatlandırılmamışsa, fiyatlandırılacak; eğer fiyatlandırılmışsa, AB'de geçerli karbon fiyatından düşülerek uyarılacaktır. Henüz kesinleşmemiş düzenlemenin Aralık 2022 itibarıyla ulaştığı aşamaya göre, SKDM 2023 yılı Ekim ayından itibaren yürürlüğe girecektir. İlk aşamada, SKDM sadece raporlama yükümlülükleri getirecek ve böylece işletmelerden gerekli veriler toplanacaktır. Daha sonra, SKDM tam anlamıyla uygulanacak ve ücretsiz tahsisatların kademeli olarak kaldırılmasıyla ilgili sektörlerde aşamalı bir şekilde devreye alınacaktır. Başlangıçta çimento, alüminyum, gübre, elektrik, hidrojen, demir-çelik ve bazı alt ürünler mekanizma kapsamında olacaktır. İşletmelerin doğrudan faaliyetleri sonucu oluşan emisyonlar Kapsam-1 olarak, elektrik girdisi kaynaklı emisyonlar da Kapsam-2 olarak düzenleme kapsamına alınacaktır (Uyduranoğlu, Gevrek & Acar, 2023: 262). 1 Ocak 2026'dan itibaren başlayacak ilk evrede, yalnızca demir-çelik, alüminyum, gübre, çimento ve elektrik üretim sektörlerinde saptanan ürünler için ithalatçı şirketlere SKDM uygulanacaktır. Dünya Ticaret Örgütü (DTÖ) kurallarına ve diğer uluslararası yükümlülükler doğrultusunda, ithal edilen ürünlerin AB-27 gümrük bölgesine girmesi durumunda, AB üreticileri, ithal edilen ürünün üretimi sırasında ortaya çıkan sera gazı emisyon miktarı, AB-ETS

tarafından belirlenen üst emisyon sınırını aşarsa, aşan miktar kadar CO₂ salım hakkı veya SKDM sertifikası satın almak durumunda kalacaktır (Keen, Parry & Roaf, 2021: 14).

AB-ETS sistemi, AB'ne üye ülkelerin yerli üreticilerine uygulanan bir mekanizmadır ve AB'ndeki yerli üreticiler tarafından üretilen malların fiyatını etkiler. SKDM ise AB ile dış ticaret yapan ülkeler arasında gerçekleşen bir sistemdir ve AB'nin ithalatı sonucu ülkeye giren karbon yoğun ürünlerin üretimi sırasında salınan karbona yönelik bir fiyatlandırma uygulamasıdır. SKDM uygulamasında, sertifikaların, ürünün AB'nde üretilmişse geçerli olan ETS karbon fiyatını yansıtmaları hedeflenmiştir (Böning, Di Nino & Folger, 2023: 4). SKDM, karbon salınımını sıfırlama, karbon kaçaklarını önleme ve üçüncü ülkeleri de kapsayacak şekilde genişletme açısından AB'nin kararlılığını göstermektedir. Ancak, bu düzenlemenin gelişmekte olan ülkeler için sakıncalarının bulunması, uluslararası ticarete ayrımcılığa ve korumacılığa neden olabilmesi, teknik nedenlerden dolayı uygulanmasının zor olması ve muhteva ettiği mali yükün belirsiz niteliği gibi birçok açıdan geliştirilmesi gerekmektedir (Gültekin, 2022: 211).

Emisyon Ticaret Sisteminin ve Sınırdaki Karbon Düzenlemesinin Uluslararası Ticaret Açısından İncelenmesi

AB-ETS, iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir adımdır. Buna rağmen bazı dezavantajlara sahiptir. Teorik olarak, küresel bir yapı sunması ve emisyon ticaretinin uluslararası düzeyde gerçekleşmesi beklenirken, günümüzde ETS'lerin yalnızca ülke bazında veya bölgesel bazda uygulanması, ülkeler arasında kapsam açısından farklılıklara yol açmaktadır. Teorinin pratikte uygulanamaması, yani ETS'lerin uluslararası geçerliliğe sahip olmaması, iklim mücadelesini yetersiz kılmakta ve alternatif uygulamalara ihtiyaç doğurmaktadır. ETS'nin bölgesel yapısı, daha az çevresel düzenlemeye sahip ülkelere mal ithal edildiğinde

maliyetlerin düşmesine veya AB şirketlerinin üretimlerini katı çevre kurallarının olmadığı ülkelere taşımalarına neden olarak karbon kaçağı sorununu ortaya çıkarmaktadır (Erkara, 2023: 2). Ülkelerin asimetrik iklim politikaları uyguladığı durumlarda karbon kaçağı meydana gelebilir. Bir ülkedeki herhangi bir endüstri, sera gazı emisyonlarını düşürmek için ek maliyetler üstlendiğinde ve diğer ülkelerdeki benzer endüstriler daha az (veya hiç) maliyete maruz kaldığında, bu durum o ülkedeki ekonomik faaliyetlerin diğer ülkelere kaymasına neden olur ve böylece emisyonlar azaltılamaz. Ayrıca karbon kısıtlamalarının daha fazla olduğu ülkelerdeki endüstriler, daha az kısıtlama uygulayan ülkelerdeki aynı endüstrilerden gelen ek rekabet baskısı karşısında kendilerini dezavantajlı hissedeceklerdir. Bu durumda, kendi hükümetlerinden rekabet kayıplarının tazmin edilmesi için yeni politikalar talep edeceklerdir. Bu tür politika tepkileri, ister sınırda vergi düzenlemeleri, ister yasal düzenlemeler ya da sübvansiyonlar olsun, uluslararası ticareti kaçınılmaz olarak etkileyecektir (Low, Marceau & Reinaud, 2011: 1).

ETS'lerin bir dezavantajı da, AB-ETS kapsamında ticarete konu olmayan sektörlerle ağır azaltım yükümlülükleri getirilmesidir. Bu noktada, elde edilen başarıların karbon yoğunluğu yüksek ve dış ticaret gücü fazla olan sektörlerde gözlemlenemeyeceği kabul edilmektedir. Bu nedenle, başlangıçta, özellikle demir-çelik, alüminyum ve çimento gibi malzeme yoğunluğu yüksek sanayi sektörleri azaltım yükümlülüklerine dahil edilmemiştir. Azaltım yükümlülüğü verilmesi durumunda dış ticaretin olumsuz etkilenmesi, AB'nin karşılaşmak zorunda kaldığı bir durumdur. Sonuç olarak, bölgesel düzenlemelerden kaynaklanan karbon kaçağı ve sektör kısıtlamaları, küresel iklim değişikliği mücadelesini olumsuz etkilemektedir (Erkara, 2023: 1).

AB-ETS'nin bu eksikliğini gidermeyi hedefleyen SKDM, bu bağlamda devreye girmektedir. SKDM, AB dışındaki ülkelerdeki

zayıf çevre düzenlemelerinin yol açtığı karbon kaçağını önlemek bakımından kritik bir rol oynamaktadır. AB-ETS sayesinde, AB içindeki üreticilere karbon salınımıyla ilgili ciddi kısıtlamalar getirilirken, SKDM, birlik dışındaki ülkelerin çevresel iyileştirmeler yönünde adımlar atmalarını teşvik etmektedir. Yani, AB-ETS yalnızca AB ülkelerini kapsarken, SKDM, AB dışında üretilen mallar için geçerli olacak yeni bir karbon düzenlemesidir. AB-ETS'nin aksine, SKDM, ithalat veya emisyonlar için üst sınır koymamakta ya da izin gerektiren bir karbon ticaret ağı oluşturmamaktadır. Mekanizmanın temel amacı, karbon kaçağı riski taşıyan malların AB'ne ithalatı sırasında sahip oldukları karbon yoğunluğuna göre vergilendirilmesini sağlamaktır. Avrupa Parlamentosu'nun 13 Aralık 2022'de SKDM'ni uygulamak üzere AB Konseyi ile vardığı anlaşma çerçevesinde, 1 Ekim 2023'ten 2026 yılı sonuna kadar SKDM yükümlülüklerinin yalnızca raporlama ile sınırlı olacağı ve öncelikle karbon kaçağı olasılığı yüksek ve karbon yoğunluğu fazla olan mallara uygulanacağı bir geçiş dönemi başlatılacaktır. Geçiş dönemi süresince SKDM belirli sektörleri kapsayacaktır: Demir-çelik, çimento, alüminyum, gübre, elektrik ve hidrojen. 2026 yılı itibarıyla bu geçiş döneminin sona ermesi ve 2030 yılına kadar AB-ETS'ne dahil olan tüm sektörlerle ait malların kademeli olarak SKDM kapsamına alınması planlanmaktadır (Erkara, 2023: 3).

Geçiş süreci olan 2026 yılının sonuna kadar yalnızca karbon raporlaması yapılacakken, 2030 sonrasında uygulama tamamen devreye girdiğinde, AB'nde ithalat yapan firmalar, AB dışındaki üretim süreçlerinde oluşan emisyon miktarına eşdeğer SKDM sertifikası almak zorunda kalacaklardır. Bu sertifikaların maliyetleri, AB-ETS'deki haftalık karbon fiyatları referans alınarak belirlenecektir. Yeterli sertifikaya sahip olmayan veya yanıltıcı beyanlarda bulunan AB firmalarına ciddi mali yaptırımlar uygulanabilecektir. Ticaret zincirinde bir aksaklık yaratmamak

amacıyla sertifika alımında herhangi bir kısıtlama getirilmemiştir; ancak her bir sertifikanın geçerlilik süresi iki yıl olacaktır. AB-ETS'nden farklı olarak, SKDM sertifikalarının ticareti mümkün değildir (EC, 2021).

SKDM'nın yürürlüğe girmesi, yalnızca AB ithalatçıları için bir yükümlülük gibi görünmekte ancak AB'nin önde gelen ticaret ortaklarının da bu mekanizmanın etkisi altında kalacağı öngörülmektedir. Uygulanacak karbon ücreti nedeniyle artan maliyetler, ticaret ortaklarının ihracat oranlarında riskler oluşturma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, SKDM, AB dışındaki üçüncü ülkelerin karbon yoğun endüstrilerini (demir-çelik, alüminyum, gübre vb.) temiz enerji, verimli malzeme kullanımı, döngüsel ekonomi ve yeşil üretim modellerine geçmeye zorlamaktadır. Bu dönüşümlerin zaman alacağı ve 2030 yılı itibarıyla karbon ücretlendirmelerinin başlayacağı göz önünde bulundurulduğunda, AB ülkelerine ihracatı en fazla olan Çin, ABD, Rusya, Birleşik Krallık, Türkiye ve Japonya gibi ülkelerin üretim süreçlerini karbondan arındırmak için gerekli önlemleri almak üzere fazla zamanlarının kalmadığını söylemek yanlış olmayacaktır. SKDM kapsamına giren mallar düşünüldüğünde, karbonsuzlaşma yolunda ihracatçı ülkelerin atabileceği adımların başında malzeme ve enerji verimliliği gelmektedir. Enerji dönüşümlerinin 2050 net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda yetersiz kalacağı öngörülmektedir (IEA, 2021). Dolayısıyla, demir-çelik, çimento, alüminyum gibi malzemelerin yüksek karbon ücretlendirmelerine tabi tutulması, malzeme verimliliği ve döngüsel ekonomi stratejilerine odaklanmayı zorunlu kılmaktadır. Net sıfır emisyon hedefine ulaşmak için endüstrinin karbondan arındırılması, malzeme talebini azaltmayı temel bir görev haline getirmiştir. Bu yaklaşım, yalnızca demir-çelik, çimento ve alüminyum gibi malzemelerin kullanımıyla oluşan emisyonları azaltmakla kalmayacak, aynı zamanda daha verimli enerji kullanımı ile sektörün rekabet gücünü de artıracaktır.

Bu tür bir temiz üretime geçiş, AB ülkelerine ihracat yapan firmaların ticari faaliyetlerinin SKDM kapsamında olumsuz etkilenmesini önleyecektir (Erkara, 2023: 4).

SKDM, şirketler arasında eşit rekabet koşulları oluşturma potansiyeline sahiptir. Bu sayede, firmaların sıkı iklim politikaları nedeniyle daha düşük işletme maliyetlerine sahip olan ülkelere üretimlerini kaydırmalarının önüne geçilebilir ve karbon sızıntısının önlenmesi sağlanabilir. Ancak, karbon sızıntısı gibi geçerli çevresel endişeleri gidermeyi amaçlasa da, bu tür tek taraflı önlemler ticaret gerginliklerine yol açabilir ve uluslararası ticaret yapan şirketler ile hükümetler için yüksek idari maliyetler yaratabilir. Üretimin ithalattan kaçınmak amacıyla anavatanlarına kaydırılması (re-shore) veya tedarik zincirlerinin kısaltılması (daha az verimli ihracatçıların desteklenmesi) gibi teşvikler, ticaret yapısını daha da etkileyebilir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler, Paris Anlaşması'nda belirtilen ve gelişmiş ülkelerin, gelişmekte olan ülkelere nispeten çok daha yüksek tarihi emisyonlara sahip olduğu ve dolayısıyla iklim değişikliği üzerindeki etkileri nedeniyle iklim eyleminde daha büyük bir sorumluluk taşıması gerektiğini kabul eden “Ortak ancak Farklılaştırılmış Sorumluluklar (Common But Differentiated Responsibilities-CBDR)” ilkesinin bu tür önlemlerle olan potansiyel çatışması hakkında endişelerini dile getirmişlerdir (LSE, 2023). Örneğin, Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (United Nations Conference on Trade and Development-UNCTAD) Genel Sekreteri Rebeca Grynspan'ın AB'nin başta çelik, çimento ve diğer karbon yoğun ürünler için SKDM uygulamasının, gelişme yolundaki ülkelerin de gelişmiş ülkelerle aynı oranda ek karbon bedeli ödemesinin adaletsiz bir durum oluşturacağını dile getirmiştir. Ayrıca, 2015 tarihli Paris Anlaşması'nda sera gazı emisyonlarının kısıtlanması konusunda tarihsel olarak daha fazla sorumluluğa sahip ekonomilerin daha fazla maliyet üstlenmesinin öngörüldüğünü,

ancak bu meselenin giderek önemsiz hale geldiğini belirtmiştir (Aran, 2024: 1).

Düşük karbonlu teknolojilerin çoğunlukla gelişmiş ülkelere ait olduğu dikkate alındığında, “daha temiz” ihracatçıları destekleyen ticaret kuralları, gelişmekte olan ekonomilerden gelişmiş ekonomilere pazar payı transferi anlamına gelebilir. Bu ülkelerin rekabet etme yeteneklerini (özellikle finansmana erişim açısından) destekleyecek politikaların yokluğunda, bu tür önlemler CBDR ile çelişiyor gibi görünebilir. Daha az olgun teknolojilerle ilgili inovasyonun yüksek riskleri, belirsizlik eksikliği ve bunun çok ihtiyaç duyulan iklim yatırımlarını caydırabileceği yönündeki “dibe sübvansiyon savaşı” beklentisi bulunmaktadır; bu belirsizliği azaltmak için koordinasyon kritik bir öneme sahiptir (LSE, 2023).

Karbon vergisinin uluslararası ticaret açısından yaratacağı sorun, karbon vergisine tabi olmayan yabancı rakiplerin rekabet avantajı elde ederek benzer ürünleri daha düşük fiyatlarla ülke içinde satabilmeleridir. Benzer sebeplerle, ülke içindeki bazı enerji yoğun işletmeler, bu rekabet dezavantajı nedeniyle karbon fiyatlandırılmayan ülkelere sermayelerini kaydırabilir ve bu durum ülke içinde ciddi ekonomik zorluklara yol açabilir. Bu soruna yönelik bir çözüm, karbon sınır vergisinin ihracat ve ithalat için uygulanmasıdır. Enerji yoğun ürünlerin nihai tüketim aşamasında vergilendirilmesi de uluslararası rekabet sorununu ortadan kaldıracak alternatif çözüm olabilir (UNCTAD, 2022).

Sonuç

Küresel iklim değişikliği, dünya genelinde önemli etkiler yaratmakta ve bu etkilerin azaltılması için sera gazı emisyonlarının küresel boyutta düşürülmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, sera gazı yayılımını vergilendirmek ve karbon fiyatlandırma mekanizmalarını kullanmak, olumsuz dışsallıkları azaltmanın etkili yolları olarak öne çıkmaktadır. Dünyada üç ana karbon fiyatlandırma mekanizması

kullanılmaktadır: ETS, Karbon Vergisi ve Hibrit Sistem (her iki aracın birlikte kullanımı). Karbon fiyatlandırma mekanizmaları, iklim değışikliği ile mücadelede önemli araçlar olarak öne çıkmaktadır. ETS ve SKDM gibi sistemler, sera gazı emisyonlarını azaltmayı hedeflese de, uygulamada karşılaşılan zorluklar ve uluslararası ticarete yaratabileceği olumsuz etkiler, mekanizmaların geliştirilmesini gerektirmektedir.

AB-ETS iklim değışikliği ile mücadelede önemli bir adımdır, ancak çeşitli dezavantajlara sahiptir. Bu dezavantajlardan biri uluslararası geçerlilik eksikliğidir. Teorik olarak küresel bir yapı sunması beklenen ETS'ler, pratikte yalnızca ülke veya bölgesel düzeyde uygulanmakta, bu da ülkeler arasında kapsam açısından farklılıklara yol açmaktadır. Bunun yanı sıra daha az çevresel düzenlemeye sahip ülkelere mal ithalatı, maliyetlerin düşmesine ve AB şirketlerinin üretimlerini katı çevre kurallarının olmadığı ülkelere taşımalarına neden olarak karbon kaçağı sorununu ortaya çıkarmaktadır. Diğer bir dezavantajı asimetrik iklim politikalarıdır. Ülkeler arasındaki iklim politikalarındaki farklılıklar, bazı endüstrilerin daha yüksek maliyetlere katlanırken, diğerlerinin daha az maliyetle faaliyet göstermesine sebep olmaktadır. Bu durum, emisyonların azaltılmasını zorlaştırmaktadır. Sektörel kısıtlamalar da başarıya ulaşmayı zorlaştırmakta, AB-ETS kapsamında ticarete konu olmayan sektörlerle ağır azaltım yükümlölükleri getirilmesi, özellikle demir-çelik, alüminyum ve çimento gibi karbon yoğun sektörlerde başarıların elde edilmesini engellemektedir.

SKDM, AB-ETS'nin eksikliklerini gidermek amacıyla geliştirilmiştir. Örneğin, zayıf çevre düzenlemeleri olan ülkelere gelen ürünlerin karbon yoğunluğuna göre vergilendirilmesi, karbon kaçağını önlemeye yardımcı olmakta, AB dışındaki ülkelerin çevresel iyileştirmeler yapmalarını teşvik etmektedir. 1 Ekim 2023 tarihinden 2026 yılı sonuna kadar yalnızca raporlama

yükümlölükleri uygulanması ve 2030 yılına kadar tüm sektörlerin kademeli olarak SKDM kapsamına alınması planlanmaktadır.

Karbon ücretlendirmesinin uluslararası ticaret üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. SKDM'nin yürürlüğe girmesiyle birlikte, AB dışındaki üretim süreçlerinde oluşan emisyon miktarına eşdeğer SKDM sertifikası alınması gerekecektir. Bu durum, ticaret ortaklarının ihracat oranlarında riskler oluşturma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, SKDM, AB dışındaki karbon yoğun endüstrilerin temiz enerji ve yeşil üretim modellerine geçişini zorunlu kılmaktadır. Ayrıca SKDM, şirketler arasında eşit rekabet koşulları oluşturma potansiyeline sahiptir. Ancak, bu tür tek taraflı önlemler ticaret gerginliklerine neden olabilir. Gelişmekte olan ülkeler, bu tür önlemlerin adaletsiz olduğunu ve iklim eyleminde daha büyük sorumluluk taşıyan gelişmiş ülkelerin daha fazla maliyet üstlenmesi gerektiğini savunmaktadır. Dolayısıyla karbon sınır vergisinin ihracat ve ithalat için birlikte uygulanması, rekabet avantajı yaratabilir. Nihai tüketim aşamasında enerji yoğun ürünlerin vergilendirilmesi de, uluslararası alanda rekabet sorununu ortadan kaldırabilir. Ayrıca gelişmekte olan ülkelerin rekabet etme yeteneklerini destekleyecek politikaların geliştirilmesi, bu tür önlemlerin olumsuz etkilerini azaltabilir.

AB-ETS ve SKDM gibi mekanizmalar, iklim değişikliği ile mücadelede önemli araçlar olsa da, uygulamada karşılaşılan güçlükler ve uluslararası ticarete yaratabileceği olumsuz etkiler, bu sistemlerin geliştirilmesini gerektirmektedir. Karbon kaçağını önlemek ve eşit rekabet koşulları oluşturmak için daha kapsamlı ve adil çözümler gerekmektedir.

Kaynakça

- Acar, S., Aşıcı, A. A. & Yeldan, E. (2022). Potential effects of the eu's border carbon adjustment mechanism on the Turkish economy. *Environment, Development and Sustainability*, 24, 8162–8194.
- Ağralan, E. & Sadioğlu, U. (2021). İklim değişikliği farkındalığı ve toplum bilinci: İstanbul örneği. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21 (2), 627-654. Doi: 10.18037/ausbd.959287
- Aran, B. (2024). *İklim değişikliği ve küresel ticaret: UNCTAD'dan bir uyarı*. Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı Değerlendirme Notu. Ocak, N202401. (12/06/2025 tarihinde <https://tepav.org.tr/tr/haberler/s/10683> adresinden ulaşılmıştır).
- Başoğlu, A. (2014). Küresel iklim değişikliğinin ekonomik etkileri. *Sosyal bilimler dergisi*, 7, 175-196.
- Bayer, P., & Akin, M. (2020). The European Union emissions trading system reduced CO2 emissions despite low prices. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117 (16), 8804-8812.
- Black, B. C. & Weisel, G. J. (2010). *Historical guides to controversial issues in America: Global Warming*, 1st. Ed., California: Greenwood.
- Bodansky, D. (2016). The Paris climate change agreement: A new hope?. *American Journal of International Law*, 110 (2), 288-319.
- Boz, E. & Yılmaz, M. (2025). Stockholm Konferansı'ndan Günümüze: Politik ekoloji perspektifinden çevrenin korunmasına dair uluslararası gelişmeler. *International Journal of Social Sciences*. 9 (1), 15-44. [Doi:10.30830/tobider.sayi.21.2](https://doi.org/10.30830/tobider.sayi.21.2)

Böning, J., Di Nino, V. & Folger, T. (2023). Benefits and costs of the ETS in the EU, a lesson learned for the CBAM design. *European Central Bank Working Paper Series No. 2764*.

Cesur, A. (2022). Küresel ısınma ve iklim değışiklikleri. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. *Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 20 Ekim. (12/06/2025 tarihinde <https://www.mta.gov.tr/dogalkaynaklar/makale/detay/325> adresinden ulaşılmıştır).

Clemençon, R. (2016). The two sides of the Paris Climate Agreement: Dismal failure or historic breakthrough?. *The Journal of Environment & Development*, 25 (1), 3-24.

Çapar, G. (2019). *Su kaynakları yönetimi ve iklim değışikliği*. İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 8. Ankara. (12/06/2025 tarihinde <https://suyonetimi.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/88/2019/10/%C4%B0klim%C4%B0N-Projesi-E%C4%9Fitim-Serisi-Mod%C3%BCl-8.pdf> adresinden ulaşılmıştır).

Demir, A. (2022). Paris Anlaşması ve 26. Taraflar Konferansı (Cop 26)'nda Türkiye değeriendirmesi: Yükümlölükler ve sorumluluklar. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma Dergisi*, 165-169. Doi:10.46309/biodicon.2022.1088410

Duffy, P. B. (2008). Internal climate variability. S. George Philander (Ed.) In *encyclopedia of global warming and climate change* (pp. 545-546), California: Sage Publications.

Duzcu, M. & Aydın, A. (2023). Paris anlaşması sonrası dönemde uluslararası iklim değışikliği politikaları. Murat Sezik ve Gülizar Çakır Sümer (Ed.), *Farklı Boyutlarıyla İklim Değişikliği* içinde (s.15-46). Ankara: İdealKent Yayınları.

EDF & IETA. (2016). *Carbon pricing: The Paris agreement's key ingredient research report April 2016*. (Accessed from https://www.edf.org/sites/default/files/carbon_pricing_the_paris_agreements_key_ingredient_edf-ieta.pdf 14/06/2025).

Erkara, E. (2023). *Emisyon ticaret sistemi ve sınırda karbon düzenleme mekanizması*. Malzeme Talebi ve Malzeme Verimliliğinin Sürdürülebilirlik Açısından Analizi: Ülkeler Arası Karşılaştırmalı Bir Analiz ve Türkiye için Değerlendirmeler. TÜBİTAK 1001 LESS Material Projesi1, Proje Numarası: 221K08.

European Commision (EU). (2019). *The European green deal*. (Accessed from https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european_green-deal-communication_en.pdf 14/06/2025).

European Commission (EC). (2023a). *Development of EU ETS (2005-2020)*. (Accessed from https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_en 10/06/2025).

European Commission (EC). (2023b). *Revision for phase 4 (2021 2030)*. (Accessed from https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en 14/06/2025).

European Commission (EC). (2023c). *International carbon market*. (Accessed from https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/international-carbon-market_en#bilateral-cooperation 10/06/2025).

European Commission (EU). (2021). *Carbon border adjustment mechanism: Questions and answers, July 14*. (Accessed from https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en 14/06/2025).

European Commission (EU). (2022). *EU emission trading system*. (Accessed from https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en 10/06/2025).

European Commission. (2016). *The EU emissions trading system* (Accessed from https://climate.ec.europa.eu/system/files/2016-12/factsheet_ets_en.pdf 12/06/2025).

Frederick T., Short, H. & Neckles, A. (1999). The effects of global climate change on seagrasses. *Aquatic Botany*, 63 (3–4), 169-196.

Genç, C., (2021). *Türkiye'nin Paris iklim anlaşması dâhilindeki yükümlülükleri ve iklim değişikliğinin bu yükümlülükler üzerindeki etkisi*. İskenderun Teknik Üniversitesi. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).

Global Monitoring Laboratory. (2025). *Carbon cycle greenhouse gases trends in CO2*. (Accessed from <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/> 12/06/2025).

Guttmann, R. (2018). *Eco-Capitalism: Carbon money, climate finance, and sustainable development*. Springer.

Gültekin, R. (2022). Avrupa Birliği sınırda karbon düzenlemesi ve Türkiye açısından bir değerlendirme. *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi*, 08 (Özel sayı), 203-213.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2013). *Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of working group 1 to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. United Kingdom and New York. Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014). *Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Inter governmental panel on climate change*. (Accessed from <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/> 13/06/2025).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2022). Impacts, adaptation and vulnerability. Working group II contribution to the sixth assessment report. (Accessed from <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> 14/06/2025).

International Energy Agency (IEA). (2021). *The international energy outlook*. (Accessed from <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021> 06/06/2025).

İklim Değişikliği Bakanlığı (2016). *Paris Anlaşması*. (12/06/2025 tarihinde <https://iklim.gov.tr/db/turkce/dokumanlar/paris-anlasmasi-13-20220808231948.pdf> adresinden ulaşılmıştır).

İktisadi Kalkınma Vakfı (İKV) (2021). *AB Yeşil Mutabakatı temel unsurları ve yol haritası*. (13/06/2025 tarihinde https://www.ikv.org.tr/images/files/AB_Yesil_Mutabakati_Temel_Unsurlari_ve_Yol.pdf adresinden ulaşılmıştır).

Karagöz, A. (1998). Biyolojik çeşitlilik sözleşmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 7 (1), 1-9.

Karakaya, E. (2016). Paris İklim Anlaşması: İçeriği ve Türkiye üzerine bir değerlendirme. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3 (1), 1-12. Doi:10.30803/adusobed.188842

Karakaya, E. ve Hiçyılmaz, B. (2016). Avrupa Birliği'nde enerji ve iklim değişikliği politikalarının gelişimi. Pınar Gedikkaya Bal ve Rana İzci Connelly (Ed.), *Ekonomik kriz ve Avrupa Birliği içinde* (s.131–156). İstanbul: Der Yayınevi.

Karakaya, E., Akkoyun, G. & Hiçyılmaz, B. (2023). Sera gazı emisyonu azaltımı için karbonun fiyatlanması: Karbon vergisi mi emisyon ticareti mi?. *Ekonomi, Politika & Finans Araştırmaları Dergisi*, 8 (4), 813-841. [Doi:10.30784/epfad.1367596](https://doi.org/10.30784/epfad.1367596)

Karataş, E. C. (2023). Avrupa Birliği emisyon ticaret sistemi ve sınırda karbon düzenleme mekanizması. Burhan Durgun (Ed.), *Makro Boyutlarıyla Çevre Ekonomisi* içinde (s.23-46). Gaziantep: Özgür Yayınları.

