

TEDARİK ZİNCİRİ VE LOJİSTİK YÖNETİMİNDE

Dijitalleşme ve Güncel Uygulamalar

Editörler

Doç. Dr. Egemen İPEK - Dr. Öğr. Üyesi Muhammed TURGUT



TEDARİK ZİNCİRİ VE LOJİSTİK YÖNETİMİNDE Dijitalleşme ve Güncel Uygulamalar

Editörler

Doç. Dr. Egemen İPEK - Dr. Öğr. Üyesi Muhammed TURGUT

ISBN: 978-625-6714-97-7

PA Paradigma Akademi Yayınları

Sertifika No: 69606

PA Paradigma Akademi Basın Yayın Dağıtım

Fetvane Sokak No: 29/A

ÇANAKKALE

e-mail: fahrigoker@gmail.com

Yayın Sorumlusu: Nevin SUR

Tasarım&Kapak: Himmet AKSOY

Matbaa

Meydan Baskı

Sertifika No: 70835

Kitaptaki bilgilerin her türlü sorumluluğu yazarlarına aittir.

Bu Kitap T.C. Kültür Bakanlığında alınan bandrol ve ISBN ile satılmaktadır. Bandrolsüz kitap almayınız.



Mart 2024



ÖNSÖZ

Günümüz ticari koşullarında, rekabetçi ve sürdürülebilir olabilmek için değişime ayak uydurmak gerekmektedir. Özellikle tedarik zinciri ve lojistik yönetimi gibi dinamik alanlarda, teknolojik dönüşümler sektörlere doğrudan etki etmektedir. Tedarik zinciri ve lojistik süreçlerinde önceden hammadde akışı, ürün akışı, hammadde taşınması, ürün taşınması ve depolanması faaliyetleri gerçekleşirken dijital dönüşümle birlikte bu süreçlerde veri akışı da kritik bir öneme sahip olmuştur. Dijital teknolojilerin entegrasyonu ile tedarik zinciri ve lojistik süreçleri esnek, şeffaf ve daha verimli hale gelmektedir. Bu durumda rekabet avantajına ve müşteri memnuniyetinin artmasına katkı sağlamaktadır.

Bu kitapla birlikte tedarik zinciri ve lojistik yönetimi alanındaki dijital ve güncel trendleri anlamak, bu trendlerin işletmelere sağladığı avantajları ortaya koymak hedeflenmektedir. Akademisyenlerin ve uzmanların deneyimlerini ve araştırmalarını bir araya getirerek, okuyuculara hem teorik bilgi hem de gerçek dünya uygulamaları hakkında kapsamlı bir bakış sunulmaktadır.

İşletmeler açısından dijitalleşen dünyada yer alabilmek önem arz etmektedir. Başta tedarik zinciri ve lojistik faaliyetler olmak üzere iş süreçlerinde köklü reformlar olmakta ve süreçler gelişmeye devam etmektedir. Bu kapsamda bu yıl on ikincisi düzenlenen Ulusal Tedarik Zinciri ve Lojistik Kongresi (ULTZK2023), 15-16 Kasım 2023 tarihlerinde Tarsus Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi ev sahipliğinde hibrit (yüz yüze ve online) olarak gerçekleştirilmiştir.

Yedi bölümden oluşan bu kitapta tedarik zinciri ve lojistik süreçlerinde başta dijitalleşme olmak üzere güncel trendler ele alınmış sektör temsilcilerine ve akademisyenlere yardımcı olması amaçlanmıştır. Bu kitapta yer alan bölümler, ULZK2023'te özet olarak sunulan ve kör hakemlik sürecinden geçen bildirilerin tam metinlerinden oluşmaktadır. Çalışmada emeği geçen tüm paydaşlara şükranlarımızı sunuyoruz. Çalışmanın toplumun tüm kesimlerine katkı sağlaması dileğiyle.

Editörler

Doç. Dr. Egemen İPEK

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed TURGUT

Bu kitap editoryal hakemlik ve bilimsel hakemlik süreçlerinden geçirilerek hazırlanmıştır. Çalışmaya destek veren tüm hakemlerimize teşekkür ederiz.

Hakem	Kurum
Prof. Dr. Mehmet Tanyaş	Maltepe Üniversitesi
Doç. Dr. Emre Yakut	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Emel Yontar	Tarsus Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Akın Akpur	Tarsus Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Seyyide Doğan	Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Erkan Uzun	Tarsus Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Hakkı Özbaş	Tarsus Üniversitesi
Dr. Bilal Şeker	Ford Otosan A.Ş.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	v
TÜRKİYE VE AVRUPA BİRLİĞİ'NE ÜYE ÜLKELERİN LOJİSTİK PERFORMANS ETKİNLİKLERİNİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE BELİRLENMESİ	1
Tuğrul BAYAT - Onur KAFADAR - Betül ÇETİNER - Önder İNCE	
TÜRKİYE'DE DEMİRYOLU YÜK TAŞIMACILIĞINDA LOJİSTİK MERKEZLERİN MEVCUT DURUMU	33
Murat ÇİĞİL - Mehmet SALTAN	
E-TİCARETTE SON AŞAMA TESLİMATLARININ KENTSEL LOJİSTİĞE OLAN ETKİLERİ	53
Umut KAZANCI - Mehmet TANYAŞ	
HAVA KARGO TRAFİK ARTIŞININ ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: HAVA TAŞIMACILIK ALTYAPI GELİŞİMİNİN ROLÜNE İLİŞKİN BİR ARAŞTIRMA	81
Ümit ÇELEBİ	
STRATEJİK HAMMADDELERİN TEDARİK ZİNCİRİ RİSKLERİNİ DEĞERLENDİRMEDE OPTİMİZE EDİLMİŞ VERİ ANALİTİĞİ	101
Elifcan GÖÇMEN POLAT	
DİJİTAL HARİTA DESTEKLİ SAHA İŞGÜCÜ VE ROTA OPTİMİZASYONU UYGULAMASI: İLAÇ DAĞITIMI	117
Zahra KHODA KARİMİ - Emrah YILMAZ - Ozan KIVANÇ - Burak ERDEM Mehmet KÜÇÜKPEHLİVAN - Deniz YIDIZ	
BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRİNDE KULLANIMININ ÖNÜNDEKİ ENGELLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ: SWARA YÖNTEMİ İLE KRİTER AĞIRLIKLARININ BELİRLENMESİ	133
Adem BİBER - Deniz KAVUK SALIŞ - Mehmet İkbal KARACA	

TÜRKİYE VE AVRUPA BİRLİĞİ'NE ÜYE ÜLKELERİN LOJİSTİK PERFORMANS ETKİNLİKLERİNİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE BELİRLENMESİ*

Dr. Öğr. Üyesi Tuğrul BAYAT
Afyon Kocatepe Üniversitesi
ORCID ID: 0000-0003-1491-6178

Dr. Öğr. Üyesi Onur KAFADAR
Afyon Kocatepe Üniversitesi
ORCID ID: 0000-0002-9333-2885

YÖK 100/2000 Doktora Bursiyeri Betül ÇETİNER
Afyon Kocatepe Üniversitesi
ORCID ID: 0000-0002-7354-0062

YÖK 100/2000 Doktora Bursiyeri Önder İNCE
Afyon Kocatepe Üniversitesi
ORCID ID: 0000-0003-3320-2306

ÖZET

Uluslararası ticarete ekonomik faaliyetlerin iyileştirilmesinde küresel lojistiğin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle ekonomik küreselleşme olgusu, üretimden tüketime kadar tüm pazarda değişikliklere neden olmuş ve olmaya devam etmekte, bunun sonucunda şirketler ve ülkeler arasında şiddetli rekabet ortaya çıkmaktadır. Bu durum, şirketlerin pazarda daha iyi bir konum elde etmek için lojistik ve performansla bağlantılı olanlar da dahil olmak üzere yeni stratejiler oluşturma ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Lojistik, ulusal ve uluslararası ticari ilişkilerde giderek daha merkezi bir

* Bu çalışmanın özeti 16-17 Kasım 2023 tarihleri arasında yüzyüze/online olarak düzenlenen 12.Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi'nde (ULTZK 2023) sunulmuş ve kongre özet kitapçığında yayımlanmıştır.

rol oynamaktadır. Bununla birlikte süreçleri iyileştirmeye yönelik fırsatları belirlemeyi, değer zincirini oluşturan faaliyetlerin maliyetlerini düşürmeyi ve sonuçları en üst düzeye çıkarmayı hedeflediği için rekabet avantajlarının geliştirilmesini sağlayan bir araç olarak kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak ülkelerin sahip olduğu küresel lojistik performanslarının ortaya konması gerekmektedir. Dünya Bankası, 160 ülkede lojistik sistemin kalitesini belirlemek için Lojistik Performans İndeksi (LPI)'ni hesaplamaktadır. LPI, ülkeler arasındaki farklılıkları altı boyutta analiz etmekte ve her bir ülkenin bu kriterlere bağlı olarak performanslarını ortaya koymaktadır. Bu çalışma ile Avrupa Birliği (AB) üye ülkelerin ve Türkiye'nin lojistik performanslarının (LPI-2023) göreceli etkinliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda ülkelerin etkinliklerinin ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi (VZA) kullanılmaktadır. VZA ile ülkelerin etkinliklerinin hesaplanması ve etkin olmayan birimlerin etkin düzeye gelebilmesi için mevcut lojistik performans indeksinin alt-göstergeleri ile ulaşabilecekleri refah düzeylerinin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre sahip olduğu lojistik performansı ekonomik kalkınmada görece etkin kullanan ülke Lüksemburg olmuş, onu sırasıyla İrlanda, Danimarka ve İsveç takip etmiştir. Etkinliği en düşük ülke ise Türkiye olmuştur. Bununla birlikte, ekonomik kalkınmada diğer ülkelerin Lüksemburg'un görece lojistik etkinlik düzeyinin çok altında yer aldığı görülmektedir. Ayrıca, ülkelerin sahip olduğu etkinlik değerlerinin gruplandırılması sonucunda İspanya dışında aynı grupta yer alan ülkelerin gelir düzeylerinin de benzerlik gösterdiği görülmektedir. Lojistik performans üzerinden güncel verilerle ele alınan ülkelerin ekonomik performanslarını ortaya koyan bir çalışmanın politika yapıcılar, sektör temsilcileri ve akademisyenlerin görüşüne sunulmasının yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Lojistik, Lojistik Performans, Lojistik Performans İndeksi, Veri Zarflama Analizi, Ekonomik Kalkınma

GİRİŞ

Küreselleşme, teknolojik gelişmeler, internet kullanımının yaygınlaşması, sanal pazar ve e-ticaretin artması, tüketim alışkanlıklarının değişmesi ve kentleşme gibi faktörler sonucunda dünya ticareti yükselişe geçtiği

görülmektedir. Böylece şirketler ve ülkeler rekabet avantajı elde etme yarışına girmektedir. Günümüzde küresel boyutta artan rekabet sonucunda lojistik, ülkelerin uluslararası ticarete ön plana çıkması için en önemli sektörlerden biri haline geleceği beklenmektedir. Malların hareketliliğini kolaylaştırmanın yanı sıra maliyet tasarrufu da sağlayan lojistik, hem firmalar hem de ülkeler için önemli bir hizmet ağı oluşturmakta ve uluslararası pazarlarda rekabet avantajı elde etmede kilit rol oynamaktadır (Civelek, 2015). Lojistik performans ise, lojistiğin etkinliği ve verimliliği açısından değerlendirilmesini ifade etmektedir (Ghiani vd. 2013). Uluslararası ticareti artırmak için lojistik performansını anlamak öncelikli hedeflerden biri olarak görülmelidir. Lojistik performans, bir ülkenin rekabet gücünü ve refahını geliştirmede önemli bir faktördür ve ticaret akışlarını analiz etmede önemli bir rol oynadığı için bölgesel veya ulusal düzeyde lojistik ölçümüne vurgu yapmaktadır (Bensassi vd., 2015).

Lojistik günümüz ekonomisinde ve toplumunda önemli bir rol oynamakta olup büyüme ve istihdam üzerinde de büyük bir etkiye sahiptir. Lojistik sektörü doğrudan yaklaşık 10 milyon kişiyi istihdam etmekte ve gayri safi yurtiçi hasılanın (GSYİH) yaklaşık %5' ini oluşturmaktadır. Etkili ulaştırma sistemleri, Avrupalı şirketlerin dünya ekonomisinde rekabet edebilmesi için temel teşkil etmektedir. Lojistik, Avrupalı şirketler için bitmiş ürünün maliyetinin %10-15' ini oluşturmaktadır. Lojistik hizmetlerinin kalitesi insanların yaşam kalitesi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Ortalama olarak her hane bütçesinin %13,2' si ulaştırma mal ve hizmetlerine harcanmaktadır (European Commission, 2023). 2032 yılına kadar küresel lojistik pazar büyüklüğü yaklaşık 18,23 trilyon ABD doları seviyelerine ulaşacağı öngörülmektedir. Lojistik hizmetlerinde, 2023'ten 2032'ye kadar yıllık %5,48' lik bir büyüme oranı kaydedileceği ve 2022 yılından 2032 yılına yaklaşık %71' lik bir artış olacağı tahmin edilmektedir (GlobeNewswire, 2023). Ülkelerin lojistik performanslarını iyileştirmesi ile doğru orantılı olarak bu büyüme beklentisinin beklenen seviyede gerçekleşeceği düşünülmektedir. Bu doğrultuda ülkeler, Dünya Bankası tarafından yayınlanan LPI verilerini takip ederek bu skorlardan anlam çıkarmalı ve LPI skorlarını iyileştirmek adına diğer ülkelerle kendilerini kıyaslamalıdır. Her ülke kendi skorunu iyileştirmesine bağlı olarak küresel boyutta lojistik etkinlik de artmış olacaktır.

En büyük siyasi ve ekonomik örgütlenme olan Avrupa Birliği, 27 ülkeden meydana gelmektedir. Nüfusu yaklaşık 448 milyon (World Bank, 2023a) olan Avrupa Birliği, dünyanın en önemli ekonomileri ve ticari aktörleri

arasında yer alır. Ayrıca ortalama 37.150 \$ kişi başı gelire sahip (World Bank, 2023b) olup, 16,64 trilyon \$ (GSYİH) ile ABD ve Çin' in ardından dünyanın en büyük üçüncü ekonomisidir (World Bank, 2023c). Bunların yanında, 2019 yılında, AB' de ulaştırma için yapılan devlet harcamaları gayrisafi yurtiçi hasılanın (GSYİH) %2,0' sine eşdeğerdir. 2020 yılında devletin ulaştırma harcamalarının GSYİH' ye oranı %2,3 olmuştur. 2020' de bu oranda düşüş kaydeden Macaristan ve herhangi bir değişiklik kaydetmeyen İrlanda ve İsveç haricinde, diğer tüm AB Üye Devletleri, bir önceki yıla göre 2020' de GSYİH' ye oranla daha yüksek bir ulaştırma kamu harcaması düzeyi bildirmiştir. Yüzde puan olarak en büyük artışlar Letonya, Malta, Portekiz ve Hırvatistan'da gözlemlenmiştir. 2020 yılında, Macaristan GSYİH' ye oranla ulaştırma için en yüksek devlet harcamasını (%4,6) rapor ederken, Kıbrıs en düşük orana (%0,7) sahip olmuştur. AB'de, GSYİH' ye oranla ulaştırma için yapılan kamu harcamaları 2010' da %2,3' ten 2012'de %2,1' e düşmüştür. Bu oran, 2020'deki COVID-19 krizi %2,3' e geri dönülmesine neden olana kadar her yıl %2,1 veya %2 seviyesinde kalmıştır (Eurostat, 2022). Türkiye'deki lojistik sektörü son on yıl için incelendiğinde Ulaştırma ve Depolama (Kısım H) faaliyet alanının GSYİH'ya katkısı yaklaşık %8' dir. Kısım H'nin 2017' den sonra GSYİH içerisindeki payının arttığı ve 2021'de %8,8 oranı ile son on yıldaki en yüksek değerine ulaştığı görülmektedir. Kısım H hem yük hem de yolcu taşımacılığına ilişkin faaliyetleri kapsamaktadır. 2011'de Kısım H'nin GSYİH ile birlikte istikrarlı bir şekilde büyüdüğü, 2017 ile 2021 yılları arasında Ulaştırma ve Depolama sektörünün GSYİH'dan daha yüksek oranda büyüdüğü görülmektedir (Utikad, 2022).

Lojistik performans, bir ülkenin ekonomik büyümesine ve rekabet gücüne doğrudan etki etmektedir. İyi bir lojistik altyapı ve etkin lojistik hizmetler, üretim maliyetlerini azaltır, ticareti kolaylaştırır ve ülkenin küresel piyasalardaki yerini güçlendirmesine olanak sağlar (Moldabekova vd., 2021). Bununla birlikte lojistik performans, uluslararası ticaretin anahtarıdır. İyi bir lojistik altyapı, sınır ötesi ticareti kolaylaştırır, ihracatı artırır ve ithalat maliyetlerini düşürmektedir. Bu durum ise ülkeyi küresel pazarda daha rekabetçi hale getirir (Kabak vd., 2020). Etkin bir lojistik ağı, yatırımları teşvik eder ve inovasyonu destekler. Üretim süreçlerinin verimli ve hızlı olması, yeni teknolojilerin benimsenmesini kolaylaştırır (Arvis vd., 2018). Ayrıca lojistik performans, bir ülkenin ekonomik kalkınması ve bölgesel entegrasyonunu güçlendirir. İyi bir lojistik altyapı, iç pazarlara erişimi kolaylaştırır ve ülke içindeki farklı bölgeler arasındaki ticareti artırır (Ekici vd.,2016). Uluslararası ticarete etkin lojistik performans, ülkelerin tedarik zincirinin güvenilirliğini arttırmakla kalmayıp, aynı zamanda ülkelerin küresel

olarak rekabet etmesine yardımcı olarak ülkeler arasındaki ticari ilişkilerin gelişmesine de katkıda bulunmaktadır. (Rashidi ve Cullinane, 2019). Verimsiz bir lojistik performans ise ülkelerin dış ticaret dengesine zarar vermekte ve ekonominin tüm sektör faaliyetlerinin aksamasına neden olabilmektedir. Bu durum hem firmalar hem de ülkeler için operasyonel maliyetlerin artması ve tedarik zincirindeki ilişkilerin bozulması anlamına gelebilir. Bu nedenle lojistik performansın değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi gerekmektedir (Marti vd. 2014).

Lojistik performans, lojistik işletmelerin veya ülkelerin uluslararası sahnedeki operasyonlarıyla ilgili hem iç hem de dış konulardaki sonuçlarını yansıtan göstergeler aracılığıyla ölçülebilmekte ve bu göstergeler kuruluşlar arası karşılaştırma parametreleri görevi görmektedir (Machado ve dos Santos, 2021). Geniş ve iyi yapılandırılmış bir göstergeler dizisi, şirketlerin rekabet ortamında mevcut tehditler ve fırsatları görmeleri adına önem arz etmektedir (Gomes ve Riberio, 2004). Ancak ülkelerin lojistik performansını ölçmek, büyüme ve rekabet edebilirlik fırsatlarını analiz etmek için göstergelere dayalı karşılaştırmalar yapmak karmaşık bir iştir. İndeksler ülkelerin, lojistik yapısını altı alt göstergede özetlemektedir ve birçok ülke, Dünya Bankası tarafından iki yılda bir yayınlanan Rekabete Bağlanma raporunda (World Bank, 2023d) yer alan LPI' dan elde edilen verileri, kamu politikalarını formüle etme aracı olarak kullanmaktadır. Araştırmacılar ise bu verilerden faydalanarak çalışmalar yürütmektedir. Bu göstergelerin analizi, analiz ve strateji oluşturma için giderek daha güvenilir veri talebiyle birlikte gelişen, şirketlerin/ülkelerin verimliliğini ölçecek teknikler gerektirmektedir. Öte yandan Martı vd. (2017) ülkeler ticari küreselleşmenin gerektirdiği ilerlemeleri uygulamaya gerçekten hazır olduklarında, daha iyi lojistik performansının sağlayabileceği avantajlardan yararlanabileceklerini ileri sürmektedir. Bu kapsamda, dünyanın farklı yerlerinde lojistik verimliliğini farklı değişkenler üzerinden ölçme ve karşılaştırma yapma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla bu araştırma, ülkelerin ekonomik refahı oluşturan lojistik verimliliğini kurumsal (politika yapıcılar) ve yapısal (özel işletmeler) açısından değerlendirmeyi ve her bir ülkenin sahip olduğu LPI alt göstergesi ile görece ulaşabileceği refah seviyesini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, Avrupa Birliği (AB) üye ülkeleri ile Türkiye gibi stratejik konumda bulunan ülkelerin lojistik performansının belirlenmesi, uluslararası ticarete rekabet avantajı elde etmek ve ekonomik büyümeyi desteklemek adına kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışmanın temel amacı, AB ülkeleri ve Türkiye'nin ekonomi üzerindeki lojistik performanslarının görece etkinliğini

VZA yöntemi ile belirlemek ve bu performansı objektif bir şekilde değerlendirmektir.

Çalışma giriş dahil olmak üzere altı bölüm halinde yapılandırılmıştır. Giriş bölümünden sonra ikinci bölümde lojistik performans indeksi açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde lojistik performans ile ilgili literatürde mevcut olan çalışmalara yer verilmektedir. Çalışmada kullanılan Veri Zarflama Analiz (VZA) yöntemi dördüncü bölümde tanıtılmaktadır. Çalışmanın beşinci bölümünde analiz sonucu elde edilen bulgulara ve tartışmalara yer verilmektedir. Çalışmanın son bölümünde ise elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

1. LOJİSTİK PERFORMANS İNDEKSİ

Dünya çapında ticaret hacimlerinin artmasıyla birlikte şirketlerin ve ülkelerin rekabet avantajı elde etme yarışı hızlanmıştır. Ülkelerin lojistik sektöründeki gelişmeleri onları dünya ticaretinde vazgeçilmez kılmaktadır (Arvis vd., 2010). Bu bakımdan lojistik, ülke ekonomilerinin temel itici gücü olmuş ve ülkelerin lojistik performanslarının değerlendirilmesi ve geliştirilmesi büyük önem kazanmıştır. Bu önem, dünya çapında lojistik etkinliğini değerlendirmek ve karşılaştırmak için niceliksel bir araca ihtiyaç duyulmasına yol açmıştır. Lojistik Performans İndeksi (LPI) bu ihtiyacı karşılamak için oluşturulmuş bir araçtır ve temel amacı, anket geri bildirimlerine dayalı olarak lojistik ve tedarik zincirlerinin performansını ve verimliliğini belirlemektir (Marti vd. 2017).

LPI, ülkeleri lojistik performanslarına göre sıralamakta ve ülkelerarası lojistik performans karşılaştırmasına olanak tanımaktadır. LPI, lojistik ile ilgili farkındalığı artırmanın yanı sıra reform alanları için önceliklerin belirlenmesine, kamu-özel sektör arasındaki işbirliklerin güçlendirilmesine ve farklı ülkelerde ticaret ve taşımacılık faaliyetlerinin teşvik edilmesine yol göstererek yardımcı olmaktadır (Banco Interamericano de Desarrollo, 2010'dan akt. Marti vd., 2014). Gelişmekte olan ülkelere yönelik dünyanın en büyük finansman ve destek kaynaklarından biri olan Dünya Bankası, ilki 150 ülke için 2007' de, 155 ülke için 2010 ve 2012' de, 160 ülke için 2014, 2016 ve 2018' de ve son olarak 139 ülke için 2023 yılında "Lojistik Performans İndeksi" yayınlamıştır (<https://lpi.worldbank.org/international/global>).

Her ülkenin performansı altı ana kritere göre hesaplanmaktadır. Bu kriterler ise aşağıdaki gibidir (Arvis vd., 2010):

- Gümrük: Gümrükleme işlemlerinin hızı, basitliği ve formalitelerin öngörülebilirliği vb. ile gösterilen verimliliği ölçmektedir
- Altyapı: Limanlar, demiryolları, karayolları, bilgi teknolojisi vb. gibi ticaret ve ulaşım ile ilgili altyapının kalitesini ölçmektedir.
- Uluslararası Gönderiler: Uluslararası pazarlara rekabetçi fiyatlarla sevkiyat düzenlemenin kolaylığını ölçmektedir
- Lojistik Yetkinliği: Taşımacılık operatörleri, distribütörler, nakliye komisyoncuları, gümrük ve sınır acenteleri ve nakliyatçılar gibi temel lojistik hizmet sağlayıcılarının genel yeterlilik düzeyi ve kalitesini ölçmektedir
- İzleme ve Takip: Pazara sevkiyat sırasında sevkiyatları izleme ve takip etme yeteneğini ölçmektedir.
- Zamanlama: Gönderilerin planlanan veya beklenen teslimat süresi içerisinde varış yerlerine zamanında ulaşmasını ölçmektedir.

2. LİTERATÜR

Bu bölümde, araştırmanın temelini oluşturan LPI'ı VZA ile ölçmeyi hedefleyen çalışmalara yer verilmiştir.

Gergin ve Baki (2015), Türkiye'de yer alan 7 coğrafi bölgenin lojistik performansını LPI kriterleri odaklı incelemiştir. Kriterlerin ağırlıklandırması Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV'nden Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile, bölgelerin sıralaması ise yine ÇKKV yöntemlerinden olan TOPSIS ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Marmara bölgesi ilk sırada, Doğu Anadolu bölgesi ise son sırada yer almıştır.

Bozma vd. (2017), LPI' ın GSYİH üzerindeki etkisini Havuzlanmış Panel Veri Analizi ile incelemiş, LPI' nın ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Danacı ve Nacar (2017), ithalat ve ihracat verilerine dayalı olarak Türkiye'nin lojistik performansını AB üye ülkeler ile karşılaştırdığı çalışmasında ek olarak ülkelerin lojistik performansları ve kişi başına düşen GSYİH arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Araştırma sonucunda iki değişken arasında kuvvetli bir ilişki tespit edilmiştir.

Koh vd. (2018), 26 Asya ülkesine ait 2007' den 2014' e kadar olan zaman serisi verilerini içeren bir panel toplamıştır. Panel verilerinin analizinde birleştirilmiş sıradan en küçük kareler, sabit etki modeli ve rastgele etki modelinden oluşan statik doğrusal panel modelleri kullanılmıştır. Bulgular, yolsuzluğun LPI' yı ve LPI' daki altı boyutun her birini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Sonuçlar ayrıca yönetişimin veya hükümet

etkinliğinin yolsuzluk ve LPI arasındaki ilişki üzerinde düzenleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Rezaei vd. (2018) yaptıkları çalışmada, ÇKKV yöntemlerinden BWM ile LPI kriterleri için subjektif bir değerlendirme yapmıştır. Çalışmada farklı ülkelerden 107 uzmanın yanıtladığı bir anket kullanılmış, altyapı kriterinin 0,24 ağırlığıyla LPI'nin en önemli bileşeni ve izleme ve takip kriterinin 0,10 ağırlığı ile en az önemli bileşeni olduğu ortaya koyulmuştur.

Yıldırım ve Ayvaz (2019), 15 ülkeye ait 2016 LPI ve farklı makro verilerinden faydalanarak VZA yöntemi ile ülkelerin etkinlik ölçümünü yapmışlardır. Araştırmada girdi olarak gümrük prosedürleri, altyapı, enerji kullanımlarını; çıktı olarak ise CO2 emisyonu, lojistik hizmet kalitesi ve iş gücü oranını ele almıştır. Araştırmada CCR modeline göre ele alınan 15 ülkeden 6'sı etkin 9'u etkisiz, BCC modeline göre ise 11 ülke etkin olarak tespit edilmiştir.

Orhan (2019), AB üye ülkeleri üzerine yaptığı araştırmada LPI kriterlerini Entropi yöntemi ile ağırlıklandırarak, ülkeleri EDAS yöntemi ile sıralamıştır. 2018 yılına ait verilerin kullanıldığı çalışma sonucunda altyapı kriterinin en önemli kriter olduğu belirlenmiştir. Performanslarına göre ülkeler sırasıyla Almanya, İsveç, Danimarka, Hollanda ve Avusturya olarak tespit edilmiştir.

Ustalı ve Tosun (2020), G20 ülkelerinin 2007, 2010, 2012, 2014, 2016 yılları lojistik performanslarını incelediği çalışmasında Veri Zarflama Analizi ve yıllar içindeki değişimi izlemeye olanak sağlayan Malmquist Toplam Faktör Verimliliği yöntemlerini kullanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, tüm dönemlerde, ABD, Arjantin, Avustralya, Brezilya, Güney Afrika ve Japonya etkinliği sağlarken Endonezya, Güney Kore ve Rusya etkinlik sınırı altında kaldığı görülmüştür. Arjantin, Güney Afrika ve Japonya referans ülkeler olarak tespit edilmiştir.

Acar (2021), Avrupa Birliği üyeleri ve Türkiye arasında lojistik etkinlik karşılaştırması yapmak amacıyla VZA ve Malmquist yöntemlerini kullanarak etkinlik analizi yapmıştır. Çalışmada 2007-2018 arasında yayınlanan 6 ayrı LPI raporundan faydalanılmıştır. Araştırmada, "gümrükler", "altyapı" ve "lojistik hizmetlerin kalitesi" girdi olarak, "uluslararası sevkiyat", "izleme / takip" ve "zamanında teslimat" ise çıktı olarak göz önünde bulundurulmuştur. VZA sonuçları incelendiği zaman, Türkiye'nin tüm girdi ve çıktılarda değişikliğe ihtiyacı olduğu gözükmektedir. Girdi değerleri, gerçek LPI puanlarının tersi olduğu için bütün girdilerde bir artış yapılması gerektiği yorumu yapılabilir. Elde edilen sonuca göre, diğer ülkeler ile kıyaslandığında

Türkiye'nin etkinlik değerinin yıllar içerisinde dalgalı bir seyir izlediği görülmektedir.

Demirci Çelikkol ve Keskin (2021)'e göre 2007, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 verilerine ait LPI ve GSYİH skorlarını regresyon yöntemi ile analiz etmiş ve LPI ve kişi başı GSYİH puanları açısından Türkiye ve komşu ülkeleri arasında anlamlı bir ilişki bulmuştur.

Sanrı ve Pişkin (2022), yaptıkları çalışmada OECD ülkelerinde, ekonomik büyüme ve rekabetçilik arasındaki ilişkide lojistik performansın aracılık etkisini incelemiştir. Sonuçlara göre, lojistik performansın bahsedilen ilişki üzerinde etkili olduğu ve bu ilişkideki aracılık etkisinin en az %80 gibi yüksek bir düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Göncü ve Yücel (2023), AB geçiş ekonomisi 11 ülkenin etkinlik ve verimlilik analizini, LPI alt boyutlarını kullanarak CCR ve BCC modellerine göre yapmıştır. VZA ile yapılan çalışmada, LPI kriterlerinden gümrük, altyapı, lojistik kalite olmak üzere 3 boyut girdi, uluslararası gönderiler, izleme-takip, zamanında teslimat olmak üzere 3 boyut çıktı olarak ele alınmıştır. Analiz sonuçlarına göre, Bulgaristan, Estonya, Macaristan, Litvanya, Polonya, Romanya ve Slovenya etkin ülkeler olarak belirlenmiştir.

Alanyazın incelendiğinde ülkelerin lojistik performans karşılaştırmalarında LPI skorlarının ve ÇKKV yöntemlerinin sıklıkla kullanıldığı ve zaman içerisinde özellikle son yıllara gelindiğinde bu tip araştırmaların arttığı görülmektedir.

3. METODOLOJİ

3.1. Veri

Çalışmada, AB üye ülkeleri ve Türkiye'nin sahip oldukları mevcut lojistik performansları ile ürettikleri ekonomik refah düzeylerinin görece etkinlikleri VZA yöntemi ile ortaya konulmaktadır. Bu kapsamda lojistik performanslarının temsili için LPI-2023'ü oluşturan altı alt indeks puanları ve ekonomik kalkınmanın temel göstergelerinden olan Kişi başına düşen GSYİH kullanılmaktadır. LPI-2023 verileri Dünya Bankasından, 2022 yılına ait kişi başı GSYİH verileri ise IMF' den elde edilmektedir.

Tablo 1. Karar verme birimleri olarak ele alınan ülkeler

No	Ülkeler	No	Ülkeler	No	Ülkeler
1	Avusturya	11	Almanya	21	Polonya
2	Belçika	12	Yunanistan	22	Portekiz
3	Bulgaristan	13	Macaristan	23	Romanya
4	Hırvatistan	14	İrlanda	24	Slovakya
5	Kıbrıs	15	İtalya	25	Slovenya
6	Çek Cumhuriyeti	16	Letonya	26	İspanya
7	Danimarka	17	Litvanya	27	İsveç
8	Estonya	18	Lüksemburg	28	Türkiye*
9	Finlandiya	19	Malta		
10	Fransa	20	Hollanda		

* Avrupa Birliği'ne aday ülke

Tablo 1'de çalışmada karar verme birimi (KVB) olarak etkinlikleri ölçülen 28 ülke yer almaktadır.

Tablo 2. Kullanılan değişkenler

No	Değişken	Kısaltma	Girdi/Çıktı	Açıklama	Dönem	Kaynak
1	Kişi başı Gayrisafi Yurtiçi Hâsıla	Kişi Başı GSYİH	Çıktı	Ekonomik Gelişim	2022	IMF
2	Gümrük	Güm	Girdi	Lojistik Performans Alt İndeksi	2023	Dünya Bankası
3	Ulaşım Altyapı	Alt	Girdi	Lojistik Performans Alt İndeksi	2023	Dünya Bankası
4	Uluslararası Gönderiler	Gön	Girdi	Lojistik Performans Alt İndeksi	2023	Dünya Bankası
5	Lojistik Yetkinliği ve Kalitesi	Yet	Girdi	Lojistik Performans Alt İndeksi	2023	Dünya Bankası
6	Zamanlama	Zam	Girdi	Lojistik Performans Alt İndeksi	2023	Dünya Bankası
7	İzleme ve Takip	İz	Girdi	Lojistik Performans Alt İndeksi	2023	Dünya Bankası

Tablo 2'de Avrupa Birliği üye ülkeleri ile Türkiye'nin lojistik performanslarının görece etkinliklerini ekonomik olarak değerlendirmek üzere kullanılan 6

girdi ve 1 çıktıdan oluşan değişkenler yer almaktadır. Girdi olarak lojistik performans göstergelerinden gümrük, altyapı, uluslararası gönderiler, lojistik yetkinlik, zamanlama ve izleme ve takip puanları kullanılmaktadır. Çıktı olarak ise ülkelerin refah seviyesinin ve ekonomik anlamda ülke performanslarının göstergesi olan kişi başına düşen GSYİH kullanılmaktadır. Değişkenlerin seçiminde literatürde hem ülke hem de bölgesel düzeyde lojistik performans ölçümünde sıklıkla kullanılan değişkenler ele alınmıştır (Bozma vd., 2017; Nacar 2017; Yıldırım ve Ayvaz, 2019; Ustalı ve Tosun 2020; Acar 2021; Demirci Çelikkol ve Keskin, 2021; Sanrı ve Pişkin, 2022; Göncü ve Yücel, 2023). Çalışmada KVB'lerin (ülkeler) etkinlikleri ortaya koyulmaya çalışılmaktadır. Bu nedenle literatürde sıkça kullanılan non-parametrik analiz yöntemlerinden VZA yöntemi uygulanacaktır.

3.2. Yöntem

Veri zarflama analizi (VZA) çalışmalarda oldukça sık kullanılmakta olan non-parametrik yöntemlerden doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir. Birden fazla farklı ölçü birimlerine sahip olan girdi ve çıktının olduğu durumlarda, karar birimlerinin görelî performansını ve etkinliğini ölçmeyi amaçlamaktadır (Cooper vd., 2000). VZA girdileri çıktılarıya dönüştüren ve performansları değerlendiren birimler olabilen ulusal ve uluslararası alanda faaliyet yürüten işletmeler, hastaneler, eğitim kurumları (üniversite, lise gibi), askeriye, ülkeler, bölgeler vb.'lerinin ölçülmesinde kullanılan güçlü analitik, nicel bir araç olarak kullanım ağına sahip bir yöntemdir.

İlk olarak Farrell (1957) tarafından ortaya atılan VZA, ortalama performans ölçütüne göre, üzerinde durduğu sınır üretim fonksiyonları kavramına dayanıyor olsa da matematiksel çerçevede CCR olarak anılan Charnes vd., (1978) ve BCC olarak kısaltılan Banker vd., (1984)' in çalışmalarıyla son halini almıştır. CCR modeli Amerika Birleşik Devletlerinde kamu yararına çalışan ve kâr amacı gütmeyen kuruluşların teknik etkinliğini ölçmek amacıyla Charnes vd. (1978) tarafından geliştirilmiştir. CCR modeli girdi odaklı ve çıktı odaklı olarak iki gruba ayrılmaktadır. Girdi odaklı modelde amaç, mevcut çıktı seviyesini karşılayabilecek şekilde girdileri minimize etmek, çıktı odaklı modelde ise amaç mevcut çıktıları maksimize etmektir (Kıran, 2008, 24). CCR modeli ölçüğe bağlı sabit getiri varsayımı üzerine hareket eder (Ben-Arieh & Gullipalli, 2012: 13).

VZA modelleri içinde CCR modelinin BCC modeline göre daha çok tercih edilmesinin temel nedeni hassas etkinlik ölçümünü gerçekleştirmesindedir. Diğer yöntemler etkin sınırlarının buldukları konumları itibariyle karar birimlerinin daha kolay etkin bulunmalarına neden

olabilmektedir. Model seçerken göz önünde bulundurulmuş diğer bir unsur ise eğer karar verici birim, karar noktalarının etkinlikleriyle ilgileniyorsa ve etkinlik türünü önemsemiyorsa tüm modeller kullanılabilir. Ancak karar birimi etkinlik türünü ortaya çıkarmak istiyorsa o zaman toplamsal modeller kullanılmamaktadır. Çünkü toplamsal modeller karma etkinliğini vermekte olup etkinliklerin türlerine göre ayrışımını incelememektedir (Yücel, 2010). Yukarıdaki nedenlere bağlı olarak çalışmada CCR modeli tercih edilmektedir.

Günümüzde ekonomik kalkınma ülkelerin sahip olduğu lojistik hizmetlerin performansı tarafından belirlenmektedir. Bu kapsamda girdi olarak lojistik hizmetlerin performansının göstergesi olan ve lojistik performans indeksinde yer alan altı alt indeks puanları kullanılmakta, çıktı olarak ise kişi başına düşen GSYİH dikkate alınarak modellenmektedir. Çalışmada çıktı odaklı CCR yöntemi kullanılarak ülkelerin görece lojistik performans etkinlikleri ölçülmeye çalışılmıştır. Çalışmada ele alınan değişkenlere uygunluğu nedeniyle elde bulunan girdilerle (lojistik performans alt indeks skorları) en yüksek çıktı elde edilmesi temel amaç olduğundan çıktıya müdahale edilebileceği varsayılmaktadır. Bu nedenle VZA için çıktı yönelimli modeller tercih edilmektedir.

Varsayım ve kullanım alanlarına göre pek çok VZA modeli kurulabilmektedir. Hangi modelin kurulacağı girdi ve çıktıların üzerindeki kontrol imkânının olup olmamasına bağlıdır. Diğer bir anlatımla, model seçiminde kontrol noktası girdiler üzerinde ise model girdi odaklı, çıktılar üzerinde ise model çıktı odaklı olarak tercih edilir. Çalışmada çıktı üzerindeki kontrolün politika yapıcıların elinde olduğu varsayılmaktadır. Modelin hedefi mevcut çıktıyı maksimize etmektir. Bu kapsamda çalışmada mevcut girdilerle en fazla çıktı üretme amacına yönelik olan çıktı odaklı VZA yöntemi, ülkelerin lojistik performanslarını görece daha etkin kullanan ülkeyi belirlemektedir.

VZA' da girdiler ve çıktılar negatif veya sıfır değerleri alamazlar, pozitif olma şartı vardır. Ayrıca, her bir karar birimi karşılaştırma yapılabilmesi için aynı sayıda girdiye ve çıktıya sahip olması gerekir. Yoksa yöntem uygulanamamaktadır. VZA sürecinin aşamaları aşağıdaki gibi önerilmektedir (Huguenin,2012, 23);

1. Aşama: Karar verme birimleri/noktalarının seçimi,
2. Aşama: Girdi ve çıktı olarak değişkenlerin seçimi
3. Aşama: Uygun olan yöntemin seçilmesi

4. Aşama: Seçilen yöntemin uygulanması

5. Aşama: Analiz sonucu elde edilen bulguların yorumlanması

Veri zarflama analizinin temel etkinlik ölçüsü, çıktıların ağırlıklı toplamlarının, girdilerin ağırlıklı toplamlarına bölümü ile elde edilir. Bu kapsamda herhangi bir karar noktasının etkinlik ölçütü (j. Karar noktası), Eşitlik (1)'deki gibi tanımlanabilir.

$$\frac{uKBGSYİH}{v1Güm+v2Alt+v3Gön+v4Yet+v5Zam+v6İz} \quad \text{Eşitlik (1)}$$

u = Karar birimi tarafından çıktıya verilen ağırlık (AB üye ülkeleri ile Türkiye'nin bağımlı değişkene (Kişi Başı GSYİH) verilen ağırlık oranı)

v = Girdiye verilen ağırlık (AB üye ülkeleri ile Türkiye'nin bağımsız değişkenlere ait ağırlık oranı)

Eşitlik (1)'de yer alan formülde karar birimi (AB üye ülkeleri ile Türkiye) için 1 adet çıktı ve 6 adet girdi değişken vardır. Veri zarflama analizi formülde görüldüğü üzere kesirli programlama sürecini içermektedir. Ancak kesirli programlamanın çözümü zor olup bundan dolayı kesirli programlama seti, formülün paydasının 1' e eşit olacağı varsayımı ile doğrusal programlama setine dönüştürülerek çözülmektedir (Cooper vd., 2011). CCR, ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanmaktadır. Çıktı odaklı CCR modelinde ağırlıklandırılmış girdinin ağırlıklandırılmış çıktıya oranını en küçüklenmeye çalışılmaktadır. Diğer bir anlatımla çıktı odaklı CCR belirli bir girdi bileşimi ile çıktıları en yüksek düzeye çıkarmayı amaçlar. Girdi ve çıktı odaklı CCR modelleri kesirli programlama modeli olarak Eşitlik (2)'deki gibi oluşturulmaktadır (Cooper vd., 2011: 13). Eğer j. karar noktasının etkinliği h_j ise burada amaç, bu değer en büyükleme/ maksimizasyonu (Enb) olmalıdır. Bu durumda amaç fonksiyonu çıktı odaklılık varsayımı altında Eşitlik (2)'deki gibi ifade edilmektedir (Tarım, 2001; Cooper vd., 2011: 13):

$$Enbh_j = \frac{\sum_{r=1}^n u_r y_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_i} \quad \text{Eşitlik (2)}$$

Kısıtlar ise Eşitlik (3)'deki gibi gösterilebilir.

$$\frac{\sum_{r=1}^n u_r y_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_i} \leq 1$$

$$u_r \geq 0$$

$$v_i \geq 0$$

Eşitlik (3)

$j = 1, 2, 3, \dots, N$ (Karar Noktaları)

$r = 1, 2, 3, \dots, n$ (Çıktı Değişken(ler)i)

$i = 1, 2, 3, \dots, m$ (Girdi Değişken(ler)i)

j = Karar noktaları (AB üye ülkeleri ile Türkiye)

h_j = j karar noktasının etkinliği

ağırlık u_r = j karar noktası tarafından r . Çıktıya/değişkene verilen

ağırlık v_i = j karar noktası tarafından i . Girdiye/değişkene verilen

y_r = j karar noktası tarafından üretilen r . Çıktı/değişken

x_i = j karar noktası tarafından üretilen i . Girdi/değişken

N = Karar noktası sayısı

n = Çıktı değişken sayısı

m = Girdi değişken sayısı

Kesirli programlama setinin çözümü zor olmasından dolayı Eşitlik (2) ve (3) gibi doğrusal programlama mantığı ile ifade edilmekte sonucunda aşağıda yer alan Eşitlik (4) ile elde edilmektedir.

$$Enbh_j = \sum_{r=1}^n u_r y_r$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_i = 1$$

$$\sum_{r=1}^n u_r y_r - \sum_{i=1}^m v_i x_i \geq 0$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

Eşitlik (4)

Eşitlik (4) çıktı odaklılık durumu için düzenlenmiştir.

KVB'lerinin etkinlikleri ölçülmesinden sonra KVB'lere ait girdi ve çıktı değişken miktarlarından yararlanılarak etkin olmayan karar noktalarının girdi ve çıktı değişkenlerinde yapabilecek potansiyel iyileştirmeler (Pİ) % olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanır (Özden, 2008, 173).

$$PI = \left\{ \frac{\text{Hedeflenen} - \text{Gerçekleşen}}{\text{Gerçekleşen}} \right\} \times 100$$

Eşitlik (5)

Eşitlik (5)'e göre etkinsiz olan KVB'nin etkin olabilmesi için;

Pİ yüzdesi pozitif çıkarsa yetersiz kaynağı göstermekte olup oran kadar arttırmalı, negatif çıkarsa kaynak fazlalığını göstermekte olup oran kadar azaltılmalıdır.

Çalışmada ele alınan ülkelerin lojistik performans etkinliklerinin ölçülmesinde VZA kullanılmaktadır. Bu kapsamda amaç ülkelerin sahip olduğu lojistik performanslarını ülke ekonomisine dönüştürme gücünü göreceli olarak etkinliklerini ortaya koymaktır. Ülkelerin ekonomik anlamda refah seviyelerinin göstergesi olan kişi başına düşen GSYİH çıktı olarak belirlenmektedir. Temel hedef elde bulunan lojistik girdilerle (LPI altı alt boyutu) maksimum çıktı elde etmektir. Burada ülkelerin girdiden ziyade, çıktıya müdahale edilebileceği öngörülmekte ve çıktı-odaklı CCR yöntemi tercih edilmektedir. CCR yönteminin bir başka tercih edilme nedeni ise, VZA modelleri içinde CCR modelinin diğerlerine göre daha hassas etkinlik ölçümü gerçekleştirmesidir (Yücel, 2010).

Çalışmanın uygulama sürecinde 28 ülkenin lojistik performans etkinliklerini göreceli ölçmek amacıyla veri zarflama yöntemlerinden olan çıktı odaklı CCR modeli 6 (LPI kriterleri) girdi ve 1 (Kişi başına düşen GSYİH) çıktıdan üretim sürecine uygulanmıştır. Windeap 2.1 paket programı modelin çözümünde kullanılmıştır.

4. ANALİZ ve BULGULAR

Analizde ilk aşama kullanılacak karar verme birimlerinin belirlenmesidir. Karar birimlerinin girdileri çıktıları dönüştürebilen noktalar (özellikle ekonomik anlamda) olmalı, ayrıca VZA karşılaştırmalı bir analiz olduğu için

ve doğru sonuç vermesi andına karar noktalarının homojen olmaları gerekir (Golany ve Roll, 1989: 239). Bunun yanında seçilen karar noktaları benzer amaçla aynı görevleri yerine getirmeli, aynı şartlarda çalışmalı ve performanslarını ortaya koyan faktörler de benzer olmalıdır. Homojenlik ilkesinin yanında karar noktalarının sayısı da önemlidir. Dyson vd. (2001)'e göre girdi ve çıktılarının toplamının en az iki katı kadar karar noktası olmalıdır. Cooper vd., (2001)'ne göre ise girdi sayısı ile çıktı sayısı toplamının 3 katından daha fazla sayıda karar noktası olmalıdır. Diğer bir çalışmada Norman ve Stoker (1992) karar noktalarının sayısının en az 20 olması gerektiğini belirtmektedir. Çalışmada kullanılan girdi ve çıktı toplam sayısı 7, karar verme birimi ise 28'dir, buna göre, çalışma KVB'leri açısından sayı şartını sağlamaktadır.