Keen, M., Parry, I. & Roaf, J. (2021). Border carbon adjustments: Rationale, design and impact. *IMF Working Paper WP/21/239*.

Kıvılcım, İ. (2013). *2020'ye doğru Kyoto-Tipi iklim değişikliği müzakereleri: Avrupa Birliği'nin yeterliliği ve Türkiye'nin konumu*. İstanbul: İktisadi Kalkınma Vakfı Yayınları.

Koç, B. E. & Kaynak, S. (2023). Sınırda karbon düzenleme mekanizmasının Türkiye - AB-27 dış ticaret ilişkisi üzerine olası etkisi. *Verimlilik Dergisi*, 57 (2), 273-288.

Low, P., Marceau, G. ve Reinaud, J. (2011). The interface between the trade and climate change scoping the issues. *World Trade Organization Staff Working Paper ERSD-2011-1*.

Metin, G., (2022). *Sanayileşmenin ve çevre politikalarının etkisiyle karbon vergisinin değerlendirilmesi*. Maltepe Üniversitesi. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).

Öner, Ş. (2023). İklim değişikliği sorununun uluslararası gelişmeler eşliğinde Türkiye'nin politika ve kurumlarına yansımaları. *Ombudsman Akademik*, 13-47.

Özdemir, H. & Köse, M. (2024). Karbon vergisi, emisyon ticaret sistemi ve sınırda karbon düzenlemesi: Türkiye açısından değerlendirmeler. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25 (3), 518-541. [Doi:10.53443/anadoluibfd.1464955](https://doi.org/10.53443/anadoluibfd.1464955)

Öztürk, M., & Öztürk, A. (2019). BMİDÇS'den Paris Anlaşması'na: Birleşmiş Milletler'in iklim değişikliğiyle mücadele çabaları. *Ömer*

Halisdemir Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 527-541.

Sadioğlu, U., & Ağralan, E. (2020). İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinde 25. Taraflar Konferansı (Cop 25). *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 361-385.

Schmalensee, R. and Stavins, R.N. (2017). Lessons learned from three decades of experience with cap and trade. *Review of Environmental Economics and Policy*, 11 (1), 59-79. [Doi:10.1093/reep/rew017](https://doi.org/10.1093/reep/rew017)

Sezik, M. & Sümer, G. Ç. (2022). *İklim değişikliği disiplinlerarası bir değerlendirme*. Ankara: İdealKent Yayınları.

Sezik, M., & Dokuyucu, E. (2025). İklim değişikliği ve Türkiye’de kentlerin iklim değişikliği politikalarına uyum sorunları. *Kent Akademisi Dergisi*, 18 (1), 540-562. [Doi:10.35674/kent.1481943](https://doi.org/10.35674/kent.1481943)

Stoefs, W. (2022). *EU ETS 101- A beginner’s guide to the EU’s emissions trading system*. (Accessed from <https://carbonmarketwatch.org/publications/eu-ets-101-a-beginners-guide-to-the-eus-emissions-trading-system/> 14/06/2025).

Talu, N. (2015). *Türkiye’de iklim değişikliği siyaseti*. Ankara: Siyasal Kitabevi.

The London School of Economics and Political Science (LSE) (2023). *How do climate policy and carbon border adjustments affect international trade?* (Accessed from <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/explainers/how-do-climate-policy-and-carbon-border-adjustments-affect-international-trade/> 28/05/2025).

Tuğan, K. (2022). *İklim değişikliği ve şehirler*. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı.

Türkeş, M. (2001). Hava, iklim, şiddetli hava olayları ve küresel ısınma. *T. C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar Seminerler Dizisi-1*, 187-205.

Türkeş, M. (2008). Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *Su Vakfı Dergisi*, 26-37.

UNFCCC. (1992). *United Nations framework convention on climate change*. (Accessed from <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> 01/06/2025).

United Nations (UN) (1998). *Kyoto Protocol to the United Nations framework convention on climate change*. (Accessed from <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> 14/06/2025).

United Nations Climate Change. (2025). *What is the Kyoto Protocol?* (Accessed from https://unfccc.int/kyoto_protocol 10/06/2025).

United Nations. UN. (1992). *Rio 1992*. (Accessed from <https://www.un.org/en/conferences/environment/rio1992> 01/06/2025).

Uyduranoğlu, A., Gevrek, Z. E. & Acar, Se. (2023). Avrupa Yeşil Mutabakatı'na uyum çerçevesinde Türkiye'deki işletmelerin emisyon ticaretine verdikleri desteği etkileyen faktörler. *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*, 22 (1), 257-289.

World Bank. (2023). *State and trends of carbon pricing*. The World Bank Report No. 2023-05. (Accessed from <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/58f2a409-9bb7-4ee6-899d-be47835c838f> 05/06/2025).

BÖLÜM 2

KARGO SEKTÖRÜNDE DİNAMİK FİYATLANDIRMA POTANSİYELİNİ AÇIĞA ÇIKARMAK İÇİN ANA HAT OPTİMİZASYONU

GÖKAY BURAK AKKUŞ¹

Giriş

Kargo (paket teslimatı) sektörü, küresel e-ticaretin benzersiz büyümesi, hızlı ve esnek nakliye için artan tüketici beklentileri, Ev Dışı (OOH) çözümler ve otomatik işleme sistemleri gibi yeniliklerin yaygınlaşması ile son yıllarda derin bir değişim ve dönüşüm geçirmiştir (Alimonti, Mautino, & Stammati, 2020). Giderek daha dinamik hale gelen bu ortamda, kargo şirketleri operasyonlarını optimize ederek yüksek hizmet kalitesi sunmayı amaçlarken maliyet açısından rekabetçi kalma konusunda artan bir baskıyla karşı karşıyadır.

Ana hat operasyonları, konsolide edilmiş paketlerin transfer merkezleri ve bölgesel depolar arasında uzun mesafeli taşınmasını ifade etmekte ve lojistik maliyetlerinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Söz konusu maliyet, genellikle toplam lojistik maliyetlerinin %25–50’sini oluşturur; birçok çalışmada bu oran

¹ Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Orcid: 0000-0001-7852-9308

yaklaşık %40 olarak kabul edilmektedir (Visser, 2007). Son iki yılda, artan yakıt fiyatları ve işgücü bulmadaki zorluklar, kargo şirketleri üzerindeki uzun mesafe rotalarını optimize etme baskısını yoğunlaştırmıştır. Örneğin, Yanchuk ve arkadaşları (2020) tarafından yapılan ampirik simülasyon çalışması, optimum olmayan rota seçimlerinin paket başına maliyeti %12–18 oranında artırabileceğini göstermiştir (Yanchuk et al., 2020). Uzun mesafe taşımalarda, şirket özmal ya da envanterindeki varlıkların yetersiz kullanımı, optimum olmayan rotalama ve yanlış hizalanmış planlama, doğrudan kar marjlarını düşürmekte ve kargo şirketlerini piyasa dalgalanmalarına karşı daha hassas hale getirmektedir.

Ana hat operasyonlarında, gerçek zamanlı kapasite, talep ve operasyonel maliyetlere dayalı olarak teslimat oranlarını sürekli ayarlama ihtiyacı, karlılık ve pazar çevikliği arayan kargo şirketleri için dinamik fiyatlandırmayı önemli bir stratejik gelişme alanı haline getirmiştir (Oteri, Onukwulu, Igwe, Ewim, Ibeh & Sobowale, 2023). Geleneksel sabit indirimli veya maliyet bazlı fiyatlandırmanın aksine, dinamik fiyatlandırma karmaşık analizlere ve operasyonel şeffaflığa dayanır; bu da maliyetler, kapasiteler ve talep şablonları hakkında doğru ve zamanında veri gerektirir. Güncel akademik çalışmalar, gerçek zamanlı teslimat oran ayarlamalarının ana hat taşıma yük faktörlerine bağlı olarak hizmet seviyelerinden ödün vermeden verim anlamında %5–9 arasında iyileştirme sağlayabileceğini göstermektedir (Patel, Ganu, Kharosekar & Hake, 2023).

Bu potansiyele rağmen, özellikle ana hat planlamasında, operasyonel optimizasyonla sınırlı bir entegrasyon olması durumunda, dinamik fiyatlandırmanın etkili bir sonuç vermesi mümkün olmamaktadır. Yapay zeka destekli rota optimizasyonu, dijital ayrıştırma ve ev dışı (OOH) teslimat noktalarının (kargo dolapları, teslim alma/bırakma yerleri–esnaf noktaları) entegrasyonu gibi ortaya çıkan güncel yöntemler, varlık kullanımını iyileştirmek,

duraklama faktörlerini azaltmak ve daha ayrıntılı, maliyete dayalı fiyatlandırma modellerine geçiş için yeni fırsatlar sunmaktadır (Akkerman, Dieter & Mes, 2023; Paul, 2025).

Bu çalışma, hem uygulama hem de akademik literatürdeki kritik bir boşluğu ele almayı amaçlamaktadır: “Gelişmiş ana hat optimizasyonu, kargo şirketlerinin dinamik fiyatlandırmanın faydalarını tam olarak gerçekleştirmesini nasıl sağlayabilir?”. Önde gelen bir kargo şirketinin anonimleştirilmiş bir operasyonel veri setinden yararlanarak, araştırmamız ana hat taşıma verimliliği, ortaya çıkan OOH çözümleri, ayrıştırma yetenekleri ve dinamik fiyatlandırma stratejileri arasındaki ilişkiyi modellemektedir.

Çalışmanın geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir: Bölüm 2, tanımlamalar, dinamik fiyatlandırma, ayrıştırma ve OOH teslimatı ile ilgili akademik literatürü gözden geçirmektedir. Bölüm 3, bu araştırmada kullanılan metodolojiyi ve veri kaynaklarını özetlemektedir. Bölüm 4, bu çalışmadaki ana hat optimizasyonu yaklaşımını ve operasyonel etkisini sunmaktadır. Bölüm 5, paket teslimatında dinamik fiyatlandırmanın çıkarımlarını analiz etmektedir. Bölüm 6, ampirik sonuçları ve senaryo analizini tartışmakta, ardından Bölüm 7’de yönetsel içgörüler ve sınırlamalar yer almaktadır. Bölüm 8’de, gelecekteki araştırmalar için temel bulgular ve yönlerle sonuçlanmaktadır.

2. İlgili Çalışmalar

Paket Teslimatında Ana Hat Optimizasyonu

Ana hat operasyonları, büyük depolar, transfer merkezleri ve bölgesel depolar arasındaki konsolide gönderilerin uzun mesafeli taşınmasını kapsar. Araç Rotalama Problemi (VRP) ve türevleri (Zaman Pencere VRP, Çoklu Depo VRP) gibi klasik optimizasyon çerçeveleri, ana hat planlaması için analitik temel sağlamıştır (Kumar & Panneerselvam, 2012). Meta-sezgisel ve yapay zeka odaklı sezgisel yöntemlerdeki son gelişmeler, büyük ölçekli ve

gerçek zamanlı yönlendirme ile planlama zorluklarına daha sağlam çözümler sunmaktadır (Ghannam & Gleixner, 2023). Ayrıca son çalışmalar, büyük ölçekli taşıma ağı problemlerini ele almak için genetik algoritmalar ile sütun oluşturma (column generation) yaklaşımlarını birleştiren hibrit meta-sezgisel çözümler önermiştir (Xu, Shen & Liu, 2023). Bu çalışmalar, optimum filo tahsisi, rotalama ve doğru planlamanın, özellikle paket hacimlerindeki mevsimsel değişimler ve piyasa dalgalanmalarında önemli maliyet tasarrufları ve iyileştirilmiş hizmet seviyeleri sağlayabileceğini göstermektedir (Xu, Shen & Liu, 2023).

Orta Mil (middle-mile) Operasyonlarında Ayırıştırmanın (Sorting) Önemi

Paketlerin teslimat için konsolide edilmesi, ayrıştırılması ve gönderilmesi süreci “orta mil” olarak tanımlanan toplama ile teslimat arasında yer alan, lojistiğinin temel bir bileşenidir (Boysen, Briskorn, & Fedtke, 2019). Otomatik ayrıştırma sistemleri verimi artırırken, manuel hataları azaltmakta ve gerçek zamanlı şekilde ağ durumuna göre dinamik yönlendirmeyi mümkün kılmaktadır. Transfer merkezlerini kapasite kısıtlamaları olan ağ düğümleri olarak modelleyerek, araştırmacılar ayrıştırma verimindeki iyileştirmelerin doğrudan daha iyi hat yükleme ve daha verimli varlık (kamyon, tır, van vb.) kullanımı ile sonuçlandığını göstermiştir (Fang, de Koster, & Roy, 2023). Özellikle, son-mil teslimatı üzerine yapılmış geçmiş çalışmalar (Liu et al., 2021; Ünlü et al., 2020; Karademir et al., 2022), geliştirilmiş ayrıştırmanın elleçleme sürelerini nasıl azaltabileceğini ve ana hat taşıma süreçlerine daha tutarlı paket akışlarını nasıl sağlayabileceğini ortaya koymuştur.

Son Mil (last-mile) Optimizasyonu, Ev dışı (OOH) Çözümler ve Orta Mil (middle-mile) Arayüzü

Bu çalışma ana hat taşımacılığına odaklansa da, değerlendirme yaparken daha geniş uçtan uca bir bakışa sahip olmak önemlidir. Ev Dışı (OOH) teslimat noktaları (paket dolapları, teslim alma/bırakma noktaları) gibi son mil yeniliklerinin, durak faktörlerini (durak başına teslim edilen paket sayısı) artırdığı, başarısız teslimat girişimlerini azalttığı ve genel teslimat yoğunluğunu iyileştirdiği gösterilmiştir (Ranjbari, Potdar & Zolang, 2023; Urban Freight Lab, 2018). Daha yüksek teslimat durak faktörleri, taşıyıcıların teslimatları birleştirmesine olanak tanır; bu da transfer merkezlerine giren paket akışlarını ve sonuçta ana hat yükleme modellerini olumlu yönde etkiler (ITF-OECD, 2022). Avrupa'dan elde edilen ampirik kanıtlar, kargo dolapları ve teslim alma noktalarının kullanımıyla ana hat doluluk oranlarında %5–9 artış yaşanabileceğini ve kent içi trafik tıkanıklığının azalabileceğini göstermektedir (Sendcloud, 2023).

Paket Teslimatında Dinamik Fiyatlandırma

Dinamik fiyatlandırma, taşıma ücretlerini gerçek zamanlı kapasite, talep ve operasyonel maliyetlere göre sürekli olarak ayarlama uygulaması olarak tanımlanmaktadır ve hem karlılık hem de pazar çevikliği arayan kargo şirketleri için önemli bir stratejik araç haline gelmiştir (Prokhorchuk, Dauwels & Jaillet, 2019). Havayolları ve yolculuk paylaşımı gibi endüstrilerde, dinamik fiyatlandırma modelleri gelişmiş analitiklere ve operasyonel şeffaflığa dayanmaktadır. Ancak paket taşımacılığında, dinamik fiyatlandırmanın etkinliği genellikle orta mesafe maliyet yapılarıyla sınırlı entegrasyon kurulması nedeniyle kısıtlanır (Liu et al., 2019). Son araştırmalar, hem pazar koşullarını hem de ağ kısıtlamalarını yansıtan oranları belirlemek için makine öğrenmesinden yararlanarak maliyet tabanlı ve talep odaklı fiyatlandırma

stratejilerinin bir araya getirilmesini savunmaktadır (Liu, Zhang, Wang, Deng & Wu, 2019). Tarihsel rota kullanımı ve mevsimsel talep üzerine eğitilen makine öğrenmesi ile oluşturulan dinamik fiyatlandırma modellerinin, yakın zamanda gelir artışında kural tabanlı kıyaslamalardan %5–10'a kadar daha iyi performans verdiği gösterilmiştir (Prokhorchuk et al., 2019). Buna karşın, az sayıda çalışma bu fiyatlandırma algoritmalarını açıkça ana hat taşıma ve ayrıştırma optimizasyonuna bağlamaktadır.

Araştırma Alanları

Orta-mil optimizasyonu (ana hat taşıma, ayrıştırma) ve fiyatlandırma analitiği hakkında ayrı ayrı detaylı çalışmalar olsa da, her ikisini de kapsamlı bir şekilde entegre eden çalışmalar öne çıkmamıştır. Özellikle, aşağıdaki konularda boşluklar görülmektedir:

1. Az sayıda çalışma, ayrıştırma kapasitesini ve OOH penetrasyonunu ana hat taşıma optimizasyonu ile birlikte modellemektedir.
2. Az sayıda çalışma, orta mesafe maliyet iyileştirmelerinin bir kargo ağında daha esnek, gerçek zamanlı fiyatlandırmayı nasıl doğrudan sağladığını incelemektedir.
3. Ayrıştırma, ana hat taşıma ve son-mil OOH teslimat çözümleri arasındaki etkileşim ve bunların maliyet tabanlı dinamik fiyatlandırma üzerindeki birleşik etkileri tam olarak araştırılmamıştır.

Bu çalışma, bir kargo şirketinin anonimleştirilmiş veri setini kullanarak bu boşlukları ele almakta, gelişmiş ayrıştırma, ev dışı teslimat seçenekleri ve ana hat optimizasyonunun dinamik fiyatlandırma potansiyelini nasıl açığa çıkarabileceğini ve genel ağ verimliliğini nasıl artırabileceğini incelemektedir.

3. Metodoloji

Veri Kaynağı ve Tanımlamalar

Çalışma kapsamında, altı aylık operasyonları kapsayan, önde gelen bir kargo dağıtım şirketinden anonimleştirilmiş bir operasyonel veri kümesi kullanılmaktadır. İstatistiksel geçerliliği sağlarken gizliliği korumak için, literatürde önerilen sentetik veri ölçekleme yaklaşımı izlenmektedir – [0,85, 1,15] aralığında eşit dağıtılmış bir katsayı ile rastgele ölçekleme. Bu tür yöntemlerin, verinin yapısal özelliklerini koruyarak gizliliği sağlama konusunda etkili olduğu gösterilmiştir (Abdul Majeed & Lee, 2020). Veri kümesi aşağıdakileri içermektedir:

- **Ana Hat Sefer Hareketleri:** Çıkış-varış merkezleri, kalkış/varış zaman damgaları, araç tanımlayıcıları ve yük faktörleri.
- **Ayrıştırma Ölçütleri:** Transfer merkezine (veri kümesinde 20'nin üzerinde transfer merkezi) gelen/giden paket sayıları, ayrıştırma verimi (otomatik ve manuel) ve işleme süreleri.
- **OOH Teslimat Etkileşimleri:** Kargo dolaplarına veya PuDo (teslim alma/bırakma) noktalarına yönlendirilen paket sayıları, her bir OOH düğümü için coğrafi konum verileri ve ilişkili zaman damgaları.
- **Maliyet Unsurları:** Rota başına yakıt tüketimi, sürücü çalışma saatleri, paket başına ayrıştırma maliyetleri ve OOH elleçleme maliyetleri.

Tüm gönderi kayıtları, şirketle ilgili tanımlayıcı bilgiler ve müşteri verileri anonimleştirilmiştir.

Analitik Çerçeveye Genel Bakış

Bu çalışmada önerilen çerçeve, klasik operasyonel araştırma modellerini veri odaklı senaryo analiziyle birleştirmektedir; Bertsimas, Shtern ve Sturt (2021) tarafından geliştirilen doğrusal karar kuralı yaklaşımına benzer bir maliyet azaltma formülasyonu kullanılmaktadır. Bu formülasyon, yüksek hacimli dağıtım ağlarında hesaplamaları neredeyse optimum rotalama performansı ile dengelemek üzere tasarlanmıştır:

1. Orta-Mil Optimizasyon Modeli:

- **Transfer merkezi ağı**, kapasite, zaman penceresi ve çoklu depo kısıtlamaları olan genişletilmiş bir Araç Rotalama Problemi (VRP) olarak formüle edilmektedir (Shen, Tao & Wang, 2018).
- **Ayrıştırma**, verim kısıtlamaları olan ağ düğümleri olarak temsil edilmektedir. Her transfer merkezinin maksimum saatlik işleme kapasitesi (geçmiş verilerden türetilen) ve paket başına işleme maliyeti (otomatik veya manuel) vardır.
- **OOH etkisi**, durak faktörü ayarlamaları yoluyla tanıtılmaktadır. OOH noktaları, birden fazla paketi daha az durakta birleştirerek, ayrıştırma sırasında yük dağılımlarını ve ana hat taşıma yük modellerini değiştirmektedir (Yeh, Yu, Susanto & Huang, 2022).

2. Dinamik Fiyatlama Modeli:

- Gerçek zamanlı fiyatlandırma algoritması, gözlemlenen ana hat taşıma maliyetlerine (yakıt, işçilik, araç kullanımı) ve ayrıştırma maliyetlerine (elleçleme, verim, manuel müdahale oranları) göre paket başına oranları ayarlamaktadır.

- Talep esnekliği parametreleri, kargo şirketi tarafından sağlanan geçmiş rezervasyon ve sözleşme verileri kullanılarak kalibre edilmektedir.
- İki fiyatlandırma rejimi karşılaştırılmaktadır: (a) Oranların ortalama maliyet yapılarına göre belirlendiği **statik maliyet üstü fiyatlandırma** ve (b) Oranların gerçek zamanlı maliyet sinyallerine ve kapasite kullanımına göre günlük (veya gün içi) olarak güncellendiği **dinamik fiyatlandırma**.

Senaryo Tasarımı

Operasyonel ve fiyatlandırma stratejilerinin etkisini ölçmek için dört temel senaryo oluşturulmuştur:

1. Başlangıç Noktası (Mevcut Durum):

- Mevcut uzun mesafeli rotalar, ayrıştırma kapasitesi, ev dışı teslimat oranları ve statik maliyet bazlı fiyatlandırma.

2. Optimize Orta-Mil (Ana hat + Ayrıştırma):

- Mevcut ayrıştırma kısıtlamalarıyla VRP modeli kullanılarak ana hat taşıma rotalarının yeniden optimizasyonu. Gönderileri varış noktasına ve ağırlık aralığına göre gruplandırma yaklaşımı, Le et al. (2021) tarafından lojistik planlama bağlamında önerilen k-means temelli “cluster-first route-second” yöntemine dayanmaktadır. Bu yöntem, büyük ölçekli VRP problemlerini alt görevlere bölerek hesaplama süresini önemli ölçüde azaltmakta ve çözüm kalitesini korumaktadır
- OOH kullanımı sabit; fiyatlandırma statik.

3. OOH Genişlemesi + Ayrıştırma İyileştirmesi:

- Artırılmış OOH yoğunluğu (daha büyük dolap/PuDo benimsenmesini simüle eder) ve yükseltilmiş transfer merkezi verimi (daha fazla otomasyon yoluyla).
- Yeniden hesaplanan ana hat rotaları; statik fiyatlandırma.

4. Tam Entegrasyon (Optimize Edilmiş Orta-Mil + Dinamik Fiyatlandırma):

- Senaryo 3'teki optimize edilmiş rotalar ve ayrıştırma seviyeleri kullanılmaktadır.
- Dinamik fiyatlandırma: Fiyatlar gerçek zamanlı maliyet ve kapasite kullanım değişimlerine göre ayarlanmaktadır.

Değerlendirme Ölçütleri

Her senaryo için aşağıdakiler hesaplanmaktadır:

- **Ana Hat Kullanım Oranı (%):** taşınan toplam ağırlık / toplam mevcut araç kapasitesi.
- **Paket Başına Ortalama Maliyet (TRY):** ana hat taşıma maliyeti, ayrıştırma maliyeti ve OOH elleçleme maliyetinin toplamının, toplam paket sayısına bölünmesiyle elde edilmektedir.
- **Durak Faktörü:** Teslimat durağı başına teslim edilen ortalama paket sayısı (OOH noktaları dahil).
- **Ortalama Teslim Zamanı (saat):** çıkış noktasından son teslimata veya OOH noktasına teslimata kadar.
- **Paket Başına Gelir (TRY):** Statik fiyatlandırmada: tüm gönderilerin ortalaması; dinamik fiyatlandırmada: günlük fiyatlandırma aralıklarının ortalaması.

Bu çalışma; yukarıdaki ölçütlerin senaryolar özelinde karşılaştırılmasını, ayrıştırma ve anahat taşımacılığındaki iyileştirmelerin maliyet etkisini ve fiyatlandırma esnekliğini nasıl sağladığını ortaya koymaktadır.

4. Ana Hat Optimizasyonu ve Operasyonel Etkisi

Bu bölümde, her bir merkezin günlük çalışma saatlerini (gelen ve giden), gerçekçi sürüş sürelerini, römork/çekici kullanımını ve çok duraklı rotalamayı hesaba katan Python ana hat optimizasyonu sunulmakta ve bu sayede elde edilen operasyonel iyileştirmeler incelenmektedir.

Rotalama Modeline Kavramsal Genel Bakış

Orta-mil süreçleri, transfer merkezleri ve depolar ağı üzerinde bir rotalama problemi olarak modellenmektedir. Amaç, toplam maliyeti en aza indirmek için her merkezden gelen gönderileri bir kamyon filosuna (isteğe bağlı olarak römorklarla) atamak, ardından kapasite ve zaman kısıtlamalarına dikkat etmektir. Temel unsurlar aşağıda açıklanmaktadır:

1. Ağ Elemanları

- **Transfer Merkezleri:** Her bir transfer merkezinin:
 - a. Gelen kamyonların boşaltıldığı ve paketlerin ayrıştırıldığı saat 05:00 ile 08:30 arasında bir giriş saat aralığı bulunmaktadır.
 - b. Kamyon veya tırların yükleme sonrası hareket edebileceği 13:00 - 00:00 arası çıkış saat aralığı bulunmaktadır.
 - c. Saat başına maksimum verim (buna **throughput(hub)** adı verilmekte), bir saatte kaç adet paketin ayrıştırılabileceği anlamına gelmektedir.

d. Sabah 08:30'a kadar ayrıştırılan gönderi miktarı (bazıları dağıtım rotaları için hemen küçük araçlara atanmaktadır). Geri kalanı çıkış saat aralığını beklemek zorundadır.

- **Depolar:** Römorkların bırakılıp alınabileceği ara tesisler; ayrıca römork değişimlerini gerçekleştirmek için bir giriş saat aralığına (genellikle sabahın erken saatleri) sahiptirler.

2. Filo ve Kapasite

- **Kamyon Kapasitesi** (*truck_capacity*): Bir kamyonun römork olmadan taşıyabileceği paket hacmi (veya ağırlık).
- **Römork Kapasitesi** (*trailer_capacity*): bir römork bağlandığında taşıyabileceği ek paketler.
- Bir kamyon tek başına seyahat edebilir (*capacity=truck_capacity*) veya bir römorkla (*combined capacity = truck_capacity + trailer_capacity*).
- Bir römorkun bağlanması veya sökülmesi yalnızca bir merkezde veya depoda gerçekleşebilir ve sökülen herhangi bir römork, başka bir kamyon onu alana kadar (o yerin geliş saat aralığı sırasında) o konumda kalır.

3. Seyahat Süreleri

- Herhangi iki konum (merkez veya depo) **A** and **B** için bir fonksiyon bulunmaktadır: *drive_time* (**A**, **B**, *departure_time*) ve o saatteki tipik trafiğe göre ayarlanmış tahmini ihtiyaç saatlerini döndürmektedir. Örneğin:

- a. Eğer `departure_time` 13:00 ile 00:00 arasındaysa, gündüz faktörünü kullanır (örneğin: `drive_time = base_time`).
- b. 00:00 ile 05:00 arasında ise, düşük saat faktörünü (örneğin: $0,7 \times \text{base}$) kullanır.
- c. 05:00 ile 08:30 arasında ise hafif trafik sabah faktörünü (örneğin: $0,8 \times \text{base}$) kullanır.

4. Rotalama Hedefleri ve Kısıtlamaları

- **Amaç:** Toplam maliyeti en aza indir; burada maliyet, tüm rotaların toplamıdır:
 - a. Her bir ardışık durak arasındaki sürüş maliyeti

$$(\text{function } \text{drive_cost}(A, B) = \text{drive_time}(A, B, \text{departure_time}) \times \text{cost-per-hour}),$$
 - b. Ayrıca sabit römork kullanım maliyeti (eğer römork takılmışsa).
- **Kapasite Kısıtlaması:** Bir rota üzerindeki her durakta, kamyonun mevcut yükü (yüklenmiş paketler) `truck_capacity` değerini aşmamalı veya bir römork takılmışsa `truck_capacity + trailer_capacity` değerini aşmamalıdır.
- **Transfer Merkezi Çıkış Saati:**
 - a. Bir rota, transfer merkezinin çıkış saat aralığı başlangıcından (13:00) önce veya çıkış saat aralığı bitiminden (00:00) sonra transfer merkezinden ayrılamaz.

- b. Bir rota üzerinde birden fazla transfer merkezi birleştirilecekse, ilk merkezden kalkış en geç 13:00'da, ancak diğer transfer merkezlerine gidiş saatleri kapanmadan önce ulaşılabilecek kadar erken olmalıdır.
- **Ayrıştırma Verimi:** Her transfer merkezi için, gelen tüm paketler 05:00–08:30 arasında ayrıştırılmalıdır. Gelen hacim, $\text{throughput}(\text{hub}) \times 3.5$ saati aşarsa, taşma ara döneme (08:30–13:00) ertelenir. Bir rotanın o transfer merkezinden planlanan ayrılışı, kalan tüm paketler ayrıştırılana kadar gerçekleşemez (en erken 13:00).

5. Çok Duraklı Rotalama

- Tek bir kamyon (veya kamyon artı römork) bir depoya veya son birleştirme noktasına dönmeden önce sırayla birkaç merkezi ziyaret edebilir. Rotadaki her ardışık durak çifti için şunlar hesaplanmaktadır:
 1. Mevcut merkezden **mümkün olan en erken kalkış** (en erken saat 13:00 ve ancak merkezde ayrıştırma tamamlandıktan sonra).
 2. **Bir sonraki merkeze seyahat süresi:** $\text{drive_time}(\dots)$.
 3. Bir sonraki transfer merkezine **varış saati**. Varış, o transfer merkezinin çıkış saat aralığının kapanmasından (00:00) sonra ise, sıra uygulanamaz.
 4. Sonraki merkezde **ayrıştırma hazırlığı**: Kamyon ertesi sabah 08:30'dan önce gelirse, römorkları bırakmak veya almak için o merkezin giriş saat aralığını yakalamalıdır.

08:30-13:00 arasında gelirse, önceki günden gelen paketler hazırda tamamen ayrıştırılmış olmalıdır.

Bu kurallar birleştirilerek kamyon ve treyler kapasitesi, transfer merkezi çalışma saatleri, sürüş süreleri ve verim parametrelerini optimize etmeye çalışan, herhangi dış çözücüye güvenmeden, maliyeti en aza indiren, uygulanabilir rotalar oluşturulmaktadır. Genel bir çerçevede, aşağıdaki adımlar izlenmektedir:

1. Temel Tasarruf-Tabanlı Birleştirme

- Her bir transfer merkezinin kendi güzergahı üzerinden hizmet vermesiyle başla.
- Herhangi iki transfer merkezini eşleştirmek için şöyle bir "tasarruf" değeri hesapla:

Kaynak Kod 1: Tasarruf Değeri

```
savings = drive_cost(hub, depot) + drive_cost(depot, hub2) –  
drive_cost(hub, hub2)
```

Burada **depo (depot)** kavramsal bir referanstır. Daha yüksek tasarruf, bu iki transfer merkezini tek bir çalışmada birleştirmenin daha avantajlı olduğu anlamına gelmektedir.

- Tüm transfer merkezi çiftlerini azalan tasarruflara göre sırala. Her çift için (**hubA, hubB**), aşağıdaki durumlarda iki tekil transfer merkezi rotasını birleştirmeyi dene:
 - a. Birleştirilmiş paket hacmi **truck_capacity**
veya **truck_capacity + trailer_capacity**

aralığındadır (ve bir römorka ihtiyaç olup olmadığına karar ver).

- b. İlk merkezden tek bir kalkış saati ($\geq 13:00$) ikinci merkeze 00:00'dan önce varmayı sağlar. Bu, `drive_time(firstHub, secondHub, departure_time)` değerini kontrol etmeyi ve sonucu 00:00 ile karşılaştırmayı gerektirir.
- c. Her transfer merkezinin gelen işleme ve ara işleme verim kısıtlamaları, tüm paketlerin ilgili kalkış saatine kadar hazır olmasına izin verir. Bir transfer merkezinin gelen yükü 08:30–13:00'a taşarsa, ayrıştırma işleminin seçilen kalkış saatine kadar tamamlandığından emin ol.
- Tüm kontroller başarılı olursa ve birleştirilen rotanın maliyeti iki ayrı rotanın toplam maliyetinden düşükse birleştirme işlemi gerçekleştirilir.

2. Yerel İyileştirme Adımları

- **Yer Değiştirme:** Tek bir transfer merkezini mevcut bir rotadan başka bir rotaya taşımayı dene. Bu amaçla aşağıdakiler kontrol edilmelidir:
 - Yeni birleştirilmiş hacim hala işlenebilir (römorklu veya römorksuz) olmalıdır.
 - Tüm kalkış-varış saatleri 13:00-00:00 aralığında kalacaktır.
 - Ayrıştırma hazırlıklarının tamamlanmış olmasına dikkat edilecektir.

- Eğer uygulanabilirse ve maliyet azalıyorsa, hareketi kabul et.
- **Takas:** İki güzergah arasında iki transfer merkezini değiştir, tüm fizibilite koşullarını (kapasite, çalışma saatleri, ayrıştırma) yeniden kontrol et ve toplam maliyeti düşürüyorsa takası kabul et.

3. Uyarlanabilir Çıkarma ve Yeniden Yerleştirme

- Yerel optimumlardan kaçmak için, bir alt kümeyi (örneğin, merkezlerin %10'u) rotalarından rastgele bir şekilde tekrar tekrar kaldır ve sonra bunları en iyi uygulanabilir pozisyonlara (yani, eklemelerinin en küçük maliyet artışını sağladığı ve tüm kısıtlamalara uyduğu noktaya) yeniden yerleştir.
- Her çıkarma ve yeniden yerleştirme döngüsünden sonra, toplam maliyeti bilinen en iyi maliyetle karşılaştır. İyileştirmeleri koru; aksi durumda, önceki en iyi maliyete geri dön.

Tasarruf, yerel taşıma ve kaldırma/yeniden eklemenin bu kombinasyonu kullanılarak (hepsi doğrudan Python'da kodlanmıştır) her gün için neredeyse optimum yönlendirme elde edilmektedir; herhangi bir abonelik gerektiren bileşen veya dış araçlara dayalı çözücü olmadan tüm çalışma saatlerine ve kapasite kurallarına üst seviyede uyulması amaçlanmaktadır.

Uygulama Detayları

Veri Hazırlama ve Düğüm Tanımlama

- **Ayrıştırma Yapan Transfer Merkezleri:** Her bir transfer merkezi için aşağıdaki şekilde bir kayıt tutulur:
 - a. **Koordinatlar:** (enlem/boylam).

- b. **Gelen Yük İşleme Saatleri:** 05:00–08:30 arasında önceki gün varışlı yüklerin tamamı işlenmeli.
 - c. **Giden Yük İşleme Saatleri:** 13:00–00:00 arasında çıkış yapacak tüm kamyonlar/römorklar yüklenmiş olmalı.
 - d. **Saat Başına Verim** (*throughput(hub)*).
 - e. **Sabah Dağıtım Aracı Yükleme (Adet):** 08:30'da (son-mil, yani dağıtım) küçük kamyonetlere atanan paket sayısı. Kalan paketler, merkezin "günlük giden hacmi" haline gelir.
- **Depolar:** Römorkların bırakılabileceği veya alınabileceği yerler. Her deponun, römork iadelerini kabul etmek veya römorkları ertesi güne hazırlamak için bir çalışma saat aralığı (05:00–08:30) vardır.
 - **Sürüş Süresi Matrisi:** Her çift (*A, B*) için bir temel mesafe hesaplanmakta ve günün saatine göre ayarlamalar uygulanmaktadır:
 - a. Eğer *departure_time* gündüz (13:00–00:00) ise *base_time(A, B)* kullan.
 - b. Sabahın erken saatleri ise (05:00–08:30), $0,8 \times \text{base_time}(A, B)$ kullan.
 - c. Gece boyunca (00:00–05:00) ise, $0,7 \times \text{base_time}(A, B)$ kullan.

Yerel Python Sezgisel Yöntemi

Tasarrufların Hesaplanması

Kaynak Kod 2: Tasarrufların Hesaplanması

```
savings_list = []
```

```

for hubA in all_hubs:
    for hubB in all_hubs:
        if hubA == hubB:
            continue

        cost_A_to_depot = drive_cost(hubA, central_depot,
time=13.0)

        cost_depot_to_B = drive_cost(central_depot, hubB,
time=13.0)

        cost_A_to_B = drive_cost(hubA, hubB, time=13.0)

        saving = cost_A_to_depot + cost_depot_to_B -
cost_A_to_B

        savings_list.append(((hubA, hubB), saving))

# Tasarrufa göre azalan şekilde sırala
savings_list.sort(key=lambda item: item[1], reverse=True)

```

- Burada: $\text{drive_cost}(X, Y, \text{time}) = \text{drive_time}(X, Y, \text{time}) \times \text{cost-per-hour}$.
- `central_depot` ana transfer merkezine ve ana transfer merkezinden doğrudan hizmeti temsil eden kavramsal bir düğümdür.

İlk Rota Oluşturma

Kaynak Kod 3: Her Transfer Merkezini Tek Başına Başlat

```
routes = []
for hub in all_hubs:
    route = {
        'sequence': [hub],
        'load': hub.daily_outbound_volume -
hub.morning_van_load,
        'departure': max(13.0, hub.earliest_ready), # ≥
13:00 olmalı
        'trailer_used': (hub.daily_outbound_volume >
truck_capacity),
        'cost': drive_cost(hub, central_depot,
time=max(13.0, hub.earliest_ready))
    }
    routes.append(route)
```

- `hub.earliest_ready`, tüm paketlerin (gelen + taşan) ayrıştırıldığı zamandır; asla 08:30'dan önce değildir, bir gecikme varsa daha sonra da olabilir.

Kaynak Kod 4: Tasarruflara Dayalı Şekilde Birleştir

```
for (hubA, hubB), _ in savings_list:
    routeA = find_route_serving(hubA, routes)
    routeB = find_route_serving(hubB, routes)
    if routeA is routeB:
        continue
```

```

combined_load = routeA['load'] + routeB['load']
needs_trailer = combined_load > truck_capacity

# Birleştirildiğinde en erken kalkış
earliest_ready = max(routeA['departure'],
routeB['departure'])
departure_time = max(13.0, earliest_ready)

# İlk transfer merkezinden ikinci transfer merkezine sürüş
travel_time = drive_time(hubA, hubB, departure_time)
arrival_time = departure_time + travel_time
if arrival_time > 24.0 or departure_time > 24.0:
    continue

# Her iki merkezde de ayrıştırmaya hazır olma durumunu
kontrol et
if not is_hub_ready(hubA, departure_time) or not
is_hub_ready(hubB, arrival_time):
    continue

# Birleştirilmiş maliyeti hesapla
cost_merge = (drive_cost(hubA, hubB, departure_time) +
drive_cost(hubB, central_depot, arrival_time) +
(trailer_fee if needs_trailer else 0))

```

```
if cost_merge < routeA['cost'] + routeB['cost']:
    # Sıraları birleştir: [hubA, hubB] (basitlik açısından,
    gerçek sıra değiştirilebilir)
    new_sequence = [hubA, hubB]
    routeA['sequence'] = new_sequence
    routeA['load'] = combined_load
    routeA['departure'] = departure_time
    routeA['trailer_used'] = needs_trailer
    routeA['cost'] = cost_merge
    routes.remove(routeB)
```

- `is_hub_ready(hub, time)` transfer merkezinin gelen tüm paketleri zamana göre ayrıştırmayı bitirip bitirmediğini döndürür.
- `is_hub_ready(hub, time)`, transfer merkezinin tüm gelen/paketleri verilen zamana göre ayrıştırmayı bitirmişse True olarak döndürür.
- Eğer römorka ihtiyaç varsa sabit bir `trailer_fee` eklenmektedir.

Yerel İyileştirme Hareketleri

Kaynak Kod 5: Yerel İyileştirme Hareketleri

```
improved = True
while improved:
    improved = False
```

```
# 1-0 Yer Değiştirme
```

```
for route_from in routes:
```

```
    for hub in route_from['sequence']:
```

```
        for route_to in routes:
```

```
            if route_to is route_from:
```

```
                continue
```

```
            if relocate_hub(hub, route_from, route_to):
```

```
                improved = True
```

```
                break
```

```
            if improved:
```

```
                break
```

```
        if improved:
```

```
            break
```

```
if improved:
```

```
    continue
```

```
# Yer değiştirme
```

```
for r1 in routes:
```

```
    for r2 in routes:
```

```
        if r1 is r2:
```

```
            continue
```

```
        for hub1 in r1['sequence']:
```

```
            for hub2 in r2['sequence']:
```

```
                if swap_hubs(hub1, r1, hub2, r2):
```

```

        improved = True
        break
    if improved:
        break
    if improved:
        break
    if improved:
        break

    if improved:
        continue

# 2-Opt Yeniden sıralama
for route in routes:
    if two_opt(route):
        improved = True
        break

```

- `relocate_hub(h, r_from, r_to)`, `h`'yi `r_from`'dan kaldırmaya ve onu `r_to`'daki en iyi konuma yerleştirmeye çalışır; kapasiteyi, kalkış saat aralıklarını (13:00–00:00), verimi ve römork kullanımını kontrol eder. Maliyet iyileşirse `True` döndürür.
- `swap_hubs(h1, r1, h2, r2)` iki transfer merkezini değiştirmeyi dener ve tüm kısıtlamaları kontrol eder.
- `two_opt(route)`, rotadaki sıranın herhangi bir alt sırasının tersine çevrilmesini test eder; maliyet düşerse ve kısıtlamalar geçerliyse, rotayı günceller.

Yıkım ve Onarım Döngüsü

Kaynak Kod 6: Yıkım ve Onarım Döngüsü

```
best_routes = copy.deepcopy(routes)
best_cost = total_cost(routes)

for _ in range(max_iterations):
    # Transfer merkezlerinin ~10% kadarını çıkar
    num_to_remove = max(1, int(0.1 * len(all_hubs)))
    hubs_to_remove = random.sample(all_hubs,
num_to_remove)
    saved_routes = copy.deepcopy(routes)

    for hub in hubs_to_remove:
        r = find_route_serving(hub, routes)
        r['sequence'].remove(hub)
        r['load'] -= (hub.daily_outbound_volume -
hub.morning_van_load)
        recalc_route(r)

    # Çıkarılan transfer merkezlerini tekrar ekle
    for hub in hubs_to_remove:
        best_insertion = None
        best_delta = float('inf')
        for r in routes:
            for pos in range(len(r['sequence']) + 1):
                temp_seq = r['sequence'][:pos] + [hub] +
```

```

r['sequence'][pos:]
    if check_feasibility(temp_seq, r):
        new_cost = calc_route_cost(temp_seq, r)
        delta = new_cost - r['cost']
        if delta < best_delta:
            best_delta = delta
            best_insertion = (r, pos)

if best_insertion:
    r, pos = best_insertion
    r['sequence'].insert(pos, hub)
    r['load'] += (hub.daily_outbound_volume -
hub.morning_van_load)
    recalc_route(r)

current_cost = total_cost(routes)
if current_cost < best_cost:
    best_cost = current_cost
    best_routes = copy.deepcopy(routes)
else:
    routes = copy.deepcopy(saved_routes)

```

- `recalc_route(r)` fonksiyonu `r['cost']`, `r['departure']` değerini yeniden hesaplar ve rotanın hala 13:00–00:00 aralığına ve kapasiteye uyduğunu doğrular.

- **check_feasibility(seq, route)** yeni sıralama için kapasiteyi, kalkış çalışma saatleri aralığını ve ayrıştırma hazırlığını kontrol eder.
- **calc_route_cost(seq, route)** tüm sürüş segmentlerinin ve römork ücretinin toplamıdır.

Operasyonel Etki Sonuçları

Aşağıda, dört senaryo temelinde geliştirilmiş operasyonel ayrıntılar için ana performans göstergeleri (KPI'lar) yer almaktadır. Kesin sayılar veri setine bağlıdır ancak göreceli iyileştirmeler genel olarak durumu yansıtmaktadır:

Temel Senaryo (Mevcut Durum)

- **Ana Hat Kullanımı:** Ortalama olarak yaklaşık %65–70. Çoğu kamyon kısmen yüklü olarak çalışır, çünkü her merkez bağımsız olarak hizmet verir.
- **Ayrıştırma Verimi:** Gelen yük için çalışma saatleri aralığı (05:00–08:30) %88 kapasitededir; bazı yükler 08:30–13:00'a taşmakta ve giden yüklemeyi geciktirmektedir.
- **Paket Başına Maliyet:** Yaklaşık ₺80–₺90, yarı dolu seferler ve ara sıra oluşan ayrıştırma darboğazları buradaki ana faktörlerdir.
- **Durak Faktörü:** Yaklaşık %15'lik bir OOH kullanımı varsayımı ile, durak başına 1.8 paket (OOH olmadan durak başına 1.5 paket civarında).
- **Teslimat Süresi:** 24-60 saat (ortalama 48 saat), kısmen öğleden sonraki gecikmeleri ve yetersiz rotalama nedeniyle.

Senaryo 2: Optimize Edilmiş Orta Mil (Ana Hat Taşımacılığı + Ayrıştırma)

- **Ana Hat Taşımacılığı Kullanımı:** Mümkün olan yerlerde hatların birleştirilmesiyle %75-80 kapasite kullanımı.
- **Ayrıştırma Verimliliği:** Gelen talep nadiren kapasitenin %90'ını aşmaktadır; ara saatlerde (08:30-13:00) ayrıştırma daha sorunsuz olduğundan akşam iş yükü azalacaktır.
- **Paket Başına Maliyet:** Daha fazla kamyonun tam kapasiteye yakın çalışmasıyla ₺72–₺80.
- **Durak Faktörü:** 1.5 olarak stabil (OOH payı sabit).
- **Teslimat Süresi:** 24-50 saat, yüklemede daha az gecikmeyi sağlayacaktır.

Senaryo 3: OOH Genişlemesi + Ayrıştırma İyileştirmesi

- **OOH Penetrasyonu:** %15'ten %25'e çıkarılarak stop faktörü 1.8'e çıkabilecektir.
- **Ana Hat Taşımacılığı Kullanımı:** Dağıtım araçlarının saat 08:30'da daha fazla paket alması ve özellikle römorklarla öğleden sonra daha dolu seferler yapılmasıyla %82-86'lara ulaşabilecektir.
- **Ayrıştırma Verimliliği:** Öğleden sonraki yoğunluk neredeyse tamamen ortadan kalkmakta; sabah gelen müşteri sayısı hala %90'larda seyredecektir, ancak akşam saatlerinde daha fazla bir artış beklenmemektedir.
- **Paket Başına Maliyet:** ₺64–₺72, daha dolu araçlar ve verimli römork kullanımıyla sağlanır.

- **Teslimat Süresi:** 24–50 saat, Teslimatlarda OOH etkisi ile müşteri bekleme süreleri kısılacaktır.

Senaryo 4: Tam Entegrasyon (Optimize Edilmiş Orta Mil + Dinamik Fiyatlandırma)

- **Paket Başına Gelir:** Dinamik fiyatlar, hacmi düşürmeden yüksek talep zamanlarını kapsadığından, statik fiyatlandırmaya göre %8-10 oranında artış sağlar.
- **Müşteri Kabul Oranı:** Sadece yüksek fiyat dönemlerinde talepte %2-3'lük düşüş yaşanması öngörülmektedir.
- **Yoğun Dönem Kullanımı:** Dinamik fiyatlandırmanın hacmi düşük sezona kaydırmasıyla %87-90'lara kadar düşer.
- **Paket Başına Maliyet:** ₺64–₺72 seviyesinde kalacaktır; net marjda iyileşme beklenmektedir.
- **Durak Faktörü & Teslim Süresi:** Sırasıyla 1.8 ve 24-50 saatte kalması beklenmektedir.

Önemli Noktalar

- **Transfer Merkezi Çalışma Saatlerine Uyum:** Giriş (05:00–08:30) ve çıkış (13:00–00:00) saat aralıklarının açıkça modellenmesi, rotaların gerçekçi bir şekilde yüklenmesini, yolculuğunu ve teslim edilmesini sağlar.
- **Römork Seçenekleri:** Merkezlerde veya depolarda römork bağlama ve ayırma işlemini yapabilmek, özellikle merkezlerin birleşik çıkış hacimleri tek bir kamyonun kapasitesini aştığında etkili kapasiteyi önemli ölçüde artırır. Römork bırakmalarını dikkatlice planlamak, gelecekteki boş hareketleri önler.

- **Çoklu Durak Avantajları:** Bir kamyonun (römorklu veya römorksuz) tek seferde birden fazla merkezi ziyaret etmesine izin vermek (her merkezin çıkış saat aralığı ve verim kısıtlamaları geçerli olduğu sürece) birçok yarı boş seferi ortadan kaldırır. Tasarruf birleştirmeleri, yerel iyileştirmeler ve kaldırma/yeniden yerleştirme işlemleri bu kazanımları sağlar.
- **OOH Etkisi:** Sabah işleyişinde daha az araç ile daha fazla paketin çıkabilecek olması öğleden sonraki yükler için kolaylık sağlayacaktır. OOH ağını daha da genişletmek, daha dolu hat taşıma oranlarına ve daha düşük paket başına maliyetleri getirir ve durak faktörünü daha da artırır.
- **Verimlilikle Desteklenen Dinamik Fiyatlandırma:** Yalnızca ağ (ayırıştırma, rotalama, römork kullanımı) son derece verimli olduktan sonra dinamik fiyatlandırma, hizmet kalitesine zarar vermeden geliri %8-10 oranında artırabilir. Fiyatlandırma teşvikleri, hacmin bir kısmını düşük yoğunluklu saatlere kaydırarak verimli kullanım oranlarını daha da dengeler.

5. Paket Teslimatında Dinamik Fiyatlandırma

Bu bölüm, dinamik fiyatlandırma modellerinin kargo sektöründe nasıl uygulanabileceğini, önemini ve orta-mil maliyetlerinin (Bölüm 4'ten) fiyatlandırma kararlarına nasıl yansıdığını incelemektedir. Öncelikle lojistikte dinamik fiyatlandırma kavramı açıklanmakta, ardından optimize edilmiş ana hat taşıma ve ayırıştırma operasyonlarının daha hassas fiyat belirlemeyi nasıl sağladığı açıklanmaktadır. Son olarak gerçek zamanlı maliyet verilerine tepki veren bir fiyatlandırma algoritması ana hatlarıyla anlatılmaktadır.

Lojistikte Dinamik Fiyatlandırmanın Rolü

Dinamik fiyatlandırma, değişen talep, kapasite ve maliyet faktörlerine göre gerçek zamanlı (veya gerçek zamana yakın) hizmet fiyatlarını ayarlamayı ifade eder. Havayollarında ve yolculuk paylaşımında iyi bilinen dinamik fiyatlandırma, kargo şirketlerinin üç ana hedefe ulaşmasına yardımcı olabilecektir:

1. **Daha İyi Kaynak Kullanımı:** Kapasite kısıtlı olduğunda (örneğin, birçok kamyon tam kapasitede kullanıldığında) fiyatları artırarak ve kapasite yetersiz kullanıldığında fiyatları düşürerek kargo şirketleri talebi dengeleyebilir, boş veya yarı boş seferleri azaltabilir ve genel varlık kullanımını iyileştirebilir.
2. **Marjların Korunması:** Maliyetlerin (yakıt, işçilik, verim) günden güne dalgalandığı bir sektörde, statik fiyatlar yüksek maliyetli dönemlerde karlılığı aşındırabilir. Dinamik fiyatlar, kargo şirketlerinin maliyet artışlarını müşteri esneklik sınırları içinde iletmelerine olanak tanır, böylece karlılık sabit kalabilir.
3. **Rekabete Hızlı Tepki Verebilme:** Rakipler düşük talep dönemlerinde fiyatları düşürürse, dinamik fiyatlandırma, bir taşıyıcının belirli zamanlarda bu fiyatları eşleştirmesine veya geçmesine olanak tanır ve uzun vadeli kar marjlarını zedelemekten pazar payını koruyabilir.

Ancak dinamik fiyatlandırma ayrıntılı maliyet görünürlüğü gerektirir. Paket teslimatında, maliyetin büyük bir kısmı orta milden (ana hat taşıma ve ayrıştırma) gelir. Her rota için paket başına maliyetin doğru ve güncel tahminleri olmadan, herhangi bir fiyat ayarlaması yanlış fiyatlandırma riski taşır; bu da ya geliri beklenmedik şekilde düşürür ya da hacmi rakiplere kaybedebilir.

Orta Mil (middle-mile) Optimizasyonunun Fiyatlandırmaya Etkisi

Bölüm 4, entegre rotalama ve ayrıştırma iyileştirmelerinin paket başına maliyeti %15-25 oranında azalttığını göstermiştir. Özellikle, her uygulanabilir kaynak-varış noktası çifti (veya konsolide rota segmenti) için aşağıdakiler hesaplanabilecektir:

- **Paket Başına Marjinal Maliyet:** Belirli bir güzergahın parçası olarak söz konusu pakete hizmet vermenin beklenen toplam maliyeti (paylaştırılmış sürüş maliyeti, ayrıştırma sırasındaki elleçleme, kullanılıyorsa römork ücreti dahil).
- **Kapasite Kullanım Düzeyi:** O rotadaki yük/toplam araç kapasitesi oranı, kapasitenin ne kadar sıkışık veya boş olduğunu gösterir.

Bu iki girdiyle (maliyet ve kullanım) temel fiyatı mevcut koşullara göre ayarlayan bir fiyatlandırma eğrisi oluşturulmaktadır. Bir rotanın kullanımı belli bir değerin üzerinde ise (örneğin: %85), algoritma o rotadaki herhangi bir olası yeni paket için fiyatı yükseltir. Kullanım belli düşük bir değerin altında ise (örneğin: %60), ek hacmi (doldurma seviyesine kadar) teşvik etmek için indirimli bir fiyat belirleyecektir.

Basit Bir Dinamik Fiyatlandırma Algoritması

Aşağıda, bir kargo şirketinin, rotalama sisteminden günlük orta-mil maliyet rakamlarına sahip olduktan sonra ek bir maliyet ödemediği uygulayabileceği kavramsal üç adımlı bir prosedür yer almaktadır:

1. **Paket Başına Baz Maliyetin Hesaplanması:** Her günün sonunda, beklenen tüm gönderiler için, her kaynak hub H ve hedef bölge D için: rotalama kuralını çalıştır:

- c_{HD} = H'den D'ye bir paket taşımanın marjinal maliyeti olsun (rota ataması ve genel giderlerin paylaştırılmasına dayalı).
- u_{HD} = H→D'ye hizmet eden aracın tahmini kullanım yüzdesi olsun (ayırıştırma ve birleştirmeden sonra).

2. Maliyet Odaklı Baz Fiyatın Belirlenmesi

Kaynak Kod 7: Her İkili İçin (H, D) Hesaplanır

$$base_rate_HD = c_{HD} \times (1 + markup)$$

- Burada **markup** kargo şirketinin genel giderler, kar ve beklenmedik durumlar için eklediği standart bir yüzdedir. Bu, normal koşullar altında maliyetin üzerine sağlıklı bir marjı kapsayan bir oran verir.

3. Kullanıma Dayalı Ayarlama Yapılması: İki kullanım eşiği tanımlanmaktadır; U_{high} (örneğin: %85) ve U_{low} (örneğin: %60). Sonra her (H,D) için:

Kaynak Kod 8: Eğer $u_{HD} \geq U_{high}$ ise

$$final_rate_HD = base_rate_HD \times (1 + surcharge_pct)$$

- Kapasite kısıtlı olduğunda ekstra marj yakalamak için (ör: **surcharge_pct** = %10).

Kaynak Kod 9: Eğer $u_{HD} \leq U_{low}$ ise

$$final_rate_HD = base_rate_HD \times (1 - discount_pct)$$

- Kapasite yetersiz olduğunda talebi canlandırmak için (ör: **discount_pct** = %10).

- Aksi takdirde, şu şekilde tutulur: $final_rate_HD = base_rate_HD$.

Bu algoritma, rotalama buluşsal (heuristic) yönteminden elde edilen maliyet ve kullanım çıktılarını kullanarak Python programlama ortamında kodlamak için uygundur. Oranların güncel olmayan ortalamalar yerine, doğruya uygun, gerçek- zamanlı operasyonel koşulları yansıtılmasını sağlamaktadır.