Tablo 3. Çalışmada kullanılan değişkenlere ait veriler

No	KVB/ Ülkeler	Kişi Başı GSYİH	Gümrük	Altyapı	Uluslararası Gönderiler	Lojistik Yetkinlik ve Kalitesi	Zamanlama	İzleme ve Takip
1	Avusturya	52.192	3,7	3,9	3,8	4	4,3	4,2
2	Belçika	49.483	3,9	4,1	3,8	4,2	4,2	4
3	Bulgaristan	13.821	3,1	3,1	3	3,3	3,5	3,3
4	Hırvatistan	18.305	3	3	3,6	3,4	3,2	3,4
5	Kıbrıs	31.459	2,9	2,8	3,1	3,2	3,5	3,4
6	Çek Cumhuriyeti	26.832	3	3	3,4	3,6	3,7	3,2
7	Danimarka	68.295	4,1	4,1	3,6	4,1	4,1	4,3
8	Estonya	28.136	3,2	3,5	3,4	3,7	4,1	3,8
9	Finlandiya	51.030	4	4,2	4,2	4,2	4,3	4,2
10	Fransa	42.350	3,7	3,8	3,7	3,8	4,1	4
11	Almanya	48.756	3,9	4,3	3,7	4,2	4,1	4,2
12	Yunanistan	20.960	3,2	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9
13	Macaristan	18.579	2,7	3,1	3,4	3,1	3,6	3,4
14	İrlanda	103.311	3,4	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7
15	İtalya	34.085	3,4	3,8	3,4	3,8	3,9	3,9
16	Letonya	21.947	3,3	3,3	3,2	3,7	4	3,6
17	Litvanya	24.989	3,2	3,5	3,4	3,6	3,6	3,1
18	Lüksemburg	126.598	3,6	3,6	3,6	3,9	3,5	3,5
19	Malta	34.819	3,4	3,7	3	3,4	3,2	3,4

20	Hollanda	57.428	3,9	4,2	3,7	4,2	4	4,2
21	Polonya	18.343	3,4	3,5	3,3	3,6	3,9	3,8
22	Portekiz	24.540	3,2	3,6	3,1	3,6	3,6	3,2
23	Romanya	15.821	2,7	2,9	3,4	3,3	3,6	3,5
24	Slovakya	21.263	3,2	3,3	3	3,4	3,5	3,3
25	Slovenya	28.527	3,4	3,6	3,4	3,3	3,3	3
26	İspanya	29.800	3,6	3,8	3,7	3,9	4,2	4,1
27	İsveç	56.188	4	4,2	3,4	4,2	4,2	4,1
28	Türkiye	10.622	3,0	3,4	3,4	3,5	3,6	3,5
Ortalama		38.517	3,40	3,59	3,47	3,70	3,80	3,69
Standart Sapma		26510	0,40	0,43	0,29	0,34	0,33	0,39

Tablo 3' te analizde kullanılan değişkenlere ait veriler ve bu verilerin ortalama ve standart sapma değerleri yer almaktadır. Tabloya göre; 2022 yılı kişi başı GSYİH' sı en yüksek ülke 126.598 \$ ile Lüksemburg, en düşük ülke 10.622 \$ ile Türkiye olmuştur. Gümrükler ile ilgili olarak en yüksek skor 4,1 ile Danimarka, en düşük skor 2,7 ile Macaristan ve Romanya olmuştur. Altyapı ile ilgili olarak en yüksek skor 4,3 ile Almaya, en düşük skor 2,8 ile Kıbrıs olmuştur. Uluslararası gönderiler ile ilgili olarak en yüksek skor 4,2 ile Finlandiya, en düşük skor 3 ile Bulgaristan, Malta ve Slovakya olmuştur. Lojistik yetkinliği ve kalite ile ilgili olarak en yüksek skor 4,2 ile Belçika, Finlandiya, Almanya, Hollanda ve İsveç en düşük skor 3,1 ile Macaristan olmuştur. Zamanlama ile ilgili olarak en yüksek skor 4,3 ile Avusturya ve Finlandiya, en düşük skor 3,2 ile Hırvatistan ve Malta Romanya olmuştur. İzleme ve takip ile ilgili olarak en yüksek skor 4,3 ile Danimarka, en düşük skor 3 ile Slovenya olmuştur. Çalışmada kullanılan değişkenlerin ortalamaları incelendiğinde KVB' lerinin 2022 yılı ortalama kişi başı GSYİH'ları 38.517 \$ olmuştur. 2023 yılı LPI alt skorlarının ortalaması en yüksek 3,80 ile zamanlama olmuştur. Bu durum AB üye ülkeleri ve Türkiye'nin gönderi teslimat sürelerindeki dakiklığını göstermektedir, günümüz yüksek rekabetçi ortamında teslimat programlarına uyulması ülkede faaliyet yürüten lojistik işletmelerin zaman konusundaki etkinliğini göstermektedir. LPI alt skorlarının ortalaması en düşük 3,40 ile gümrükler olmuştur. Bu durum AB üye ülkeleri ve Türkiye'nin gümrük sevkiyat prosedürünün, gümrük kurumlarının hızı, basitliği ve öngörülebilirliği kapsamında etkinlik ve verimliliğinin istenen düzeyde olmadığını göstermektedir. Bu, mevcut ticaret mevzuatının uygulanması ve mal ve hizmetlere ilişkin dış ticaret ile ilgili

vergilerin tahsili ile ilgili çeşitli idari prosedürlerin diğer kriterlere kıyasla etkin olmadığını göstermektedir. Tablo 3' te yer alan diğer bir bulgu ise standart sapmalardır. En yüksek standart sapma 0,43 ile altyapı değişkeninde olmuştur. Bu durum KVB'lerde altyapı performansları arasındaki farklılıkların yüksek olduğunu ve ülkeler arasında görece altyapılarında ciddi düzeyde farklılığın göstergesi olabilmektedir. Buna karşın en düşük standart sapma ise 0,29 ile uluslararası gönderilerde olmuştur. Bu durum KVB'lerin performanslarının uluslararası gönderilerde birbirlerine yakın olduğunu ayrıca bu konuda uyumun da göstergesi olabilir.

Tablo 4. Çalışmada kullanılan ülkelere ait verilerin en yüksek ve en düşük olanlarının arasındaki farklar

	Kişi Başı GSYİH	Gümrük	Ulaşım Altyapı	Uluslararası Gönderiler	Lojistik Yetkinliği ve Kalitesi	Zamanlama	İzleme ve Takip
En yüksek-En düşük	115976	1,4	1,5	1,2	1,1	1,1	1,3

Tablo 4'te çalışmada kullanılan değişkenlere ait en yüksek ve en düşük değerler arasındaki farklar yer almaktadır. Buna göre en yüksek ve en düşük kişi başına düşen GSYİH arasındaki farkın 115.976 \$ ayrıca Tablo 3'te ortalama gelirin ise 38.517 \$ olduğu görülmektedir. Bu durum ele alınan ülkeler arasındaki gelir farkının yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca lojistik performans alt indeksinde en büyük farkın gümrüklerde, en düşük farkın ise lojistik yetkinlik ve zamanlamada olduğu görülmektedir. Buna göre ele alınan ülkeler arasında gümrük süreçlerinde farklı etkinliklere sahip oldukları, buna karşın lojistik yetkinlik ve zamanlamada birbirine yakın skorlara sahip olduğu görülmektedir.

Uygulamada ikinci adım, kullanılacak girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesidir. VZA veri tabanlı etkinlik ölçme tekniği olduğu için ölçüm sonuçlarının doğru olması belirlenen girdi ve çıktılarının anlamlı olmasına bağlıdır. Yöntemin ayırıştırma yeteneğinin güçlü olabilmesi adına girdi ve çıktı sayısının mümkün olduğunca çok olması beklenir. Seçilen girdi sayısı a , çıktı sayısı da b ise en az $a + b + 1$ tane karar noktası, çalışmanın güvenilirliği için gereklidir (Ertuğrul ve Tuş Işık, 2008: 205). Çalışmada girdi olarak LPI oluşturan alt kriterler kullanılmakta olup LPI istatistiksel olarak kabul görmüş bir ölçek olarak ele alınmaktadır (Marti vd. 2014).

Tablo 5. Ülkelerin Çıktı Odaklı CCR Görece Etkinlik Değerleri ve sıralaması

No	Karar Verme Birimi	CCR Etkinliği (CRS-Teknik Etkinlik)	No	Karar Verme Birimi	CCR Etkinliği (CRS-Teknik Etkinlik)
1	Lüksemburg	100%	15	Çek Cumhuriyeti	25%
2	İrlanda	88%	16	Estonya	25%
3	Danimarka	54%	17	İspanya	24%
4	İsveç	47%	18	Portekiz	23%
5	Hollanda	44%	19	Litvanya	22%
6	Avusturya	40%	20	Slovakya	20%
7	Almanya	38%	21	Macaristan	20%
8	Finlandiya	37%	22	Letonya	20%
9	Belçika	37%	23	Yunanistan	19%
10	Fransa	34%	24	Hırvatistan	17%
11	Malta	33%	25	Romanya	17%
12	Kıbrıs	32%	26	Polonya	16%
13	İtalya	29%	27	Bulgaristan	13%
14	Slovenya	27%	28	Türkiye	10%
ORTALAMA ETKİNLİK			0.325		

Tablo 5'te çalışmada kullanılan ülkelerin 2022 yılına ait ekonomik gelişiminde lojistik performanslarının göreceli etkinlikleri yer almaktadır. Etkin olan ülke dışında yer alan diğer ülkelerin etkinlik değerleri göreceli olarak bu ülkeye göre belirlenmekte olup etkin olmayan/etkisiz ülkeler olarak adlandırılır. Elde edilen bulgulara göre sadece 1 ülke görece etkin çıkmış olup bu ülke Lüksemburg olmuştur. VZA'larda tek bir karar verme biriminin etkin çıkması nadiren görünen bir durumdur. Lojistik performans indeksi, işletme, bölge, ülke gibi birimlerin gelişmişlik göstergelerinden birisi olarak kabul edilmekte, ayrıca yatırım planlamalarında ülke düzeyinde karşılaştırmayı sağlayan bir ölçek haline gelmektedir. Bununla birlikte çeşitli faktörlere bağlı olarak özellikle ülkelerin sahip olduğu lojistik performanslarının değerlendirilmesinde büyük önem arz etmektedir. Lojistik ve ulaştırma altyapısına yapılan yatırımlar sadece ekonomik alanda değil aynı zamanda turizm, sosyal, savunma vb., alanlarda erişilebilirliği arttırmak amacıyla da yapılabilmektedir. Elde edilen bulguya göre Lüksemburg diğer ülkelerle kıyaslandığında lojistik performansı oluşturan

girdilerini ekonomik kazanıma çevirmede diğerlerine göre daha etkin olduğunu göstermektedir. En düşük etkinliğe sahip ülke ise %10 ile Türkiye olmuştur. Bu durum Türkiye'nin sahip olduğu lojistik kapasiteyi yeterli düzeyde ekonomik kazanıma dönüştürmediğini gösterebilir. Elde edilen diğer bir bulguya ise, CCR yöntemine göre ülkelerin görece etkinlik ortalaması %32,5 olmasıdır, bu da ele alınan ülkelerin etkinliklerinin oldukça düşük olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte ülkelerin görece etkinlik düzeylerine bakıldığında %50'nin üzerinde sadece 3 ülke olduğu, geriye kalan 25 ülkenin %50'nin altında etkinliğe sahip olduğu görülmektedir. Bu durum ele alınan ülkelerin görece lojistik performanslarını ekonomik kalkınmada etkin kullanmadığını göstermektedir.

Tablo 6. Ülkelerin Çıktı Odaklı CCR Görece Etkinlik Değerlerinin Gruplandırılması

Karar Verme Birimi	CCR Etkinliği (CRS-Teknik Etkinlik)	Grup	Ülke Sayısı		
Lüksemburg	100%	% 75 Üzeri	2 Ülke		
İrlanda	88%				
Danimarka	54%	%50 ile % 74 Arası	1 Ülke		
İsveç	47%				
Hollanda	44%				
Avusturya	40%				
Almanya	38%				
Finlandiya	37%				
Belçika	37%				
Fransa	34%			%25 ile % 49 Arası	13 Ülke
Malta	33%				
Kıbrıs	32%				
İtalya	29%				
Slovenya	27%				
Çek Cumhuriyeti	25%				
Estonya	25%				
İspanya	24%				
Portekiz	23%				
Litvanya	22%				
Slovakya	20%	%1 ile % 24 Arası	12 Ülke		
Macaristan	20%				
Letonya	20%				
Yunanistan	19%				

Hırvatistan	17%
Romanya	17%
Polonya	16%
Bulgaristan	13%
Türkiye	10%
ORTALAMA	33%

Tablo 6’da çalışmada kullanılan ülkelerin sahip olduğu etkinlik düzeyine göre 4 gruba ayrıldığında; 1. grup %75 ile %100 arasında sadece 2 ülke, 2. Grup %50 ile %74 arası sadece 1 ülke, 3. Grup %25 ile % 49 arasında 13 ülke, %24’e kadar olan 4. Grupta ise 12 ülke yer almaktadır. Bu durum ülkelerin lojistik performanslarını ülke ekonomisini gelişimine dönüştürmede görece düşük etkinlik düzeyine sahip olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan aynı gruptaki ülkelerin gelir düzeylerinin de benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Tablo 7. Ülkelerin referans setleri ve ağırlıkları

No	KVB/ Ülkeler	Referans Seti	Ağırlığı
1	Avusturya	Lüksemburg	1.026
2	Belçika	Lüksemburg	1.056
3	Bulgaristan	Lüksemburg	0.833
4	Hırvatistan	Lüksemburg	0.833
5	Kıbrıs	Lüksemburg	0.778
6	Çek Cumhuriyeti	Lüksemburg	0.833
7	Danimarka	Lüksemburg	1.000
8	Estonya	Lüksemburg	0.889
9	Finlandiya	Lüksemburg	1.077
10	Fransa	Lüksemburg	0.974
11	Almanya	Lüksemburg	1.028
12	Yunanistan	Lüksemburg	0.889
13	Macaristan	Lüksemburg	0.750
14	İrlanda	Lüksemburg	0.923
15	İtalya	Lüksemburg	0.944
16	Letonya	Lüksemburg	0.889
17	Litvanya	Lüksemburg	0.886
18	Lüksemburg	Lüksemburg	1.000

19	Malta	Lüksemburg	0.833
20	Hollanda	Lüksemburg	1.028
21	Polonya	Lüksemburg	0.917
22	Portekiz	Lüksemburg	0.861
23	Romanya	Lüksemburg	0.750
24	Slovakya	Lüksemburg	0.833
25	Slovenya	Lüksemburg	0.846
26	İspanya	Lüksemburg	1.000
27	İsveç	Lüksemburg	0.944
28	Türkiye	Lüksemburg	0.833

Tablo 7’de etkin olmayan ülkelerin referans alması gereken ülkeler ve referans ağırlıkları yer almaktadır. Referans alınan tek ülke Lüksemburg olmuştur.

Tablo 8. Ülkelerin Referans Gösterilme Sayıları

Ülke	Referans Seti ve Ağırlıkları
Lüksemburg	27
Toplam	27

Tablo 8’de KVB olarak ülkelerin referans gösterilme sayıları yer almaktadır ve buna göre tek referans gösterilen ülke Lüksemburg olmuştur. Buna göre ülkeler için toplam 27 adet referans noktası oluşmuştur.

Tablo 9. Ülkelerin etkin olması için ulaşması gereken Kişi Başına düne GSYİH hedefleri

No	DMU/ Ülkeler	Hedef Kişi Başı GSYİH	Mevcut Kişi Başı GSYİH	Fark	Değişim Oranı
1	Avusturya	129.844	52.192	77.652	148,78%
2	Belçika	133.631	49.483	84.148	170,05%
3	Bulgaristan	105.498	13.821	91.677	663,32%
4	Hırvatistan	105.498	18.305	87.193	476,34%
5	Kıbrıs	98.465	31.459	67.006	213,00%
6	Çek Cumhuriyeti	105.498	26.832	78.666	293,18%
7	Danimarka	126.598	68.295	58.303	85,37%
8	Estonya	112.532	28.136	84.396	299,96%
9	Finlandiya	136.336	51.030	85.306	167,17%

10	Fransa	123.352	42.350	81.002	191,27%
11	Almanya	130.115	48.756	81.359	166,87%
12	Yunanistan	112.532	20.960	91.572	436,89%
13	Macaristan	94.949	18.579	76.370	411,05%
14	İrlanda	116.860	103.311	13.549	13,11%
15	İtalya	119.565	34.085	85.480	250,78%
16	Letonya	112.532	21.947	90.585	412,74%
17	Litvanya	112.130	24.989	87.141	348,72%
18	Lüksemburg	126.598	126.598	0	0,00%
19	Malta	105.498	34.819	70.679	202,99%
20	Hollanda	130.115	57.428	72.687	126,57%
21	Polonya	116.048	18.343	97.705	532,66%
22	Portekiz	109.015	24.540	84.475	344,23%
23	Romanya	94.949	15.821	79.128	500,14%
24	Slovakya	105.498	21.263	84.235	396,16%
25	Slovenya	107.121	28.527	78.594	275,51%
26	İspanya	126.598	29.800	96.798	324,83%
27	İsveç	119.565	56.188	63.377	112,79%
28	Türkiye	105.498	10.622	94.876	893,21%
ORTALAMA		115.087	38.517	76.570	302%

Çalışmada VZA yöntemlerinden çıktı odaklı CCR kullanıldığı için temel amaç elde bulunan girdilerle mevcut çıktıları maksimize etmektir (Kıran, 2008, 24). Diğer bir anlatımla ülkelerin sahip olduğu lojistik performansını oluşturan lojistik performans alt indeks skorları ile en yüksek kişi başı GSYİH elde edilmesi temel amaç olduğundan, ülkelerin sahip oldukları lojistik performansları ile görece ne kadarlık kişi başı GSYİH oluşturabilecekleri sorgulanmaktadır. Bu kapsamda Tablo 9'da KVB olarak ülkelerin tam etkin olması için ulaşması gereken hedef kişi başına düşen GSYİH'ları yer almaktadır. Buna göre en yüksek değişimin yaklaşık 9 kat ile Türkiye, en düşük değişimin ise 0,11 kat ile İrlanda olduğu görülmektedir. Görece etkin olmak için ortalama değişim miktarının 115087, ortalama değişim oranının ise yaklaşık 3 kat olduğu görülmektedir. Tabloya göre elde edilen diğer bir bulgu ise, Türkiye'nin sahip olduğu lojistik performans kriterlerine ait skorları ile ulaşabileceği kişi başına düşen GSYİH' sının 105.498 \$ olabileceğidir.

5. SONUÇ

Lojistik performans, işletme, bölge, ülke gibi birimlerin gelişmişlik göstergelerinden birisi olarak kabul edilir. Çeşitli faktörlere bağlı olarak özellikle ülkelerin sahip olduğu lojistik performanslarının değerlendirilmesi ve buna göre gerekli iyileştirmeleri yapması büyük önem arz etmektedir. Lojistik ve ulaştırma altyapısına yapılan yatırımlar sadece ekonomik alanda değil aynı zamanda turizm, sosyal, savunma vb., alanlarda erişilebilirliği arttırmak amacıyla da yapılmaktadır. Lojistik sektörüne yapılan yatırımlar özellikle ülkeler ve bölgeler arasındaki gelişmişlik farklarını da ortadan kaldırmak için de yapılmaktadır. Lojistik sektörünün verimliliğinin artırılması adına yapılacak olan yatırımların öncesinde bölgesel düzeyde her alanda iyi bir fizibilite çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tür yatırım planlamalarında lojistik performans ülke düzeyinde karşılaştırmayı sağlayan bir ölçek haline gelmektedir.

Bu çalışmada, AB üye ülkeleri ve AB aday ülkelere olan Türkiye'nin sahip olduğu lojistik performans düzeylerinin temel ekonomik göstergesi olan kişi başına düşen GSYİH üretimindeki göreceli etkinlikleri VZA ile ölçülmektedir. Bu kapsamda girdi olarak lojistik performans indeksinin oluşumunda kullanılan gümrük, altyapı, uluslararası gönderiler, lojistik yetkinlik, takip ve izleme ve zamanlama bileşenlerine ait puanları kullanılmaktadır. Çıktı olarak ekonomik kalkınma göstergelerinden olan kişi başı GSYİH kullanılmaktadır. Ülkelerin kişi başına düşen GSYİH sıralaması ile etkinlik değerleri gruplandırılması arasında paralellik olduğu görülmektedir. Elde edilen bu sonuç, lojistik performans ile kişi başı GSYİH arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu bulgular Danacı ve Nacar (2017:36) ve Demirci Çelikkol ve Keskin, 2021:264) sonuçlarıyla uyumludur.

Çalışmadan elde edilen sonuca göre, Lüksemburg görece etkin çıkmıştır. 2022 yılında bölgelerin ortalama teknik etkinliği 0,325 olarak belirlenmiştir. Bu durum AB üye ülkelerinin ve Türkiye'nin teknik etkinlikte düşük kaldığını, diğer bir ifade ile ölçeğe göre sabit getiri modelinde ilgili örneklemin görece etkin olmadığını göstermektedir.

Elde edilen diğer bir sonuç ise, etkin olmayan ülkelerin etkin olabilmesi için ulaşması gereken hedef kişi başı GSYİH'larının ortalama değişim miktarı 115.087 \$, ortalama değişim oranının ise yaklaşık 3 kat olması gerektiğidir. Dünya Bankası tarafından LPI üzerinden çeşitli analiz yöntemleri ile yapılan birçok çalışmada AB ülkelerinin diğer ülkelere göre daha iyi lojistik performans göstermekte ve özellikle Almanya bu konuda ön plana çıkmakta, diğer taraftan Lüksemburg bu çalışmalarda ön plana çıkmamaktadır (Gök

Kısa ve Ayçin, 2019; Orhan, 2019; Ulutaş ve Karaköy, 2019; Altıntaş, 2021; Korkmaz vd., 2022; Satılmış, 2023). Yıldız vd. (2020:1673) tarafından lojistik performans indeksi açısından yapılan kümeleme analizinde Lüksemburg, aralarında bu çalışmada yer alan ülkelerin de (Almanya, Belçika, Fransa, İtalya, İspanya, İsveç, Finlandiya, Danimarka, Hollanda, Avusturya, İrlanda) bulunduğu kümeyle (en iyi performans gösteren kümedir) benzer ortalamalara sahip olmasına rağmen “lojistik hizmet kalitesi” ve “zamanlama” değişkenlerinde bu ülkelere göre daha iyi performans gösterdiği için farklı bir kümede yer almıştır. Bu araştırmanın özelinde ise Lüksemburg altı girdi kriterinin hiçbirinde en yüksek ve en düşük puan almamıştır. Bu performans ekonomik kalkınma açısından ülkeler arasında en iyi sonucu ortaya koymaktadır. Ancak, Lüksemburg’un diğer ülkelerle karşılaştırmalı lojistik performansına bakıldığında kişi başı GSYİH’ı etkileyen bu çalışmada değerlendirmeye alınmayan değişkenlerde de başarılı olabileceği göz ardı edilmemelidir. Türkiye ise lojistik performans kriterlerinin hiç birinde en yüksek ve en düşük puanlar almamakla birlikte tüm değişkenler açısından ülke ortalamalarının altında performans sergilemiştir. Ayrıca kişi başına düşen GSYİH açısından en düşük değere sahiptir. Bu yönüyle Türkiye’nin diğer makroekonomik alanlarda iyileştirme yapmasının yanı sıra lojistik performansını artırıcı tedbirler alması ekonomik kalkınma açısından yarar sağlayacaktır. Bir başka ifade ile çalışmadan elde edilen bu bulgular AB üye ülkeleri ve Türkiye’nin sahip oldukları lojistik performanslarını ekonomik olarak refaha çevirmede istenilen düzeyi yakalayamadıklarını göstermektedir. Bu kapsamda ülkelere yapılan yatırımların ekonomik getirisinin olması hem yatırımların sürdürülmesini hem de refah seviyesinin artmasını sağlayacaktır.

Lojistik performans alt indeksinde en büyük farkın gümrükte, en düşük farkın ise lojistik yetkinlik ve zamanlamada olduğu görülmektedir. Ülkelerin gümrük mevzuatı ve gümrük ile ilgili altyapılarının geliştirme yönünde adımlar atmaları önerilebilir. Uluslararası ticareti kolaylaştırmaya yönelik gerekli yasal ve altyapısal düzenlemelerin yapılması, bürokratik süreçlerin kolaylaştırılması, karmaşıklıktan uzak, basit, net ve otomasyona dayalı bir şekilde organize edilmesi ile işlem sürelerinin kısalması ve maliyetlerin azaltılması sağlanabilir. Bu kapsamda e-gümrük uygulamalarının geliştirilmesine öncelik verilebilir.

Sonuç olarak Türkiye ve değerlendirilen AB ülkelerinin lojistik etkinlik düzeyi ideal olmaktan uzaktır. Türkiye özelinde 12. Kalkınma Planı (2024-2028) çerçevesinde 2028 yılında lojistik performans indeksinde yirmi beşinci sırada yer alması hedeflenmektedir (T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023). Oysa

10. Kalkınma Planında 2018 yılına gelindiğinde aynı hedefin ilk on beş ülke arasına girmek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, Türkiye'nin elde ettiği sonuçlar ülke beklentilerinin de altında olacak şekilde ortaya çıkmaktadır (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2013). 2028 yılı hedeflerine Türkiye'nin ulaşabilmesi için lojistik performansın tüm bileşenlerinde iyileştirici tedbirler alınması bir zorunluluk olarak görülmektedir. Bu kapsamda 12. Kalkınma Planı, intermodal ve çok modlu taşımacılığın yaygınlaştırılması, geliştirilmesi, güvenli erişilebilir, bütüncül, çevre dostu bir ulaştırma sisteminin tesis edilmesi ve lojistik maliyetlerin azaltılması yoluyla verimliliğin ve rekabetçiliğin artırılması, rekabetçi üretim ve ihracatı destekleyen altyapının oluşturulması böylece ulaştırma ve lojistik açısından Türkiye'nin bölgesel bir üs olması amaçlanmaktadır. Bu amaçlara ulaşabilmek için on dört temel ve bu maddelerin alt başlıklarından oluşan politika ve tedbir belirlenmiştir (T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023).

Gelecekte mevcut modele farklı değişkenler eklenerek farklı ülke ve ülke grupları üzerine çalışmalar yapılabilir. Ayrıca çalışma imalat, turizm gibi farklı sektörleri de içine alacak şekilde genişletilerek aralarındaki ilişki incelenebilir. Son olarak LPI ile çevre arasındaki ilişkileri ortaya koyabilecek çalışmalar da yürütülebilir.