Göz Önünde Bulundurulması Gereken Başlıklar ve Esneklik

- **Müşteri Fiyat Duyarlılığı:** Her müşteri veya sözleşme kategorisinin kendi esnekliği vardır. Dinamik fiyatlandırma motoru bazı müşterilerin ödemeye istekli olduğundan daha yüksek bir oran belirlerse, hacim bir rakibe kayabilecektir. Uygulamada, kargo şirketleri müşterileri uzaklaştıracak derecede aşırı hareketliliği önlemek için fiyatların dönem başına ne kadar değiştiğine dair üst ve alt sınırlar (örneğin, standart sözleşme oranlarından en fazla $\pm \%15$) oluşturabilirler.
- **Çalışma Saat Aralıkları:** Bu çalışmada önerilen algoritma fiyatları 24 saatlik periyotta bir kez güncellerken, bir kargo şirketi yeni kullanım verileri geldikçe gün ortasında (örneğin 06:00/14:00/22:00'da) yeniden çalıştırarak daha da iyileştirebilir. Ancak, çok sık yapılan değişiklikler müşterileri şaşırtabilir ve faturalandırmayı karmaşıktırabilir.
- **Satış ve Sözleşmelerle Entegrasyon:** Bazı yüksek hacimli müşteriler (örneğin: büyük e-ticaret platformları) sabit fiyatlı çok aylık sözleşmeler için pazarlık yapmaktadır. Dinamik fiyatlandırma motoru öncelikle spot veya geçici gönderiler için geçerli olabilecektir. Sözleşmeli hacimler için kargo şirketleri karma bir yaklaşım sunabilecektir (örneğin:

varsayılan sözleşmeli fiyat üzerine gerçek maliyet dalgalanmalarına bağlı küçük bir periyodik ek yakıt ücreti).

Özet

Optimize edilmiş orta-mil operasyonları, etkili fiyatlandırma için kritik iki girdi üretir:

1. Her rota segmenti için günlük olarak güncellenen güvenilir bir gönderi marjinal maliyeti.
2. Ağdaki her bağlantı için gerçek zamanlı kullanım ölçütü.

Bu girdiler, basit bir algoritmaya verildiğinde, kapasite sıkışıklığına bağlı olarak taban maliyetin altında veya üstünde kalacak şekilde fiyatlar değişken şekilde belirlenebilecektir. Bu sayede kargo şirketleri hedefledikleri kar marjlarını yakalayabilecek, sezonsal hacim değişikliklerine göre talebi dengeleyebilecek ve piyasa değişikliklerine duyarlı kalabileceklerdir.

Ana hat taşıma ve ayrıştırma gerektiren optimizasyon yapılmadığında, maliyet öngörüler ve gerçekleştirmeleri tam doğruyu yansıtmayabilir ve bu nedenle dinamik fiyatlandırma, düşük ücretlendirme (marjın aşınması) veya aşırı fiyatlandırma (hacim kaybı) riski taşır. Operasyonel optimizasyonu (Bölüm 4) dinamik fiyatlandırma ile birleştirerek, kargo şirketleri hem verimliliği hem de karlılığı iyileştirmek için bütünsel bir mekanizma kazanmaktadır.

6. Değerlendirme

Kargo şirketinin kimliğini korumak için tüm hacim ve maliyet rakamları anonimleştirilmiştir (rastgele bir katsayı ile ölçeklendirilir). Buna karşın, göreceli iyileştirmeler ve eğilimler korunmuştur.

Temel Performans Göstergeleri (KPIs)

Tablo 1: Senaryo Bazlı Temel Performans Göstergeleri (KPIs)

Senaryo	Transfer Merkezi Kullanım Verimi (%)	Paket Başına Maliyet (₺, ölçeklendirilmiş)	Durak Faktörü (paket/durak)	Ort. Teslim Süresi (saat)
1. Temel (bugünkü durum)	$68 \pm 3 \%$	₺88	1.5	48
2. Optimize Edilmiş Orta-Mil	$78 \pm 2 \%$	₺76	1.5	45
3. OOH Genişleme + Ayrıştırma İyileştirmesi	$84 \pm 2 \%$	₺68	1.8	42
4. Tam Entegrasyon + Dinamik Fiyatlandırma	$89 \pm 1 \%$	₺68 (maliyet)	1.8	42

- **Kullanım:**

- a. Başlangıç senaryosu (Senaryo 1) ortalama yaklaşık %68 kullanım oranı sağlamaktadır.
- b. Rotalama iyileştirmeleri (Senaryo 2) bu değeri yaklaşık %78'e taşımaktadır.
- c. Kargo dolaplarının eklenmesi ve daha iyi ayırıştırma (Senaryo 3) kullanımı yaklaşık %84'e çıkarmaktadır.
- d. Dinamik fiyatlandırma (Senaryo 4) yaklaşık %89'a getirmektedir.

- **Paket Başına Maliyet:**

- a. Başlangıç maliyeti ~£88 (ölçeklendirilmiş).
- b. Optimize edilmiş rotalama bunu ~£76'ya (Senaryo 2) ve ardından ~£68'e (Senaryo 3) düşürür.
- c. Senaryo 4 maliyeti daha fazla düşürmüyor ancak ortalama geliri yükseltmektedir.

- **Durak Faktörü:**

- a. OOH payı artana kadar 1.5 olarak kalır, daha sonra 1.8'e yükselir (Senaryo 3'ten itibaren).

- **Teslim Süresi:**

- a. 48 saatten (Başlangıç) 45 saate (Senaryo 2) ve 42 saate (Senaryolar 3-4) düşer.

Yorumlama ve Yönetmelik Değerlendirme

1. Ayırıştırma ve Rotalama Sinerjisi

- **Verim:** Transfer merkezlerinin %90-95 kapasiteyle (başlangıçtaki yaklaşık %88'e kıyasla) çalışacak şekilde otomasyon ile desteklenmesi öğleden sonraki

iş yükünü azaltacaktır. Bu, kamyonların tam yüklerle 13:00'te zamanında hareket etmesini sağlayacaktır.

- **Kullanım oranında Artış:** Birleştirilmiş "tasarruf temelli" rota birleştirmeleri ve yerel iyileştirmeler, kullanımı ~%68'den ~%78'e çıkarmaktadır. Ana hat taşımasında böyle bir kapasite kullanım oranı artışı, benzer yapıları kullanılarak önemli kazançlar gösteren Faugère, Klibi, White & Montreuil (2020) tarafından bildirilen değerlere göre makul seviyede bulunmaktadır.

2. OOH Altyapısının Değeri

- **Durak Faktörü:** Paket dolaplarının/PuDo noktalarının teslimatlardaki payının %15'ten %25'e çıkarılması, durak faktörünü 1,5'ten 1,8'e çıkarmaktadır; bu da son mil yoğunluğunda önemli bir iyileştirme anlamına gelmektedir.
- **Yukarı Yönlü Etki:** Transfer merkezi verimliliği arttıkça sabah işleyişine yetişen paket sayısı da artmaktadır. ~25.000 paket (günlük ~30.000 paketten) 08:30 dağıtım araçlarıyla taşındığından, transfer merkezindeki kalan yükler daha kolay işlenebilir hale gelmektedir (özellikle daha uzun sürüş zamanına sahip ana hat taşımalarının varışı nedeniyle ikinci dalga planlaması gerektiğinde). Kullanım ~%84'e tırmanmakta ve paket başına maliyet ~£68'e düşmektedir. Kargo dolaplarının dahil edilmesinin şehir içi sürüş mesafelerini önemli oranda azalttığını gösteren (Ozyavas et al., 2025) ile uyumlu olarak, bu çalışma sonucunda OOH düğümleri etkinleştirildiğinde toplam kentsel rota uzunluğunda %5,2'lik bir azalma öngörülmektedir.

3. Römork Kullanımı

- **Kapasite Esnekliği:** Birleştirilmiş ana hat yükleri bir kamyonun tekil kapasitesini aştığında bir römork takmak, ekstra seferleri önlemektedir.

4. Dinamik Fiyatlandırmayı Etkinleştirme

- **Maliyet Etkisi:** Senaryo 3'ten itibaren sabit ₺68 maliyet (ölçeklendirilmiş) baz alınarak, üstüne basit bir $\pm \%10$ kuralı ile ($\pm$ ₺6.8) parsel başına ek $\%8-10$ gelir elde edilmektedir.
- **Hacim Esnekliği:** Modellenmiş olan fiyat esnekliği, en yüksek fiyat aralıklarında hacimde yaklaşık $\%2-3$ düşüş göstermektedir; bu, marj artışı göz önüne alındığında kabul edilebilir bir durum oluşturmaktadır.
- **Kullanım Düzeltmesi:** Dinamik fiyatlar; düşük sezonda pazardan daha yüksek hacim alınmasına ve bu sayede kullanım oranının yaklaşık $\%89$ seviyesinde sabitlenmesine imkan sağlar.

Genelleştirilebilirlik

Bu çalışmadaki bulgular, bir yerli kargo şirketinin verilerine dayanmakla birlikte, aşağıdaki özellikleri paylaşan dağıtım ağları için de geçerlidir:

- **Teslimat Araçları (Hafif ticari vb.):** Küçük araçlar merkezlerden 08:30'da hareket eder ve tesisteki hacmin bir kısmını almış olurlar.
- **Öğleden Sonra Yükleme:** Ana hatlar için net bir yükleme saat aralığı başlar (13:00–24:00), öncelikle şube veya müşterilerden yeni alınan yükler ayrıştırma amacıyla elleçlenir, ayrıştırılmış yükler ilgili ana hat aracına yüklenir.

- **Ayrıştırma Kapasite Sınırlamaları:** Günlük kapasitenin yaklaşık %90'ını işleyebilen otomatik veya yarı otomatik ayrıştırma teknolojileri (geri kalanlar manuel olarak elleçlenir).
- **OOH Seçenekleri:** Eve teslimat gerektirmeden hacmin %15-25'ini yakalayabilen paket dolapları veya PuDo noktaları.
- **Römork Altyapısı:** Römorkların değiş tokuş yapılabileceği veya daha fazla kapasite için alınabileceği depolar.

Çalışma yerel veri ile yapılmış olmasına karşın, benzer transfer merkezi çalışma düzenine ve altyapısına sahip Avrupa, Kuzey Amerika veya diğer bölgelerdeki paket teslimatı yapan şirketler de karşılaştırılabilir verimlilik ve marj kazanımları elde etmek için bu Python tabanlı sezgisel ve dinamik fiyatlandırma kuralını global olarak benimseyebilecektir.

7. Sonuç

Kargo şirketleri ana hat optimizasyonunu (transfer merkezi çalışma düzenine uygun), doğru bir rotalama ve ev dışı (OOH) teslimat seçenekleriyle desteklediklerinde; dinamik fiyatlamayı etkin şekilde gerçekleştirebilecek ve aşağıdaki kazanımları elde edebileceklerdir:

- **Daha yüksek Kapasite Kullanım Oranları:** Ortalama olarak ~%68'den ~%84'e.
- **Paket Başına Daha Düşük Maliyet:** ~%23 indirim (₺88 → ₺68, ölçeklendirilmiş).
- **Daha İyi Son Mil Yoğunluğu:** Durak faktörü 1.5'ten 1.8'e.
- **Artan Gelir:** Dinamik fiyatlandırma, minimum (~%2-3) hacim kaybıyla ~%6-8 marj kazandırmaktadır; bu durum, benzer Avrupa örneklerinde gelirlerde %5' bir artış gösteren

(Prokhorchuk, Dauwels & Jaillet, 2019) sonuçlarının çok ötesinde görünmemektedir.

Geleceğe yönelik olarak, bu çalışmadaki yaklaşımı daha fazla stres testi yaparak geliştirmek için daha ileriye bakarak (multi-day horizons) optimizasyon, segmente özgü esneklik, sürdürülebilirlik çabaları ve stokastik talep şokları özelinde incelemek faydalı olacaktır. Bunun ötesinde, düşük emisyonlu bölgeler büyük AB şehirlerinde genişledikçe, yasal düzenleyiciler kargo şirketlerini optimize edilmiş seferlere ve havuzlama stratejileri benimsemeye teşvik etmektedir; Niemeijer & Buijs (2023) tarafından yapılan çalışma, metropol alanlarda parcel locker (OOH) sistemlerinin toplam karbon emisyonlarını %2.5'e kadar azaltabileceğini göstermektedir. Yük iletilen vb. platformların hızla dijitalleştirilmesi ve yapay zeka destekli talep tahmininin ortaya çıkması göz önüne alındığında, gelecekteki çalışmalar gerçek zamanlı verilerin hat optimizasyonuna entegre edilmesini de içerebilecektir.

Kaynakça

Alimonti, R., Mautino, L., & Stamatii, L. (2020). *E-Commerce Growth: Competition and Regulatory Implications for the Postal Sector*. In *The Changing Postal Environment* (pp. 167-181). Springer, Cham.

Visser, E.J. (2007) *Logistic innovation in global supply chains: an empirical test of dynamic transaction-cost theory*. *GeoJournal* 70, 213–226. <https://doi.org/10.1007/s10708-008-9133-0>

Yanchuk, V. M., Tkachuk, A. G., Antoniuk, D. S., Vakaliuk, T. A., & Humeniuk, A. A. (2020). *Mathematical simulation of package delivery optimization using a combination of carriers*. arXiv preprint. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2011.01200>

Oteri, O., Igwe, A., Ewim, C., Ibeh, A., Sobowale, A., & Pub, A. (2023). *Dynamic pricing models for logistics product management: Balancing cost efficiency and market demands*. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, 4(1), 861–869. <https://doi.org/10.54660/IJMRGE.2023.4.1-861-869>

Patel, Z., Ganu, M., Kharosekar, R., & Hake, S. (2023, July). *Technical paper on dynamic pricing model for freight transportation services*. *TIJER*, 10(7), 331–337. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/373194012_TECHNICAL_PAPER_ON_DYNAMIC_PRICING_MODEL_FOR_FREIGHT_TRANSPORTATION_SERVICES

Akkerman, F., Dieter, P., & Mes, M. (2023). *Learning dynamic selection and pricing of out-of-home deliveries* [Preprint]. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.13983>

Paul, J. (2025). *AI-powered route optimization: Reducing costs and improving delivery efficiency* [Preprint]. ResearchGate.

Kumar, S., & Panneerselvam, R. (2012). A survey on the vehicle routing problem and its variants. *Intelligent Information Management*, 4(3), 66–74. <https://doi.org/10.4236/iim.2012.43010>

Ghannam, M., & Gleixner, A. (2023, July). Hybrid genetic search for dynamic vehicle routing with time windows. *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.11800>

Xu, K., Shen, L., & Liu, L. (2023, October 15). Enhancing column generation by reinforcement learning–based hyper-heuristic for vehicle routing and scheduling problems. *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.09686>

Boysen, N., Briskorn, D., & Fedtke, S. (2019). Robust planning of sorting operations in express delivery systems: A two-stage sort process. *Optimization Online*. Retrieved from <https://optimization-online.org/wp-content/uploads/2021/03/8299-1.pdf>

Fang, Y., de Koster, R. B. M., & Roy, D. (2023). Dynamic robot routing and destination assignment policies for robotic sorting systems. *SSRN*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4667308>

Liu, Y., Yu, Y., Liu, J., & Wang, H. (2021). Optimization of parcel sorting operations in the last-mile delivery context. *Computers & Industrial Engineering*, 157, 107329. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107329>

Ünlü, N., Uçar, E., Akkuş, G. B., & Şen, B. (2020). Kargo işlemlerde zaman pencereli çok amaçlı dinamik rotalama. *Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi*, 3(2), 105–113.

Karademir, Ç., Bilge, Ü., Aras, N., Akkuş, G. B., Öznergiz, G., & Doğan, O. (2022). Solution of a real-life vehicle routing problem with meal breaks and shifts. In Y. Kuo (Ed.), *Green Transportation and New Advances in Vehicle Routing Problems* (pp. 131–157). Springer.

Ranjbari, A., Diehl, C., Dalla Chiara, G., & Goodchild, A. (2023). *Do parcel lockers reduce delivery times? Evidence from the field. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 172, 103070. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2023.103070>

Urban Freight Lab. (2018). The final 50 feet of the urban goods delivery system: Common carrier locker pilot test at the Seattle Municipal Tower [Pilot test report]. Supply Chain Transportation & Logistics Center, University of Washington. <https://digital.lib.washington.edu/researchworks/items/b481e17b-44a6-40fd-9ca5-56aeef5bcae2>

ITF–OECD. (2022). The freight space race: Curbing the impact of freight deliveries in cities. International Transport Forum. <https://www.itf-oecd.org/freight-space-race>

Sendcloud. (2023). Out-of-home delivery increases efficiency in the last mile. Sendcloud Blog. <https://www.sendcloud.com/blog/efficient-last-mile-delivery-solutions>

Prokhorchuk, A., Dauwels, J., & Jaillet, P. (2019, December 6). Stochastic dynamic pricing for same-day delivery routing [Preprint]. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1912.02946>

Liu, J., Zhang, X., Wang, Y., Deng, Y., & Wu, X. (2019, December 5). Dynamic pricing on e-commerce platform with deep reinforcement learning: A field experiment [Preprint]. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1912.02572>

Abdul Majeed, M., & Lee, S. (2020). Anonymization techniques for privacy-preserving data publishing: A comprehensive survey. *IEEE Access*, 8, 200300–200333. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3045700>

Bertsimas, D., Shtern, S., & Sturt, B. (2021). *A data-driven approach to multi-stage stochastic linear optimization*. Operations

Research Center, MIT. Retrieved from <https://optimization-online.org/wp-content/uploads/2018/11/6907.pdf>

Shen, L., Tao, F., & Wang, S. (2018). Multi-Depot Open Vehicle Routing Problem with Time Windows Based on Carbon Trading. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(9), 2025. <https://doi.org/10.3390/ijerph15092025>

Yu, V. F., Susanto, H., Yeh, Y.-H., Lin, S.-W., & Huang, Y.-T. (2022). *The Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery and Parcel Lockers*. *Mathematics*, 10(6), 920. <https://doi.org/10.3390/math10060920>

Faugère, L., Klibi, W., White, C., & Montreuil, B. (2020). *Dynamic pooled capacity deployment for urban parcel logistics*. *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2007.11270>

Ozyavas, P., Buijs, P., Ursavas, E., & Teunter, R. (2025). Designing a sustainable delivery network with parcel locker systems as collection and transfer points. *Omega: The International Journal of Management Science*, 131, 103199. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2024.103199>

Niemeijer, R., & Buijs, P. (2023). A greener last mile: Analyzing the carbon emission impact of pickup points in last-mile parcel delivery. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 186, 113630. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113630>

BÖLÜM 3

DOĞAL AFETLERİN ULUSLARARASI TİCARET ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: 6 ŞUBAT DEPREMLERİNİN TÜRKİYE’NİN LİMAN TİCARETİ ÜZERİNDEKİ YANSIMALARI

ERDEM ATEŞ¹

Giriş

Doğal afetler yaşandıkları bölgede coğrafya, konut stoğu, insanlar ve ekonomik yapı üzerinde derin yıkıcı etkilere sahip olmaktadır. Afet, yaşamın doğal akışını bozma, can ve mal kayıplarına neden olma, ekonomik ve sosyal zararlarla sonuçlanma ihtimalinin yanı sıra doğa ya da insan kaynaklı bir olay olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımdan yola çıkarak doğal afetlerin sel, yıldırım, doğal oluşumlu yangınlar, deprem, çığ, toprak kayması vb. insan etkisinin olmadığı olaylar olduğu söylenebilir. Ancak insan faktörünün etkisiyle oluşan çığ, yangın, toprak kayması vb. afetler ise doğal afet olarak değil afet olarak sınıflandırılabilir.

Afet kavramı literatürde çok çeşitli şekilde tanımlanmakta ve literatürde buna ilişkin farklı ayrımlar bulunmaktadır. Örneğin,

¹Araş.Gör.Dr., Munzur Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, Orcid: 0000-0003-1459-9555

afetler oluş nedenlerine göre beş türe ayrılmaktadırlar (Avdar, 2017: 54). Bunlar;

a) Jeolojik Afetler: Yer kabuğu hareketlerinden kaynaklanan afetlerdir. Deprem, volkan patlaması, heyelan vb. afetler jeolojik afetler içerisinde yer almaktadır.

b) Meteorolojik Afetler: Hava olaylarından kaynaklı olan afetler bu türe dahil edilmektedir. Sel, hortum, fırtına vb. afetler meteorolojik afetlerdir.

c) Biyolojik Afetler: Biyolojik nedenlerle ortaya çıkan afetlerdir. Örnek vermek gerekirse orman yangınları, böcek ve haşere istilaları bu türe dahil edilmektedir.

d) Teknolojik Afetler: Teknolojinin hatalı kullanımı nedeniyle ortaya çıkan afetlerdir. Radyoaktif ve kimyasal madde kazaları, deniz, kara ve hava yolu kazaları bu türe örnek olarak gösterilebilir.

e) Sosyal Afetler: Kıtık, salgın hastalıklar, çatışma, savaş vb. sosyal yapıyı etkileyen afetlerdir.

Afetlerin ekonomi üzerinde büyük etkileri olmaktadır. Bu nedenle literatürde afet ekonomisi olarak adlandırılan bir çalışma alanı bulunmaktadır. Afetler sonucunda ülke ekonomileri fiziksel, finansal, beşerî sermaye ve altyapı kayıplarına uğramaktadırlar. Afetlerin ekonomi üzerindeki etkileri göz önüne alınarak ve etkilerinin ortaya çıkma zamanlarına göre üçe ayrılmaktadır. Bunlar (Ateş, 2024:238);

a) Kısa Vadeli Etkiler: Afetin etkisiyle doğrudan ortaya çıkmış olan alt ve üst yapı zararları, insan kayıpları, bina stoğunda ortaya çıkan zararlardır.

b) Orta Vadeli Etkiler: Afet sebebiyle ortaya çıkan iş gücünün çalışma süresi ve üretim kayıplarıdır.

c) Uzun Vadeli Etkiler: Afet bölgesinin üretim yapısındaki, hacmindeki, ihracat ve ithalatındaki yapısal değişiklikler uzun vadeli etkiler olarak isimlendirilebilir.

Afetler arasında dünya genelinde en büyük can ve mal kayıplarına neden olan afet türünün deprem olduğu söylenebilir. Deprem, fay hatlarında meydana gelen ani kırılmalar nedeniyle ortaya çıkan ve oraya çıkarttığı titreşimlerin yayılarak oluştuğu bölgeyi sarsması şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Depremlerin ekonomi üzerinde derin etkileri ortaya çıkmaktadır. Bu etkilerin büyüklüğü sektörler göre farklılık göstermekle birlikte hemen hemen tüm sektörleri kısa vadede olumsuz etkilemektedir. Orta vadede ise paketlenmiş gıda, sağlık, konteynır ve hazır tuvalet ya da duş vb. faaliyet kolları olumlu etkilenebilmektedir.

Depremlerden etkilenen ekonomik faaliyetlerin başında uluslararası ticaret gelmektedir. Özellikle depremlerin oluşturduğu kısa vadedeki etkiler nedeniyle etkilenen bölgenin dış ticaretinde düşüşler beklenmektedir. Depremler uluslararası ticaret üzerinde iki nedenden dolayı olumsuz etki yapmaktadır. Birincisi; ulaşım altyapısının uğradığı zararlar, işgücü kayıplarının yaşanması, endüstri bölgelerinin uğradığı zararlar, enerji tedarikinde yaşanan aksamalar ve tarımsal faaliyetlerde yaşanan aksamalar vb. nedenlerle üretim kaybının oraya çıkarttığı olumsuz etkilerdir (Gassebner vd., 2006: 3). İkincisi; deprem nedeniyle ticaret maliyetlerinin yükselmesidir. Deprem alt ve üst yapıya zarar vererek kara, deniz ve hava taşımacılığının daha maliyetli hale gelmesine neden olabilmektedir. Hatta bazı durumlarda ticaret rotasının değişmesine bile neden olabilmektedir (Oh & Reuveny, 2010: 243).

Buna ek olarak, deprem olan ülkenin milli geliri içindeki uluslararası ticaret gelirlerinin yüksek bir paya sahip olması, ülkenin bu afetten ekonomik açıdan daha olumsuz etkilenmesini beraberinde

getirecektir (Gassebner vd., 2010: 353). Bu durum depremlerin ekonomi üzerindeki olumsuz etkisini artırmaktadır.

Türkiye aktif deprem kuşağı olan Alp-Himalaya kuşağında yer alan bir deprem ülkesidir. Türkiye'nin yüz ölçümünün yaklaşık yüzde 42'si birinci derece deprem kuşağında yer almakta ve nüfusun yaklaşık yüzde 44'ü bu bölgede yaşamaktadır (Özşahin, 2013: 4). Türkiye tarihinde 1939 Erzincan, 1976 Muradiye, 1999 Gölcük ve Düzce, 2011 Van depremleri başta olmak üzere çok sayıda deprem yaşamıştır.

Türkiye Cumhuriyeti tarihinin 1939 Erzincan depreminden (7.9) sonra en yüksek büyüklüğe sahip depremi 6 Şubat 2023 yerel saatle 04.17'de merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ve moment büyüklüğü (Mw) 7,7 olarak gerçekleşmiştir. Ardından, yerel saatle 13.24'te merkez üssü Ekinözü-Elbistan (Kahramanmaraş) olan ve moment büyüklüğü (Mw) 7,6 olan bir deprem daha meydana gelmiştir (Dölek vd., 2023: 74). Deprem çevre illerden de güçlü bir şekilde hissedilmiş ve Kahramanmaraş, Hatay, Adıyaman, Osmaniye, Gaziantep, Şanlıurfa, Malatya, Diyarbakır, Adana, Kilis ve Elazığ olmak üzere 11 il afet bölgesi olarak ilan edilmiştir (Resmi Gazete, 2023). Afet bölgesi ilan edilen 11 il 108.812 kilometre karedir ve bu alan eğer bir ülke olsaydı dünyanın 45 inci büyük ülkesi olacaktı (CRED, 2023). Afet bölgesinin nüfusu 2022 verilerine göre yaklaşık olarak 14 milyon kişidir ve Türkiye'nin toplam nüfusunun yaklaşık yüzde 16'sına denk gelmektedir. Bölgeye uluslararası ticaret açısından bakıldığında ise, 11 ilin toplam ihracatı 2023 yılı itibarıyla Türkiye'nin toplam ihracatının yüzde 7,67'si; ithalatının ise yüzde 5,58'ini oluşturmaktadır.

Çalışmanın amacı, 6 Şubat depremi örneğinde, doğal afetlerin uluslararası ticaret üzerindeki etkisini, depremlerin etkilediği limanlar üzerinden hem bölgesel ticaret hem de uluslararası tedarik zincirleri perspektifiyle incelemektir. Çalışma kapsamında afet bölgesi olarak ilan edilen bölgede yer alan beş

liman incelenmiştir. Bu limanlardan BOTAŞ limanı Adana’da yer alırken geri kalan dört tanesi Toros Gübre, Delta Terminal, Yakacık ve İskenderun Limanları Hatay ilinde yer almaktadır. Çalışmada afet bölgesinde yer alan 5 limandan gerçekleştirilen ihracat ve ithalat 2021 Ocak ila 2025 Nisan dönemi için aylık verilerle incelenmiştir. Veriler IMF’nin Port Watch isimli veri tabanından alınmıştır. Çalışmada iki tür analiz gerçekleştirilmiştir. İlk olarak; deprem öncesi ilgili limanın hesaplama dönemindeki ortalamasından deprem sonrasında sapma olup olmadığını gösteren “Anormal Değişim (Abnormal Change) analizidir. İkincisi ise, ilgili limanın deprem öncesindeki trendiyle sonrasındaki trendinin kıyaslanacağı betimsel analizdir.

Çalışmanın ilk bölümünde deprem bölgesinde yer alan limanlar ve bunların Türkiye’nin dış ticaretindeki yeri hakkında bilgi verilmiş, ikinci bölümde ise doğal afet- uluslararası ticaret ilişkisine ilişkin teorik çerçeve ve literatür taraması yer almaktadır. Çalışmanın üçüncü kısmında ise çalışmada kullanılan veri seti ve uygulanan yöntemler hakkında bilgi verilmiş dördüncü bölümde analiz bulguları özetlenmiş ve son bölümde ise bu bulgular ışığında politika önerilerinde bulunulmuştur.

Deprem Bölgesindeki Limanların Türkiye’nin İhracatındaki Yeri

6 Şubat depremi kapsamında afet bölgesi ilan edilen 11 ilden yalnızca Adana ve Hatay illerinin denize kıyıları vardır. Bu iki ilde ise toplamda beş adet liman bulunmaktadır. Bu limanlardan BOTAŞ Limanı Adana ilinde yer alırken; BOTAŞ, Toros Gübre, Delta Terminal, Yakacık ve İskenderun Limanları Hatay ilinde yer almaktadır. Ancak bu illerin ekonomik büyüklüklerine ek olarak hinterlandlarında Gaziantep, Kahramanmaraş, Kayseri, Elâzığ vb. illerin ekonomik büyüklükleri ve ticaret hacimleri düşünüldüğünde bahsi geçen limanların işlek limanlar oldukları görülebilmektedir.

Şekil 1’de çalışma kapsamında incelenen beş limanın konumları yer almaktadır.

Şekil 1 Çalışmada Yer Alan Limanlar

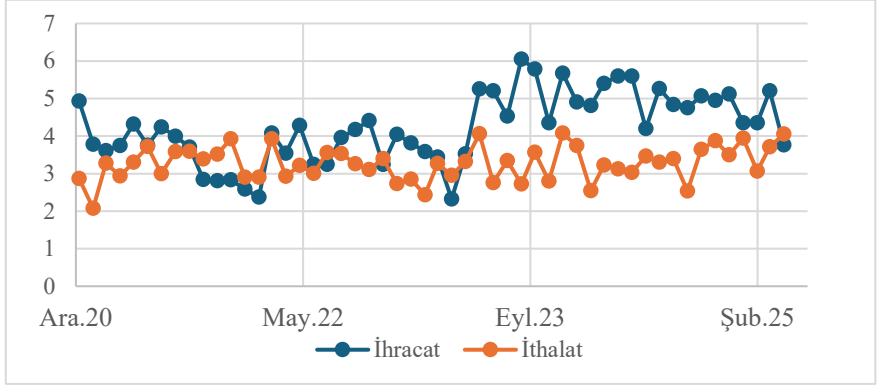


Kaynak: IMF Port Watch İnternet Sitesi.

Grafik 1’de ilgili limanların Ocak 2021 ile Nisan 2025 dönemindeki ihracat ve ithalat hacimleri görülmektedir. 6 Şubat 2023 depremi öncesinde genellikle aylık 4 milyon ABD doları civarında seyreden ihracat hacminin, depremden hemen sonra Nisan 2023’te 2,3 milyon dolara kadar gerilediği; ithalatın ise Ocak 2023’te 2,8 milyon dolar seviyesinde olduğu sonraki dönemlerde ise bu seviyenin altına gerilemediği gözlemlenmiştir. Deprem sonrasında ihracat hacminin hızla toparlandığı ve hatta ortalama seviyesini aşarak aylık 5 milyon dolar seviyesine eriştiği belirlenmiştir. İthalatın da benzer şekilde deprem sonrası eski seviyesini koruduğu Ekim 2024’ten itibaren ise yükselme eğiliminde olduğu görülmüştür. Buradan deprem bölgesinden gerçekleştirilen

deniz taşımacılığı yollu ihracatın ve ithalatın deprem sonrasında hızla toparlandığı ve hatta deprem öncesi seviyesinin üzerine çıktığı söylenebilir.

Grafik 1 Limanların Toplam İhracat ve İthalat Hacimleri



Kaynak: IMF Port Watch İnternet Sitesi.

Tablo 1’de çalışmada yer alan limanların Türkiye’nin toplam ihracat ve ithalatı içindeki payları yer almaktadır. Tabloya göre çalışmada konu edilen limanlar üzerinden Türkiye’nin toplam ihracatının yüzde 32,2’sini; ithalatının ise yüzde 10,6’sını gerçekleştirdiği görülmüştür. Buna göre, 6 Şubat depreminin Türkiye’nin deniz taşımacılığıyla gerçekleştirdiği ihracatını ithalatına kıyasla daha olumsuz etkileme potansiyeli barındırdığı söylenebilir.

Tablo 1 Çalışmada Yer Alan Limanların Türkiye’nin Dış Ticaretindeki Payları

	BOTAŞ Limanı	Toros Gübre Limanı	Delta Terminal Limanı
İhracat	16,4	0,9	1,4
İthalat	0,7	1,5	1,4
	Yakacık Limanı	İskenderun Limanı	Toplam
İhracat	12	1,5	32,2
İthalat	6	1	10,6

Kaynak: IMF Port Watch İnternet Sitesi.

Tablo 2’de ilgili limanlardan en fazla ticareti yapılan ürünler yer almaktadır. Tabloya göre ilgili limanlardan ağırlıklı olarak hammadde, gıda ve içecek ve metal ürünlerinin ticaretinin yapıldığı görülmüştür.

Tablo 2 Çalışmada Yer Alan Limanlarda En Fazla Ticareti Yapılan Ürünler

	BOTAŞ Limanı	Toros Gübre Limanı	Delta Terminal Limanı
1	Mineral Ürünler	Mineral Ürünler	Mineral Ürünler
2	Kimya ve Yan Sanayi	Kimya ve Yan Sanayi	Kimya ve Yan Sanayi
3	Taş & Cam	Hazır Gıda Maddeleri ve İçecekler	Taş & Cam
	Yakacık Limanı	İskenderun Limanı	
1	Mineral Ürünler	Mineral Ürünler	
2	Kimya ve Yan Sanayi	Sebze Ürünleri	
3	Metaller	Hazır Gıda Maddeleri ve İçecekler	

Kaynak: IMF Port Watch İnternet Sitesi.

Kısacası, 6 Şubat 2023 depremlerinin Türkiye’nin ağırlıklı olarak ihracat yaptığı limanlarının olduğu bir bölgede gerçekleştiği, bu durumun kısa vadede deniz ticaretinde bazı olumsuzlukları beraberinde getirdiği görülmüştür. Fakat, bölge ihracatı hızla toparlanmış ve bu toparlanma incelenen limanların ihracat rakamlarına da yansımıştır.

Kavramsal Çerçeve ve Literatür Taraması

Doğal afet- uluslararası ticaret ilişkisi karmaşık bir konudur. Doğal afetler ve depremler özelinde, ekonomik faaliyetleri nasıl etkilediği, uluslararası ticarete nasıl bir sonuç ortaya çıkartacağı yönünde literatürde net bir uzlaşma bulunmamaktadır. Bu konuda birbirine zıt iki farklı görüş mevcuttur. Bunların birincisi; doğal afetlerin dolayısıyla da depremlerin, can kayıplarına neden olması, alt ve üst yapıya zarar vermesi, depremzedelerin yaşadıkları travmatik deneyim nedeniyle normal hayata uyum sağlamakta

güçlük çekmeleri ve üretim araçlarının zarar görmesi gibi nedenlerden dolayı uluslararası ticaretinde olumsuz etkileneceği görüşüdür.

İkinci görüş ise, deprem gibi doğal afetlerin Joseph Alois Schumpeter tarafından ekonomide verimsiz olanın daha verimli olanla sürekli değiştirildiği sürekli yenilenme süreci olarak tanımlanan yaratıcı yıkımı tetikleyeceğini savunmaktadırlar. Bu görüşe göre doğal afetler eski ve köhnemiş üretim yapısını değiştirerek ekonomik büyümeyi ve ülkenin rekabet gücünü artıracak ve bu da dış ticareti artıracaktır.

6 Şubat 2023'te yaşanan deprem birçok farklı akademik disiplin tarafından incelenmiştir. Çalışma bahsi geçen felakete iktisat ve uluslararası ticaret perspektifinden yaklaştığı için bu alanlarla bağlantılı çalışmalar burada özetlenmiştir.

Depremin tarım sektörü üzerindeki etkisi (Ağızan vd., 2023; Çığ & Toprak, 2023; İnan vd., 2023); sosyoekonomik boyutları (Aydınbaş, 2023); vergi gelirleri üzerindeki etkisi (Boz & Demirbozan, 2024) ve işgücü piyasasındaki etkisi (Çetinkaya & Torun Ateş, 2023) çalışmalarında incelenmiştir.

Buna ek olarak, yıkıntıların geri kazanımı ve bertarafı konusu (Çiftçioğlu, 2024); iş dünyasına etkisi (Dündar, 2023); kırsal kalkınmaya etkisi (Gül & Akyol, 2023); girişimciler üzerindeki etkisi (Marangoz & İzci, 2023); makroekonomik değişkenler üzerindeki etkisi (Özbey & Bayraktar, 2023; Sabırsız & Şöhret, 2024) ve son olarak BIST 30 üzerindeki etkisi (Ünkaracalar, 2023) çalışmalarında incelenmiştir.

6 Şubat depremlerinin Türkiye'nin ve afet bölgesinde yer alan illerin dış ticaretine etkilerini konu alan çalışmalar ise şu şekildedir. Bardakçı ve Demirtaş (2023) çalışmasında 6 Şubat depreminin dış ticaret üzerindeki etkileri incelenmiş ve muhtemel Büyük İstanbul depremi için gerekli önemlerin alınması gerekliliği

vurgulanmıştır. Tetik ve Albulut (2023)'te depremin ihracat üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak, depremde zarar gören ihracat firmaların sorunlarına çözüm önerileri getirilmiştir. Ketboğa (2024)'te Malatya'da faaliyet gösteren dış ticaret firmalarının deprem sonrasında yaşadığı sorunlar incelenmiştir. Sonuç olarak, Malatya ilinde deprem sonrasında dış ticaret firmalarının yaşadığı sorunların başta finansal sorunlar olmak üzere, üretim, lojistik, müşteri ilişkileri ve geleceğin planlanamaması olduğu belirlenmiştir. Ateş (2024) çalışmasında 11 ilin ihracat ve ithalat verilerini Ocak 2021- Aralık 2023 dönemi için aylık olarak Bai ve Perron testiyle incelemiştir. Depremin hem ihracatta hem de ithalatla bir yapısal kırılmaya neden olduğu görülmüş ve deprem sonrasında ihracatın hızla deprem öncesi düzeylerine döndüğü, ithalatla ise benzer bir düzelmenin olmadığı belirlenmiştir. Özsalman ve Yıldırım (2024) çalışmasında afet bölgesinde yer alan 11 ilin şubat ayı ihracat rakamlarında Diyarbakır hariç diğer bütün illerde sert düşüş yaşandığı; Adıyaman ve Diyarbakır illeri haricindeki diğer 9 ilde de ithalatın büyük oranda azaldığı belirlenmiştir. Tüfenk (2024) çalışmasında 11 ilin dış ticaret verileri incelenmiştir. Sonuç olarak hem ihracat hem de ithalatla büyük düşüşler olduğu belirlenmiştir.

Veri ve Yöntem

Çalışmada 6 Şubat depremleri sonrasında afet bölgesi ilan edilen 11 ildeki liman ticareti verileri kullanılmıştır. Veri dönemi 2021 Ocak ila 2025 Nisan dönemi olarak seçilmiştir. Veriler IMF Port Watch veri setinden elde edilmiş ve Milyon ABD doları cinsinden aylık ihracat ve ithalat verileridir. Bu veri setinde 2019 Ocak ayı itibarıyla veriler bulunmaktadır. Bu çalışmada inceleme döneminin 2021 Ocak ayından başlatılmasının nedeni COVID-19 salgınının ticaret üzerindeki etkisinin olabildiğince analiz dışı bırakılmak istenmesidir. Veri seti eğer veri tabanından ulaşılabilen en erken dönem olan 2019 Ocak ayından başlatılırsa, uygulanan yöntemlerden birisi olan Anormal Değişim (Abnormal Change)

düzeyinin yani aylık ortalamanın daha düşük olmasına neden olabilecektir böylece depremin ilgili limanlardan yapılan ihracatı azaltma gücünün sapmalı çıkması durumu ortaya çıkabilecektir.

Çalışmada iki farklı yöntem kullanılarak 6 Şubat depremlerinin afet bölgesinden deniz yoluyla gerçekleştirilen ihracat ve ithalat üzerindeki etkisi incelenmeye çalışılmıştır. Birinci uygulanan yöntem, anormal değişim (Abnormal Change) yöntemidir. Bu yöntem, belirli bir olayın (örneğin bir doğal afetin) ardından ilgili değişkenin, olay öncesi dönemdeki ortalama eğiliminden ne ölçüde sapma gösterdiğini belirlemeyi amaçlamaktadır (Shoubridge, 2002: 88). Analizde, her bir liman için olay öncesi döneme (Ocak 2021- Ocak 2023) ait aylık yük hacmi ortalamaları hesaplanmış, bu değerler olay sonrası aylarda gözlemlenen hacimlerle karşılaştırılmıştır. Bu şekilde her bir ay ve her bir liman özelinde, olaydan kaynaklanan sapmalar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu yöntem sayesinde, deprem sonrası dönemde liman faaliyetlerinde meydana gelen düşüş veya toparlanma eğilimleri nicel olarak izlenebilmekte ve doğal afetlerin ticaret altyapısına etkileri somut biçimde değerlendirilebilmektedir. Bahsi geçen sapma ortalamanın altında ise bu sapmaya negatif anormal değişim; üzerinde ise pozitif anormal değişim adı verilmektedir.

İkincisi yöntem olarak ise, liman bazlı ihracat ve ithalat yük hacmi verileri doğrusal trendler aracılığıyla görselleştirilmiş ve deprem öncesi ile sonrası dönemler için eğim karşılaştırması yapılmıştır. Bu analizde, Ocak 2021–Ocak 2023 arası dönem “deprem öncesi”, Şubat 2023 sonrası dönem ise “deprem sonrası” olarak ele alınmıştır. Her bir dönem için yük hacmi değişim trendi doğrusal regresyon yöntemiyle tahmin edilmiş, eğim katsayılarının yönü ve büyüklüğü grafiksel olarak karşılaştırılmıştır. Bu yöntem, deprem sonrasındaki liman faaliyetlerinde toparlanma eğilimi olup olmadığını gözlemlemeye imkân tanımaktadır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışmada ilk olarak anormal değişim yönteminin bulgularına yer verilmiştir. Sonrasında ise deprem öncesi ve sonrasına ilişkin liman verilerinin eğim katsayıları incelenmiştir.

Tablo 3’te anormal değişim analizi sonuçları yer almaktadır. İhracat sonuçları incelendiğinde, İskenderun ve Yakacık Limanlarının deprem öncesindeki ortalamalarının çok altında kaldıkları belirlenmiştir. Toros Gübre Limanının ağırlıklı olarak ortalamanın altında kaldığı ancak Delta Terminal ve BOTAŞ limanlarından genellikle ortalamaların üzerinde ihracat gerçekleştirildiği görülmüştür.

İhracatta ağırlıklı olarak negatif anormal değişim gerçekleşen limanlara bakıldığında, depremin yaşandığı Şubat 2023 tarihinde İskenderun limanından aylık ortalamasının yüzde 81 daha altında bir ihracat gerçekleştirildiği görülmüştür. Geri kalan döneme bakıldığında da ortalamanın üzerinde ihracat gerçekleşen tek dönemin Aralık 2023 olduğu belirlenmiştir. Yakacık limanına bakıldığında, Şubat 2023’te yüzde 38,33’lük bir azalış görülmüş ayrıca inceleme dönemindeki en yüksek anormal değişimin yüzde 41,75 ile Ağustos 2023’te yaşanmıştır. Bu bulgular ışığında, İskenderun ve Yakacık limanlarından gerçekleştirilen ihracatın depremin etkisiyle azaldığı ve toparlanma eğiliminin düşük düzeyde kaldığı söylenebilir.

İhracatta ağırlıklı olarak pozitif anormal sapma gerçekleşen limanlar incelendiğinde, Toros Gübre limanında Haziran 2024’te yüzde 67,55 gibi yüksek oranda anormal değişimler görüldüğü ancak Ekim 2023 döneminde ise yüzde 145,15 gibi aşırı yüksek ortalama üzerinde değerlerle de karşılaşmıştır. Delta Terminal ve BOTAŞ limanları ise en az sayıda negatif anormal değişimin görüldüğü limanlar olmuştur. İncelemenin yapıldığı deprem sonrasındaki 27 ay içinde Delta Terminal limanının 7; BOTAŞ

limanının ise yalnızca 3 ayda negatif anormal değişim görölmüştür. Toros Gübre, Delta Terminal ve BOTAŞ limanlarından gerçekleştirilen ihracatın depremden sonra güçlü bir toparlanma eğilimi gösterdiği söylenebilir.

İthalat bulguları incelendiğinde, İskenderun ve BOTAŞ limanlarındaki negatif anormal değişimin yüksek düzeyde ve uzun süreli olduğu söylenebilir. Delta, Yakacık ve Toros Gübre limanlarındaki negatif anormal değişimlerin daha sınırlı ve kısa süreli olduğu görölmüştür.

İthalat ağırlıklı olarak pozitif anormal değişim gerçekleşen limanlar incelendiğinde, depremin meydana geldiği Şubat 2023 tarihinde Delta Terminal limanının yüzde 47,69 ile artış gösterdiği tersine Toros Gübre ve Yakacık Limanlarının ise sırasıyla yüzde -15,28 ve -11,19 ile negatif anormal değişim gösterdikleri belirlenmiştir. Depremden sonra Toros Gübre 6, Delta Terminal ve ve Yakacık Limanı 10’ar ay anormal negatif değişim göstermişlerdir. Bu bulgu ışığında bahsi geçen üç limandan yapılan ithalatın, depremin yarattığı olumsuz etki sonrasında hızla toparlandığı söylenebilir.

İthalatta negatif anormal değişim gerçekleşen limanlar incelendiğinde ise, İskenderun ve BOTAŞ limanlarının başı çektiği belirlenmiştir. İskenderun limanı 17, BOTAŞ limanı ise 19 ay boyunca negatif anormal değişim göstermişlerdir. Bahsi geçen bu iki limanın deprem sonrasında ithalat performanslarının azaldığı söylenebilir.

Tablo 3 Anormal Değişim Analizi Sonuçları

Tarih	İskenderun Limanı		Delta Terminal Limanı		BOTAS Limanı		Toros Gübre Limanı		Yakacık Limanı	
	İhracat	İthalat	İhracat	İthalat	İhracat	İthalat	İhracat	İthalat	İhracat	İthalat
Şub.23	-81,03	12,33	48,66	47,69	32,52	32,63	-27,27	-15,28	-38,33	-11,19
Mar.23	-66,25	-10,27	235,23	39,14	-13,77	-45,71	-9,26	13,38	-20,01	-8,18
Nis.23	-67,61	-8,00	5,72	15,68	-41,52	36,61	63,87	8,52	-19,59	0,43
May.23	-33,34	-8,56	42,26	63,82	-8,64	-20,05	-33,99	15,90	-33,51	-0,45
Haz.23	-33,29	17,27	-19,53	48,69	50,40	-34,10	-36,12	25,51	8,23	20,49
Tem.23	-24,49	-4,00	27,59	21,24	42,43	-22,09	13,81	18,36	-25,99	-9,74
Ağu.23	-21,12	3,18	-31,86	19,25	32,54	-74,75	51,30	65,13	-41,75	8,97
Eyl.23	-51,69	2,32	-13,93	33,78	48,98	-17,28	30,68	20,96	15,94	-19,56
Eki.23	-1,81	6,31	54,81	7,19	37,73	-41,80	145,15	-1,54	39,36	13,43
Kas.23	-39,00	34,51	-21,66	-18,09	48,23	-93,86	29,06	29,52	6,48	-4,84
Ara.23	1,89	9,48	-36,53	12,24	79,69	-40,31	-9,87	1,25	-20,26	18,37
Oca.24	-23,75	23,87	41,70	38,96	46,68	-66,03	121,40	80,43	-28,48	50,08
Şub.24	-14,99	20,35	74,17	-15,96	75,62	-45,72	-25,76	55,69	-15,19	5,20
Mar.24	-15,17	-14,83	15,36	-10,50	93,41	144,83	35,55	48,40	-23,43	-12,51
Nis.24	-45,59	-17,31	67,90	31,20	162,46	20,48	11,83	64,97	-37,69	9,01
May.24	-40,80	1,52	-26,55	-6,76	86,26	64,76	-41,87	-4,15	-29,55	-7,05
Haz.24	-54,62	-22,21	92,03	8,44	6,97	-69,95	-67,55	14,75	-13,30	-7,01
Tem.24	-24,76	-16,60	18,91	-38,68	44,59	-13,42	-50,41	-37,38	-13,09	12,55
Ağu.24	-18,15	-33,92	19,13	7,75	37,49	-70,83	-6,22	6,87	-36,53	5,92
Eyl.24	-59,04	-31,67	68,16	-43,32	11,53	-16,35	-26,18	-7,44	-20,55	-12,07
Eki.24	-40,22	-29,70	19,25	-16,42	29,62	-29,44	-29,81	-13,34	25,90	13,59
Kas.24	-29,84	-4,31	75,61	-56,00	97,53	265,22	4,79	70,92	-39,57	15,40
Ara.24	-35,45	-33,14	5,05	-14,28	38,00	-65,26	-64,61	37,91	8,40	10,72
Oca.25	-14,52	-30,78	-7,57	26,78	27,31	39,61	-21,51	138,31	-2,79	50,12
Şub.25	-41,23	-69,26	126,98	16,93	44,69	-31,67	23,49	109,98	-12,66	37,00
Mar.25	-14,30	-36,97	167,86	69,43	64,29	-25,06	-38,29	58,29	-0,78	2,31
Nis.25	-43,94	-50,75	22,01	-41,52	41,49	54,54	41,60	181,71	-18,82	57,86

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Grafik 2’de çalışma kapsamında incelenen 5 liman ve son olarak ise bu 5 limanın toplam aylık ihracat verileri deprem öncesi-sonrası olarak ve bu eğrilere ilişkin doğrusal eğilim çizgileri yer almaktadır. Tablo 4’te ise Grafik 2’den elde edilen eğim katsayı değerleri deprem öncesi ve sonrası için yer almaktadır.

Tablo 4 İhracat İçin Eğim Katsayı Sonuçları

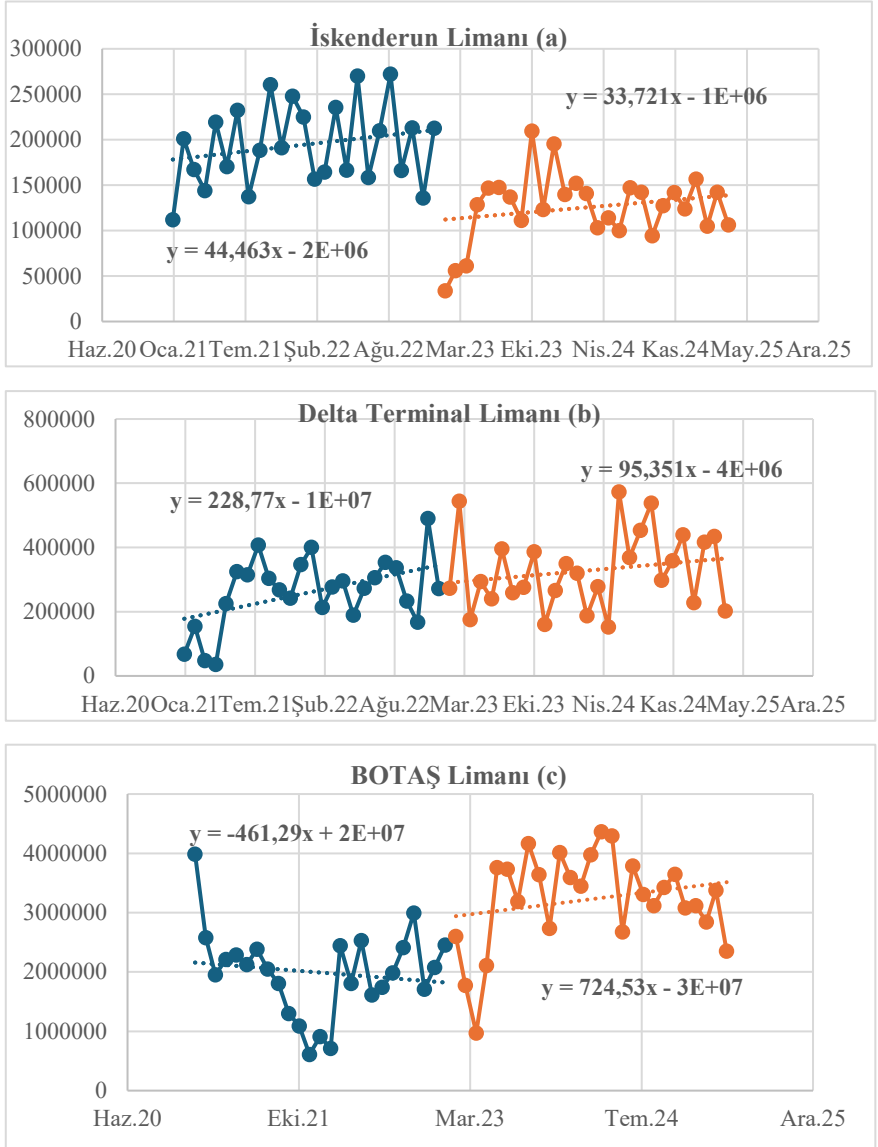
İhracat	Deprem Öncesi	Deprem Sonrası
İskenderun Limanı	44,46	33,72
Delta Terminal Limanı	228,77	95,35
BOTAŞ Limanı	-461,29	724,53
Toros Gübre Limanı	21,99	-81,41
Yakacık Limanı	-122,12	99,20
Toplam	-288,18	871,39

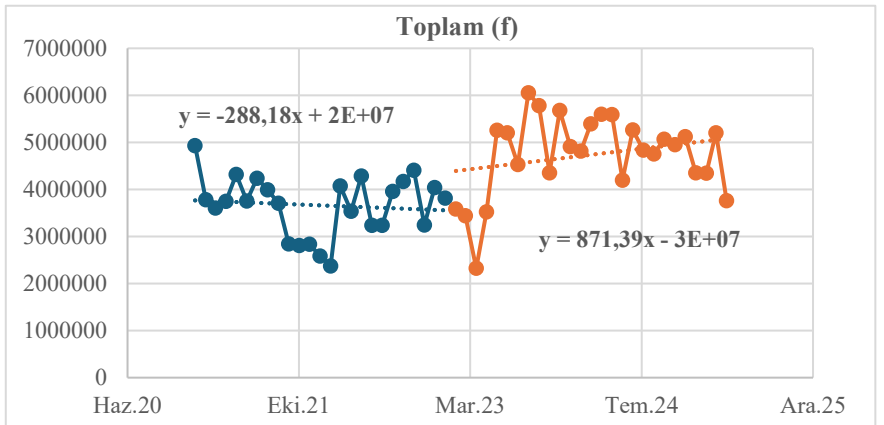
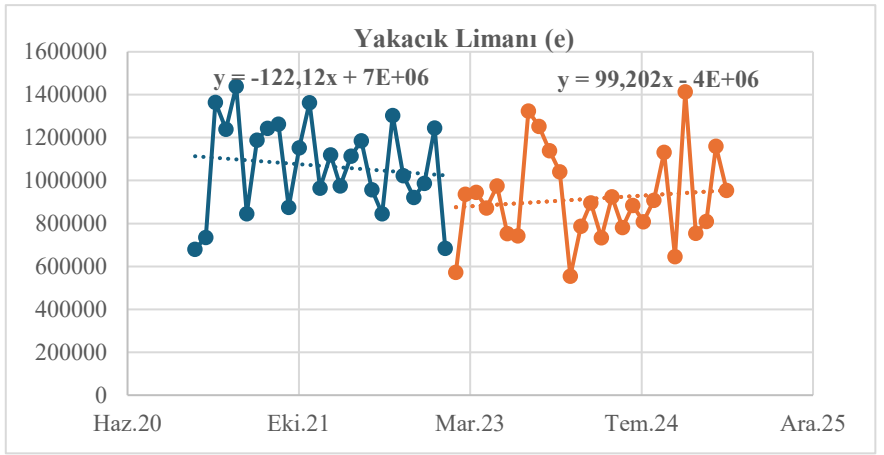
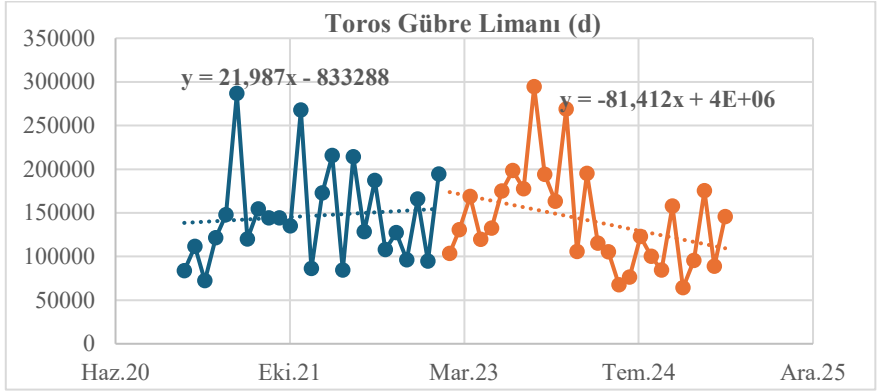
Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Analiz kapsamında beklenti ihracatta depremin etkisiyle, deprem sonrasındaki grafik eğiminin negatife dönmesi veya en azından deprem öncesi eğimden daha yatık yani daha düşük seviyede olması şeklindedir. Grafik 2 ve Tablo 4 incelendiğinde, deprem öncesinde pozitif olan eğimin, deprem sonrasında negatife döndüğü tek limanın Toros Gübre olduğu belirlenmiştir. Toros Gübre limanından yapılan ihracatın deprem sonrasında azaldığı söylenebilir. Eğimi pozitif kalmakla birlikte deprem sonrasında deprem öncesine göre eğimi azalan limanlar ise İskenderun ve Delta Terminal limanlarıdır. Bu limanların ihracat anlamında, depremden olumsuz etkilendikleri ve toparlanmalarının da yavaş olduğu belirlenmiştir. Beklentilerin aksine deprem öncesinde negatif eğime sahip olan ancak depremden sonra pozitif dönen limanlarda bulunmaktadır. BOTAŞ ve Yakacık limanları depremden önce sırasıyla -461,29 ve -288,18 gibi eğimlere sahipken; deprem sonrasında sırasıyla 724,53 ve 871,39 eğimlerine eriştikleri görülmüştür. Sonuç olarak bu iki limanın ihracat anlamında depremden olumlu etkilendikleri söylenebilir. Tüm limanların toplamına bakıldığında ise, deprem öncesinde negatif olan eğimin

pozitive döndüğü yani depremin etkisinin limanların ihracatına olumlu yansıdığı belirlenmiştir.