6. KAYNAKLAR

- Acar, M. F. (2021). Lojistik performans indeks: Türkiye-Avrupa Birliği karşılaştırması. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33(3), 422-428.
- Altıntaş, F. F. (2021). Avrupa Birliği ülkelerinin lojistik performanslarının critic tabanlı waspas ve copras teknikleri ile analizi. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 25(1), 117-146
- Arvis, J. F., Mustra, M. A., Ojala, L., Shepherd, B. ve Saslavsky, D. (2010). *The logistics performance index and its indicators. Connecting to Compete 2010*. The World Bank: USA.
- Arvis, J. F., Ojala, L., Wiederer, C., Shepherd, B., Raj ve A., Dairabayeva, K. (2018). *Connecting to compete 2018 trade logistics in the global economy the logistics performance index and its indicators*. Washington: The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank.
- Banker, R.D., Charnes, A. ve Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30, 1078–1092.

- Ben-Arieh, D. ve Gullipalli, D. K. (2012). Data envelopment analysis of clinics with sparse data: Fuzzy clustering approach. *Computers & Industrial Engineering*, 63(1), 13-21. <http://doi.10.1016/j.cie.2012.01.009>
- Bensassi, S., Márquez-Ramos, L., Martínez-Zarzoso, I. ve Suárez-Burquet, C. (2015). Relationship between logistics infrastructure and trade: Evidence from spanish regional exports. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 72, 47-61.
- Bozma, G., Başar, S. İ.ve Aydın, S. (2017). Lojistik performansın ekonomik büyüme üzerindeki etkisi. *The International New Issues in Social Sciences*, 5(5), 401-414.
- Charnes, A., Cooper, W.W. ve Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, 2 (6) 429-444.
- Civelek, M. E., Uca, N. ve Çemberci, M. (2015). The mediator effect of logistics performance index on the relation between competitiveness index and gross domestic product. *European Scientific Journal*, 11(13), 368-375.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (2011). *Handbook on data envelopment analysis*. (2nd ed.). Springer.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M. ve Tone, K. (2000). *Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and dea-solver software*. Netherlands:Springer,
- Cooper, W.W., Shanling, L., Seiford, L.M., Tone, K. ve Thrall, R.M., Zhu, J. (2001), Sensitivity and stability analysis in DEA: Some Recent Developments. *Journal of Productivity Analysis*, 15, (3), 217-246.
- Danacı, T. ve Nacar, R. (2017). Comparing the foreign trade and logistic performance of Turkey and EU members with cluster analysis. *PressAcademia Procedia*, 3(1), 31-36. Doi: 10.17261/Pressacademia.2017.389.
- Demirci Çelikkol, C. ve Keskin, G. (2021). Logistics performance index and gdp – relationship of Turkey’s logistics performance through neighbours, *Journal Of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 7(37):257-265.
- Dyson, R.G., Allen, R., Camanho, A.S., Podinovski, V.V., Sarrico, C.S. ve Shale, E.A. (2001). Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, 132, 245-259.
- Ekici, O.S., Kabak, O. ve Ülengin, F. (2016). Linking to compete: Logistics and global competitiveness interaction. *Transp. Policy* 48, 117–128.

- Ertuğrul, İ., ve Tuş Işık, A. (2008). İşletmelerin VZA ile mali tablolarına dayalı etkinlik ölçümü: Metal ana sanayiinde bir uygulama. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(1), 201-217.
- European Commission (2023). *Transport sector economic analysis*. 11 Kasım 2023 tarihinde https://joint-research-centre.ec.europa.eu/scientific-activities-z/transport-sector-economic-analysis_en adresinden erişildi.
- Eurostat, (2022). *Key Figures on European Transport*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), 253-290.
- Gergin, R. E. ve Baki, B. (2015). Türkiye'deki bölgelerin lojistik performanslarının bütünleştirilmiş ahs ve topsis yöntemiyle değerlendirilmesi/ evaluation by integrated ahp and topsis method of logistics performance in Turkey's regions. *Business And Economics Research Journal*, 6(4), 115.
- Ghiani, G., Laporte, G., ve Musmanno, R. (2013). Introduction to logistics systems management. John Wiley & Sons.
- GlobeNewswire (2023). Logistics Market Size to Attain Around USD 18.23 Trillion by 2032. 26 Kasım 2023 tarihinde <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2023/02/24/2615323/0/en/Logistics-Market-Size-to-Attain-Around-USD-18-23-Trillion-by-2032.html#:~:text=As%20per%20Precedence%20> adresinden erişildi.
- Golany, B. ve Roll, Y. (1989). An application procedure for DEA. *Omega*, 17, 237-250.
- Gomes, C. F. S., ve Riberio, P. C. C. (2004). *Gestão da cadeia de suprimentos integrada à tecnologia da informação*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.
- Gök Kısa, C. ve Ayçin, E. (2019). OECD ülkelerinin lojistik performanslarının swara tabanlı edas yöntemi ile değerlendirilmesi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 9 (1), 301-325.
- Göncü, K. K., ve Yücel, D. (2023). Veri zarflama analizi ile Avrupa geçiş ekonomilerinin lojistik performans endeksi kullanılarak değerlendirilmesi. *Trakya Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi E-Dergi*, 12(1), 30-51. <https://doi.org/10.47934/tife.12.01.02>
- Huguenin, J. M. (2012). Data envelopment analysis (DEA). *A pedagogical guide for decision makers in the public sector*, Swiss Graduate School of Public Administration (IDHEAP), Lausanne. ISBN 978-2-940390-54-0,

- Kabak, O., Ekici, O.S., ve Ülengin, F. (2020). Analyzing two-way interaction between the competitiveness and logistics performance of countries. *Transport Policy*, 98, 238–246.
- Kıran, B. (2008). *Kalkınmada öncelikli illerin ekonomik etkinliklerinin veri zarflama analizi yöntemi ile değerlendirilmesi*, (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Koh, B. H., Wong, W. P., Tang, C. F., ve Lim, M. K. (2018). The double-edge resource-based view of logistics performance and governance in Asian countries. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 30(3), 652-668.
- Korkmaz, O., Demirci, A., Bolat, S., Bedlek, P. ve İşbilir, H. A. (2022). Avrupa Birliği üyesi ülkelerinin lojistik performansları ile sürdürülebilirlik düzeylerinin karşılaştırılması, *International Journal of Economics and Administrative Sciences*, 8 (1), 122-137. DOI: 10.29131/uiibd.1126468.
- Machado, L. K. C. & dos Santos, A. C. (2021). Índice de desempenho logístico (LPI): uma análise da eficiência logística e da importância relativa dos seus indicadores/logistic performance index (LPI): an analysis of logistical efficiency and the relative importance of its indicators. *Revista de Ciências da Administração-RCA*, 23(60), 53-72.
- Martí L., Martín, J.C. ve Puertas, R.A. (2017) DEA-logistics performance index. *Journal of Applied Economics*, 20, 1, 169-192.
- Martí L., Puertas R. ve García L. (2014). The importance of the logistics performance index in international trade. *Applied Economics* 46 (24), 2982–2992.
- Moldabekova, A., Philipp, R., Reimers, H. E. ve Alikozhayev, B. (2021). Digital technologies for improving logistics performance of countries. *Transport and Telecommunication*, 22(2), 207-216.
- Norman M., Stoker, B. (1992). *Data envelopment analysis the assessment of performance*. John Wiley&Sons, England.
- Orhan, M. (2019). Türkiye ile Avrupa Birliği ülkelerinin lojistik performanslarının entropi ağırlıklı edas yöntemiyle karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 1222-1238.
- Özden, Ü.H. (2008). Veri zarflama analizi (VZA) ile Türkiye'deki vakıf üniversitelerinin etkinliğinin ölçülmesi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37 (2), 167-185.
- Rashidi K., Cullinane K. (2019). Evaluating the sustainability of national logistics performance using data envelopment analysis. *Transport Policy*, (74), 35-46.

- Rezaei, J., Van Roekel, W. S. ve Tavasszy, L., (2018). Measuring the relative importance of the logistics performance index indicators using best worst method. *Transport Policy*, 68, 158-169.
- Sanrı, Ö. ve Pişkin, A. (2022). The mediator effect of logistics performance on economic growth: Evidence from OECD countries. *Third Sector Social Economic Review*, 57(3), 1494-1507.
- Satılmış, K. (2023). Çok kriterli karar verme teknikleriyle ülkelerin lojistik performans düzeylerinin karşılaştırılması (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- T.C. Kalkınma Bakanlığı (2013). 10. *Kalkınma Planı 2014-2018*. 27 Kasım 2023 tarihinde https://pbk.tbmm.gov.tr/dokumanlar/10-kalkinma_plani.pdf adresinden erişildi.
- T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2023). 12. *Kalkınma Planı 2024-2028*. 27 Kasım 2023 tarihinde https://onikinciplan.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/11/On-ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028.pdf (Erişim: 27.11.2023) adresinden erişildi.
- Tarım, A. (2001). *Veri zarflama analizi matematiksel programlama tabanlı görelî etkinlik ölçüm yaklaşımı*. Ankara: Araştırma/inceleme/Çeviri Dizisi:15, Sayıştay Yayın İşleri Müdürlüğü.
- Ulutaş, A. ve Karaköy, Ç. (2019). G-20 Ülkelerinin lojistik performans endeksinin çok kriterli karar verme modeli ile ölçümü. *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(2), 71-84.
- Ustalı, N. K. ve Tosun, Ö. (2020). Investigation of logistic performance of G-20 countries using data envelopment analysis and malmquist total factor productivity analysis. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(3), 755-781.
- Utikad (2022). *Lojistik Sektörü Raporu 2022*. 23.10.2023 tarihinde <https://www.utikad.org.tr/Detay/Sektor-Haberleri/35569/utikad-lojistik-sektoru-raporu-2022-yayinlandi> adresinden erişildi.
- World Bank (2023a). *Population, total*. 1 Ekim 2023 tarihinde <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL> adresinden erişildi.
- World Bank (2023b). *GDP per capita*. 1 Ekim 2023 tarihinde <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD> adresinden erişildi.
- World Bank (2023c). *World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files. Gross Domestic Product*. 1 Ekim 2023 tarihinde https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?most_recent_v alue_desc=true adresinden erişildi.

- World Bank (2023d). Connecting to Compete, 1 Kasım 2023 tarihinde https://lpi.worldbank.org/sites/default/files/2023-04/LPI_2023_report_with_layout.pdf adresinden erişildi.
- Yıldırım, M. ve Ayvaz, B. (2019). Ülkelerin lojistik performanslarının veri zarflama analizi ile ölçümü. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(35), 57-73.
- Yıldız, A., Aydoğan, K. ve Kartum, G. (2020). Türkiye'nin uluslararası lojistik performans endeksindeki konumunun kümeleme analizi ile araştırılması, *Turkish Studies - Social*, 15(3), 1659-1679. <https://dx.doi.org/10.29228/TurkishStudies.41640>.
- Yücel, L. İ. (2010). *Portföy etkinliğinin veri zarflama analizi ile ölçülmesi ve portföy etkinleştirilmesine yönelik bir uygulama* (Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

TÜRKİYE'DE DEMİRYOLU YÜK TAŞIMACILIĞINDA LOJİSTİK MERKEZLERİN MEVCUT DURUMU*

Murat ÇİĞİL

Süleyman Demirel Üniversitesi
ORCID: 0009-0000-9558-2629

Prof. Dr. Mehmet SALTAN

Süleyman Demirel Üniversitesi
ORCID: 0000-0001-6221-4918

Özet: Demiryolu taşımacılığının, tüm taşımacılık modları içinde uzun mesafede kütleli yüklerin taşınmasında hem ekonomik hem de çevre dostu bir alternatif olduğu söylenebilir. Kara taşımacılığında demiryolu taşımacılığının en büyük rakibi karayolu taşımacılığı iken dış ticarete deniz yolu taşımacılığıdır. Türkiye'nin yük taşımacılığında demiryolunun oranı diğer ülkelere nispeten oldukça düşüktür. Ülkemizdeki ulusal demiryolu altyapı ağında toplam 13 lojistik merkez bulunmaktadır. Bu çalışma, Türkiye'deki demiryolu yük taşımacılığı sektöründeki lojistik merkezlerin önemini vurgulamayı amaçlamakta olup, literatür incelemesi ve resmi verilerin analizi yoluyla mevcut durumu değerlendirmeyi hedeflemektedir. Lojistik merkezler, demiryolu taşımacılığı sektöründe stratejik bir rol oynamaktadır. Bu araştırma, bu kritik rolü öne çıkarmakta ve demiryolu taşımacılığının sürdürülebilirliği ve gelişimi açısından lojistik merkezlerin katkısını ayrıntılı bir şekilde incelemektedir. Çalışmanın metodolojisi literatür taraması, resmi verilerin analizi ve saha araştırmalarını içermektedir. Bu yöntemler kullanılarak Türkiye'deki lojistik merkezlerin altyapısı, kapasitesi, işleyişi ve verimliliği detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bulgular, Türkiye'deki lojistik merkezlerin genel olarak giderek artan bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. Bu merkezler, demiryolu

* Bu çalışmanın özeti 16-17 Kasım 2023 tarihleri arasında yüzyüze/online olarak düzenlenen 12.Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi'nde (ULTZK 2023) sunulmuş ve kongre özet kitapçığında yayımlanmıştır.

yük taşımacılığının rekabetçiliğini artırmakta, karayolu ve deniz taşımacılığına alternatif bir seçenek sunmaktadır. Birçok lojistik merkez, uluslararası taşımacılık için stratejik konumlara sahip olup farklı sektörler için hizmet vermektedir. Bununla birlikte, bazı merkezlerin kapasite sorunları ve verimlilik eksiklikleri bulunmaktadır; bu da daha fazla iyileştirme potansiyeli sunmaktadır. Sonuç olarak, lojistik merkezler Türkiye'deki demiryolu yük taşımacılığının gelişiminde kritik bir rol oynamaktadır. Bu çalışma, sektördeki durumu ve potansiyel iyileştirmeleri öne çıkararak, demiryolu taşımacılığının daha rekabetçi ve sürdürülebilir bir hale gelmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Türkiye'deki demiryolu yük taşımacılığının gelecekteki gelişimine ışık tutmayı hedeflemektedir. Bu amaçlar doğrultusunda çalışma kapsamında yapılan araştırmalardan anlaşıldığı kadarıyla, Türkiye'de demiryolu yük taşımacılığındaki lojistik merkezlerinin durumu, son yıllarda önemli gelişmeler göstermiştir. Bu gelişmeler, demiryolu taşımacılığının payının artırılması ve lojistik sektörünün verimliliğinin ve rekabet gücünün artırılması açısından olumlu adımlardır. Ancak, bu gelişmelerin sürdürülebilirliği için, demiryolu altyapısına yapılan yatırımların artırılması, lojistik sektörünün daha da geliştirilmesi ve demiryolu taşımacılığının rekabet gücünü yükseltmeye yönelik politikaların etkin bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Lojistik merkezler, Demiryolu, Yük taşımacılığı

GİRİŞ

Dünya çapında endüstri ve ticaretin küreselleşmesi, lojistik ve tedarik zinciri yönetiminin pratiği ve teorisine önemli bir etki yapmıştır. Ticaret engelleri azalmış olsa da lojistik hizmetlerinin gereksinimleri ve maliyeti sürekli olarak arttığı için çeşitli işletmeler, özellikle uluslararası şirketler, mal depolama, üretim ve ürün dağıtımına yönelik tutumlarını değiştirmektedirler. Son yıllarda, intermodal taşımacılık karayolu taşımacılığından kaynaklanan dış maliyet, tıkanıklık ve karbondioksit salınımlarını azaltmaya odaklanmıştır. Bu hususta karayolundan demiryolu moduna geçiş için önlemler alınmaya başlanmıştır (Choi vd., 2019). Demiryolu ile uzun mesafelerde ve kütleli miktarda yük, enerji açısından en verimli şekilde taşınır. Ayrıca önemli ölçüde büyük sermaye harcamaları gerektiren altyapı ve ekipman maliyetlerini ve büyük miktarlarda iş gücü kullanımını gerektiren önemli bir ekonomik faaliyettir (Crainic vd., 1990).

Lojistik merkezler, çeşitli operatörlerin ulusal ve uluslararası lojistik, taşımacılık ve mal dağıtımını ile ilgili faaliyetlerini gerçekleştirdikleri merkezlerdir (Karadeniz ve Akpınar, 2011). Lojistik merkezler, demiryolu sektörü için politik önceliğe sahip bir zorunluluk olarak ortaya çıkmıştır. Doğru yerleşim ve etkin kapasite yönetimi ile planlandığında, şehir içi depo hizmetlerinin tamamı bu merkezlere taşınabilmektedir. Ayrıca, sadece depo olarak değil aynı zamanda imalat sektörü için de kullanılabilen bu merkezler, yüklerin doğrudan demiryollarına veya diğer ulaşım modlarına, ara nakliye gereksinimi olmadan aktarılmasına imkân sağlamak suretiyle, transfer kolaylığı ve hasarların azaltılması gibi avantajlar sunmaktadır. Bu durum, lojistik merkezlerin demiryolu yük taşımacılığına olan katkısını artırmak adına stratejik bir rol üstlendiğini göstermektedir. Bu çalışma kapsamında demiryolu yük taşımacılığı ve avantajlarına, Türkiye'deki durumuna, lojistik merkezlere ve oradan taşınan yüklere değinilerek lojistik merkezlerin analizi yapılmıştır.

1. DEMİRYOLU YÜK TAŞIMACILIĞI

Demiryolu taşımacılığı, tarihin akışını değiştiren ve modern dünyanın şekillenmesine büyük katkıda bulunan önemli bir gelişmedir. Bu taşıma sistemi, küresel düzeyde kalkınma ve değişim için önemli bir etkiye sahip olmuştur ve bu etkisini günümüzde de sürdürmektedir. Demiryolu taşımacılığı, güvenlik, çevre, enerji ve ekonomik ihtiyaçlarla paralel olarak ulaştırma sektöründe her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır. Bu nedenle, özellikle kent içi raylı sistemler ve hızlı tren işletmeciliğine yapılan yatırımlar her geçen gün artış göstermektedir (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022).

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle Doğu ile Batı, Asya ile Avrupa kıtalarını birbirine bağlayan stratejik bir kesişim noktasında bulunmaktadır. Bu konumu Türkiye'yi, küresel ticarete önemli bir aktarma merkezi haline getirmenin yanı sıra, ülkemizin çeşitli pazarlara erişim sağlayan geniş çaplı bir dış ticaret hacmine sahip olmasını sağlamaktadır. Türkiye'nin Doğu Avrupa, Orta Asya, Orta Doğu ve Kuzey Afrika'ya kolay erişim olanağı, bölgesel taşımacılık faaliyetleri için bir üs görevi görmesini sağlamaktadır. Türkiye'nin ulaşım koridorları üzerinden geçen demiryolu hatları, yük ve yolcu taşımacılığı açısından büyük bir stratejik öneme sahiptir ve bu hatlar, ülkeler arasında kesintisiz demiryolu bağlantısını teşvik ederek demiryolu sektörünün gelişimine önemli katkıda bulunmaktadır. Bunlara karşın uluslararası demiryolu yük taşımacılığı, Türkiye'de en az tercih edilen taşıma yöntemidir. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın Ulaşan ve Erişen Türkiye 2002-

2022 Raporu'na göre, Türkiye'de yolcu ve yük taşımacılığında en yaygın tercih edilen ulaşım şekli karayolu taşımacılığıdır. 2021 yılına ilişkin verilere göre, ülke içinde gerçekleştirilen yolcu taşımacılığının %92,7'si ve yük taşımacılığının %90'ı karayoluyla gerçekleştirilmektedir. Yük taşımacılığında, karayolu taşımacılığını %6 oranında denizyolu taşımacılığı takip etmekte olup, demiryolu taşımacılığının payı ise %4,6'dır.

1.1. Demiryolu Yük Taşımacılığının Avantajları

Demiryolu yük taşımacılığı, özellikle uzun mesafelerde mal taşımının tercih edilen bir yöntemi olmasını sağlayan birkaç belirgin avantaja sahiptir. İlk olarak, demiryolu taşımacılığının maliyet etkinliği, özellikle de büyük hacimli ve ağır yükler söz konusu olduğunda dikkat çekicidir. Trenler, geniş yük kapasitesine sahip olup, taşıma ölçeği arttıkça trenlerin verimlilikleri de artmaktadır. Demiryolu taşımacılığıyla ilişkilendirilen ölçek ekonomileri, ton-km başına düşen taşıma maliyetlerini düşürerek, demiryolunu madencilik, tarım ve imalat gibi büyük miktarlarda mal taşıyan endüstriler için ekonomik bir seçenek haline getirmektedir.

Demiryolu yük taşımacılığı, genellikle diğer taşıma modlarına göre çevre dostudur. Genellikle trenlerin ton-km başına karbon emisyonları, kamyonlar ve uçaklara kıyasla daha düşük seviyededir. Özellikle elektrikle çalışan trenler, dizel motorlu kamyonlara göre daha düşük sera gazı emisyonları meydana getirmektedir. Sürdürülebilirlik, tedarik zinciri kararlarında giderek daha kritik bir faktör haline geldikçe, demiryolu taşımacılığının çevre dostu yapısı, işletmelerin karbon ayak izini azaltma ve çevresel düzenlemelere uyum sağlama çabalarında önemli bir avantaj sağlama potansiyeline sahiptir. Demiryolu yük taşımacılığı uzun mesafelerde güvenilir ve tutarlı bir program sunmaktadır. Karayolu taşımacılığının trafik sıkışıklığı ve gecikmelerle karşılaşma riskine karşın, trenler sabit tarifelerle özel hatlarda çalışır. Bu öngörülebilirlik, özellikle "tam zamanında" envanter stratejisine sahip endüstriler için kritik öneme sahiptir. Malların toplu olarak ve düzenli bir programa göre taşınabilmesi, tedarik zinciri verimliliğine ve güvenilirliğine katkıda bulunarak demiryolu taşımacılığını, özellikle hızlı teslimat gerektirmeyen belirli yük türleri için tercih edilen bir seçenek haline getirmektedir.

Özellikle pandemi süreciyle beraber ülkelerin sınırlarını kapattığı zamanlarda, tedarik zincirinin devamlılığı demiryolu taşımacılığı ile sağlanmıştır. Uluslararası geçişlerde karayolunda sınırlamalar var iken demiryolunun transit geçiş yapabilmesi, tüm ülkelerin demiryoluna yönelmesine yol açmıştır. Dünyanın her yerinde yaygınlaşan bu taşımacılık,

Avrupa Yeşil Mutabakata uyum sürecinde; ulaştırma ve lojistik sektöründe çevreci özelliğiyle diğer taşıma modlarından ayrılarak öne çıkmaktadır (Erkekoğlu ve Şahin, 2023).

Özetleyecek olursak Çancı ve Erdal (2003), demiryolu taşımacılığının avantajlarını şu şekilde sıralamışlardır (Erkayman, 2007):

- Enerji tüketimi bakımından diğer ulaşım sistemlerine göre daha avantajlıdır.
- Yüksek miktarda yük ve yolcu taşıma kapasitesi, birim başına düşen yakıt tüketimini azaltarak çevreye daha az zarar verilmesini sağlamaktadır.
- Demiryolu taşımacılığı, düşük kaza oranlarına sahip olması nedeniyle emniyetlidir ve küçük çekiş gücü kullanılarak emniyetli yüksek hızlara ulaşılabilir.
- Karayolu trafiğini hafifletmektedir.
- Genellikle diğer taşıma sistemlerine kıyasla uzun vadeli sabit fiyat garantisi sağlar.
- Uluslararası geçişlerde karayolu geçiş sınırlamaları bulunurken, transit ülkelerin tercih ettiği bir sistem olması nedeniyle demiryolu taşımacılığına geçiş üstünlüğü tanınmaktadır.
- Transit süreleri karayoluna göre biraz daha uzun olabilir, ancak sefer süreleri daha sabittir.
- Ağır tonajlı ve büyük boyutlu yükler için uygun bir taşıma türüdür, büyük miktarlarda yük ve yolcu taşımacılığına olanak tanımaktadır.

Ekici ve Ferşadoğlu (2024)'nin demiryolu taşımacılığının diğer taşımacılık modlarıyla karşılaştırılması ve sağladığı avantajlarının incelenmesi amacı doğrultusunda, sektör temsilcileri ve paydaşlar arasında yapmış oldukları ankette elde ettikleri verilere göre, "ankete katılanlar %70,8 oranında maliyeti ilk sıraya koymuş, %53,8 ile hava koşullarından etkilenmemeyi ikinci sıraya almıştır. Üçüncü sırada ise %43,1 ile çevre dostu olması tercih edilmiştir. Birden fazla seçeneğin seçilebildiği bu soruda kullanıcıların demiryolu taşımacılığını diğer modlardan en üstün gördükleri özellik maliyet olmuştur."

1.2. Türkiye’de Demiryolu Yük Taşımacılığının Durumu

1.2.1. Türkiye’de demiryolu altyapısı

Osmanlı Dönemi’nde toplamda 8.619 km demiryolu inşa edilmiş olup, bu miktarın 4.136 km’lik kısmı günümüz Türkiye sınırları içinde yer almaktadır (Tamçelik, 2000). T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü (2023)’nün 2022 Demiryolu Sektör Raporu’na göre Cumhuriyet Dönemi’nde 1923-1950 yılları arasında yılda ortalama 134 km yol inşa edilmiş ve toplamda 3.764 km demiryolu işletmeye alınmıştır. Ancak, 1951-2003 döneminde karayolu ağlarının ve araçlarının gelişimine paralel olarak, diğer ulaştırma modlarında dengeli bir büyüme kaydedilememiştir. Bu dönemde inşa edilen demiryolu hat uzunluğu yılda ortalama 18 km olup, toplamda 945 km’yi geçmemiştir. 2003 yılı itibarıyla demiryollarının devlet politikası haline getirilmesi sonucunda ise demiryolu uzunluğu hızla artmıştır. 2003 yılında 10.959 km olan demiryolu uzunluğu, 2022 yılı sonunda 13.128 km’ye ulaşmıştır.

Türkiye’de şebeke genelinde, 8.402 km’si ana hat olmak üzere, toplam 9.235 km konvansiyonel ana hat bulunmaktadır. Bu ana hatlara 1.994 km istasyon yolu ve 439 km iltisak hattı eklenerek, toplam konvansiyonel hat uzunluğu 11.668 km’ye ulaşmaktadır. Ayrıca, Yüksek Hızlı Tren hattının uzunluğu 1.241 km’dir. Konvansiyonel hatlar, Hızlı Tren hatları ve Yüksek Hızlı Tren hatları dahil edildiğinde toplam demiryolu uzunluğu 13.128 km’yi bulmaktadır. Son 20 yılda, yeni demiryolu projelerinin yanı sıra, mevcut sistemlerin modernizasyonuna büyük önem verilmiş ve neredeyse bir yol yenileme seferberliği başlatılmıştır. Konvansiyonel hatların 11.668 km’lik kısmının tam bakım ve yenileme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, tren hızları, hat kapasitesi ve kabiliyeti artırılarak, yolcu ve yük taşımacılığı daha konforlu, güvenli ve hızlı bir seviyeye yükseltilmiştir (Tablo 1.1).

Yolcu ve yük tren işletmeciliği yapılan ve lojistik hizmetler verilen ulusal demiryolu altyapısı üzerinde 62 adet gar müdürlüğü, 73 adet gar şefliği, 227 adet istasyon şefliği, 302 adet durak ile 13 adet lojistik merkez bulunmaktadır. Ülkemizdeki 217 adet mevcut liman ve iskelenin 21 adedinde, 386 adet mevcut organize sanayi bölgesinin (OSB) de 13 adedinde demiryolu bağlantısı mevcuttur. Demiryolu bağlantısı olan liman, iskele, OSB ve fabrika gibi toplam 241 adet yük üretim ve aktarma merkezinde demiryolu ile yük taşıma ve lojistik faaliyetleri yürütülmektedir (TCDD Taşımacılık A.Ş., 2022).

Tablo 1.1. Ulusal demiryolu altyapı ağı (TCDD, 2022)

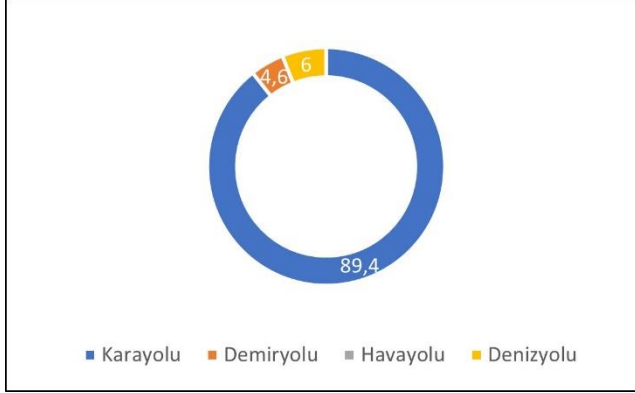
HAT SINIFI	HAT UZUNLUĞU (km)
Konvansiyonel	11.668
Elektrikli	4.784
Sinyalli	5.775
Hızlı	219
Elektrikli	219
Sinyalli	219
Yüksek Hızlı	1.241
Elektrikli	1.241
Sinyalli	1.241
Toplam	13.128
Elektrikli	6.244
Sinyalli	7.235

1.2.2. Türkiye’de demiryolu yük taşımacılığı

Türkiye 2018 yılında yük taşımacılığında diğer taşımacılık modlarının içinde sadece %3.7 oranında bir paya sahip olmuştur (ton-km). Aynı yıl içinde bu oran Rusya’da %59.3, Avusturya’da %44.2, Romanya ve Macaristan’da yaklaşık %40 olarak gerçekleşmiştir (Albayrak, 2021). Türkiye’deki demiryolu ağının kısıtlı yaygınlığı, demiryolu bağlantılı limanların sınırlı olması ve karayolu taşımacılığında olduğu gibi kapıdan kapıya hizmet sunma olanağının bulunmaması gibi nedenlerle, demiryolu taşımacılığı diğer taşıma modlarına kıyasla daha düşük bir paya sahiptir.

Ülkemizde yolcu ve yük taşımacılığında en fazla tercih edilen ulaşım türü karayolu olup, 2021 yılı itibarıyla yurt içi yolcu taşımacılığının %92,7’si ve yük taşımacılığının %90’ı karayolu ile yapılmaktadır (Şekil 1.1) (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022).

Şekil 1.1. Türkiye’de ulaşım türlerine göre yurt içi yük taşıma oranları
(Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022)



2022 yılında yük taşımacılığında 2021 yılına göre netton bazında %3, netton-km bazında %1 azalış gerçekleşmiştir. 2022 yılında program bazında ise; netton’da %101,5 ve netton-km’de %103,5 oranında gerçekleşme sağlanmıştır. 2021 yılında 7,4 gün olan yük vagonu rotasyon süresi, 2022 yılında %9,5 düşerek 8,1 gün olarak gerçekleşmiştir (Tablo 1.2) (TCDD, 2022).

Türkiye, yük trafiğinde 2022 yılında bir önceki yıla göre %2,1 oranında artışla 16,19 milyar ton-km değerine ulaşmıştır. 2022 yılında yurtdışında taşınan yük miktarı 34,15 milyon ton, uluslararasıda 4,42 milyon ton değerine ulaşmıştır (TCDD, 2022).

Tablo 1.2. Yük üretimleri (TCDD, 2022)

YÜK KATEGORİSİ	NETTON (bin)			NETTON-KM (milyon)		
	2021	2022	Değişim (%)	2021	2022	Değişim (%)
Yurt içi	28.663	27.593	-4	11.650	11.192	-4
Uluslararası	4.275	4.422	3	1.719	2.006	17
İdari	240	226	-6	116	107	-8
Toplam	33.178	32.241	-3	13.485	13.305	-1

Taşıma modları arasında iş birliğini amaçlayan konteyner taşımacılığı gün geçtikçe demiryolu taşımacılığında da payını artırmaktadır. Bu kapsamda 2003 yılında 658 bin ton olan demiryoluyla yapılan konteyner taşımacılığı 2022 yılında 17,7 milyon tona ulaşmıştır. 2022 yılında 5,8 milyon ton liman bağlantılı kombine ihraç taşıması gerçekleştirilirken, ithalat kapsamında da

toplam 6,5 milyon ton kombine yük taşınması gerçekleştirilmiştir. 2022 yılında ithalat ve ihracat olmak üzere toplam 12,3 milyon ton liman bağlantılı kombine yük taşımacılığı yapılmıştır. 2022 yılında doğrudan sınır kapılarından 2,18 milyon ton demiryolu ihracat taşınması yapılmış olup bunun yanında, ihraç edilmek üzere limanlara 5,83 milyon ton demiryolu taşınması yapılmıştır (Tablo 1.3) (TCDD Taşımacılık A.Ş., 2022).

Tablo 1.3. Yük taşımacılığı faaliyetleri (TCDD Taşımacılık A.Ş., 2022)

Yük Taşınması	2018	2019	2020	2021	2022
Yük Trafik (Milyar Ton*Km)	14,48	14,71	15,43	15,86	16,19
Yurtiçi	13,9	13,96	14,07	14,14	14,18
Omsan	1,07	1,2	1,2	1,24	1,24
Körfez	0,64	1,21	1,43	1,14	1,65
Taşımacılık	12,19	11,55	11,44	11,77	11,3
Uluslararası	0,58	0,75	1,36	1,72	2,01
Yük Miktarı (Milyon Ton)	31,67	33,53	34,55	38,16	38,57
Yurtiçi	29,6	30,99	31,11	33,88	34,15
Omsan	2,47	3,32	3,5	3,54	3,84
Körfez	0,47	0,92	1,15	1,44	2,49
Taşımacılık	26,66	26,74	26,45	28,9	27,82
Uluslararası	2,07	2,55	3,44	4,28	4,42
	2018	2019	2020	2021	2022
Yük Taşıma (netton bin)	31673	33535	34549	38155	38571

2. LOJİSTİK MERKEZLER

Lojistik merkezler, tarihsel gelişim sürecinde başlangıçta depo olarak ortaya çıkmış ve zamanla modern lojistik merkezlere dönüşmüşlerdir. Avrupa'da, lojistik merkez ve tesislerinin ortaya çıkışının yaklaşık olarak 40 yıl öncesine dayandığı söylenebilir. Tarihsel gelişim içinde, lojistik merkezlerin bugün oluşturduğu yapıda, hizmet hızı ve kapsamı en önemli unsurlar olarak tanımlanabilir. Lojistik merkezlerin evrimi, depolama fonksiyonlarından daha fazlasını içerecek şekilde gerçekleşmiştir. Modern lojistik merkezler, tedarik zinciri yönetimi, envanter kontrolü, sipariş işleme ve dağıtım gibi bir dizi karmaşık faaliyeti entegre ederek lojistik süreçleri optimize etmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, teknolojik gelişmeler, otomasyon ve bilgi yönetimi gibi unsurlar, lojistik merkezlerin etkinliğini artırmak ve rekabet avantajı sağlamak adına önemli rol oynamıştır. Lojistik merkezlerin tarihsel evrimi,

küresel ticaretin karmaşıklığına ve büyümesine sürekli olarak uyum sağlamıştır. Bugün, lojistik merkezlerin işlevi, sadece depolama değil, aynı zamanda verimli lojistik operasyonların merkezi olma ve müşterilere hızlı, güvenilir hizmet sağlama yeteneği olarak genişlemiştir.

Europlatforms, Avrupa'daki Yük Köyleri ve Lojistik Merkezleri'nin tek Avrupa Birliği (AB) derneğidir (Türker, 2018) . Organizasyon, 18 Aralık 1991 tarihinde kurulmuş olup o tarihten bu yana taşımacılık ve lojistik alanında faaliyet göstermektedir. Europlatforms 'un temel amacı, Avrupa ve dünya genelinde lojistik merkezlerin konseptini tanıtmak ve genişletmek, mevcut lojistik merkezleri arasında ve uluslararası benzer gruplarla ilişkiler oluşturmak ve geliştirmektir (Van Ticaret ve Sanayi Odası, 2019). Aralık 2011 itibarıyla, üye sayısı Avrupa genelinde faaliyet gösteren yaklaşık 70 lojistik merkezini içermekte olup bu merkezlerde 2.600'den fazla taşımacılık ve lojistik şirketi faaliyet göstermektedir (Tanyaş ve Tümenbatur, 2018).

Europlatforms 'a göre lojistik merkezin tanımı şu şekildedir: Lojistik merkezi, belirli bir alanda, çeşitli işletmecilerin taşıma, lojistik ve mal dağıtımına dair faaliyetlerde bulunduğu hem ulusal hem de uluslararası transit için ticari temelde hizmet veren bir merkezdir. Bu işletmeciler, merkez içinde inşa edilmiş olan depolar, dağıtım merkezleri, depolama alanları, ofisler, kamyon hizmetleri gibi binaların ve tesislerin sahipleri veya kiracıları olabilir.

Serbest rekabet kurallarına uyum sağlamak amacıyla bir lojistik merkezi, yukarıda belirtilen faaliyetlere dahil olan tüm şirketlere erişime izin vermelidir. Merkez, belirtilen operasyonları gerçekleştirebilmek için gerekli tüm tesislerle tam donanımlı olmalı ve mümkünse personel için genel hizmetler ile kullanıcılar için ekipman içermelidir.

Malların etkili bir şekilde işlenmesi için çoklu taşıma modlarıyla hizmet veren bir lojistik merkezi, tercihen kara, demir, deniz, iç su yolu ve hava gibi çeşitli taşıma modları tarafından desteklenmelidir. Görsel 2.1'de bu niteliklere sahip güzel bir örnek yer almaktadır.

Sinerjiyi sağlamak ve ticari iş birliğini teşvik etmek adına lojistik merkezinin, tercihen bir kamu-özel ortaklığı aracılığıyla tek ve tarafsız bir hukuki yapı tarafından, etkili bir şekilde yönetilmesi önemlidir. Son olarak, bir lojistik merkezinin ticari ve sürdürülebilir taşıma çözümleri için bir çerçeve sağlamak amacıyla Avrupa standartlarına ve kalite performansına uyması gerekmektedir.



Görsel 2.1. Yenice (Mersin) lojistik merkezi (TCDD Taşımacılık A.Ş., 2022)

Lojistik merkezlerin kurulma aşamasında, büyük ve önemli üretim merkezlerine (sanayi bölgeleri, iş merkezleri vb.), şehirlere, demiryolu ve karayolu hatları ile mümkünse limanlara yakın bölgelerde yer almalarına özel bir önem verilmektedir. Ayrıca, lojistik merkezlerin, şehir trafiğini doğrudan etkilemeyecek noktalarda konumlandırılmasına özen gösterilmektedir. Türkiye'nin ulaşım koridorlarının merkezinde bulunması, ülkeyi bölgesinin lojistik üssü haline getirme hedefiyle birleşerek, sanayicilerin yüklerini demiryolu ile taşıyarak rekabet gücünü artırmak amacıyla lojistik merkez yapımlarına büyük önem verilmektedir. Bu hususta, Görsel 2.2'den de görülebileceği gibi, ülkemizde Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü tarafından 5 adet ve TCDD tarafından 18 adet olmak üzere 23 adet lojistik merkez kurulması planlanmaktadır. 2022 yılı itibariyle 12 adet lojistik merkez faaliyete alınmıştır (TCDD Taşımacılık A.Ş., 2022).



Görsel 2.2. 2022 itibarıyla kurulan ve kurulması planlanan lojistik merkezler (TCDD, 2022)

TCDD'nin yayınladığı Faaliyet Raporu'na (2022) göre lojistik merkez kurulmasının temel amaçları aşağıda sıralanmıştır:

- Yük taşıma faaliyetlerini şehirden uzaklaştırarak kent içi trafiği rahatlatma,
- Çevresel kirliliği ve trafik kirliliğini önleme,
- Daha etkili lojistik sistemler kullanarak nakliye ve lojistik şirketlerinin rekabet gücünü artırma, lojistik maliyetleri azaltma,
- Karayolundan demiryolu ve denizyolu taşımacılığına geçiş yaparak intermodal altyapının kurulması

2.1. Lojistik Merkezlerde Taşınan Yükler

Gelemen'de (Samsun) Türkiye'nin ilk lojistik köyü, 06.07.2007 tarihinde işletmeye açılarak faaliyete geçmiştir. Yılda 500.000 ton olan demiryolu yük taşıma miktarı lojistik merkezin inşa edilmesinden sonra 2013 yılı itibarıyla 1.327.485 net tona yükselmiştir. 2021 yılı itibarıyla Samsun, İzmit, İstanbul, Eskişehir, Balıkesir, Kahramanmaraş, Erzurum, Konya, Mersin, Kars, Uşak ve Denizli'de olmak üzere TCDD tarafından 12 adet lojistik merkez işletmeye açılmıştır. Sivas Lojistik Merkezi'nin yapımı devam etmektedir (UTİKAD, 2022).

Tablo 2.1'e göre, faaliyette olan lojistik merkezlerde 2013 – 2022 yılları arasında toplam 24.836.989 net ton yük taşınmıştır. Şekil 2.1 ise lojistik merkezlerde yıl bazlı taşınan yük miktarlarını göstermektedir.

Tablo 2.1. İşletmeye açılan lojistik merkezlerin teknik özellikleri (TCDD Taşımacılık A.Ş., Demiryolu Sektör Raporu 2022)

İşletmeye Açılan Lojistik Merkezler	Kapasite (1.000 Ton)	Toplam Alan (1.000 m ²)	İltisak Hattı (Km)	Karayolu (Km)	En Yakın Liman (Km)	En Yakın Havalimanı (Km)
Samsun (Gelemen)	1.156	258	3	2	Samsun (10) Yeşilyurt (5)	Çarşamba (13)
İzmit (Köseköy)	2.000	694	Yanında	Yanında	Derince (15)	Cengiz Topel (12)
Uşak	246	40	Yanında	Yanında	İzmir (215)	Uşak (7,5)
İstanbul (Halkalı)	2.000	220	Yanında	Yanında	Ambarlı (10)	Atatürk (19)
Eskişehir (Hasanbey)	1.400	541	Yanında	3	Derince (237)	Eskişehir (10)
Balıkesir (Gökköy)	1.000	211	Yanında	Yanında	İzmir (187)	Balıkesir (17)
Denizli (Kaklık)	500	125	Yanında	Yanında	İzmir (250)	Çardak (30)
Kahramanmaraş (Türkoğlu)	1.900	805	Yanında	Yanında	İskenderun (156)	Kahramanmaraş (30)
Erzurum (Palandöken)	437	350	Yanında	2	Trabzon (232)	Erzurum (16)
Konya (Kayacık)	1.700	1.000	Yanında	Yanında	Mersin (366)	Konya (3)
Mersin (Yenice)	896	416	Yanında	1	Mersin (42)	Adana Şakirpaşa (23)
Kars	412	400	5,5	Yanında	Hopa (277)	Kars (12)
Toplam	13.647	5.060				

2.2. Lojistik Merkezlerin Analizi

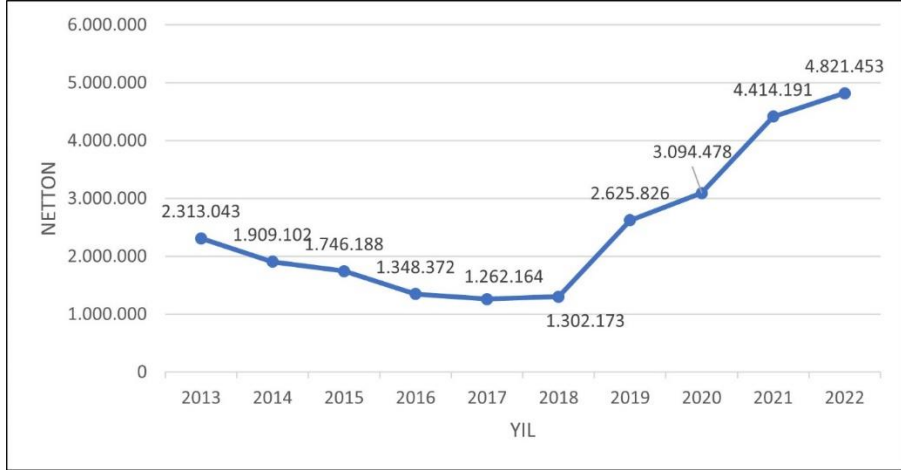
Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı'nda (UNCTAD), lojistik merkezlerin sağlayabileceği faydalar aşağıdaki şekilde özetlenmiştir:

- Ticari akışların hızlandırılması,
- Mevcut deniz limanlarının kapasitelerinin genişletilmesi,
- Kapıdan kapıya navlun ücretlerinin azaltılması,
- Toplam taşımacılık masraflarının düşürülmesi,
- Demiryolu-karayolunun optimal kullanımının sağlanması,
- Daha iyi kapasite kullanımı,
- Konteynerlerin daha fazla kullanımı,
- Lojistik merkez ile limanlar arasında blok tren mekik seferler şeklinde kullanımının yararları,

- Çevresel sorunların ve hava kirliliğinin azaltılması.

Lojistik merkezler, işlevlerine bağlı olarak çeşitli roller üstlenebilen tesislerdir. Bazı lojistik merkezler sadece yükleme ve boşaltma faaliyetlerini gerçekleştirebilirken, diğerleri yükleme ve boşaltmanın yanı sıra depolama, gümrükleme gibi çeşitli lojistik faaliyetleri de yürütebilirler. Genel olarak, lojistik merkezler, liman çevresindeki bölge ekonomisine hizmet eden, donanımlı ve tesislerinde elleçleme (yükleme, boşaltma, aktarma), depolama ve gerektiğinde gümrükleme gibi faaliyetlerin yapılabildiği alanlar olarak tanımlanabilirler.

Şekil 2.1. Lojistik merkezlerde yıl bazlı taşınan yük miktarı (TCDD Taşımacılık A.Ş., Demiryolu Sektör Raporu 2022)



Lojistik merkezler temel olarak yük konsolidasyonunu sağlamaktadırlar. Sürekli ve düzenli yük akışları, bu tesislerin faaliyetlerinin devamlılığının sağlanmasındaki temel gerekçedir. Bu nedenle, lojistik merkezler, yük trafiğini yöneten, dağıtım ve modlar arası aktarmalar dahil olmak üzere çeşitli alanlarda faaliyet gösteren önemli bölgeler haline gelebilmektedirler.

2018 yılındaki raporlar incelendiğinde 70 bin tonun üzerindeki gelen-giden yük farklarına bakıldığında 3 adet lojistik merkez göze çarpmaktadır (Tablo 2.2).

Tablo 2.2. Gelen giden yük farkı, 2018

İstasyon	Gelen-Giden Farkı	Giden	Gelen
Yenice	-567.780	377.967	945.747
Köseköy	-154.242	88.484	242.7426
Halkalı	-83.184	189.363	272.547

Lojistik maliyetlerin hesaplanmasında dönüş yükünün olmaması durumunda, dönüş yükündeki maliyet de gidiş yükünün navlununa eklenmektedir. Dolayısı ile taşıma modunun rekabetçiliği düşmektedir.

Türkiye hem karayolu hem de demiryolu taşımacılığı açısından Doğu-Batı aksında stratejik bir taşıma koridoruna sahiptir. Bu durum, ülkeyi kara ve deniz taşımacılığı koridorlarının kesişim noktasına konumlandırır ve bu da Türkiye'ye özel bir stratejik önem kazandırmaktadır. Denizyoluyla Karadeniz'i Akdeniz'e bağlayan bir güzergahın merkezinde olması da Türkiye'nin denizyolu taşımacılığındaki önemini artırmaktadır. Ayrıca, Türkiye önemli bir havayolu merkezi olarak da konumlanmıştır. Bu sayede, Doğu ile Batı'nın, Kafkasya, İran, Orta Asya ve Orta Doğu ülkeleri ile bağlantısı sağlanmaktadır. Bu koridor, Avrupa kaynaklı yüklerin Kuzey-Güney Ulaştırma Koridoru boyunca İran, Orta Asya ve Hindistan'a kadar ulaştırılmasına imkân verir. Bu da Türkiye'yi bölge ülkelerinin Avrupa ile ticaretinde kilit bir ulaşım koridoru haline getirmektedir. Ana ulaşım koridorlarını birbirine bağlayan ve gelişmiş ülke ekonomilerini bölgenin ekonomisi, kentsel düğümleri, limanları, havaalanları ve tren yolu terminalleri ile entegre eden çok modlu ağ yaklaşımı, Türkiye'nin ekonomik rekabet gücünü artıracak ve sürdürülebilir kalkınma ile iç pazarın gelişimine önemli katkılarda bulunacaktır.

3. SONUÇ

Demiryolu taşımacılığı, tüm taşımacılık modları içinde uzun mesafede kütleli yüklerin taşınmasında hem ekonomik hem de çevre dostu bir alternatiftir. Kara taşımacılığında demiryolu taşımacılığının en büyük rakibi karayolu taşımacılığı iken dış ticarete denizyolu taşımacılığıdır. Türkiye'nin yük taşımacılığında demiryolunun oranı diğer ülkelere nispeten oldukça düşüktür.

Türkiye'deki toplam yükün çok önemli bir kısmı hem parasal oran olarak hem de yük tonajı açısından limanlar ile ilişkilidir. Bu durum Türkiye ekonomisinin dünya pazarları ile entegre olması ile alakalıdır. Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı'nın yayınladığı dış ticaret lojistik verilerine

göre 2021 yılına ait dış ticaret verileri, Türkiye'nin taşımacılık modlarına göre değerlendirildiğinde, ihracat taşıma yöntemlerinde denizyolunun öncü konumda olduğu görülmektedir. Türkiye'nin 225,2 milyar dolarlık ihracatının %59,4'ü denizyolu ile gerçekleşmiştir. İthalat tarafında da denizyolu taşımacılığı öne çıkmaktadır. 2021 yılında 271,4 milyar dolarlık ithalatın %58'i, yani 157,4 milyar dolarlık kısım, denizyolu ile gerçekleşmiştir. Demiryolunun ise her iki parametredeki payı %1 civarındadır.

Ülkemizdeki ulusal demiryolu altyapı ağında toplam 13 lojistik merkez bulunmaktadır. Ancak, Ankara, Bozüyük gibi tamamlanmış veya inşaatı devam eden lojistik merkezlerin demiryolu bağlantıları bulunmamaktadır. Ayrıca, elleçleme kapasitesi açısından dünya sıralamasında yer alan en iyi 4 Türk limanı olan Ambarlı, Körfez, Mersin ve Tekirdağ Limanlarından sadece Ambarlı ve Tekirdağ Limanları demiryolu bağlantısına sahiptir. Diğer limanlar ve üretim yerleri arasında demiryolu bağlantılarının bulunmaması, yüksek aktarma maliyetlerine neden olmakta ve sanayicilerin demiryolu taşımacılığına yönelik tercihlerini engellemektedir.