Grafik 2 Limanların Deprem Öncesi ve Sonrası İhracat Hacimleri





Grafik 3'te çalışma kapsamında incelenen 5 liman ve son olarak ise bu 5 limanın toplam aylık ihracat verileri deprem öncesi-sonrası olarak ve bu eğrilere ilişkin doğrusal eğilim çizgileri yer almaktadır. Tablo 5'te ise Grafik 2'den elde edilen eğim katsayı değerleri deprem öncesi ve sonrası için yer almaktadır.

Tablo 5 İthalat İçin Eğim Katsayı Sonuçları

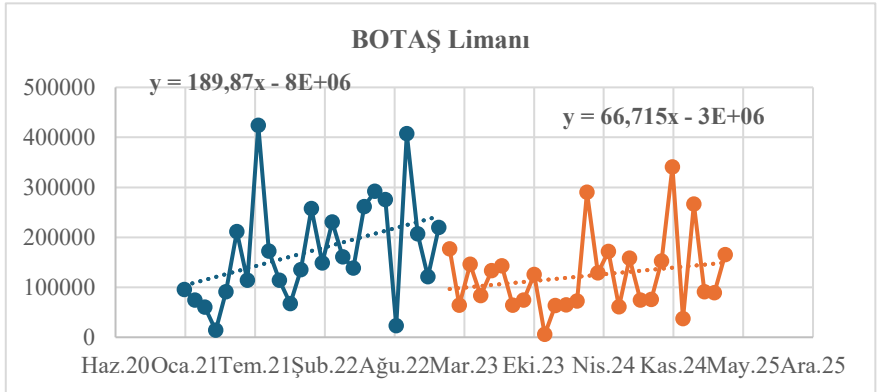
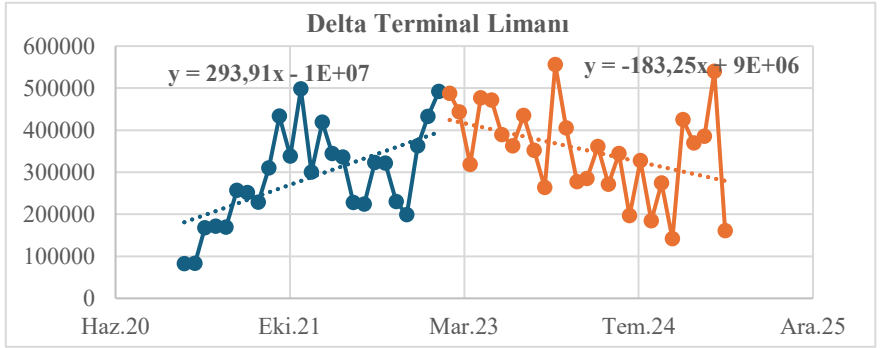
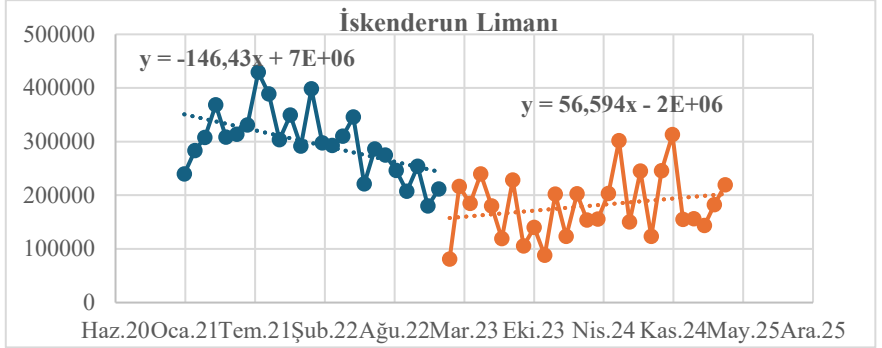
İthalat	Deprem Öncesi	Deprem Sonrası
İskenderun Limanı	-146,43	56,59
Delta Terminal Limanı	293,91	-183,25
BOTAŞ Limanı	189,87	66,72
Toros Gübre Limanı	-52,47	68,18
Yakacık Limanı	-150,28	732,99
Toplam	134,60	741,22

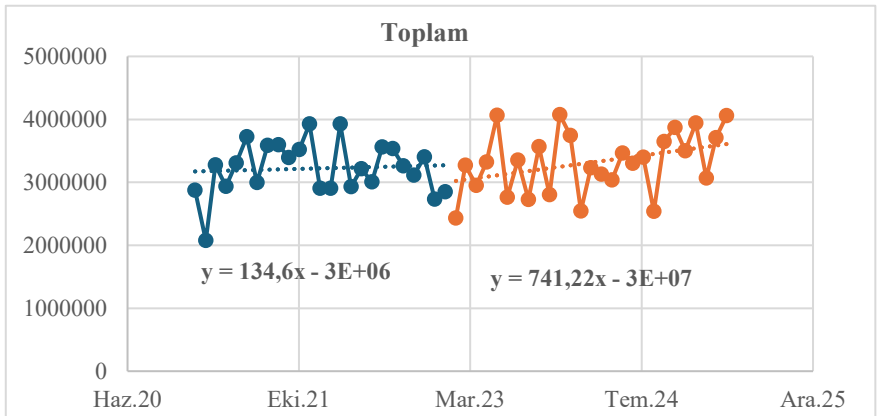
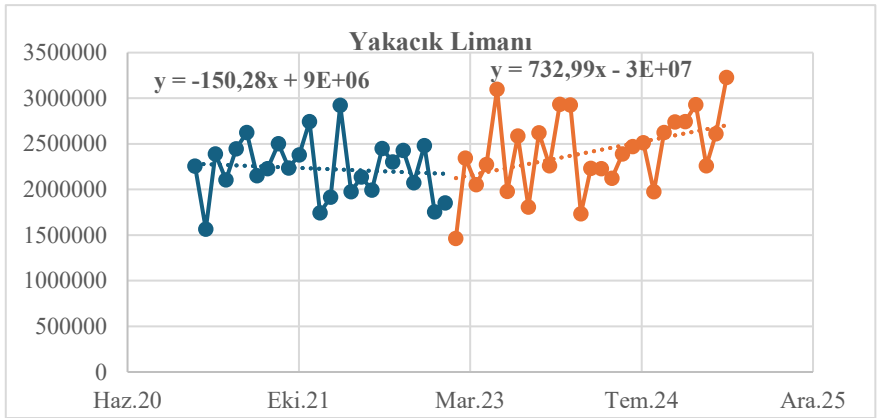
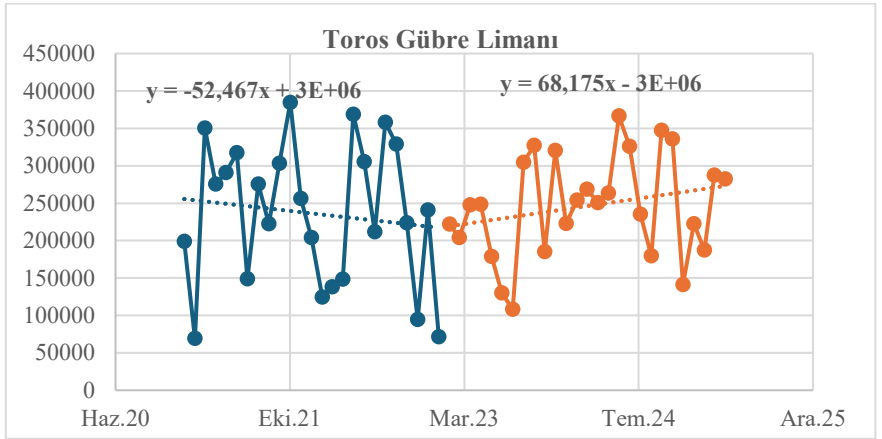
Analiz kapsamında beklenti, ihracattakine benzer olarak, ithalatta depremin etkisiyle, deprem sonrasındaki doğrusal eğrinin eğiminin negatife dönmesi veya en azından deprem öncesi eğimden daha yatık yani daha düşük olması şeklindedir. Grafik 3 ve Tablo 5 incelendiğinde, deprem öncesinde pozitif olan eğimin, deprem sonrasında negatife döndüğü tek limanın Delta Terminal limanı olduğu görülmüştür. Delta Terminal limanından yapılan ithalatın deprem sonrasında azaldığı söylenebilir. Eğimi pozitif kalmakla birlikte deprem sonrasında deprem öncesine göre eğimi azalan tek limanlar ise BOTAŞ limanıdır. Bu limanların ithalat anlamında, depremden olumsuz etkilendikleri ve toparlanmalarının da yavaş olduğu belirlenmiştir.

Beklentilerin aksine deprem öncesinde negatif eğime sahip olan ancak depremden sonra pozitive dönen limanlarda bulunmaktadır. İskenderun, Toros Gübre ve Yakacık limanları depremden önce sırasıyla -146,43, -52,47 ve -150,28 gibi eğimlere sahipken; deprem sonrasında sırasıyla 56,59, 68,18 ve 732,99 eğimlerine eriştikleri görülmüştür. Sonuç olarak bu üç limanın ithalat anlamında depremden olumlu etkilendikleri söylenebilir.

Tüm limanların toplamına bakıldığında ise, deprem öncesinde 134,6 olan eğimin deprem sonrasında 741,22'ye yükseldiği yani depremin etkisinin limanların ithalatına olumlu yansıdığı belirlenmiştir.

Grafik 3 Limanların Deprem Öncesi ve Sonrası İthalat Hacimleri





Genel bir değerlendirme yapmak gerekirse, deprem sonrasında deniz yoluyla gerçekleştirilen ihracatın arttığı ve bu artışta en önemli payın BOTAş limanından gerçekleştirilen ihracata ait olduğu belirlenmiştir. En olumsuz ihracat performansını gösteren limanın ise Toros Gübre Limanı olduğu grlmştir.

İthalata bakıldığında ise, ithalatında arttığı ve bu artışta en büyük payın Yakacık limanına ait olduğu grlmştir. İthalatta en olumsuz performansı gösteren liman ise Delta Terminal olmuştur.

Bulgular, Ateş (2023) alışmanın deprem sonrasında ihracatın hızla toparlandığı bulgusuyla uyumludur. Ancak aynı çalışmada ithalattaki toparlanmanın yavaş olduğu bulgusuyla da çelişmektedir. Bunun nedenin ilgili çalışmanın Aralık 2023 tarihine kadar inceleme gerçekleştirmiş olması olduğu düşünülmektedir.

Sonuç ve neriler

Deprem, yıkıcı etkileri olan bir doğal afettir. Türkiye depremlerin son derece sık ve yıkıcı etkilerinin görüldüğü bir ülkedir. Bu nedenle depremi göz önüne alarak ve her an büyük bir deprem olacakmış gibi tedbirler almak gerekmektedir. 6 şubat 2023 depremleri Türkiye'nin bu zamana kadar yaşadığı en yıkıcı ve en büyük can kaybına neden olan depremlerin başında gelmektedir. Deprem öncesinde alınmayan önlemler nedeniyle deprem yarattığı tahribat artmıştır.

Depremi ekonomik faaliyetler üzerinde de önemli etkileri olmaktadır dolayısıyla uluslararası ticarete bundan nasibini almaktadır. Bu çalışmada afet bölgesi olarak ilan edilen 11 il içerisinde yer alan 5 limandan gerçekleştirilen ihracat ve ithalatın depremden nasıl etkilendiği ve sonrasında toparlanma görülüp görülmediği incelenmiştir.

Sonuç olarak, depremin deniz yoluyla bölgeden gerçekleştirilen hem ihracat hem de ithalatın azalmasına neden olduğu belirlenmiştir. Sonrasında ise hem ihracat hem de ithalat hızla toparlanmıştır. Ancak bazı limanların depremden sonra ya toparlanamadığı ya da istenen düzeyde toparlanamadığı grlmştr.

Bahsi geçen limanların hızla toparlanması için gerekli düzenlemelerin yapılması hem bölgenin depremin yarattığı ekonomik yıkımı aşmasına olumlu katkı sağlayacak hem de Türkiye'nin deniz yoluyla gerçekleştirdiği ticaret hacmini artıracak böylece deniz taşımacılığı sektörü deprem bölgesinde canlanacaktır.

Deprem sonrasında limanlardan gerçekleştirilen ticaret hacminin neden azaldığı araştırılmalıdır. Buradan alınacak derslerle özellikle deprem beklenen bölgelerdeki limanların deprem gibi doğal afetlere karşı daha dayanıklı hale getirilmesi gerekmektedir.

Kaynakça

Ağızan, K., Bayramoğlu, Z., & Amrı, H. I. B. F. (2023). Deprem Felaketinin Tarımsal Üretim ve Pazarlaması Üzerine Etkilerinin Tartışılması. İçinde 2nd International Conference on Sustainable Ecological Agriculture (ss. 220-229).

Ateş, E. (2024). Depremlerin Uluslararası Ticaret Üzerine Etkisi: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri Örneği. Türk Deprem Araştırma Dergisi, 6(1), 236-250. <https://doi.org/10.46464/tadad.1454177>

Avdar, R. (2017). 1999-2011 Between Period Arriving Economic Effects of Earthquakes in Turkey. Econdar International Academic Journal, 1(1), 53-63.

Aydınbaş, G. (2023). Sosyoekonomik Boyutuyla Türkiye’de Depremler Üzerine Bir İnceleme: Kahramanmaraş Depremi Örneği. (In: Sosyal Bilimlere Çok Yönlü Yaklaşımlar: Tarih, Turizm, Eğitim, Ekonomi, Siyaset ve İletişim, Editor: Karakuş G., Yakut F., Şimşek N.D., Özgür Yayınları, Gaziantep 2023), 177-212.

Bardakçı, H., & Demirtaş, F. (2023). Doğal Afetlerin Dış Ticarete Etkisi: 2023 Türkiye Depremleri ve Sonuçlarının Değerlendirilmesi. Avrasya Dosyası, 14(1), 171-191.

Boz, A., & Demirbozan, A. (2024). Türkiye’de Meydana Gelen 6 Şubat Kahramanmaraş Depremlerinin Vergi Gelirlerine Etkisi: Kahramanmaraş ve Hatay Üzerine Bir Değerlendirme. International Journal of Public Finance, 9(2), 307-326. <https://doi.org/10.30927/ijpf.1429090>

CRED. (2023, Eylül 29). CRED Crunch Newsletter, Issue No. 72 (September 2023) Earthquakes in Türkiye: A review from 1900 to today. <https://reliefweb.int/report/turkiye/cred-crunch-newsletter-issue-no-72-september-2023-earthquakes-turkiye-review-1900-today>

Çetinkaya, E., & Torun Ateş, M. (2023). 2023 Kahramanmaraş Merkezli Depremlerden Sonra İşkur'un Uyguladığı İşgücü Piyasası Politikaları (In: Tüm Yönleriyle Depremler ve Etkileri. Editor: Cetinkaya E., Ankara), 65-80.

Çığ, F., & Toprak, Ç. (2023). Buğday Üretimi Üzerindeki Depremlerin Etkileri. 4rd International Cukurova Agriculture And Veterinary Congress, 27 -28 February 2023 Adana-Türkiye, 97-110.

Çiftçiöğlu, H. (2024). 6 Şubat Kahramanmaraş Depremleri Sonrası Ortaya Çıkan İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Geri Kazanımı ve Bertarafının Çevre ve Ekonomi Açısından Önemi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 21(2), 656-669. <https://doi.org/10.33437/ksusbd.1447961>

Dölek, İ., Uzelli, T., & Ege, I. (2023). 6 Şubat Kahramanmaraş Depremleri ile Oluşan Kütle Hareketlerine Bir Örnek: Tepehan Heyelanı. Türk Coğrafya Dergisi, 83, 73-86. <https://doi.org/10.17211/tcd.1307166>

Dündar, H. Ç. (2023). 6 Şubat Kahramanmaraş Depremlerinin İş Dünyasına Etkileri. Çevre Şehir ve İklim Dergisi, 2(4), 262-281.

Gassebner, M., Keck, A., & Teh, R. (2006). The Impact of Disasters on International Trade, SSRN Scholarly Paper, 895246. <https://doi.org/10.2139/ssrn.895246>

Gassebner, M., Keck, A., & Teh, R. (2010). Shaken, Not Stirred: The Impact of Disasters on International Trade. Review of International Economics, 18(2), 351-368. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9396.2010.00868.x>

Gül, K., & Akyol, H. (2023, Mart 3). Kahramanmaraş Depreminin Bölgenin Kırsal Kalkınmasına Etkisinin İncelenmesi. Ispec 11th International Conference On Agriculture, Animal Sciences And Rural Development, Muş, 700-726.

İnan, O., Konyalı, S., & Çelik, F. (2023, Ekim 6). 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Merkezli Depremler Sonrası Tarım ve Gıda Arz Güvenliğinin Değerlendirilmesi. 15. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, Çanakkale, 322-332.

Ketboğa, M. (2024). 6 Şubat 2023 Tarihinde Yaşanan İki Büyük Depremin Malatya İlinde Faaliyet Gösteren Dış Ticaret Firmalarının Faaliyetleri Üzerindeki Etkileri ve Yaşanan Sorunlara Çözüm Önerileri. Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 35, 493-505. <https://doi.org/10.54600/igdirsosbilder.1389198>

Marangoz, M., & İzci, Ç. (2023). Doğal Afetlerin Ekonomik, Sosyal ve Çevresel Etkilerinin 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Merkezli Depremler Bağlamında Girişimciler Açısından Değerlendirilmesi. Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Dergisi, 24(52), 1-30.

Oh, C. H., & Reuveny, R. (2010). Climatic natural disasters, political risk, and international trade. *Global Environmental Change*, 20(2), 243-254. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.11.005>

Özbey, Ö., & Bayraktar, B. (2023). 6 Şubat 2023 Tarihinde Yaşanan Depremin Türkiye'deki Makroekonomik Etkisi. Balıkesir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(2), 121-138.

Özsalman, E., & Yıldırım, U. T. (2024). 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin Dış Ticaret Üzerindeki Etkileri: 11 İl Örneği. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 15(1-Deprem Özel Sayısı-), 598-617. <https://doi.org/10.54688/ayd.1411837>

Özşahin, E. (2013). Türkiye'de yaşanmış (1970-2012) doğal afetler üzerine bir değerlendirme. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı. Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay, Turkey, 1-8.

Resmi Gazete. (2023, Şubat 8). T.C. Resmî Gazete [Resmi Gazete Web Sitesi]. T.C Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazete. <https://www.resmigazete.gov.tr/08.02.2023>

Sabırsız, E., & Şöhret, M. (2024). 6 Şubat Depremlerinin Türkiye Ekonomisi Üzerindeki Makroekonomik, Sosyal Ve Çevresel Etkileri. Akademik Yaklaşımlar Dergisi, 15(1-Deprem Özel Sayısı-),571-598. <https://doi.org/10.54688/ayd.1390984>

Shoubridge, P. & Kraetzl, M., Wallis, W. & Bunke, H. (2002). Detection of Abnormal Change in a Time Series of Graphs. Journal of Interconnection Networks. 3. 85-101. 10.1142/S0219265902000562.

Tetik, N., & Albulut, İ. İ. (Ed.). (2023). 6 Şubat 2023'te Yaşanan Deprem Ekonomik ve Finansal Etkileri: İhracat Üzerinden Bir İnceleme. Kahramanmaraş Merkezli Depremler Sonrası İçin Akademik Öneriler (ss. 93-103). Özgür Yayınları. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub99>

Tüfenk, M. B. (2024). Türkiye’de Yaşanan 6 Şubat Depremlerinin Dış Ticarete Yansıması. Fenerbahçe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 4(2), 131-145. <https://doi.org/10.58620/fbujoss.1456292>

Ünkaracalar, T. (2023). 2023 Yılı Kahramanmaraş Depremlerinin BIST 30 Endeksi Üzerine Etkisi. Türk Deprem Araştırma Dergisi, 5(2), 183-193. <https://doi.org/10.46464/tdad.1331294>

BÖLÜM 4

COVID-19 PANDEMİSİNİN LOJİSTİK SEKTÖRÜNE YANSIMALARI: BİST30 ENDEKSİNDEKİ LOJİSTİK FİRMALARI ÜZERİNE BİR İNCELEME

ELİF ÇINAR¹
HÜSEYİN ALİ KUTLU²

Giriş

Küreselleşme ile ülkeler arası ticari sınırlar giderek ortadan kalkmış ve dünya ekonomisi büyük bir pazar haline gelmiştir. Serbest ticaretin yaygınlaşması, rekabet koşullarının şiddetlenmesine neden olmuş ve bu rekabetin temelinde lojistik sektörü hayati bir rol oynamaya başlamıştır. Lojistik; ürünlerin hammadde temininden nihai tüketiciye ulaşımını sağlayan tedarik zincirinin en kritik halkasını oluşturmaktadır. Teknolojinin hızla ilerlediği günümüzde lojistik sektörü, dijitalleşme ve inovasyon sayesinde ürünlerin daha hızlı, daha güvenli ve daha verimli bir

¹ Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü Tezli Yüksek Lisans Öğrencisi elifpamukcinar@gmail.com

² İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret Ve Lojistik, Lojistik Anabilim Dalı hkutlu@atauni.edu.tr

şekilde teslim edilmesini sağlayarak ticaretin şekillenmesinde belirleyici bir unsur haline gelmiştir (Karabıçak, 2002: 2002).

Ancak, bazı olaylar vardır ki bu olayların etkileri bölgesel seviyede başlasa da zamanla küresel boyut kazanmakta ve tedarik zincirini derinden sarsabilmektedir. Salgın hastalıklar, bu olayların en çarpıcı örneklerinden biridir. 2019 yılının sonlarında ortaya çıkan COVID-19 pandemisi, dünya çapında büyük bir kriz yaratmış ve pek çok sektör gibi lojistik sektörünü de olumsuz yönde etkilemiştir. Pandeminin yayılmasıyla birlikte, ülkeler arası sınırların kapanması, tedarik zincirinde yaşanan aksaklıklar, şoför krizleri, konteyner yetersizliği ve yüksek navlun fiyatları lojistik sektöründe büyük sorunlara yol açmıştır (Çeti ve Ünlüönen, 2019: 122-123).

COVID-19 pandemisi, lojistik operasyonların yönetiminde yeni stratejiler geliştirilmesini zorunlu kılmış; aynı zamanda lojistik firmaların dijital dönüşüm ve teknolojik yatırımlarını hızlandırmalarına neden olmuştur. Salgın döneminde, lojistik faaliyetlerin aksaması ülkelerin ekonomik büyüme rakamlarına da doğrudan etki etmiş, özellikle tedarik zincirindeki krizler ekonomik dengesizlikleri beraberinde getirmiştir (Tanrıkulu ve Odabaş, 2021: 215).

Bu çalışma, COVID-19 pandemisinin lojistik sektörü üzerindeki etkilerini incelemekte ve pandemi sürecinde Borsa İstanbul'da (BİST30) işlem gören seçili lojistik firmalarının performansını değerlendirmeyi amaçlamaktadır diğer taraftan araştırmanın amacı, pandemi sürecinde yaşanan lojistik krizlerin firmalar üzerindeki finansal etkilerini ortaya koymak ve lojistik sektörü için geleceğe yönelik stratejik öneriler sunmaktır.

Lojistik ve Lojistik Yönetimi

Lojistik, mal, hizmet ve bilgi akışının başlangıç noktasından nihai tüketiciye kadar olan süreçte, ihtiyaçların karşılanmasına yönelik olarak etkin ve verimli bir şekilde planlanması,

koordinasyonu, uygulanması ve kontrol edilmesi faaliyetlerinin bütünüdür. Bu kavram, sadece fiziksel ürünlerin taşınmasıyla sınırlı kalmayıp aynı zamanda bilgi, finansman ve insan kaynaklarının hareketliliğini de içermektedir. Lojistiğin temel amacı, doğru ürünün, doğru zamanda, doğru yerde, doğru koşullarda ve asgari maliyetle son kullanıcıya ulaştırılmasını sağlamaktır. Günümüzün küreselleşen ekonomisinde lojistik, tedarik zinciri yönetiminin en kritik unsurlarından biri olarak ön plana çıkmaktadır. Lojistik süreçler; taşıma, depolama, stok yönetimi, sipariş işleme, paketleme ve dağıtım gibi faaliyetlerin koordinasyonunu kapsarken, aynı zamanda bu faaliyetlerin sürdürülebilirlik ilkelerine uygun olarak gerçekleştirilmesini de hedefler (Kıymetli Şen, 2014: 84-85).

Modern lojistik, teknolojik gelişmelerle birlikte daha entegre ve akıllı sistemler aracılığıyla optimize edilmektedir. Bu bağlamda, lojistik yönetimi yalnızca operasyonel bir faaliyet olarak değil; stratejik bir rekabet avantajı unsuru olarak da ele alınmakta ve işletmelerin uzun vadeli başarısını doğrudan etkilemektedir (Bilginer, Kayabaşı ve Sezici, 2008: 3).

Lojistik yönetimi, bir organizasyonun mal, hizmet ve bilgi akışını tedarik noktasından nihai tüketiciye kadar olan süreçte etkin, verimli ve maliyet avantajı sağlayacak şekilde planlamasını, uygulamasını ve kontrol etmesini kapsayan stratejik bir yönetim alanıdır. Bu süreçte taşımacılık, lojistik faaliyetlerin en temel unsurudur. Ürünlerin bir noktadan diğerine ulaştırılmasını sağlayan taşımacılık faaliyetleri; kara, deniz, hava, demiryolu ve çoklu taşıma gibi yöntemlerle gerçekleştirilir ve doğru taşıma yönteminin seçimi hız, güvenlik ve maliyet açısından büyük önem taşır. Lojistik faaliyetlerin diğer önemli bir bileşeni ise depolama ve stok yönetimidir. Ürünlerin tüketiciye ulaşana kadar uygun koşullarda muhafaza edilmesi, talep tahminlerine dayalı stok seviyelerinin doğru belirlenmesi ve optimize edilmesi, işletmelerin maliyetlerini minimize ederken müşteri taleplerini de karşılayabilir hale

getirmektedir. Bu süreçte doğru envanter yönetimi, fazla stok riskini ortadan kaldırarak sermaye maliyetlerini düşürürken, talep dalgalanmalarına karşı tedarik sürekliliğini garanti eder (Kıymetli Şen, 2014: 84-85).

Sipariş işleme de lojistik yönetiminin ayrılmaz bir parçasıdır. Müşteri siparişlerinin alınması, doğrulanması ve sevkiyata hazırlanması aşamalarından oluşan bu süreç, hız ve doğruluk gerektiren bir yapıya sahiptir. Dijital teknolojilerin kullanımıyla sipariş süreçlerinin hatasız ve verimli yönetilmesi, müşteri memnuniyetini doğrudan etkileyen faktörlerden biridir. Sipariş hazırlık aşamasında paketleme ve elleçleme de büyük bir rol oynar. Ürünlerin taşınma, depolama ve sevkiyat sırasında zarar görmemesi ve kalitesinin korunması için yapılan paketleme faaliyetleri, lojistik verimliliği artırırken aynı zamanda ürün tanıtımı ve marka değerini güçlendirme işlevi de görmektedir. Paketlenen ürünlerin son tüketiciye ya da dağıtım noktalarına zamanında ve eksiksiz bir şekilde ulaştırılması ise dağıtım faaliyetleri kapsamında ele alınır. Dağıtım ağı planlaması, maliyet ve zaman yönetiminin optimize edilmesini sağlayarak lojistik operasyonların başarısını belirler (Dinçer, 2009: 194).

Lojistik yönetiminde tedarik zinciri koordinasyonu, tüm bu süreçlerin etkinliğini sağlayan kritik bir faktördür. Tedarikçiler, üreticiler, dağıtımıcılar ve müşteriler arasındaki koordinasyonun sağlanması, lojistik faaliyetlerin bütüncül bir yaklaşımla yönetilmesini mümkün kılar. Bilgi yönetimi ve teknoloji kullanımı da lojistik süreçlerin entegrasyonunda büyük bir rol oynar. Günümüzde ERP (Kurumsal Kaynak Planlaması), WMS (Depo Yönetim Sistemleri), RFID ve otomasyon gibi teknolojiler, lojistik operasyonların takip edilmesini, analiz edilmesini ve optimize edilmesini kolaylaştırarak süreçlerde hız ve verimlilik sağlar. Bu teknolojiler, aynı zamanda bilgi akışının güvenilirliğini ve sürekliliğini sağlamak adına lojistik yönetiminin vazgeçilmez

unsurları arasında yer alır. Lojistik yönetiminin nihai hedefi ise müşteri hizmetlerinin kalitesini artırmak ve müşteri memnuniyetini sürdürülebilir kılmaktır. Ürünlerin zamanında, doğru miktarda ve eksiksiz olarak müşterilere ulaştırılması, lojistik süreçlerin başarısını gösteren en önemli kriterlerden biridir. Sonuç olarak, lojistik yönetimi; taşıma, depolama, sipariş işleme, paketleme, dağıtım ve bilgi yönetimi gibi faaliyetleri kapsayarak bir organizasyonun tedarik zinciri boyunca verimliliğini artırmayı ve maliyetlerini düşürmeyi hedefler. Günümüz rekabetçi ve küreselleşen pazar koşullarında lojistik yönetimi, işletmelerin sürdürülebilir büyümesi ve rekabet avantajı elde etmesi için stratejik bir rol oynamaktadır (Bilginer, Kayabaşı ve Sezici, 2008: 3).

Ulaştırma Sistemleri

Ulaştırma sistemleri, insan, yük ve bilginin bir noktadan başka bir noktaya taşınmasını sağlayan ve ekonomik, sosyal ve kültürel faaliyetlerin temelini oluşturan sistemlerdir. Bu sistemler, bireylerin hareketliliğini ve mal akışını güvenli, hızlı, ekonomik ve sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirmeyi amaçlar. Ulaştırma, bir ülkenin ekonomik kalkınmasının, endüstriyel büyümesinin ve toplumsal refah seviyesinin yükselmesinde kritik bir role sahiptir. Ayrıca lojistik faaliyetlerin temel altyapısını oluşturarak ticaretin kesintisiz bir şekilde sürdürülmesini sağlar. Ulaştırma sistemleri; kara yolu, demir yolu, deniz yolu, hava yolu ve boru hattı taşımacılığı olmak üzere beş ana taşıma modunu içerir ve her biri farklı ihtiyaçlara ve koşullara göre kullanılır (Çodur ve Topdağı, 2018: 577).

Ulaştırma sistemleri, yalnızca bir taşıma aracı olarak görülmemeli, aynı zamanda kentleşme, sanayileşme ve çevresel sürdürülebilirlik gibi kavramlarla birlikte ele alınmalıdır. Modern ulaştırma sistemleri, teknolojik gelişmelerle birlikte akıllı ulaşım sistemlerine dönüşerek daha güvenli, hızlı ve çevre dostu çözümler

sunmaktadır. Özellikle dijitalleşme, otomasyon, yapay zekâ ve büyük veri uygulamaları sayesinde ulaştırma ağlarının verimliliği artırılmakta ve trafik yönetimi optimize edilmektedir. Ulaştırma sistemlerinin geliştirilmesi, bir ülkenin ekonomik rekabet gücünü artırırken, aynı zamanda sosyal yaşam kalitesini yükseltmekte ve sürdürülebilir kalkınmayı desteklemektedir. Sonuç olarak, ulaştırma sistemleri, bireylerin ve malların hareketliliğini sağlayarak ekonomik ve toplumsal hayatın temelini oluşturur. Her bir taşıma modu, farklı avantaj ve dezavantajlara sahip olup, entegre bir ulaştırma ağı oluşturmak, sürdürülebilir ve verimli bir taşıma sisteminin kurulması için kritik bir önem taşımaktadır (Akbulut, 2016: 343).

Pandemi Sürecinde Lojistik Sektörü

COVID-19 pandemisi, küresel ölçekte ekonomik, sosyal ve sağlık sistemlerini derinden etkileyerek lojistik sektöründe de köklü değişimlere yol açmıştır. Pandemi süreci, tedarik zincirlerinin kırılganlığını ortaya koyarken, lojistik faaliyetlerin sürekliliği ve etkinliği konusundaki zorlukları gözler önüne sermiştir. Özellikle uluslararası ticaretin durma noktasına geldiği dönemlerde, sınır kapılarının kapanması, üretim faaliyetlerinin yavaşlaması ve taşımacılık süreçlerinde yaşanan aksaklıklar lojistik sektöründe ciddi bir kriz yaratmıştır. Ancak bu süreç aynı zamanda lojistik sektörünün değişen koşullara hızla adapte olabilme yetisini ve dijital dönüşümün önemini de ortaya koymuştur (Akkartal, 2022: 8).

Pandemi sürecinde tedarik zincirinde yaşanan en büyük sorunlardan biri talep ve arz dengesizliği olmuştur. Üretim merkezlerinin kapanması ya da kapasite düşüşleri nedeniyle mal akışı kesintiye uğrarken, temel ihtiyaç maddelerine olan talep aniden artmıştır. Özellikle gıda, tıbbi malzeme ve hijyen ürünleri gibi kritik öneme sahip ürünlerin taşınması ve depolanması lojistik sektörü için öncelikli hale gelmiştir. Bu durum, tedarik zincirinin esnekliğini ve

dayanıklılığını artırma ihtiyacını gündeme getirmiştir. Kara yolu taşımacılığı bu dönemde ön plana çıkarken, hava yolu taşımacılığı ise yolcu uçuşlarının iptal edilmesi nedeniyle kargo taşımacılığı için yeniden yapılandırılmıştır. Deniz yolu taşımacılığında limanlarda yaşanan yoğunluklar ve gecikmeler, yüklerin teslim sürelerini uzatmış, bu da lojistik operasyonlarının planlanmasını daha karmaşık hale getirmiştir (Pilikoğlu, 2021: 10).

Pandemi, dijitalleşme ve teknolojinin lojistik sektörü için vazgeçilmez olduğunu bir kez daha göstermiştir. Dijital lojistik platformları, tedarik zinciri yönetiminin izlenebilirliğini artırmış, süreçlerin uzaktan yönetilmesine olanak tanımıştır. Otomasyon, yapay zekâ, büyük veri ve nesnelerin interneti (IoT) gibi teknolojiler, envanter yönetimi, rota optimizasyonu ve sipariş takibi gibi alanlarda etkin çözümler sunmuştur. Özellikle e-ticaretin hızlı büyümesiyle birlikte, lojistik sektöründe son kilometre teslimatı (last-mile delivery) kritik bir önem kazanmıştır. Pandemi sürecinde tüketicilerin çevrim içi alışverişe yönelmesi, lojistik firmalarını dağıtım ağlarını yeniden yapılandırmaya ve müşteri beklentilerini karşılayacak hızlı ve esnek çözümler üretmeye zorlamıştır (Oktaykaan ve Başaran Alagöz, 2023: 97).

Bununla birlikte, pandemi döneminde insan kaynağı ve iş gücü yönetimi de lojistik sektöründe önemli bir sorun olarak ortaya çıkmıştır. Sağlık riskleri nedeniyle çalışanların güvenliğinin sağlanması, lojistik süreçlerin sürdürülebilirliği açısından kritik bir faktör olmuştur. Bu süreçte, temassız teslimat uygulamaları ve otomasyon sistemleri daha fazla benimsenirken, depo ve taşımacılık operasyonlarında hijyen standartları en üst seviyeye çıkarılmıştır. Pandeminin lojistik sektörüne bir diğer etkisi de sürdürülebilirlik kavramını ön plana çıkarmasıdır. Karbon salınımının azaltılması, enerji verimli taşıma yöntemlerinin kullanımı ve yeşil lojistik uygulamaları pandemi sonrasında sektörün odak noktalarından biri haline gelmiştir. Ayrıca, tedarik zincirlerinin daha yerel ve bölgesel

hale getirilmesi, küresel krizlerdeki risklerin azaltılması adına önemli bir strateji olarak görülmeye başlanmıştır (Büyükköklik ve Afşar, 2022: 726).

Sonuç olarak, pandemi süreci lojistik sektöründe ciddi aksaklıklara neden olmakla birlikte, aynı zamanda sektörde dijitalleşmenin hızlanmasına ve yeni çalışma modellerinin benimsenmesine zemin hazırlamıştır. Lojistik firmalarının kriz dönemlerinde dayanıklılıklarını artırmak, tedarik zincirlerini optimize etmek ve teknolojik dönüşüme ayak uydurmak için stratejik adımlar atması gerektiği bu süreçte net bir şekilde ortaya çıkmıştır. Gelecekte benzer krizlerle karşılaşmamak adına lojistik sektörü, esneklik, yenilikçilik ve sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda yeniden yapılanmak zorundadır.

COVID-19 Salgınında Türkiye'nin Almış Olduğu Ekonomik Tedbirler

COVID-19 salgını, küresel çapta olduğu gibi Türkiye ekonomisinde de önemli etkilere yol açmış ve ekonomik faaliyetlerin büyük ölçüde yavaşlamasına neden olmuştur. Salgının ekonomik etkilerini hafifletmek ve işletmelerin, çalışanların ve bireylerin krizden minimum düzeyde etkilenmesini sağlamak amacıyla Türkiye, çeşitli ekonomik tedbirler ve destek paketleri uygulamaya koymuştur. Bu tedbirler, ekonominin farklı alanlarında sürdürülebilirliği sağlama, istihdamı koruma, nakit akışını destekleme ve sosyal refahı artırma odaklı bir yaklaşımla planlanmıştır (Sertkaya ve Baş, 2021: 149).

Türkiye'nin ilk aşamada aldığı en önemli ekonomik tedbirlerden biri Ekonomik İstikrar Kalkanı Paketi olmuştur. Bu paket kapsamında, işletmelerin ve bireylerin finansmana erişimini kolaylaştırmak, nakit akışını sağlamak ve mali yüklerini azaltmak için çeşitli adımlar atılmıştır. Özellikle, vergi ve sigorta prim ödemeleri gibi kamu alacaklarının ertelenmesi, likidite sıkışıklığını

hafifletmeye yönelik etkili bir adım olmuştur. Küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler) için kredi destek programları devreye alınmış, düşük faizli kredi paketleri sağlanarak işletmelerin faaliyetlerini sürdürmelerine yardımcı olunmuştur (Apak ve Yılmaz, 2009: 15).

Salgının en çok etkilediği alanlardan biri olan istihdamı korumak amacıyla Kısa Çalışma Ödeneği uygulaması hayata geçirilmiştir. Bu uygulama ile ekonomik olarak zor durumda kalan işletmelerin çalışanlarına ücret desteği sağlanarak işten çıkarmaların önüne geçilmiştir. Aynı zamanda, işten çıkarmalar sınırlı bir süre için yasaklanmış ve çalışanlara nakdi ücret desteği verilmiştir. Bu tedbirler, ekonomik daralmanın istihdam üzerindeki olumsuz etkilerini azaltarak sosyal huzuru korumayı hedeflemiştir (Göktaş, 2023: 10).

Bireylerin temel ihtiyaçlarını karşılamalarını desteklemek için sosyal yardım programları güçlendirilmiş ve dar gelirli ailelere doğrudan nakdi destek sağlanmıştır. Pandemi Sosyal Destek Programı kapsamında, ihtiyaç sahibi hanelere belirli aralıklarla maddi yardımlar yapılmıştır. Ayrıca, esnaf ve küçük işletmeler için kira yardımları ve vergi indirimleri gibi ek destekler sağlanarak ekonomik dayanıklılık artırılmaya çalışılmıştır.

Bankacılık ve finans sektöründe de önemli düzenlemeler gerçekleştirilmiştir. Kamu bankaları aracılığıyla, bireylere ve firmalara düşük faizli kredi paketleri sunulmuş, ertelemeli kredi imkanları tanınmıştır. Özellikle Bireysel Temel İhtiyaç Kredisi uygulaması, düşük ve orta gelirli kesimlerin pandemi sürecinde finansal ihtiyaçlarını karşılamada önemli bir rol oynamıştır. Ayrıca, tarım ve sanayi sektörlerinde faaliyet gösteren işletmelere yönelik finansman destekleri sağlanarak üretim sürekliliğinin korunması amaçlanmıştır (Sezal, 2022: 56).

Sağlık sisteminin pandemiyle mücadelesini desteklemek amacıyla ek bütçe ve kaynak tahsisleri yapılmış, kamu harcamaları

salgının getirdiği acil ihtiyaçlara göre yeniden önceliklendirilmiştir. Sağlık hizmetlerine erişimin kolaylaştırılması ve sağlık altyapısının güçlendirilmesi için ek yatırımlar yapılmış, bu süreçte yerli sanayi desteklenerek tıbbi ekipman üretimi artırılmıştır (Geyik, 2021: 3772).

Türkiye, pandemi sürecinde aldığı ekonomik tedbirlerle bir yandan ekonomik daralmayı sınırlamayı, diğer yandan sosyal refahı korumayı hedeflemiştir. Ekonomik İstikrar Kalkanı Paketi, kısa çalışma deneği, nakdi destekler ve kredi imkanları gibi uygulamalar, salgının neden olduğu ekonomik şokun etkilerini azaltmada önemli bir rol oynamıştır. Pandemi süreci, ekonomik dayanıklılığın artırılması ve krizlere karşı hızlı çözümler üretebilmenin önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Bu doğrultuda, Türkiye'nin aldığı tedbirler, hem bireylerin ekonomik güvenliğini sağlama hem de üretim ve istihdamı koruma yönünde kapsamlı bir ereve sunmuştur (Yolvermez, 2022: 91).

COVID-19 Salgınının Lojistik Sektörüne Etkileri

COVID-19 salgını, küresel çapta birçok sektörü etkilediği gibi lojistik sektörü üzerinde de büyük değişikliklere yol açmıştır. Salgın, tedarik zincirlerinde aksamalara, taşımacılık ve depolama faaliyetlerinde kesintilere ve lojistik altyapısının işleyişinde zorluklara neden olmuştur. Ancak, aynı zamanda dijitalleşme ve otomasyon gibi teknolojik dönüşümlerin hızlanmasına da zemin hazırlamıştır (Akkartal, 2022: 7).

COVID-19'un ilk günlerinden itibaren, özellikle küresel tedarik zincirlerinde ciddi aksaklıklar yaşanmıştır. Üretim tesislerinin kapanması, limanlarda meydana gelen yoğunluklar ve ulaşımın kısıtlanması, malların tedarik noktalarına ulaşmasını engellemiş, bu da tedarik zincirinde ciddi kesintilere yol açmıştır. Pandemi nedeniyle uluslararası taşımacılıkta yaşanan kısıtlamalar, özellikle deniz yolu taşımacılığında önemli gecikmelere sebep

olmuştur. Limanlarda iş gücü eksiklikleri, gemi seferlerinin iptalleri ve bekleyen yüklerin birikmesi, dünya çapında mal akışını yavaşlatmıştır. Ayrıca, kara yolu taşımacılığında da sınır kapılarındaki kontrollerin artması, taşıma sürelerini uzatmış ve malların ulaşımını zorlaştırmıştır (Nakıboğlu, 2020: 13).

Pandemi sürecinde lojistik altyapısının kapasitesi üzerinde büyük baskılar oluşmuştur. Özellikle sağlık malzemeleri, gıda ve temizlik ürünleri gibi acil ihtiyaç duyulan ürünlerin taşınması öncelik kazanmış, bu da diğer malların taşınmasında zorluklar yaratmıştır. Depolama alanlarının sınırlı olması, özellikle taze gıda ve ilaç gibi sıcaklık kontrolü gerektiren ürünlerin taşınmasında ciddi sorunlar doğurmuştur. Ayrıca, depolama süreçlerinde çalışanların sağlık ve güvenliğini sağlamak için ek önlemler alınması gerektiği için, depo operasyonları daha karmaşık hale gelmiştir. Bu da lojistik firmalarının verimliliklerini etkileyen bir diğer faktör olmuştur (Ekinler ve Güngör Tanç, 2024: 759).

Pandemi nedeniyle lojistik sektöründe çalışan personelin sağlık güvencesi ön planda tutulmuş, sosyal mesafe önlemleri ve sokağa çıkma yasakları gibi uygulamalar iş gücünün etkinliğini azaltmıştır. Bu dönemde, özellikle depo çalışanları, şoförler ve diğer lojistik personelinin ulaşımındaki kısıtlamalar, hizmet kalitesini ve teslimat hızını olumsuz etkilemiştir. Ayrıca, birçok ülkede karantina önlemleri ve seyahat yasakları nedeniyle lojistik sektörde istihdam kayıpları yaşanmış, personel eksiklikleri büyük sorunlara yol açmıştır. Ancak, bazı lojistik firmaları, bu sorunları geçici çözümler ve dijitalleşme ile aşabilmiştir (Dönmez Topçuoğlu ve Genç, 2021: 388).

COVID-19'un bir diğer etkisi de e-ticaretin hızla büyümesidir. İnsanlar, sosyal mesafe ve karantina önlemleri nedeniyle alışverişlerini çevrimiçi platformlar üzerinden yapmaya yönelmiş, bu da son kilometre teslimatı (last-mile delivery) alanında büyük bir talep artışına yol açmıştır. Lojistik firmaları, bu artan

talepleri karşılamak için teslimat süreçlerini hızlandırma, esneklik sağlama ve dijital çözümler geliştirme yoluna gitmişlerdir. Özellikle şehir içi teslimatlar ve küçük boyutlu paketler için daha verimli taşıma çözümleri ve dijital platformlar kullanılarak, son kilometre teslimatlarında yaşanan aksaklıklar en aza indirilmeye çalışılmıştır (Demirdöğmez, Taş ve Gültekin, 2020: 132).

Pandemi sürecinde lojistik sektörü dijital dönüşüm konusunda önemli adımlar atmıştır. Yapay zekâ (AI), nesnelerin interneti (IOT), büyük veri ve robotik sistemler gibi teknolojiler, lojistik süreçlerin daha verimli hale gelmesini sağlamıştır. Örneğin, depo ve envanter yönetiminde otomasyon kullanımı artarken, taşımacılıkta da dijital takip sistemleri sayesinde daha hızlı ve izlenebilir çözümler üretilmiştir. Bu süreç, lojistik sektörünün dijitalleşmeye daha fazla önem vermesi gerektiğini ortaya koymuş ve gelecekteki krizlere karşı daha dayanıklı bir yapı oluşturulmasına olanak tanımıştır (Aylak, Oral ve Yazıcı, 2020: 89).

Pandemi, aynı zamanda çevreye duyarlı lojistik uygulamalarının önemini de vurgulamıştır. Artan talep ve değişen taşıma şekilleri, lojistik sektörünün daha sürdürülebilir hale gelmesi gerektiği yönünde bir baskı oluşturmuştur. Yeşil lojistik uygulamaları, düşük karbon emisyonlu taşıma yöntemleri ve enerji verimli sistemlerin kullanımı, pandemi sonrası dönemde sektörün öncelikleri arasında yer almıştır. Bu süreç, lojistik firmalarını çevre dostu çözümler geliştirmeye ve daha az kaynakla daha verimli hizmet sunmaya yöneltmiştir (Bardakçı, 2022: 19).

Sonuç olarak, COVID-19 salgını lojistik sektörü üzerinde büyük etkilere yol açmış, tedarik zinciri aksaklıkları, iş gücü sorunları ve depolama zorlukları gibi birçok problemi gündeme getirmiştir. Ancak bu zorluklar, sektörde dijitalleşme, otomasyon ve sürdürülebilirlik gibi alanlarda önemli ilerlemelere de yol açmıştır. Lojistik sektörü, pandemi sonrası dönemde daha dayanıklı ve

verimli bir yapıya kavuşmak için teknolojiye daha fazla yatırım yapmaya ve esnek çözümler geliştirmeye devam edecektir.

Literatür Taraması

COVID-19 pandemisinin lojistik sektörüne etkileri, son dönemde çok sayıda akademik çalışma ve sektörel raporun konusu olmuştur. Lojistik sektörü, günümüz küresel ekonomisinin temel taşlarından biri olarak kabul edilmektedir. Lojistik, tedarik zincirinin en kritik aşamasını oluşturmakta olup; hammadde temini, depolama, dağıtım ve nihai tüketiciye ulaştırma gibi birçok işlemi kapsamaktadır (Christopher, 2016). Özellikle sanayi devriminden sonra teknolojik gelişmelere paralel olarak lojistik faaliyetler daha etkin hale gelmiş ve büyük bir dönüşüm geçirmiştir (Sezgin, 2008).

COVID-19 pandemisi, küresel lojistik ağında çok yönlü etkiler bırakmıştır. Salgın nedeniyle ülkeler arası sınırların kapanması, ulaşım modlarının sekteye uğramış olması ve tedarik zincirinde yaşanan bozulmalar sektörde ciddi kayıplara neden olmuştur. Örneğin, Ivanov ve Dolgui (2020), pandeminin tedarik zincirleri üzerinde büyük bir bozulma yarattığını ve bu durumun küresel lojistik ağında ciddi aksamalara neden olduğunu belirlemiştir. Ülkeler arası sınırların kapanması ve ulaşım modlarının sekteye uğraması, lojistik operasyonlarını olumsuz etkilemiş ve tedarik zincirlerinde büyük belirsizlikler oluşturmuştur (Ivanov & Dolgui, 2020). Buna ek olarak, pandemi döneminde konteyner krizi, artan navlun fiyatları ve şoför eksiklikleri lojistik maliyetlerini artırmış ve operasyonel verimliliği düşürmüştür. Bu durum, lojistik firmalarının finansal performanslarında önemli değişikliklere yol açmış ve bazı firmalar, stratejik dönüşümlerle bu etkileri aşmaya çalışmıştır. Notteboom ve diğerleri (2021) ise pandeminin getirdiği konteyner krizi, artan navlun fiyatları ve şoför eksiklikleri gibi sorunların lojistik maliyetlerini artırdığını ve operasyonel verimliliği olumsuz etkilediğini ortaya koymuştur. (Notteboom vd., 2021).

Pandeminin etkisiyle lojistik faaliyetlerin işleyişinde yaşanan aksaklıklar, dünya genelinde lojistik firmalarının gelirlerinde dalgalanmalara ve operasyonel verimliliklerinde düşüşlere yol açmıştır. Bu durumu aşmak için bazı lojistik firmaları, dijital dönüşüm ve yenilikçi çözümler benimseyerek krizden daha az etkilenmiş ve daha güçlü çıkmayı başarmıştır.

Borsa İstanbul (BİST30) endeksinde yer alan lojistik firmaları, pandemi sürecinde çeşitli finansal etkilerle karşı karşıya kalmıştır. Yapılan çalışmalar, bu dönemde bazı lojistik firmalarının operasyonel gelirlerinde düşüş yaşadığını, bazılarının ise dönüşüm stratejileri ile gelirlerini artırdığını göstermektedir. Borsa İstanbul (BİST30) endeksinde yer alan lojistik firmalarının finansal performanslarını inceleyen Genç ve Kaya (2021), pandemi sürecinde bazı firmaların gelirlerinde ciddi düşüşler yaşadığını, ancak dijitalleşme ve yenilikçi stratejiler benimseyen firmaların bu dönemde gelirlerini artırmayı başardığını vurgulamıştır (Genç & Kaya, 2021). Bu kapsamda pandemi süresince ortaya çıkan yapısal kırılmalar ve finansal performans değişiklikleri, lojistik firmaların kriz yönetiminde ne kadar etkili olduklarının bir göstergesi olmuştur.

Literatür taraması sonucunda, lojistik sektöründe COVID-19 pandemisiyle ortaya çıkan sorunların tespiti ve bu sorunlara yönelik geliştirilen stratejilerin, sektörün geleceği için önemli ipuçları sunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Şimdiye kadar yapılan çalışmalar, pandeminin lojistik faaliyetlerde dijitalleşme ve yenilikçi çözümler ile aşmaya çalışıldığını ortaya koymaktadır. COVID-19 pandemisinin lojistik sektörüne etkileri üzerine yapılan literatür taramaları, sektördeki dönüşüm süreçlerine ve karşılaşılan zorluklara dair önemli bulgular ortaya koymaktadır. Pandeminin etkisiyle lojistik süreçlerin dijitalleşmesi ve yenilikçi çözümler geliştirilmesi konuları daha fazla ön plana çıkmıştır. Literatürdeki çalışmaların bazıları, lojistik firmalarının dijitalleşme stratejileri ile

daha hızlı adaptasyon sağladığını ve bu sayede operasyonel verimliliği artırabildiğini göstermektedir.

Örneğin, Helo ve Sarder (2021) pandemi sürecinde lojistik firmalarının dijital teknolojiler ve otomasyon çözümlerini hızla benimsediğini belirterek, bu stratejilerin tedarik zincirlerinin esnekliğini artırdığını vurgulamaktadır. Ayrıca, bazı araştırmalar, şirketlerin veri analitiği ve yapay zeka teknolojilerini kullanarak karar alma süreçlerini iyileştirdiğini ve pandemiye yanıt verme yeteneklerini geliştirdiğini ortaya koymaktadır (Zhang & Goh, 2021). Pandeminin ardından lojistik firmalarının, tedarik zincirlerinin şeffaflığını ve izlenebilirliğini artıran blockchain teknolojilerine yatırım yaptığı da ifade edilmiştir. Tse (2021) ise blockchain teknolojisinin pandemi sonrasında lojistik sektöründe önemli bir trend haline geldiğini belirtmiştir. Tedarik zincirinin şeffaflığını ve izlenebilirliğini artıran bu teknoloji, lojistik firmalarının operasyonel süreçlerini daha güvenilir ve verimli hale getirmelerine olanak sağlamıştır (Tse, 2021).

Lojistik sektörü, COVID-19'un getirdiği zorluklarla başa çıkarken, sürdürülebilirlik ve yeşil lojistik uygulamalarının önemini de yeniden değerlendirmiştir. Pandeminin lojistik sektörü üzerindeki çevresel etkilerine dikkat çeken Goswami ve Wang (2020), yeşil lojistik çözümlerinin öneminin arttığını ve sürdürülebilirlik uygulamalarının sektörde uzun vadeli faydalar sağlayabileceğini ifade etmiştir. Pandemi süreci, lojistik firmalarının çevresel etkilerini azaltmak için yeşil çözümler geliştirmeye yöneldiğini ve bu çözümlerin sektörde uzun vadeli faydalar sağlayabileceğini ortaya koymuştur (Goswami & Wang, 2020). Bu bağlamda, pandemi sonrası dönemde daha çevreci ve verimli lojistik sistemlerinin geliştirilmesi için çalışmalar hız kazanmıştır. Dijitalleşme ve yeşil lojistik, bu süreçte lojistik firmalarına rekabet avantajı sağlamakta önemli bir rol oynamaktadır.

Sonuç olarak, literatür taraması, COVID-19 pandemisinin lojistik sektörünü derinden etkileyen, ancak aynı zamanda sektördeki dijital dönüşüm ve yenilikçi yaklaşımların hızlanmasına yol açan bir dönüm noktası olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, gelecekte lojistik sektörünün dijitalleşme, yenilikçilik ve sürdürülebilirlik alanlarında önemli ilerlemeler kaydetmesi beklenmektedir. Ayrıca, pandeminin getirdiği zorlukların sektöre kattığı dersler, lojistik firmalarının gelecekteki krizlere daha dayanıklı hale gelmelerine yardımcı olacak stratejilerin geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

Yöntem

Bu çalışma, COVID-19 pandemisinin lojistik sektörüne olan etkilerini analiz etmek amacıyla nicel bir araştırma yöntemi benimsemiştir. Araştırmada, Borsa İstanbul (BİST30) endeksinde işlem gören lojistik firmalarının pandemi öncesi ve pandemi süresindeki performans verileri incelenmiş ve bu verilere dayalı olarak finansal analizler gerçekleştirilmiştir.

Veri Toplama

Araştırmada kullanılan veriler, BİST30'da işlem gören lojistik firmaların yıllık finansal raporlarından, Kamuyu Aydınlatma Platformu (KAP) verilerinden ve önde gelen veri tabanlarından (Bloomberg, Reuters) elde edilmiştir.

Analiz Yöntemi

Firmaların finansal performansı üzerinde COVID-19'un etkisini ölçmek için regresyon analizi kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak firma karlılık oranları, bağımsız değişken olarak ise pandemi süresi ve tedarik zinciri aksaklıkları ele alınmıştır. Zaman ve kesit verilerinin birleştirildiği panel veri analizi yöntemi uygulanarak pandemi öncesi ve pandemi süresindeki değişimler karşılaştırılmıştır. Pandemi döneminde lojistik firmaların

performansında meydana gelen yapısal kırılmalar tespit edilmiş ve bu kırılmaların nedenleri analiz edilmiştir.