Türkiye'nin 2018 yılında yayınladığı 2023 hedefinde demiryolu yük taşımacılığı %15 olarak belirlense de bu oran %4.6'da kalmıştır (STB, 2018; Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022). Türkiye'yi bölgenin lojistik üssüne dönüştürecek lojistik merkezlerin tamamı hizmete girdiğinde, Türk lojistik sektörüne 73,2 milyon ton ilave taşıma imkânı ile yaklaşık olarak 19 milyon m²'lik açık alan, stok alanı, konteyner stok ve elleçleme sahası kazandırılacaktır (TCDD, 2024).

TCDD ve Tübitak TÜSSİDE iş birliğinde hazırlanan 2020 tarihli "TCDD Lojistik Etkinliğin Artırılmasına Yönelik Sistem Analizi ve İşletme Modeli Araştırma Projesi" raporuna göre, Türkiye'de lojistik hareketler incelendiğinde yük hareketliliğinin genelde belirli koridorlarda yoğunlaştığı söylenebilmektedir. Yük koridorları; ülkenin coğrafi yapısı, üretim alanları ve demografik yapısı tarafından belirlenmektedir. Türkiye nakliye ve taşımacılık sisteminde Doğu-Batı, Kuzey-Güney doğrultularındaki yerleşmiş çeşitli koridorlar mevcuttur.

Kuzey-Güney koridorları:

- Zonguldak – Ankara – Kayseri – Adana/Mersin
- Samsun – Sivas – Malatya – Gaziantep – Adana/Mersin
- Edirne – İstanbul – İzmit – Bursa
- İstanbul – Afyon – Antalya

Doğu-Batı koridorları:

- Kars – Erzurum – Kayseri – Ankara – Eskişehir – İstanbul – Edirne
- Kars – Erzurum – Kayseri – Ankara – Eskişehir – Afyon – İzmir
- Van – Diyarbakır – Gaziantep – Adana – Mersin
- Van – Malatya – Kayseri – Ankara – Eskişehir – İstanbul
- Van – Malatya – Kayseri – Ankara – Eskişehir – Afyon – İzmir

TCDD'nin yeni tesis ettiği büyük lojistik merkezler genellikle yük koridorlarına uygun olarak konumlanmış durumdadır. İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu'da aktif koridor ve liman bağlantılarının dışında birkaç lojistik merkez bulunmaktadır. İç Anadolu'daki yüksek kapasiteli merkezlerin geleceği, etraflarındaki bölgelerin gelişimi ile bağlantılı olacaktır. Güneydoğu Anadolu'da özellikle sınır bölgelerindeki lojistik merkezler için politik ve bölgesel ekonomik gelişmeler etkili olacaktır. Özellikle sınır bölgelerinde yer alan büyük tesislerin dış ticaret olmadan yüksek kullanım oranlarına ulaşması kolay olmayabilir.

Günümüzde, sadece şirketler değil, ülkeler de rekabet içindedir. Ülkemiz, bölgesel ve küresel bir güç olma hedefiyle diğer gelişmekte olan ülkeler gibi rekabet mücadelesi içindedir. Ülkemizin refahı, ekonominin üretkenliği ve verimliliği, rekabet yeteneğimizi yansıtmaktadır. Ülkemiz taşıma koridorları, ulusal, bölgesel ve yerel düzeydeki yük akışları ile beslenerek koridorun daha geniş hacimlere ulaşmasına katkıda bulunmaktadır. Bu koridorlar da en iyi lojistik merkezlerin geliştirilmesi, yaygınlaştırılması ve düzgün planlanmasıyla yönetilebilir.

Küresel çevre kirliliğini önleme ve yenilenemeyen kaynakları ekonomik bir şekilde kullanma hedefleri doğrultusunda, taşıma modlarını entegre etmek ve minimum karbon salınımı sağlamak büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, demiryolu taşımacılığı, yeşil lojistiği destekleyen önemli bir rol oynamaktadır. Demiryolu yük taşımacılığı, karbon emisyonlarını azaltmanın yanı sıra, demiryolu taşımacılığına modal kayma yoluyla karayolu yük taşımacılığının hafifletilmesine olanak sağlayarak şehirlerde trafik sıkışıklığını ve kaza risklerini önemli ölçüde düşürmektedir. Ekonomik açıdan da firmalara maddi kazanç sağlayarak karayolundaki araç şoförlerine ödenen ücretlerden tasarruf etmelerine yardımcı olmaktadır.

Türkiye'de demiryolu yük taşımacılığındaki lojistik merkezlerinin durumu, son yıllarda önemli gelişmeler göstermiştir. Bu gelişmeler, demiryolu taşımacılığının payının artırılması ve lojistik sektörünün verimliliğinin ve

rekabet gücünün artırılması açısından olumlu adımlardır. Ancak, bu gelişmelerin sürdürülebilirliği için, demiryolu altyapısına yapılan yatırımların artırılması, lojistik sektörünün daha da geliştirilmesi ve demiryolu taşımacılığının rekabet gücünü yükseltmeye yönelik politikaların etkin bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

4. KAYNAKLAR

- Albayrak, Ö. K. (2021). Türkiye'nin demiryolu yük taşımacılığı talebinin zaman serisi analizi ile tahmini. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, (58), 137-154.
- Choi, B., Park, S.-İ., & Lee, K.-D. (2019). A System Dynamics Model of the Modal Shift from Road to Rail: Containerization and Imposition of Taxes. Hindawi Journal of Advanced Transportation, 1-9.
- Crainic, G., Florian, M., & Leal, J.-E. (1990). A Model for the Strategic Planning of National Freight Transportation by Rail. Transportation Science, 24(1), 2-5.
- Çancı, M., Erdal, M., (2003). Uluslararası Tasımacılık Yönetimi. Uluslararası Tasımacılık ve Lojistik Üretenler Derneği, İstanbul, 1-302.
- Erkaya, M. Z. (2019). Türkiye'de demiryolu yük taşımacılığının analiz edilmesi. Yüksek lisans tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kütahya.
- Erkayman, B. (2007). Lojistikte taşıma şekillerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Erkekoğlu, H., & Şahin, A. (2023). COVID-19 PANDEMİSİNİN KARAYOLU, DEMİRYOLU VE HAVAYOLU SEKTÖRLERİNE ETKİLERİ: TÜRKİYE ÜZERİNE BİR İNCELEME. Erciyes Akademi, 37(1), 353-369. <https://doi.org/10.48070/erciyesakademi.1225405>
- Karadeniz, V. & Akpınar, E. (2011). Türkiye'de Lojistik Köy Uygulamaları ve Yeni Bir Lojistik Köy Önerisi. Marmara Coğrafya Dergisi, (23), 49-71.
- Samastı, M., Önden, İ., Arslan, C., As, Y., Birol, B., & Yılmaz, C. N. (2020). TÜBİTAK TÜSSİDE, 2020 Haziran, TCDD Lojistik Etkinliğinin Artırılmasına Yönelik Sistem Analizi ve İşletme Modeli Araştırma Projesi Final Raporu. STB Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023), 2018.
- T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü. (2023, Mayıs). Demiryolu Sektör Raporu 2022. Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı.
- Tamçelik, S. (2000). Osmanlı Dönemi Demiryollarının Tarihi Gelişimi İçerisinde Siyasî, İktisadî ve Sosyal Etkiler. Erdem, 12(35), 483-535.

- Tanyaş M. & Tümenbatur A. (2018). Van Lojistik Merkezi Fizibilite Raporu, Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı.
- TCDD Taşımacılık. (2022, Mayıs 18). TCDD Taşımacılık 2022 Faaliyet Raporu. Erişim adresi: [https://adminapi.tcddtasimacilik.gov.tr/files/pdfs/TCDD-Tasimacilik-2022-Faaliyet-Raporu \[26218\].pdf](https://adminapi.tcddtasimacilik.gov.tr/files/pdfs/TCDD-Tasimacilik-2022-Faaliyet-Raporu%20[26218].pdf)
- Türker, A. (2018). Demiryollarında lojistik merkezler. Demiryolu Mühendisliği, (2), 32-35.
- Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları. (2023, Aralık 2). *Lojistik Merkezler*. Erişim adresi: <https://www.tcdd.gov.tr/kurumsal/lojistik-merkezler>
- Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı. (21 Temmuz 2023). *Dış Ticaret Lojistiği*. Erişim adresi: <https://ticaret.gov.tr/hizmet-ticareti/dis-ticaret-lojistigi>
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2022, Kasım 17). Ulaşan ve Erişen Türkiye 2018-2022. Erişim adresi: <https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/bakanlik-yayinlari/ulasan-erisen-turkiye-171122.pdf>
- Ekici, Ü. & Ferşadoğlu, T. (2024, Ocak). Demiryolu taşımacılığının diğer taşımacılık modlarıyla karşılaştırılması ve sağladığı avantajlar. Demiryolu Mühendisliği, no. 19, pp. 121-132. doi: <https://doi.org/10.47072/demiryolu.1385217>
- Van Ticaret ve Sanayi Odası. (2019). Van ili lojistik merkez raporu. Erişim adresi: https://www.vantso.org.tr/u/files/VAN_ILI_ICIN_YENI_BIR_LOJISTIK_MERKEZ_ONERGESI-9PSYXRN_733.pdf
(Erişim tarihi: 29 Ocak 2024)

E-TİCARETTE SON AŞAMA TESLİMATLARININ KENTSEL LOJİSTİĞE OLAN ETKİLERİ*

Araç. Gör. Dr. Umut KAZANCI
Maltepe Üniversitesi
ORCID: 0000-0002-0118-5698

Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ
Maltepe Üniversitesi
ORCID: 0000-0001-8934-3787

Özet: E-Ticarette son aşama teslimatları; talep, arz, sosyal ve fiziksel çevre gibi çok sayıda aktöre ev sahipliği yapmaktadır. Bu aktörler arasında; son tüketiciler, e-ticaret işletmeleri, kuryeler, kargo şirketleri, sipariş karşılama merkezleri, taşımacılar, üreticiler, yerel yönetimler gibi unsurlar yer almaktadır. 2020 yılında Covid-19 küresel salgınıyla birlikte başlayan ve sonraki yıllarda da devam eden e-ticaret satış hacmindeki büyük artış son aşama teslimatlarını doğrudan etkilemiştir. Teslimat sayısının artmasıyla birlikte son aşama teslimatı kapsamında yeni çözümler geliştirilmeye başlanmıştır. Kentsel lojistik üzerindeki baskıyı azaltacak etkiler doğrultusunda ortaya çıkan bu yeni çözümler ayrıca çevreyle dost ve sürdürülebilir nitelikler taşıması bakımından anlamlı katkıları olması beklenmektedir. Son aşama teslimatlarındaki yükseliş ile kentsel lojistik açısından hava ve ses kirliliği, trafik sıkışıklığı, karbon emisyonlarındaki artış, paketleme kaynaklı atıklar gibi sürdürülebilirlik açısından çevre sorunları da artmaya başlamıştır. Son aşama teslimatlarının tüm kentsel lojistik taraflarına olan etkilerine yönelik bir durum analizi yapmak ve ne gibi olası çözümler geliştirilebileceği konusunda çalışma yapmak gerekliliği söz konusudur. Bu bakış açısıyla hazırlanan bölümde e-ticaretin tanımı ve türlerinden bahsederek satış hacmi ve teslimatlar anlamında ne derecede genişlediğine değinilmiştir. Daha sonra son aşama teslimatlarının güncel uygulama ve çözümlerinin ne olduğundan bahsedilmiştir. Ayrıca kentsel lojistiğin tanımı ile birlikte

* Bu çalışmanın özeti 16-17 Kasım 2023 tarihleri arasında yüzyüze/online olarak düzenlenen 12.Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi'nde (ULTZK 2023) sunulmuş ve kongre özet kitapçığında yayımlanmıştır.

taraflarının kim oluğu ve kentsel lojistik ilkeleri açıklanmıştır. Son aşama teslimatı kapsamında yapılan faaliyetlerin kentsel lojistik içerisinde ne gibi etkilerinin olduğu, nasıl sorunlara yol açabileceğinden de bahsedilerek bu sorunların nasıl çözümleneceğine yönelik öneriler geliştirilmiştir. Bu öneriler geliştirilmeden önce son aşama teslimatlarının etkilerini azaltmak için birtakım zorlukların olduğunu ve malların kentsel yaşamı minimum etkileyecek şekilde verimli bir şekilde teslimatlarının sağlanması gerektiği belirtilmiştir. Son aşama teslimatlarının genel durumu ve üstesinden gelebilmek için zorluklara değinilerek öneriler geliştirilmiştir. Kentsel yaşam ve lojistiğın ilişkisinden bahsederek ulaşım ve hareketliliğın sağlanmasının şehirler için önemine değinilmiştir. Kentsel akışın optimizasyonu için gerekli hiyerarşik ağlar, aktarma merkezleri, ortak kullanımlı depolama, aktarma merkezleri ve paylaşım ekonomisi gibi çözümlerin lojistik hizmet sağlayıcılar ile iş birliğı içerisinde desteklenmesi gerektiğı vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: E-Ticaret, Son Aşama Teslimatı, Kentsel Lojistik

GİRİŞ

Günlük yaşantımızın çok önemli bir parçası haline gelen e-ticaret alışverişin vazgeçilmez bir parçasıdır. Önümüzdeki yıllarda perakendeciliğın yerini alma potansiyeli çok güçlü olan ticaretin bu şekli hem işletmeler hem de tüketiciler için birçok fayda sağlamaktadır. Market alışverişlerimizi dahi elektronik bir şekilde evden çıkmadan sipariş verebildiğimiz ticaretin bu şeklinin hayatımızı kolaylaştırdığı kadar bazı olumsuz olabilecek durumlarla karşı karşıya kalmamıza neden olmaktadır.

İnternetin hayatımıza girmesiyle birlikte ticaretin de dijitalleşmesi de kaçınılmaz bir durumdur. World wide web ile tüm dünyaya yayılan internet ağı gün geçtikçe kullanıcı sayısını artırdı ve bilgi iletişim teknolojilerinin gelişmesiyle hayatımızın birçok alanına entegre oldu. Özellikle mobil cihazların akıllı hale gelmesi ve satın alınabilirliğinin de artmaya başlamasıyla e-ticaret çok daha geniş kitlelere ulaşmaya başladı.

2020 yılında meydana gelen Covid-19 küresel salgını tüm dünyadaki e-ticaret hacmini dramatik bir şekilde artırdı. İlerleyen yıllarda büyümesine daha da hızlanarak devam eden e-ticaret artık ticaretin normal şekli, asıl hali gibi görülmeye başlandı. Sipariş verme ve ödeme işlemlerindeki kolaylıklar, kullanıcıların ortak bir platformda ürün ve hizmetler hakkındaki görüşlerini

dile getirebilmesi, iade ve geri dönüşlerdeki yeni uygulamalar, teslimat hızındaki artış, sunulan ürün çeşitliliğindeki farklılık ve buna benzer tüm gelişmeler ile birlikte e-ticaret gelişmeye devam etmiştir.

İnternetin ortaya çıkışı, e-ticaretin gelişimi ve akıllı cihazlarla birlikte artan kullanıcı sayısı milyonlarla ifade edilebilecek duruma gelmiştir. Artan nüfusun kaçınılmaz bir sonucu olarak bununla birlikte kentlere göç ve şehirleşme de artmıştır. Bir arada ve birlikte yaşamanın zorluğu ile beraber e-ticaret için de kentsel alanlarda aşması gereken bazı sorunlar ortaya çıkmıştır.

E-Ticaretin yaygınlaşmasıyla birlikte artan teslimat sayıları ve kat edilen mesafeler, hatalı teslimatlar, iadeler de dolaylı olarak artmıştır. Bu kapsamda ortaya çıkan problemlerin üstesinden gelebilmek için son aşama teslimatları kapsamında birçok çözüm ve uygulama geliştirilmiştir. Son aşama teslimatları, müşterilere ürün ya da hizmetleri ulaştırabilmek için yapılan faaliyetlerin son adımını ifade etmektedir. Başka bir deyişle müşterilerin paketlerini teslim aldıklarında gördüğü yöntem ya da uygulamadır.

Son aşama teslimatlarının özellikle kentsel alanlarda çevresel ve ekonomik anlamda büyük etkileri söz konusudur (Patella, Grazieschi, Gatta, Marcucci, & Carrese, 2021). Malları taşımak için kullanılan araçların büyüklüğü, kullanılan yakıt ve onun atmosfere olan etkileri, trafikte meydana gelen tıkanıklıklar, yeşil alanların azalması ve diğer çevresel etkiler gibi olumsuz sonuçları olan son aşama teslimatlarının geniş anlamda değerlendirilmesi ve üzerinde durulması gerekmektedir.

Verimsiz yapısı itibariyle işletmeler için de maliyet açısından negatif getirileri vardır. Son aşama teslimatları tedarik zinciri içerisinde en az verimli ve karmaşık yapıya sahip olan halkadır. Kentsel alanlardaki istikrarlı şekilde devam eden büyüme ve nüfus artışıyla birlikte ekonomik sürdürülebilirlik anlamında da müdahale edilmesi gereken konulara sahiptir (Bosona, 2020). Maliyetleri azaltmak, karbon emisyonları gibi çevresel etkilerini düşürmek ve maliyetli yapısını düzeltmek için yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Yolculuk süreleri ve mesafelerin kısaltılması, paylaşım ekonomisinin teşvik edilmesi gibi yeni bakış açılarına ihtiyaç vardır (Viu-Roig & Alvarez-Palau, 2020).

E-Ticaretin büyümesiyle birlikte son aşama teslimatlarının da yapısı her geçen gün değişmektedir. İşletmeler karşılaştıkları sorunları çözmek için gün geçtikçe yeni alternatifler aramaktadır. Son aşama teslimatları bir yandan da

kentsel lojistik taraflarının tamamını bir şekilde etkilemeye devam etmektedir. Son aşama teslimatları tüm kentsel lojistik taraflar ve çevresel unsurlar açısından daha sürdürülebilir bir yapıya getirilmelidir. Bu noktadan yola çıkarak son aşama teslimatlarının kentsel lojistiğe olan etkilerini değerlendirmek ve çözüm yollarının neler olabileceğine dair çıktılara ihtiyaç duyulmaktadır. İlk olarak e-ticaretin ne olduğundan, başlıca türlerinden Türkiye ve Dünya'daki geldiği son noktadan bahsedilecektir. Daha sonra son aşama teslimatlarının neler olduğu ve güncel uygulamalarına değinilecektir. Son olarak da kentsel lojistiğin tanımı, tarafları, ilkelerinden bahsedilerek son aşama teslimatları ile nasıl kesiştiği ve bunların etkileri değerlendirilerek çözüm yollarının neler olabileceğine dair görüşlere yer verilecektir.

1. E-TİCARET

E-Ticaret, kar elde etmek amacıyla ürün veya hizmetleri satın almak ya da satmak üzere gerçekleştirilen işlemler için geliştirilmiş internet, web ve mobil platformlar vasıtasıyla yapılabilmektedir. Bu platformlar içerisinde çeşitli ödeme araçları da yer almaktadır. Ayrıca mobil cihazlarda yer alan uygulamalar ve internet tabanlı tarayıcılar vasıtasıyla e-ticaret yapılabilmektedir.

E-Ticaretin başlıca türleri şöyledir (Laudon & Traver, 2022);

İşletmeden Tüketicieye (B2C) E-Ticaret: Bu e-ticaret türü son tüketicinin doğrudan ürün veya hizmet satın aldığı şeklidir. İşletmeler satışı yapmak üzere nihai müşterilerle bir araya gelebilmektedir. Teslimat noktalarının karmaşıklığı, tüketici ve teslimat sayısı düşünüldüğünde ise e-ticaret türünün en karmaşık yapısına sahip olanıdır. Ayrıca hatalı teslimat ve iadeler yüzünden oldukça verimsiz ve maliyetli bir yapıya da sahiptir.

İşletmeden İşletmeye (B2B) E-Ticaret: Genellikle elektronik veri değişim tabanlı olarak gerçekleştirilen bu e-ticaret türü global tedarik zinciri içerisinde çok önemli bir yere sahiptir. Ham madde ve ara malların genellikle yeni bir üretim aşaması için gerekli malzemeler B2B e-ticaret ile tedarik zinciri içerisindeki akışta yer alırlar. Stokların takibi her iki işletme arasında şeffaf bir şekilde yapılabilmekte ve sipariş emirlerinin çoğunlukla otomatik olarak yapılmasına imkân sağlanmaktadır. B2B E-Ticaret, en geniş olan e-ticaret türüdür. Çünkü B2C türünde satışa sunulmak üzere hazır hale getirilen ürünler bile daha önce B2B sürecinden geçmiş olabilmektedir.

Tüketiciden Tüketicieye (C2C) E-Ticaret: Tüketiciden yine tüketicieye olacak şekilde yapılan bu e-ticaret türünde ürün ve hizmetler bir e-ticaret platformu aracılığıyla yapılmaktadır. Birbirleri arasında satış yapma imkânı

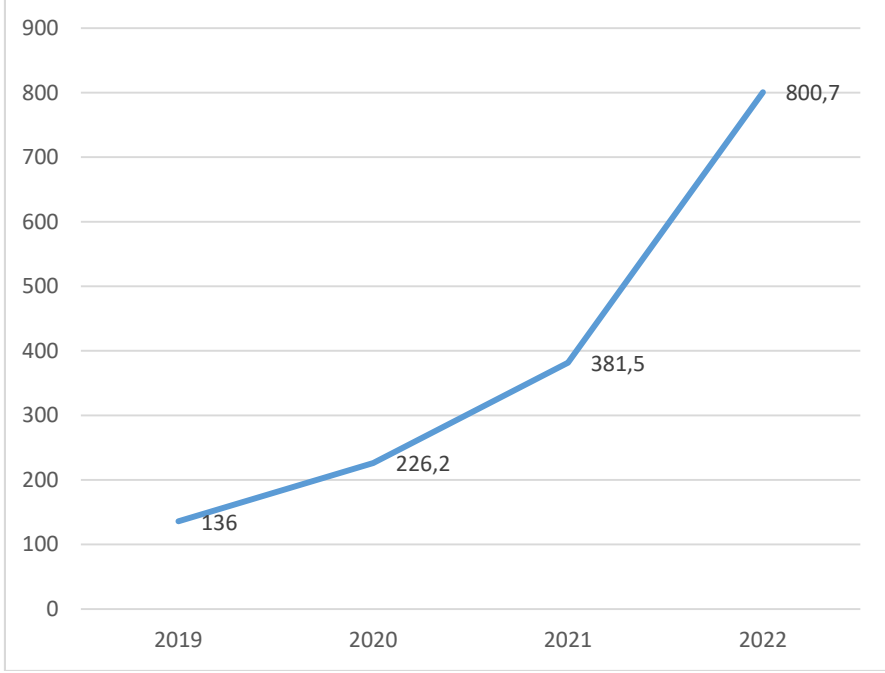
bulan müşteriler herhangi bir sermayeye ya da mala sahip olmalıdır. Bunun dışında kullanılabilecek bir ürün veya hizmeti olmayan müşteriler ise kendi imkanları doğrultusunda bireysel üretim yapmaktadırlar. Shopify, Uber, BlaBlaCar, Airbnb gibi platformlar C2C E-Ticaret türüne örnek olarak gösterilebilir. Müşteriler sundukları ürün ve hizmetlerin satış işlemlerini ilgili platformlar vasıtasıyla gerçekleştirmektedir. Müşterileri bir araya getiren platformlar ise anlaşmaları kapsamında belirli oranda bu işlemlere aracılık etmesi dolayısıyla gelir elde etmektedir.

Sosyal E-Ticaret: Günlük hayatımızın önemli bir parçası olan sosyal medya platformları üzerinden doğrudan alışveriş yapabilmemizi sağlayan e-ticaret türüdür. Müşteriler; Instagram, Facebook gibi sosyal medya araçlarını kullanarak başka hiçbir aracıya ihtiyaç duymadan e-ticaret işlemlerini sürdürebilmektedir. Sosyal ağlar, kullanıcılar ürün ve hizmetler hakkında bilgi edinmesi, etkileşimde bulunması, yorum ve görüşlerini paylaşması için olanak sağlar. Büyük veri tabanlarını kullanarak kişiye özel alışveriş önerileri geliştirebilen teknolojiler, sosyal medya üzerinden kullanıcıların deneyimlerini iyileştirmeye yardımcı olmaktadır.

Mobil Ticaret (m-Ticaret): Cep telefonu, tablet ve diğer mobil cihazların kullanım oranlarının artmasıyla doğru orantılı olarak müşterilerin de çevrim içi geçirdikleri süre de artmıştır. Bu durumun farkında olan işletmeler ise alışveriş imkanları tek bir dokunuş kadar son tüketiciye yaklaştırmak üzere mobil platformlar üzerinden satın alma işlemlerinin gerçekleştirilebileceği uygulamalar geliştirmiştir. Teslimat adresleri ve ödeme bilgileri gibi içerikleri bu uygulamalara kaydedebilen kullanıcılar çok kısa süre içerisinde mobil cihazları üzerinden alışveriş yapabilmektedir. Günümüzde satış yapan hemen her işletmenin aynı zamanda bu faaliyetleri gerçekleştirmek için ayrıca mobil uygulamalarının da var olduğunu görmek mümkündür. Mobil cihazlar aracılığıyla e-ticaretin erişilebilirliği oldukça artmıştır. Tüm bu araçlar üzerinden tüketiciler hem kendi ihtiyaçları doğrultusunda satın alma ya da diğer işlemlerini gerçekleştirebilir hem de tek bir mobil cihaz ile kendi e-ticaret sitesini kurarak faaliyetlerini gerçekleştirebilir.

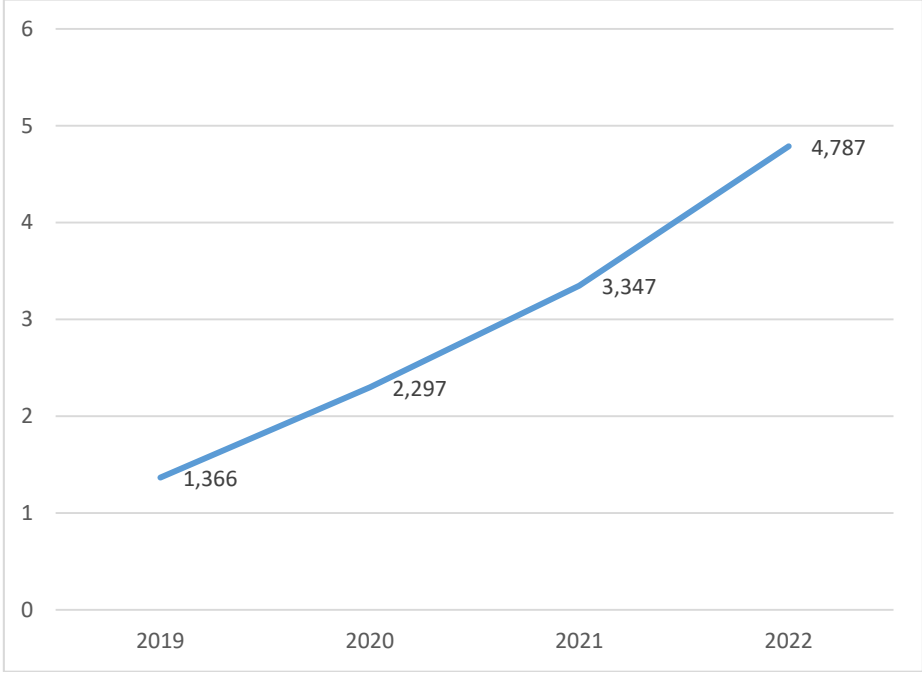
Covid-19 pandemisinin 2020 yılında başlaması ile birlikte internet kullanım oranlarıyla doğru orantılı bir şekilde e-ticaret hacmi de hızlı bir şekilde büyümeye başlamıştır. Salgınla birlikte kullanıcıların satın alma ve satış yapma üzerindeki eğilimlerinde önemli bir artış olmuştur (Bhatti, Akram, Basit, & Khan, 2020). Yaşanan bu gelişme e-ticaretin beklenen büyümesini oldukça yakın bir zamana çekmiştir. Covid-19 küresel salgınının etkileri azalmaya başladıktan sonra bile e-ticaret hızla büyümeye devam etmiştir ve

görünün o ki bu büyüme devam edecektir. Pandemi dönemiyle artan e-ticaret kullanım oranları daha sonra azalmamış aksine artan bir ivmeyle yükselmeye devam etmiştir.



Şekil 1.1. Türkiye’de yıllara göre e-ticaret hacmi (milyar TL)
(www.eticaret.gov.tr, 2022)

2023 yılının ilk 6 ayı incelendiğinde ise 652,7 milyar TL ile 2022 yılı verilerinin üzerinde bir değere ulaşacağı öngörülmektedir (www.eticaret.gov.tr, 2023). Gelinen son noktada 2022 yılı itibarıyla dünya üzerinden toplam 24 milyonu aşkın e-ticaret sitesi bulunmaktadır ve bu sayı her geçen gün artmaktadır (Bugembe, 2022). Küresel e-ticaret hacmi 6,17 milyar doları geçmiş bulunmaktadır. Ayrıca pandemi ile de yükselişe geçen e-ticaret hacmi daha sonraki yıllarda da artmaya devam etmiştir. Pandemi ile birlikte e-ticaretin büyüme beklentisi tahmin edilen süreden daha erken bir tarihte gerçekleşmiştir. Bu durumun etkileri ülkemizde de görülmüş ve teslimat sayılarıyla birlikte e-ticaret hacmi önemli oranda yükselmiştir.



Şekil 1.2. Türkiye’de yıllara göre e-ticaret sipariş sayıları (milyar)
(www.eticaret.gov.tr, 2022)

E-Ticaretteki bu dramatik yükselişin bazı olumsuz sonuçları olmuştur. Teslimat sayısının artmasıyla doğru orantılı olarak şehir içi yük taşımacılığında artış olmuş, hatalı teslimat ve iade oranları da yükselmiştir. Bu durum şehir içindeki trafik hareketliliğini de arttırmıştır. Bunun dışında çevremize ve insanlara çok fazla etki edecek olumsuz durumlar da söz konusudur.

Son yıllarda, dünya çapında çeşitli endüstriler üzerinde derin bir etkisi olan e-ticaretin popülaritesinde ve kullanımında önemli ve kayda değer bir artış olmuştur. E-Ticaretin yükselişiyle birlikte son aşama teslimatları da değişim ve gelişim süreci içine girmiştir. Son aşama teslimatları artık tedarik zinciri içerisinde zorlu ve iyileştirilmeyi bekleyen çözümlere ihtiyaç duymaktadır. Artan müşteri talep ve beklentileriyle birlikte e-ticaret işletmeleri ve lojistik hizmet sağlayıcılar ses ve gürültü kirliliğinin, trafik hareketliliğinin, karbon emisyonlarının artması gibi zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu zorlukları aşarken de sürdürülebilir bir yol izlemeleri gerekmektedir.

2. E-TİCARETTE SON AŞAMA TESLİMATI

Son aşama teslimatı, uzun mesafeli nakliyeden sonra ilgili kentsel alana teslim edilmek üzere depo gibi ürün akış hızının sıfır olduğu yerlerden başlar. Bu noktalardan gönderileri bir veya daha fazla taşıma ve depolama süreci adımıyla oluşan bir süreç zinciri başlar. Sürecin sonunda da paketin nihai müşteriye teslim edilmesi yer alır. İşlem adımları depolama, taşıma ve teslimat olmak üzere üç ana adımdan oluşmaktadır (Boysen, Fedtke, & Schwerdfeger, 2020). Son aşama teslimatı siparişlerin küçük boyutu ve varış noktalarının yoğunluğu ve karmaşıklığı nedeniyle teslimat sürecinin en az verimli ve en pahalı kısmıdır (Macioszek, 2017).

E-Ticaret hacminin artmasıyla birlikte teslimat noktalarının karmaşıklığı da artmıştır. Son aşama teslimatlarının yapısı itibarıyla tamamı çok maliyetlidir. Teslimat noktalarının bulunduğu şehirlerde paketlerin son tüketiciye ulaştırılması için yeni çözümler denenmektedir. Bu çözümler; daha optimize, çevreci, hızlı ve az maliyetli sonuçlar elde etmek üzere kendini yenilemeye çalışmaktadır. E-Ticaret işletmeleri ve lojistik hizmet sağlayıcıları gün geçtikçe son aşama teslimatlarının maliyetli yönü ve son müşteri kısmında memnuniyet yaratıcı etkilerini de göz önünde bulundurarak bu hizmetlere daha fazla yatırım yapmaya başlamışlardır.

Ürünleri müşterilerle buluşturmak için taşımacılık modlarının neredeyse tamamından faydalanan, e-ticaret, çevre kirliliğinin en büyük kaynaklarından biridir. Kentsel lojistik açısından düşünüldüğünde meydana gelen bu etkilerin çözümü için yenilikçi yaklaşımlara ihtiyaç vardır (Strale, 2019).

E-Ticarette maliyetleri azaltmak, çevre kirliliğini önlemek, teslimat sayısını ve başarısız teslimat oranını azaltmak gibi tüm bu benzer sorunların çözümüne ilişkin son aşama teslimatlarına dair bazı uygulamalar şöyledir;

2.1. Kabul Kutuları

Müşterilerin genellikle garajlarında, evlerinin bahçelerinde ya da apartman içerisinde kurulan ve paketlerin teslim edildiği kutulardır (Wang, Zhan, Ruan, & Zhang, 2014).

Akıllı paket dolaplarının aslında bir benzeri olarak düşünülebilirler. En önemli farkı ise kişiye özel olmalarıdır. Akıllı paket kutuları genelde lojistik hizmet sağlayıcılara ait olan ve son tüketiciye sunulmak üzere bulundurulurlar. Farklı müşterilerin paketleri tek bir dolabın farklı bölmeleri içerisinde muhafaza edilmektedir. Kabul kutularının kullanıcıları ise son tüketicilerinin

kendisidir ve yalnızca o kişiye ait paketler içine konulmaktadır. Hizmet yapısı itibariyle bir noktada posta kutularına benzemektedir.

2.2. Akıllı Paket Dolapları

Artan teslimat sayısı, iade edilen paket oranları, artan müşteri beklentileri ve sertleşen pazar rekabeti ile başa çıkmak için perakendeciler ve lojistik hizmet sağlayıcılar self servis teknolojilerine yatırım yapmaya başlamışlardır. Paket kioskları, kilitli dolaplar, self servis teslimat dolapları ve koli dolapları gibi isimlerle de kullanılan bu hizmet, müşterileri hem hizmet alıcısı hem de hizmet yaratıcısı olarak konumlandırmaktadır (Vakulenko, Hellström, & Hjort, 2018). Bu dolaplar yalnızca belirli bir müşteriye tahsis edilmez. Verilen siparişlere ve dolapların kullanılabilirliğine göre dinamik olarak değişmektedir. Müşteriler tek kullanımlık şifre, QR kod veya barkod gibi protokolleri kullanarak bu dolaplara erişim sağlayabilmektedirler (Mangiaracina, Perego, Seghezzi, & Tumino, 2019).

Halka açık alanlarda olan bu dolapların güvenlik ile ilgili bazı zayıf yönleri mevcuttur. Çünkü her ne kadar kilitli bir yapıda olsalar da dışarıdan zarar verilebilecek ya da hırsızlık gibi istenmeyen davranışlara açık olabilirler. Bu nedenle güvelik kameraları vb. yöntemlerle korunma gereksinimi bulunmaktadır.

2.3. Teslimat noktaları

Genellikle bir mağazada bulduklarından dolayı müşterilere teslim alma işlemlerinin yanı sıra diğer alışveriş faaliyetlerini de birleştirme imkânı sunmaktadır. Bu durum perakendecilere ayrıca bir gelir artışı olarak da yansımaktadır (Weltevreden, 2008).

Yakıt istasyonları, alışveriş merkezleri, kırtasiyeler ve çeşitli mağazalar gibi alanlar da e-ticaret işletmeleri tarafından bir son aşama teslimat çözümü olarak kullanılmaktadır (van Duin, Wiegman, van Arem, & van Amstel, 2020). Evde, iş yerinde veya belirttiği teslimat adresinde bulunmayan kişilerin paketlerini bırakmak üzere kullanılan teslimat noktaları geri dönüş ve hatalı teslimat sayısını azaltması gibi işlevleri yönünden de ayrıca avantajlıdır. Akıllı paket dolaplarında mesai saatleri dışında da hizmet alma imkânı bulunmaktadır. Ancak teslimat noktaları da sınırlı sürelerle hizmet verebilmektedir. Akıllı paket dolaplarına göre avantajlı olduğu konular ise akıllı paket dolaplarının bölmelerine sığamayacak büyüklükte paketlerin teslim edilebilmesi ve genelde çoğunun 7/24 kamera ile izlenen, içerisinde çalışan insanlar olması dolayısıyla güvenlik anlamında daha iyi hizmet sunabilmesidir.

2.3. Kitle Kaynak Kullanımı

Bir dış kaynak kullanım stratejisidir. Belirli faaliyetlerin bir insan grubuna açık çağrı yapılmasıyla gerçekleştirilir. İçerisinde sorun bildirimini yayınlamayı, insan gruplarıyla iletişimi, etkileşimi, faaliyetleri koordine etmeyi, yaklaşımları ve çözümleri raporlamayı, sorun bildirilen konuları çözüme kavuşturmayı, ödül ve ücret vermeyi barındırır. Ayrıca fikir üretme, problem çözme, değer kazandırma, bilgi toplama ve tüketici katılımı gibi birçok amacı bulunmaktadır (Bauer, Mladenow, & Strauss, 2014).

Paylaşım ekonomisinin evrimi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler kitle kaynak kullanımı konseptinin Uber ve Airbnb gibi örnekleriyle birlikte çok daha popüler hale gelmiştir (Carbone, Rouquet, & Roussat, 2017). Dış kaynak kullanımı ile benzer yönere sahip olan kitle kaynak kullanımı getirileriyle birlikte daha çok tercih edilmeye başlamıştır. Dış kaynak kullanımı lojistikte uzun yıllarda bilinmesine karşın paylaşım ekonomisi son aşama teslimat boyutunda özellikle bireysel kullanıcılar ve küçük ölçekli girişimler için yaygınlaşmaya başlamıştır. Son aşama teslimatındaki maliyet tasarrufu etkisi önemli bir etkidir ve e-ticaretin çevresel, ekonomik ve sosyal anlamda olumsuz etkilerini azaltma konusunda önemli bir potansiyele sahiptir (Huang & Ardiansyah, 2019).

2.4. İnsansız Hava Aracı (Drone) ile Teslimat

Dünya çapında e-ticaret hacminin artmasının birçok etkisi olmuştur. Maliyetin ve teslimat sayılarının artması, müşteri talep ve beklentilerinin artmasına neden olmaktadır. Bu durum son aşama teslimatlarının daha karmaşık bir yapıda olmasına sebep olmuştur. Günümüzde olmasa da şehirleşmenin ve dünya nüfusunun artmasıyla gelecekte bu sorunu çözüme kavuşturacak uygulamanın drone ile teslimat olacağı öngörülmektedir (Yoo & Chankov, 2018).

Son aşama teslimatlarında ortaya çıkan sorunları çözmek üzere drone ile teslimat teknolojileri geliştirilmektedir. Drone teslimatının; çok kısa sürede teslimat, otonom çalışma, geleneksel trafik ağlarından ve zaman kaybindan kurtulması gibi avantajları vardır. Uzun mesafe teslimatları için ise dayanıklılık ve güvenlik gibi gelişime muhtaç konuları içerisinde barındırmaktadır (Heutger, 2014).



Görsel 2.1. Drone ile teslimat (Yang, 2023)

Drone ile teslimat konusunda yaşanan tüm gelişmeler gelecek için ne kadar umut verici olsa da bu cihazların en küçük olumsuz hava koşullarından bile çok fazla etkilendiği, teslimat rotası üzerinde yer alabilecek özel veya farklı izinlere ihtiyaç duyan hava sahaları ile ilgili bazı yasal düzenlemelere gerek duyması gibi durumlar drone ile teslimat uygulamasında ortaya çıkan soru işaretlerinden bazılarıdır. Her ne kadar günlük olağan teslimatlar için yakın gelecekte çok önemli yerlere gelmesi öngörülmesede doğal afetler gibi kriz anlarında çok stratejik ve değerli bir konumda olduğu da göz ardı edilmemelidir.

2.5. Zaman Penceresi

Teslimat sırasında müşterilerin evde olmaları için teslimat zamanı müşterilerle birlikte kararlaştırılan belirli bir zaman aralığına bağlanabilir. Böylelikle müşterinin teslimat adresinde bulunmadığı için yapılan ikinci nakliye ve zaman gibi kayıplar azaltılmaktadır (Baldacci, Mingozzi, & Roberti, 2012).

Lojistik hizmet sağlayıcılar için rota optimizasyonu ve hatalı teslimatlardan kaynaklanan dönüşler gibi çok maliyetli olan konularda büyük avantajlar sağlamaktadır. Müşteriler açısından da memnuniyet getirisi olan bir yaklaşım olan zaman penceresi taşıyıcı ile teslim alan taraflar arasında karşılıklı beyan esasına dayanmaktadır.

2.6. Dinamik Fiyatlandırma

Siparişler verilmenden önce teslim süreleri ile ilgili farklı tarih ve fiyatlandırma seçenekleri uygulamak ve bunları farklı zaman pencereleriyle ilişkilendirmek anlamına gelmektedir (Asdemir, Jacob, & Krishnan, 2009).

E-Ticaret siteleri müşterilere daha hızlı bir teslimat sağlamak için genellikle siparişleri birleştirmek yerine ayrı ayrı göndermektedir. Bu durum da paketleme, nakliye maliyetleri ve dolayısıyla karbon emisyonlarını artırmaktadır (Weideli, 2015). Siparişlerin birleştirilerek daha uzun teslimat seçeneklerini tercih eden müşterilere öneriler sunmak işletmeler için opsiyon olabilir. Aynı zamanda maliyetlerini azaltmaları için bir araç olarak da kullanılabilir (Bertram & Chi, 2017). Müşteriler teslimat tarihini seçtikleri için başarısız teslimat olasılığı azalır. İşletmeler bu sayede teslimat rotalarını daha iyi optimize edebilirler (Mangiaracina, Perego, Seghezzi, & Tumino, 2019)

2.7. Elektrikli Araçlar

Son aşama teslimatları için elektrikli araç uygulamaları; sınırlı menzilleri ve yeniden şarj etme ihtiyacı ve rota problemleri gibi çözülmesi gereken birtakım geliştirmelere ihtiyaç duymaktadır. Ancak çevreye olan olumsuz etkileri azaltıcı rolü düşünüldüğünde geleceğin en önemli teslimat şekli olma potansiyeline sahiptir (Boysen, Fedtke, & Schwerdfeger, 2020).



Görsel 2.2. Elektrikli teslimat araçları (www.pilotcar.com.tr, 2023)

2.8. Paket Bisikletleri

Trafik ve nüfus yoğunluğunun çok olduğu ve park yerinin az olduğu bölgeler için iyi bir alternatiftir. Tamamen insan gücüyle, elektrikle veya ikisinin karışımıyla çalıştırılan bisikletlerdir (Boysen, Fedtke, & Schwerdfeger, 2020).



Görsel 2.3. Paket bisikletleri (Delves, 2023)

2.9. Müşteri Davranışının Haritalanması

Bir veri madenciliği sürecidir. Müşterilerin evde olduğu zamanların haritalandırılmasıyla ilgilidir. Herhangi bir gün ve hafta boyunca müşterinin evde bulunduğu zamanları dikkate alarak başarısız teslimat olasılığını en aza indirmek için planlama yapılmasıdır. Teslimatlar müşterilerin evde olma olasılığı en yüksek olan saatlerde yapılmaya çalışılır (Pan, Giannikas, Grover-Silva, & Qiao, 2017).

2.10. Otonom Araçlar

Depolama süreci, son aşama teslimatı faaliyetleri kapsamında müşterilerin deneyimleri ve hizmet seviyesi üzerinde etkileri bulunmaktadır. Müşteri talepleri doğrudan teslimat programlarını ve sürecin ilk aşaması olan depolardan çıkış işlemleri bu operasyonlara bağlıdır. Depolarda siparişler, sevkiyat taleplerine göre toplanır, sıralanır ve paketlenir. Bu operasyonları geliştirmek üzere depo otomasyonu gün geçtikçe artmaktadır (Jiang & Huang, 2022). Depo otomasyon sürecine droidler büyük katkı sağlamıştır. Otomatik yönlendirme sistemlerine sahip olan bu cihazlar depo içerisinde

kısa mesafeli raflar arasında yük taşıma ve sipariş hazırlama gibi süreçlerde kullanılırlar. Aliexpress'in depolarında kullandığı Quicktron'lar bunlara örnek olarak gösterilebilir (Pickering, 2017).

Son yıllarda otomasyon teknolojisi son aşama teslimatlarında çok sayıda yenilikçi iş uygulamasına kapı açtı. Kendi kendine sürüş özellikleri olan dağıtım robotları sınırlı alanları kapsayabilen, gelecek vaat eden bir otonom dağıtım modudur (Chen, Demir, Huang, & Qiu, 2021). Bu robotların özellikleri kentsel lojistik kapsamında son aşama teslimatı için en uygun olanlarıdır. Örneğin; 45 kg'dan daha ağır olmayan Starship robotu, yaya hızında seyahat edebilir ve 6,43 km'lik bir yarıçap içindeki müşterilere 2,6 kg altındaki yükleri taşıyabilir (Kottasova, 2016).



Görsel 2.4. Otomatik yönlendirmeli araçlar (www.globecomposite.com, 2019)

E-ticarette son aşama teslimatı üç açıdan görülebilir: talep, arz ve fiziksel çevre. Talep perspektifi, bireysel müşteriler ve kurum/kuruluşlar tarafından temsil edilen çevrimiçi satın alınan mallara olan talebi temsil eder. Tedarik perspektifi, kurye, ekspres ve kargo şirketleri ile e-ticaret hizmetleri, üreticiler ve çevrimiçi mağazalar tarafından temsil edilen çevrimiçi satın alınan malların teslimatını temsil eder. Fiziksel çevre perspektifi, yerel yönetim tarafından düzenlenir ve trafik sıkışıklığı ve çevre kirliliği gibi faktörleri içerir (Bandeira, D'Agosto, Ribeiro, Bandeira, & Goes, 2018).

3. KENTSEL LOJİSTİK

Kentsel yük taşımacılığı, malların şehirler veya kentsel alanlar içindeki hareketlerini ifade etmektedir. Kentsel lojistik ise taşımacılık, depolama gibi

temel lojistik faaliyetlerden etkilenen; içerisinde üreticiler, perakendeciler, dağıtıcılar, lojistik hizmet sağlayıcılar, belediyeler ve diğer yönetim unsurları, sivil toplum kuruluşları, kent sakinleri gibi aktörlerin bulunduğu bölgelerdeki uygulamaları ifade etmektedir. Her geçen gün artan müşteri talep ve isteklerine teknoloji ve çağın getirileriyle birlikte görevlerini yerine getirmeye çalışan lojistik hizmet sağlayıcılarının daha sürdürülebilir, çevreyle dost ve hareketlilik ve tıkanıklığı daha az etkileyecek bütünleşik bir şekilde hizmet vermesi beklenmektedir. Tüm bunların yanı sıra hizmet seviyelerini yükselterek daha düşük maliyetlerle sağlamaları tercih edilebilirlik anlamında faydalarına olmaktadır (Taniguchi & Thompson, 2018).

Kentsel lojistik faaliyetleriyle bir şekilde etkileşim içerisinde bulunan farklı beklenti ve amaçları bulunan ve aynı zamanda birbirlerinin de potansiyel müşterileri olabilme gibi durumları söz konusu olan tüm tarafları özetleyecek olursak dört ana başlık altında ifade etmemiz mümkün olabilir. Bunlar (Sorooshian, Sharifabad, Parsaee, & Afshari , 2022);

- Göndericiler (Her türlü üretim yapan işletmeler, toptancı ve perakendeci gibi alım-satım işlemi yapan kâr amacı taşıyan kurumlar)
- Taşıyıcılar (Taşımacılık hizmeti veren tüm lojistik hizmet sağlayıcılar)
- Yerel yönetimler ve yasa koyucu otoriteler (Belediyeler, kamu kurum ve kuruluşları)
- Kent sakinleri (Nihai müşteriler, yerleşik yaşayanlar, yerel ve yabancı turistler)

Kentsel yük taşımacılığında en büyük zorluklardan biri şehir trafiğinde yaşanan tıkanıklıklardır. Kentsel lojistik açısından olumsuz etkilere neden olan tıkanıklığın;

- Teslimat sürelerinin uzaması,
- Yakıt tüketimi ve maliyetlerin artması,
- Kentsel alandaki akış hızının düşmesi,
- Geciken teslimatlar nedeniyle olası müşteri memnuniyetsizliği,
- Verimlilik ve üretkenliğin azalması,
- Hava ve ses kirliliğinin artması,
- Toplu taşıma sistemlerinin erişilebilirliği ve seyahat süreleri açısından güvenilirliğinin azalması,

- Kentsel alanlarda genel yaşanabilirlik ve hayat kalitesini azaltması,
- Diğer tüm etmenlerle birlikte stres ve diğer insan sağlığı problemleri gibi etkileri bulunmaktadır (Mucowska, 2021).

Kentsel lojistiğin bu etkilerinin çözüme kavuşturulması için göz ardı edilmemesi gereken ilkeler yer almaktadır (Taniguchi & Thompson, 2018).