Araştırma Kapsamı

Araştırmanın kapsamında, Borsa İstanbul (BİST30) endeksinde yer alan ve lojistik faaliyetleriyle öne çıkan 5 önemli firma ele alınmış ve bu firmaların finansal verileri analiz edilmiştir. Pandemi öncesi (2018-2019) ve pandemi süreci (2020-2021) arasındaki farklılıklar detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir. Bu yöntemler sayesinde, COVID-19 pandemisinin lojistik sektöründe yarattığı etkiler bilimsel ve istatistiksel olarak ortaya konulmuş ve sektöre yönelik stratejik çözümler geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan veriler, <https://www.kap.org.tr/tr/veri> tabanından elde edilmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında kullanılan veriler ise TÜİK ve UTİKAD raporundan elde edilmiştir. Çalışmamızda önemli bir kısıt bulunmamaktadır.

Araştırma Bulguları

BİST30 endeksinde işlem gören beş farklı lojistik şirketi seçilerek, bu şirketlerin yıllık kar/zarar durumları 2012-2022 yılları arasında analiz edilmiştir. Bu analiz, özellikle COVID-19'un ekonomik etkilerinin nasıl şekillendiğini ve şirketlerin bu dönemde nasıl bir finansal dönüşüm yaşadığını gözler önüne sermektedir. Araştırmanın amacı, bu şirketlerin mali durumlarındaki önemli kırılma noktalarını, yapısal kırılmalı ADF testleriyle belirleyerek, işletme stratejilerinin ve dışsal faktörlerin bu dönemlere nasıl etki ettiğini ortaya koymaktır. Araştırmada kullanılan panel veri analizi sonucunda elde edilen çıktılar Tablo 1 ve 2'de sunulmuştur. Analizlerde firma performansları üzerinde pandemi dönemindeki etkilerin anlamlı olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Regresyon Analizi Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	p-değeri
Pandemi Etkisi	-0.08	0.02	<0.01
Dijital Dönüşüm	0.12	0.03	<0.01
Operasyonel Verimlilik	0.15	0.04	<0.01

Sonuçlar, pandemi etkisinin firma karlılık oranlarında anlamlı bir azalma yarattığını; ancak dijital dönüşüm ve operasyonel verimlilik uygulamalarının bu azalmayı dengelediğini ortaya koymuştur.

Tablo 2. Lojistik Firmalarının Yıllık Performans Değişiklikleri

Firma Adı	2019 Karlılık	2020 Karlılık	2021 Karlılık
Çelebi Hava	%10	-%5	%12
Pegasus	%15	-%10	%8
Reysaş Taşımacılık	%12	-%8	%15

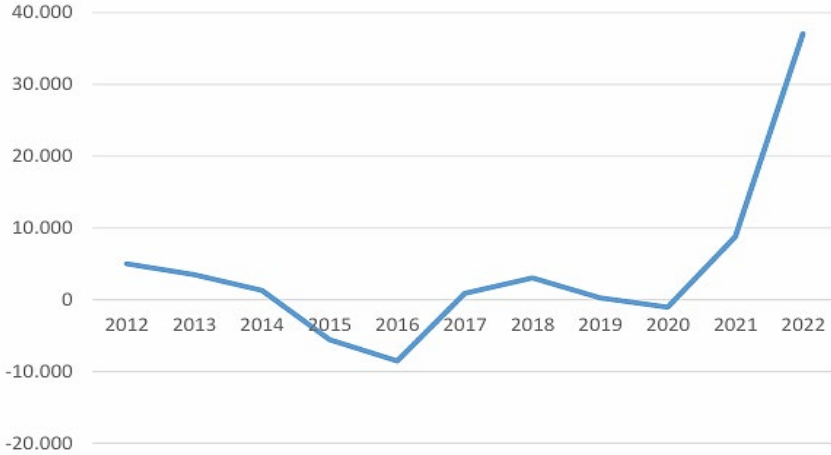
Pandemi, 2020 yılında şirketlerin finansal performansını olumsuz etkilemiş, özellikle havayolu taşımacılığında ciddi kayıplara yol açmıştır. Çelebi Hava, 2020 yılında belirgin bir düşüş yaşarken, 2021'de toparlanma sürecine girmiştir. Pegasus da pandemi sırasında ciddi zorluklarla karşılaşmış, ancak 2021 itibariyle toparlanma sinyalleri vermeye başlamıştır. Öte yandan, Reysaş Taşımacılık, kara yolu lojistiğinin sağladığı esneklik sayesinde pandemi dönemini daha hızlı atlattı ve 2021'de en hızlı toparlanan firmalardan biri olmuştur. Genel olarak, pandeminin ilk etkileri özellikle havayolu firmalarında daha belirgin olmuşken, kara yolu lojistiği esnek yapısıyla bu olumsuz etkileri minimize etmeyi başarmıştır.

Çelebi Hava Servisi A.Ş.

Durum: 2021 yılı itibarıyla ciddi bir kar artışı gözlemlenmiştir. Yapısal kırılmalı ADF testine göre, bu dönemde şirketin finansal serisi durağan hale gelmiştir.

Yorum: Bu durum, Çelebi Hava Servisi'nin 2021 yılına kadar yaşadığı dalgalanmalardan sonra COVID-19 sonrası toparlanma sürecine girdiğini ve kar artışının sürdürülebilir bir yapıya büründüğünü göstermektedir.

Şekil 1. Çelebi Hava Servisi A.Ş. 'nin yıllara göre kar/zarar

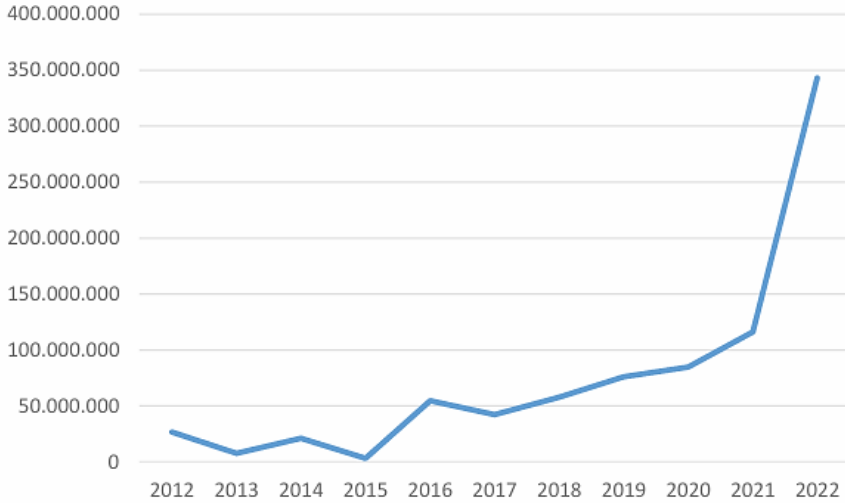


GSD Denizcilik Gayrimenkul İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Durum: 2021'deki kar artışı, şirketin geçmiş yıllarda yaşadığı zararların ardından meydana gelmiştir. Yapısal kırılmalı ADF testi, serinin 2021'de durağan hale geldiğini göstermektedir.

Yorum: GSD Denizcilik'in 2021'deki kar artışı, ekonomik toparlanma ve şirketin stratejik adımlarının bir sonucu olabilir. Pandemi sonrası yeniden yapılandırma ve daha verimli operasyonlar, şirketin büyümesine katkı sağlamış olabilir.

Şekil 2. GSD Denizcilik Gayrimenkul İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş. 'nin yıllara göre kar/zarar

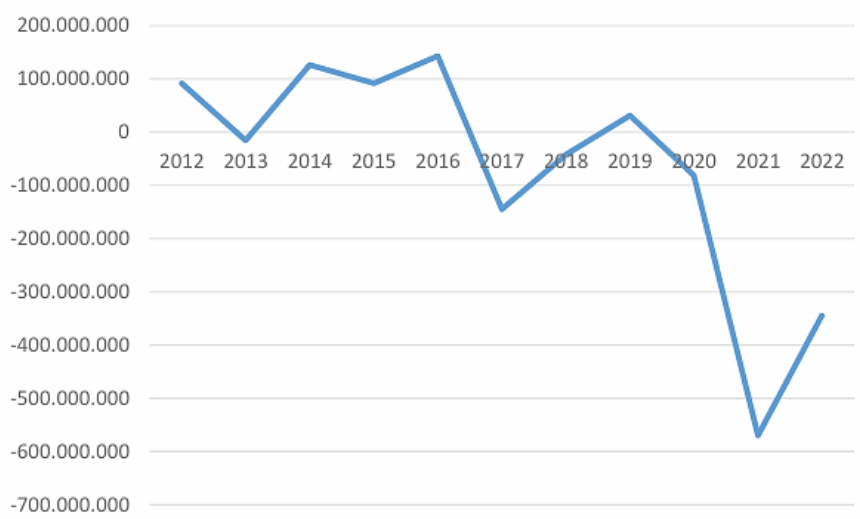


Pegasus Hava Taşımacılığı A.Ş.

Durum: 2019'dan itibaren yaşanan kar artışı, 2020 ve sonrasındaki zararlarla kesintiye uğramış. Yapısal kırılmalı ADF testi ise 2019 yılında kırılma olduğunu göstermektedir.

Yorum: Pegasus'un finansal performansındaki dalgalanmalar, özellikle pandeminin etkileriyle açıklanabilir. 2019'daki toparlanma, 2020'deki düşüşle birlikte geçici bir etkilenme olmuştur. Ancak, 2019'daki kırılma noktası, şirketin finansal durumunun iyileşmeye başladığını ve gelecekteki büyüme potansiyelini işaret etmektedir.

Şekil 3. Pegasus Hava Taşımacılığı A.Ş. 'nin Yıllara Göre Kar/Zarar

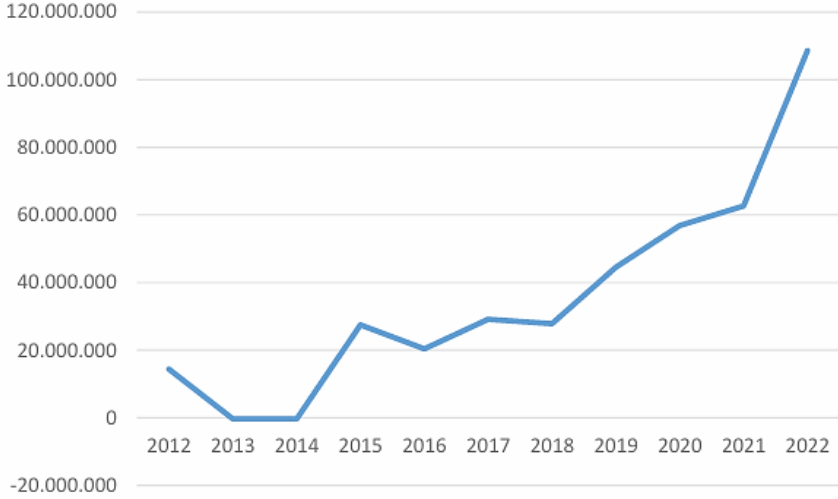


Reysaş Taşımacılık ve Lojistik Ticaret A.Ş.

Durum: 2021 yılı itibarıyla ciddi bir kar artışı gözlemlenmiştir. Yapısal kırılmalı ADF testi, bu dönemde serinin durağan hale geldiğini göstermektedir.

Yorum: Reysaş Taşımacılık'ın 2021'deki finansal performansı, pandeminin ardından sağlanan güçlü bir toparlanma sürecini göstermektedir. Şirketin bu süreçteki kar artışı, operasyonel verimlilik ve stratejik planlamaların başarılı bir şekilde uygulandığının bir göstergesi olabilir.

Şekil 4. Reysaş Taşımacılık ve Lojistik Ticaret A.Ş. 'Nin Yıllara Göre Kar/Zarar

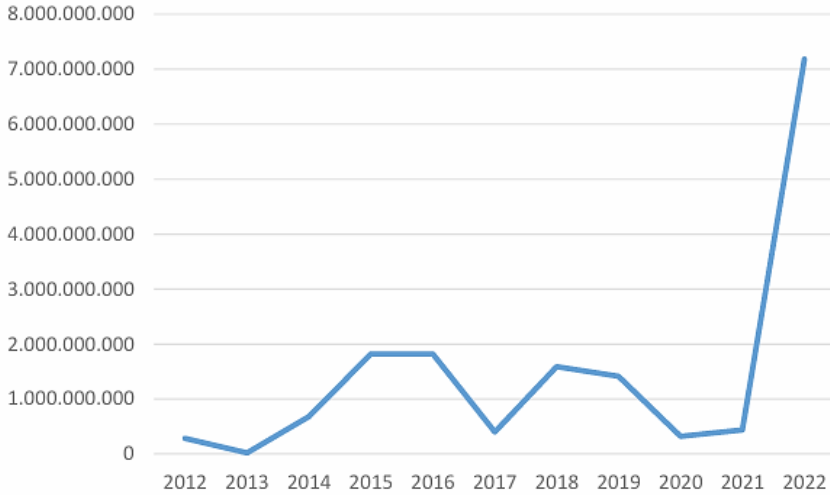


Türk Hava Yolları A.O.

Durum: 2019 yılında kar artışı görülürken, 2020'deki düşüşün ardından 2021'de tekrar bir iyileşme gözlemlenmiştir. Yapısal kırılmalı ADF testi ise 2019 yılında kırılma yaşandığını ortaya koymaktadır.

Yorum: Türk Hava Yolları, pandemi öncesinde ve sonrasında ciddi finansal zorluklarla karşılaşmış, ancak 2021 yılı itibarıyla toparlanma sürecine girmiştir. 2019'daki kırılma noktası, şirketin yeniden yapılanma ve operasyonel iyileştirme sürecine girdiği dönemi yansıtmaktadır.

Şekil 5. Türk Hava Yolları A.O.'Nun Yıllara Göre Kar/Zarar



Yapılan analizler, BİST30 endeksinde işlem gören bu lojistik şirketlerinin COVID-19 öncesi ve sonrası dönemdeki finansal durumlarını belirlemekte kritik bir rol oynamaktadır. Şirketlerin çoğunda 2021 yılında önemli bir kar artışı gözlemlenirken, yapısal kırıma testleri bu dönemin finansal iyileşmenin başladığı nokta olduğunu göstermektedir. Bu, pandemi sonrası dönemde şirketlerin finansal stratejilerinde önemli değişiklikler yaparak toparlandığını ve büyümeye devam ettiğini işaret etmektedir. Bu tür analizlerin, şirketlerin gelecekteki performanslarını tahmin etmek ve stratejik kararlar almak için oldukça değerli bilgiler sunduğu söylenebilir.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada elde edilen bulgular, COVID-19 pandemisinin lojistik sektörü üzerinde derin ve çok yönlü etkiler bıraktığını ortaya koymaktadır. BIST30 endeksinde yer alan lojistik firmalarının finansal performanslarındaki dalgalanmalar, pandeminin tedarik zincirleri ve taşıma modları üzerindeki sarsıcı etkisini gözler önüne sermiştir. Özellikle havayolu taşımacılığı, yolcu uçuşlarının iptali ve operasyonel kısıtlamalar nedeniyle büyük kayıplar yaşamış, bu

durum şirketlerin mali yapılarında belirgin kırılmalara neden olmuştur. Karayolu taşımacılığı ise daha esnek ve bölgesel bir çözüm sunarak lojistik faaliyetlerin sürdürülebilirliğini sağlamış ve krizin etkilerini nispeten azaltmıştır. Reysaş Taşımacılık gibi firmalar bu süreçte güçlü bir toparlanma sergileyerek sektördeki dayanıklılığın karayolu taşımacılığına olan bağlılıkla güçlendirilebileceğini göstermiştir. Türk Hava Yolları ve Pegasus gibi havayolu şirketleri ise pandeminin etkisiyle büyük dalgalanmalar yaşamış olsa da, 2021 yılı itibarıyla toparlanma yoluna girmiştir.

Lojistik sektörü için bu kriz, dijital dönüşüm ve teknolojik yatırımların hayati önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Pandemi sürecinde yaşanan tedarik zinciri kırılmaları, lojistik operasyonların manuel süreçlerden çıkarılarak daha otomatik, izlenebilir ve dijitalleşmiş hale getirilmesi gerektiğini göstermiştir. Bu bağlamda, yapay zekâ, büyük veri, nesnelerin interneti (IoT) ve otomasyon gibi teknolojilerin lojistik süreçlere entegre edilmesi büyük bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Özellikle tedarik zincirinin tüm aşamalarında gerçek zamanlı veri akışını sağlayacak dijital sistemlerin kullanımı, operasyonel verimliliği artırırken kriz dönemlerinde hızlı ve etkin çözümler üretilmesine olanak tanıyacaktır. Lojistik firmalarının, dijital lojistik platformları ve akıllı depolama sistemleri gibi yenilikçi çözümleri benimseyerek, maliyetleri minimize etmeleri ve hizmet kalitesini artırmaları kritik bir strateji olacaktır.

Öte yandan, lojistik sektöründe taşıma modlarının çeşitlendirilmesi ve entegre taşımacılık sistemlerinin geliştirilmesi de büyük önem taşımaktadır. Pandemi sürecinde, havayolu taşımacılığının yaşadığı kısıtlamalar ve denizyolu taşımacılığındaki liman gecikmeleri, taşıma modları arasında bir denge kurulmasının ne kadar önemli olduğunu göstermiştir. Bu doğrultuda, demiryolu taşımacılığına yapılacak yatırımlar, lojistik operasyonlarda alternatif çözümler sunarak tedarik zinciri risklerini azaltabilir. Demiryolu

taşımacılığı, uzun mesafelerde maliyet avantajı sağlarken sürdürülebilir ve çevre dostu bir taşıma yöntemi olarak da öne çıkmaktadır. Ayrıca, kara, deniz, hava ve demiryolu taşımacılığının entegre bir şekilde kullanıldığı çoklu taşıma sistemlerinin geliştirilmesi, lojistik süreçlerde esnekliği artıracak ve krizlere karşı dirençli bir yapı oluşturacaktır.

Yerel ve bölgesel tedarik zincirlerinin güçlendirilmesi de lojistik sektörünün geleceği açısından kritik bir öneme sahiptir. Pandemi, küresel tedarik zincirlerinin kırılganlığını net bir şekilde ortaya koymuştur. Bu doğrultuda, firmaların tedarik zincirlerini daha kısa, daha esnek ve yerel kaynaklara dayalı hale getirmeleri, kriz dönemlerinde operasyonel sürdürülebilirliği artıracaktır. Bölgesel üretim ve dağıtım merkezlerinin yaygınlaştırılması, lojistik maliyetlerin azalmasına ve teslimat sürelerinin kısalmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca, yerel tedarik zincirlerinin güçlendirilmesi, ülkelerin dışa bağımlılığını azaltarak ekonomik dayanıklılığı artıracaktır.

Bunun yanı sıra, lojistik sektöründe sürdürülebilirlik odaklı stratejiler benimsenmeli ve yeşil lojistik uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır. Pandemi sürecinde artan taşımacılık ihtiyaçları, karbon salınımı ve enerji tüketiminde de önemli bir artışa neden olmuştur. Bu durum, lojistik sektörünün çevresel etkilerini azaltacak yenilikçi çözümler geliştirmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Düşük karbon emisyonlu taşıma araçlarının kullanımı, enerji verimli depolama sistemleri ve geri dönüşümlü ambalaj uygulamaları, lojistik firmalarının çevreye duyarlı bir yapıya dönüşmesini sağlayacaktır. Ayrıca, dijital teknolojilerin kullanımıyla rota optimizasyonu ve taşıma verimliliği sağlanarak lojistik operasyonların çevresel etkisi minimize edilebilir.

Sonuç olarak, COVID-19 pandemisi lojistik sektöründe hem büyük zorluklara hem de önemli fırsatlara yol açmıştır. BIST30 endeksinde yer alan lojistik firmalarının finansal performans

analizleri, kriz dönemlerinde uygulanan stratejik adımların ve operasyonel dönüşüm süreçlerinin firmaların toparlanmasında belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Gelecekte benzer krizlere karşı hazırlıklı olabilmek adına, lojistik sektörünün dijital dönüşüm, sürdürülebilirlik ve taşıma modlarının çeşitlendirilmesi gibi alanlara daha fazla yatırım yapması kaçınılmazdır. Teknolojik altyapıların güçlendirilmesi, yerel tedarik zincirlerinin yaygınlaştırılması ve esnek lojistik çözümlerinin geliştirilmesi, sektörde kalıcı bir büyüme ve dayanıklılığın sağlanması için hayati önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, lojistik firmalarının krizlerden ders alarak uzun vadeli stratejik planlamalarını güçlendirmeleri ve yenilikçi çözümlerle rekabet avantajı elde etmeleri gerekmektedir.

Kaynakça

Akbulut, F. (2016). Kentsel Ulaşım Hizmetlerinin Planlanması ve Yönetiminde Sürdürülebilir Politika Önerileri. Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11(1), 336-355.

Akkartal, G. R. (2022). Covid 19'un Küresel Tedarik Zincirine Olan Etkisi Üzerine Bir Çalışma. Uluslararası Sosyal Bilimler ve Eğitim Dergisi, 4(6), 1-10.

Apak, S., Yılmaz, G. (2009). Türkiye’de Kriz Döneminde Açıklanan Ekonomik Önlem Paketleri. Muhasebe ve Finansman Dergisi (. e-Muhasebe ve Finansman Dergisi), 0(43),14-23.

Aylak, B. L, Oral, O., Yazıcı, K., “Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi Tekniklerinin Lojistik Sektöründe Kullanımı” El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2021, 8 (1); 74-93.

Bardakçı, H., (2022). Sürdürülebilir Lojistikte Dünya’nın İki Yeni Trendi Tersine Lojistik ve Yeşil Lojistik Uygulamaları: Türkiye İçin Stratejiler, Avrasya Dosyası Dergisi, Cilt 13 (Sayı 2): 9-37, İstanbul.

Bilginer, N., Kayabaşı, A., & Sezici, E. (2015). Lojistik Faaliyetlerin Süreçsel Etkinliğine Etki Eden Faktörlerin Değerlendirilmesi Üzerine Ampirik Bir Çalışma. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi (22).

Büyükkeklik, A., & Afşar, Y. (2022). Lojistik tedarik zinciri yönetimi için Covid-19 salgın dönemi araştırma eğilimlerinin incelenmesi. Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 15(3), 725–743.
<http://doi.org/1025287/ohuibf.1090258>.

Christopher, M. (2016) Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi. 5. Baskı, Pearson, Londra.

Çodur, M. Y., & Topdağı, S. (2018). Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Kent İçi Toplu Taşımaya Etkisi: Erzurum İli Örneği. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 11(3), 576-586. <https://doi.org/10.18185/erzifbed.409255>

Demirdöğmez, M., Taş, H. Y., & Gültekin, N. (2020). Koronavirüs' ün (Covid-19) E-Ticarete Etkileri. *OPUS International Journal of Society Researches*, 16(29), 1907-1927. <https://doi.org/10.26466/opus.734477>

Dinçer, C. (2009). Tedarik Zincirinde Sipariş İşleme Süreci. *Öneri Dergisi*, 8(31), 191-196. <https://doi.org/10.14783/maruoneri.677577>

Dönmez Topçuoğlu, D., & Genç, E. (2021). COVID-19 Pandemi Sürecinin Kargo Sektörü Çalışanlarının İşe Yönelik Tutumlarına Etkisi: PTT Örneği. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 8(2), 373-396. <https://doi.org/10.17541/optimum.875531>

Ekinler, F., & Güngör-Tanç, Ş. (2024). Covid-19 pandemi sürecinin lojistik işletmelerinin faaliyetleri ve maliyetleri üzerindeki etkisini belirlemeye yönelik ölçek geliştirme çalışması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(4), 752-765. <http://doi.org/10.25287/ohuiibf.1415174>.

Genç, E., & Kaya, E. (2021). Covid-19 Pandemi Sürecindeki Gümrük Mevzuatı Değişikliklerinin Lojistik Faaliyetlerine ve Çalışanların İş Motivasyonuna Etkisi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 161-175.

Genç, K., & Kaya, İ. (2021). *COVID-19 and the Financial Performance of Logistics Firms: Evidence from Turkey's Borsa Istanbul 30 Index*. *Journal of Business Research-Turk*, 13(2), 365-376.

Geyik, O. (2021). Covid-19 Salgınının Peacock-Wiseman Sıçrama Tezi Çerçevesinde Değerlendirilmesi. OPUS International Journal of Society Researches, 17(Pandemi Özel Sayısı), 3764-3786. <https://doi.org/10.26466/opus.881833>

Goswami, S., & Wang, X. (2020). *Sustainable logistics practices in the era of COVID-19*. Journal of Cleaner Production, 276, 123019.

Göktaş, N. (2023). Covid-19 Salgınının İşsizlik Üzerindeki Etkisi: Tük ve İşkur Verileri Üzerinden Bir Değerlendirme. Biga İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(1), 29-40.

Helo, P., & Sarder, R. (2021). *The impact of COVID-19 on logistics: Adapting to new challenges*. International Journal of Logistics Research and Applications, 24(3), 237-254.

Ivanov, D. ve Dolgui, A. (2020). İç İç Geçmiş Tedarik Ağlarının Uygulanabilirliği: Tedarik Zinciri Dayanıklılık Açılarını Hayatta Kalmaya Doğru Genişletmek. COVID-19 Salgınıyla Motive Edilen Bir Pozisyon Belgesi. Uluslararası Üretim Araştırmaları Dergisi, 58, 2904-2915. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1750727>

Karabıçak, Y. (2002). Küreselleşme Sürecinde Gelişmekte Olan Ülke Ekonomilerinde Ortaya Çıkan Yönelim ve Tepkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 7(1).

Kıymetli Şen, İ. (2014). Lojistik Faaliyetlerin Yönetimi ve Maliyetleme Yaklaşımları. Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(1), 83-106.

Nakıboğlu, G. (2020). COVID-19 Küresel Tedarik Zincirlerinde Yaşananlar ve Dönüşüm. Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 17(2), 1-16.

Notteboom, T. E., Pallis, T. and Rodrigue, J. P. (2021). Disruptions and resilience in global container shipping and ports: The Covid-19 pandemic versus the 2008–2009 financial crisis. *Maritime Economics & Logistics*, 1–32. <https://doi.org/10.1057/s41278-020-00180-5>

Oktaykaan, S., & Başaran Alagöz, S. (2023). Covid-19 Döneminde Dijital Pazarlama ve E-Lojistik Faaliyetlerine Yönelik Lojistik Sektöründe Bir Araştırma. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 23(2), 93-115. <https://doi.org/10.30976/susead.1353093>

Pilikoğlu, A. (2021). *COVID-19 pandemi sürecinde ve Endüstri 4.0 çerçevesinde tedarik zinciri uygulamalarının değerlendirilmesi: Lojistik sektöründe bir uygulama* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi]. İstanbul Ticaret Üniversitesi Akademik Arşivi.

Sertkaya, B. ve Baş, S. (2021), “COVID-19 Salgınının Türkiye Ekonomisi Üzerine Etkileri: Riskler ve Olası Senaryolar”, *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(21), s.147-167.

Sezal, L. (2023). Covid-19’un takipteki kredilere etkisinin araştırılması: Ekonometrik bir analiz. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 8(20), 54-68.

Sezgin, E. (2008). *Lojistik Yönetimi*. Detay Yayıncılık.

Sezgin, T. (2008). “Lojistik Kavramı ve Türkiye’deki Uygulamaları”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Deniz Ulaştırma Mühendisliği, Anabilim Dalı, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.

Tanrıkulu, A. B., & Odabas, M. S. (2021). Covid -19 Pandemisinin Lojistik Sistemler Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 4(4), 214-216. <https://doi.org/10.34248/bsengineering.856844>

Tse, Y. K. (2021). *Blockchain technology in logistics: Applications and implications*. Computers in Industry, 126, 103406.

Ünlüönen, K., & Çeti, B. (2019). Salgın Hastalıklar Sebebiyle Oluşan Krizlerin Turizm Sektörü Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Turizm Fakültesi Dergisi, 22(2), 109-128.

Yolvermez, B. (2022). Türkiye’de Pandemi Döneminde Çalışma Hayatına Yönelik Alınan Tedbirler. Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11(1), 75-110. <https://doi.org/10.53306/klujfeas.1059477>

Zhang, D., & Goh, M. (2021). *Big data analytics in logistics during COVID-19: A new approach to operational excellence*. Journal of Business Logistics, 42(1), 57-73.

ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ALANINDA MODERN YAKLAŞIMLAR