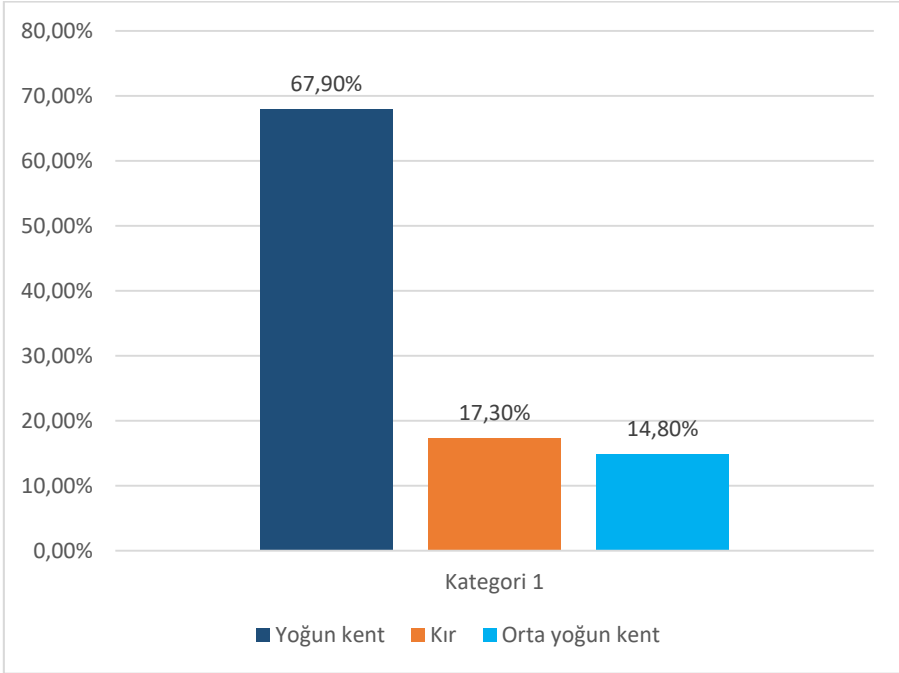
- **Hareketlilik:** Kent içerisinde yer alan yolcu, araç (son aşama teslimatı kapsamında kullanılan çözüm yöntemlerinden paket bisikletleri, elektrikli ve otonom araçlar gibi yük taşımacılığı kapsamında yararlanılan bütün taşıma araçları bu sınıfa dahil edilebilir), yük ve diğer tüm unsurların bir noktadan başka bir noktaya olan ulaşımı esnasında kullanılan tüm altyapının elverişliliği, akış hızının tahmin edilebilir olması, seyahat sürelerinin planlanan şekilde tamamlanabilme kabiliyeti gibi durumları ifade etmektedir.

- **Sürdürülebilirlik:** Şehir içindeki tüm lojistik faaliyetlerin, kentsel lojistik taraflarını minimum etkileyecek düzeyde ve çevreyle dost bir şekilde yürütmesini ifade etmektedir.

- **Yaşanabilirlik:** Refah düzeyiyle doğrudan ilişkili olan ilkedir. Kent içerisindeki sakinlerin barınma, eğitim, ulaşım, sağlık, alışveriş, kent içi ulaşım gibi ihtiyaçlarını nasıl ve hangi derecede sağladığına dair fikir sahibi olmamıza imkan tanımaktadır.

- **Dirençlilik:** Kentsel lojistik için tüm gerekli araçların, kullanılan taşıma ekipmanlarına kadar şehrin altyapısının tamamının afet ve diğer beklenmedik durumlara karşı güçlü olmasını ifade etmektedir. Pandemi gibi ya da diğer doğal veya insan kaynaklı lojistik faaliyetleri olumsuz anlamda etkileyecek durumlar karşısında bu operasyonların aksamadan devam edebilme gücüdür. Kentsel lojistik açısından dirençli şehirler, tüm tarafların amaçlarını gerçekleştirebilme kapasitesi yüksek, faaliyetlerinin aksama olasılığı düşük ve kriz anlarından çıkıp o duruma adapte olabilme yetisi kuvvetli şehirlerdir.

Nüfusun şehirlerde yoğunlaşması, lojistik ihtiyaçların giderilmesi karşısında önemli bir etkidir. Kentleşme ile birlikte müşteri beklentileri hız, esneklik, maliyet anlamında daha da büyüyecektir. Bu bölgelerde kentsel lojistik ilkeleri göz önünde bulundurularak yaşamı olumsuz şekilde etkilemeyecek iyi bir optimizasyon, lojistik planlama, yük taşımacılığı ve depolama gibi temel faaliyetleri iyileştirmek tüm taraflar için kritiktir.



Şekil 3.1. Türkiye kent-kırsal kesim nüfus oranı (www.tuik.gov.tr, 2022)

Büyük şehirlerde nüfusun artmasıyla birlikte trafik yoğunluğu da artmaktadır. Yoğunluk nedeniyle ortaya çıkan sorunların etkisi de büyümektedir. Bu durum birçok unsuru farklı şekilde etkilemektedir. Yük taşıyıcılarının malları zamanında teslim etmesini zorlaştıran nedenlerle birlikte nakliye maliyetleri gün geçtikçe yükselmektedir.

Tıkanıklığın neden olduğu önemli unsurlardan bir tanesi de çevresel sorunlardır. Özellikle geri dönüşüm, yeniden işleme, bertaraf etme gibi nedenlerle tersine lojistik kapsamında hareket eden malların ve diğer kullanım amaçlı atıkların çevreye çok fazla zarar verdiği bilinmektedir. Atıkların toplandığı merkezlerde çevresel etkilerin en aza indirilecek şekilde faaliyetlerin yürütülmesi büyük önem arz etmektedir. Özellikle bertaraf edilmek üzere toplanan ve aktarma merkezleri ve diğer alanlara getirilen atıkların taşınması sırasında koku ve insan sağlığını etkileyebilecek malzemelerin taşındığı unutulmamalıdır.

Kentsel lojistiğin etkilerinin fark edilmesiyle birlikte daha sürdürülebilir yük taşımacılığı ve diğer lojistik faaliyetlere olan ihtiyaç, lokal yönetimler, kural koyucular, sivil toplum örgütleri ve yatırımcılar için öncelik haline gelmiştir.

(Lagorio, Pinto, & Golini, 2016). Enerji tasarrufu, kentsel yük taşımacılığında da hayati bir konudur çünkü enerji üretimi için sınırlı doğal kaynaklar mevcuttur. Lojistik hizmet sağlayıcıları, enerji tasarrufu sağlayarak veya alternatif çözümler kullanarak bu sınırlı kaynaklara olan bağımlılıklarını azaltabilirler. Bu şekilde, küresel ısınmanın ana nedenlerinden biri olan karbondioksit gazı salınımı konusunda çevresel faydalar elde edilebilir. Dolayısıyla, kentsel lojistiğin sürdürülebilirliği, enerji tasarrufu ve çevresel etkileri göz önünde bulunduran bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalıdır.

Kentsel yük taşımacılığı kapsamında yapılan faaliyetler nedeniyle meydana gelen kazalar da halk sağlığını olumsuz anlamda etkilemektedir. Yaralanma, ölüm, kalıcı rahatsızlıklar, maddi kayıplar ve travmatik sonuçları olabilmektedir. Kentsel lojistik açısından toplumsal güvenlik ve refah açısından önemli bir husustur.

Artan şehir nüfusu, çevre kirliliği ve güvenlik endişeleri ile birlikte, trafik sıkışıklığı ve tıkanıklığı gibi sorunlar artmıştır. Bununla birlikte, e-ticaret nedeniyle parçalanmış halde bulunan çok sayıda talep noktası ve farklı mal akışlarını senkronize ederek uyumlu hale getirme ihtiyacı gibi yük taşımacılığında ele alınması gereken sorunlar mevcuttur. Özellikle tarihi ve sanatsal açıdan önemli bölgelerde, yük taşımacılığı kentsel yaşamın kalitesi ve yaşanabilirliği için ciddi bir endişe kaynağı olarak görülmektedir. Bu bölgelerde, korunması gereken değerler ve ziyaretçilerin erişilebilirliği dikkate alınmalıdır. Bazı kaynaklarda kentsel lojistik veya kentsel yük taşımacılığı olarak da ifade edilen kentsel lojistik, olumsuz etkileri azaltan, daha iyi ve hızlı teslimatlar sağlayan çözümler sunmayı amaçlamaktadır (Dablanc, Diziain, & Levifve, 2011).

4. SON AŞAMA TESLİMATLARININ KENTSEL LOJİSTİĞE OLAN ETKİLERİ

Kent içerisinde mikro dağıtıma odaklanan son aşama teslimatları kentsel lojistiğin bileşeni ve tedarik zincirinin önemli bir halkasıdır. E-Ticaret hacminin genişlemesiyle birlikte son aşama teslimatlarının yapısı da buna bağlı olarak karmaşıklaşmıştır. Son aşama teslimatları kentsel alanlar içerisinde büyük bir zorluktur.

Son aşama teslimatları farklı bölgelerde yer alan çok sayıda teslimat adresleri yüzünden trafik yoğunluğunu artırmaktadır. Teslimat için kullanılan araç sayısının fazlalığı da atmosferi kirleten zehirli gaz emisyonlarını artırmaktadır. Kent sakinleri ve diğer unsurlar dolaylı olarak bu durumdan etkilenmektedir. Uzun vadede halk sağlığını da olumsuz anlamda etkileyecek sonuçlar doğurabilmektedir.

E-Ticaret faaliyetleri kapsamında yapılan son aşama teslimatlarının kent yaşamına doğrudan etkileri bulunmaktadır. Artan teslimat sayılarıyla birlikte trafikte büyük sıkışıklıklara neden olmaktadır. Kent sakinlerinin yaşam kalitesini olumsuz anlamda etkileyecek tıkanıklıktan kaynaklı uzayan ulaşım süreleri, artan stres bozukluğu gibi etkileri olabilmektedir. Ayrıca trafikteki araç sayısının artmasıyla birlikte kaza oranlarının da artması yaralanmaların ve diğer rahatsızlıkların da artmasına neden olmaktadır.

Kentsel alanlarda oldukça artan etkisiyle son aşama teslimatları trafik yoğunluğuna ve dolayısıyla artan egzoz gazı emisyonlarına neden olarak çevresel yapının bozulmasına, yeşil alanların azalmasına ve halk sağlığına olumsuz etkileri bulunmaktadır. Sınırlı park alanları, ulaşım altyapısındaki yetersizlikler, çok modlu taşımacılığı teşvik edecek alanların sınırlılığı lojistik hizmet sağlayıcılar ve kent yönetimleri üzerindeki çözüm konusunda baskıyı artırmaktadır.

Son aşama teslimatlarının tüketici davranışları üzerinde de etkileri vardır. Akıllı paket dolapları ve teslimat noktaları gibi yenilikçi çözümlere erişebilme ve bu çözümlerin avantajlı olmasını beklemektedirler. Ancak bu ihtiyaç ve beklentilerin farklı alanlarda çeşitli paydaşlar açısından etkileri olduğu için sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmeli ve tercih edilebilirlik oranları artırılmalıdır. Benzer ve daha yenilikçi çözümlerin önümüzdeki yıllarda daha da kullanım oranlarının artacağını öngörmek mümkündür.

Kentsel lojistik içerisinde son aşama teslimatı faaliyetlerinin teslimat maliyetlerinde oldukça verimsiz bir etkisi söz konusudur. Şehirlerin sürdürülebilirliği açısından sorun teşkil etmektedir. Teslimatlar için kullanılan tüm yöntemler şehirleşmenin yoğun olduğu bu bölgelerde yaşam kalitesini ve çevreyi etkilemektedir (Yılmaz, Aktaş, & Demirel , 2022). Ayrıca son aşama teslimatları şehir merkezlerinde çok fazla sayıda aracın dolaşmasına neden olmaktadır. Trafik akışı içerisindeki etkilerinin yanında sınırlı park alanları nedeniyle de park sorunlarına yol açmaktadır. Yaşamı olumsuz anlamda etkilediği kadar teslimat süreleri bakımından da uzatıcı etkiye sahiptir (Faccio & Gamberi, 2015). Tüm bu etkilerinin yanı sıra yüksek maliyetli faaliyetler bütünü olduğu da unutulmamalıdır (Ranathunga, Wijayanayake, & Niwunhella, 2021).

E-Ticarete son aşama teslimatları kentsel lojistik içerisinde lojistik karmaşıklığı artırmaktadır. Lojistik hizmet sağlayıcılarının karşı karşıya kaldığı maliyetlerin yüksek olmasına neden olmanın yanı sıra sunulan hizmetin kalitesinde düşüşe ve dolayısıyla da müşteri memnuniyetine olumsuz anlamda etki etmektedir (Escudero-Santana, Muñuzuri, Lorenzo-Espejo, &

Muñoz-Díaz, 2022). Sadece e-ticaret müşterileri için değil kent içi ulaşımında da yolcuların uzayan süreler nedeniyle günlük yaşamlarında gecikmelere sebep olmaktadır (Siegfried, Michel, & Tänzler, 2021).

Şehir içinde uygun depolama alanlarının sınırlı olması e-ticaret işletmelerini depolama ve dağıtım konusunda olumsuz anlamda etkilemektedir (Johnson & Chaniotakis, 2021). Bu nedenle depolama alanlarının genişletilmesine ya da mevcut bölgelerin daha verimli kullanılmasına yönelik çalışmaların artırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca depolama alanlarının etrafındaki trafik yoğunluğunun azaltılması da yaşanan olumsuzlukları azaltabilir.

Ekonomik ve çevresel etkilerinin tamamının göz önünde bulundurularak tüm kentsel lojistik aktörlerin de faydasına olabilecek çözümlere ihtiyaç vardır. İlgili çözümlerin sunulabilmesi için de son aşama teslimatlarının kentsel lojistiğe olan etkilerinin tam manasıyla anlaşılabilmesi gerekmektedir. Bu noktadan hareketle yola çıkılan çalışmada son aşama teslimatlarının etkilerinin azaltılabilmesi ve daha sürdürülebilir bir yaşam için benimsenmesi gereken anlayış ve çizilmesi gereken yol haritası konusunda öneriler sonuç kısmında belirtilecektir.

5. SONUÇ

Son aşama teslimatlarının etkilerini azaltmak için lojistik hizmet sağlayıcılar, tüketiciler, kamu kurum ve kuruluşları için önemli zorluklar bulunmaktadır. Malların verimli bir şekilde kentsel yaşamı en az etkileyerek teslimatlarının sağlanması gerekmektedir. Son aşama teslimatlarının optimize edilmesi için birçok çözüm yöntemi son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Bunların bazıları başarılı olsa da bazıları çeşitli nedenlerle son tüketiciler tarafından fazla ilgi görememiştir.

İklim değişikliği ve çevresel değişiklikler nedeniyle sürdürülebilir tedarik çözümlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Kentsel alanlarda yüklerin bütün hareketleriyle doğrudan ilişkili olan son aşama teslimatlarının farklılaşmaya ihtiyacı vardır. Aynı zamanda sosyalleşme ve medeniyetin en önemli unsurları içinde yer alan bir arada ve birlikte yaşamının, lojistik ağ yapısı oluşturulurken önemli bir etken olduğunu göz ardı etmemek gerekir. Bu iki kavram birbiri için belirleyici rolü vardır. Şehirlerdeki yerleşmenin ve dolayısıyla teslimat noktalarının karmaşıklığı çözülmesi gereken sorunlardır. Kent sakinlerinin yaşam kalitesini yükseltmek ve son aşama teslimatının etkilerinden kurtulabilmeleri için yenilenmiş lojistik ağ yapısı ve sürdürülebilir çözümlere ihtiyaç vardır.

Kentsel akışın optimize edilmesi için farklı ulaşım modlarının kullanılarak hiyerarşik ağlar tasarlanmalı, aktarma merkezleri gibi çözümler göz önünde bulundurulmalıdır. Kentsel lojistiğin ekonomik, sosyal ve çevresel amaçları doğrultusunda;

- Dirençli bir şehir kurma yolunda altyapı iyileştirmeleri yapılmalıdır.
- Verimli ve etkin lojistik ağlarının şehirle bütünleşik bir şekilde işleyen yapıda kurulması gerekmektedir.
- Ortak kullanımlı depolama, aktarma merkezleri, elleçleme alanları, yüklerin konsolide edilmesi gibi farklı lojistik hizmet sağlayıcılarının ortak bir paydada buluşmasını sağlayacak projeler geliştirilmelidir. Böylelikle kullanılan alan ve araç anlamında ortaya çıkan azalma sayesinde maliyetler, tıkanıklık, ses ve hava kirliliği gibi etkiler azaltılmış olacaktır.
- Yolcu ve yük taşımacılığı kapsamında hareketlilik ilkesi doğrultusunda geliştirmeler yapılmalıdır. Böylelikle kent sakinleri için daha yaşanabilir steril bir ortam sağlanmış olacaktır.
- Yerli ve yabancı turistler için de ziyaret edilecek alanlar erişilebilir hale getirilmelidir. Kent ekonomisine önemli katkı sağlayacak yatırımlar artırılmalı ve teşvik edilmelidir.

Son aşama teslimatlarını tamamlayabilmek için çok sayıda araç kullanılmaktadır. Teslimat bölgelerinin farklı yerlerde olmasından kaynaklandığı için kat edilen mesafeler de fazla olabilmektedir. Ulaşım verimliliğini artırmak ve kat edilen mesafeleri azaltmak için rota optimizasyonu ve yük birleştirme gibi çözümler hayata geçirilmelidir. Ayrıca akıllı paket dolapları ve teslimat noktaları gibi uygulamalar hatalı teslimatlar, iade ve geri dönüşler de göz önünde bulundurulunca maliyet ve teslimat için gereken mesafeleri azaltıcı etkisi önemlidir. Bu çözüm yöntemleri, müşterilerin daha sık kullanımı için teşvik edilmelidir.

İş birliği stratejileri, paylaşım ekonomileri gibi ortak hizmet verilmesine ön ayak olacak iş yöntemleri devreye sokulmalıdır. Böylelikle maliyet anlamında çok büyük avantajlar sağlanmış olacaktır. Ortak taşıma araçları, park ve depo alanları gibi çözümlerin hayata geçmesiyle tüm olumsuz etkileriyle birlikte akış içerisindeki araç sayısı da azaltılmış olacaktır.

Çok modlu teslimat seçeneklerinin kentsel lojistik üzerindeki rahatlatıcı etkisi düşünülerek ciddi anlamda değerlendirilmesi gerekmektedir. Son aşama teslimatlarının neredeyse tamamı karayoluyla sağlanmaktadır. Ancak deniz ya da demiryolu limanları içerisinde veya yakınında kurulacak yükleme

ve boşaltma alanlarının kentsel lojistiğe sağlayacağı potansiyel katkı unutulmamalıdır.

İklim değişikliği nedeniyle sürdürülebilir tedarik sistemleri gerekmektedir. Bu kapsamda yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalışan teknolojilere daha fazla yatırım yapılmalı. Kural koyucular tarafından teşviklerle desteklenmeli ve kentsel lojistik içerisinde kullanım oranları artırılmalıdır. Elektrikli ve otonom olarak da hizmet verebilen bu araçlar özellikle mikro dağıtımlar için kentsel lojistiğin önemli bir bileşenidir. Yük taşımacılığının verimliliği artırılarak kentsel yaşam kalitesi de yükseltilmiş olacaktır.

Akademik anlamda da enerji tasarrufu sağlayan sürdürülebilir ve emisyonuz çözümlere yönelik araştırmalar genişletilmelidir. Teknoloji yatırımlarına öncü olabilecek çevre dostu sistemlerin aynı zamanda ekonomik olarak da işletmeler için cazip olması sağlanmalıdır.

Son aşama teslimatları kentsel alanlarda büyük bir zorluktur. Sürdürülebilir kentsel lojistik çözümlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Toptancı, perakendeci, taşıyıcı, üretici, kent sakinleri, belediyeler ve diğer otoriteler olmak üzere içerisinde birçok kilit oyuncu dahildir. Lojistik çözümlerin hazırlanmasında tüm bu aktörlerin de beklenti ve ihtiyaçlarını karşılayacak yapıda olmalıdır. İleriye dönük yapılacak bu çalışmalar; sürdürülebilir nitelikte olmalı ve güncel sorunları çözümler son aşama teslimatlarının etkilerini azaltıcı nitelikte olmalıdır. Ayrıca kentsel lojistiğin tüm taraflarının da beklenti ve ihtiyaçlarını da gözetmelidir ki arada oluşacak dengesizliğin önüne geçilmelidir. Örneğin; işletmeler için verimli olabilecek bir yöntem son tüketicilere daha maliyetli şekilde yansımamalıdır. Ayrıca kural koyucu otoriteler için de uygulamaya konulamaz nitelikte olmamalıdır. İşletmeler için değerlendirildiğinde ise müşteri talep ve arzularını anlamak üzere mülakat ve anket yöntemleriyle ayrıntılı bir şekilde yapılacak çalışmalar gelirlerini ve müşteri memnuniyetini artırma konusunda onlara yardımcı olacaktır. Sektör profesyonelleriyle de yapılacak yapılandırılmış mülakat gibi görüşme teknikleriyle lojistik hizmet sağlayıcılarının ilgilerinin ne yönde olduğu konusunu aydınlatmaya yönelik çalışmalar yapılabilir. Bu çalışma genişletilerek son aşama teslimatlarının çevreye olan etkilerini göstermek üzere sayısal verilerle bir çalışma yapılabilir. Böylece çevresel etkileri konusunda da daha ayrıntılı veriler elde edilmiş olur.

6. KAYNAKLAR

- (2022). www.eticaret.gov.tr: <https://www.eticaret.gov.tr/istatistikler> adresinden alındı
- (2023). www.pilotcar.com.tr: <https://pilotcar.com.tr/en/p-1000-cargo> adresinden alındı
- Asdemir, K., Jacob, V., & Krishnan, R. (2009). Dynamic pricing of multiple home delivery options. *European Journal of Operational Research*, 246-257.
- Baldacci, R., Mingozzi, A., & Roberti, R. (2012). New State-Space Relaxations for Solving the Traveling Salesman Problem with Time Windows. *INFORMS Journal on Computing*, 356-371.
- Bandeira, R., D'Agosto, M., Ribeiro, S., Bandeira, A., & Goes, G. (2018). A fuzzy multi-criteria model for evaluating sustainable urban freight transportation operations. *Journal of Cleaner Production*, 727-739.
- Bauer, C., Mladenow, A., & Strauss, C. (2014). Fostering Collaboration with Location-based Crowdsourcing. In *Cooperative Design, Visualization, and Engineering*, 88-95.
- Bertram, R., & Chi, T. (2017). A study of companies' business responses to fashion e-commerce's environmental impact. *International Journal of Fashion Design*.
- Bhatti, A., Akram, H., Basit, H., & Khan, A. (2020). E-commerce trends during COVID-19 Pandemic. *International Journal of Future Generation Communication and Networking*, 1449-1452.
- Bosona, T. (2020). Urban Freight Last Mile Logistics—Challenges and Opportunities to Improve Sustainability: A Literature Review. *MDPI: Sustainability*.
- Boysen, N., Fedtke, S., & Schwerdfeger, S. (2020). Last-mile delivery concepts: a survey from an operational research perspective. *OR Spectrum*.
- Bugembe, M. (2022). Grow Or Die The New Reality of eCommerce. www.forbes.com: <https://www.forbes.com/sites/mikebugembe/2022/05/06/grow-or-die-the-new-reality-of-ecommerce/?sh=76cba6ed3fb1> adresinden alındı

- Carbone, V., Rouquet, A., & Roussat, C. (2017). The Rise of Crowd Logistics: A New Way to Co-Create Logistics Value. *Journal of Business Logistics*, 238-252.
- Chen, C., Demir, E., Huang, Y., & Qiu, R. (2021). The adaption of self-driving delivery robots in last mile logistics. *Transportation research part E: logistics and transportation review*.
- Dablanc, L., Diziain, D., & Levifve, H. (2011). Urban freight consultations in the Paris region. *European Transport Research Review*, 47-57.
- Delves, J. (2023). Electric cargo bikes explained. [www.cyclingelectric.com: https://www.cyclingelectric.com/buyers-guides/cargo-bikes-explained](https://www.cyclingelectric.com/buyers-guides/cargo-bikes-explained) adresinden alındı
- Escudero-Santana, A., Muñuzuri, J., Lorenzo-Espejo, A., & Muñoz-Díaz, M.-L. (2022). Improving E-Commerce Distribution through Last-Mile Logistics with Multiple Possibilities of Deliveries Based on Time and Location. *MDPI: Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 507-521.
- Faccio, M., & Gamberi, M. (2015). New City Logistics Paradigm: From the “Last Mile” to the “Last 50 Miles” Sustainable Distribution. *MDPI: Sustainability*, 14873-14894.
- Heutger, M. (2014). *Unmanned Aerial Vehicles in Logistics*.
- Huang, K., & Ardiansyah, M. (2019). A decision model for last-mile delivery planning with crowdsourcing integration. *Computers & Industrial Engineering*, 898-912.
- Jiang, M., & Huang, G. (2022). Intralogistics synchronization in robotic forward-reserve warehouses for e-commerce last-mile delivery. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*.
- Johnson, D., & Chaniotakis, E. (2021). Innovative last mile delivery concepts: Evaluating last mile delivery using a traffic simulator. *7th International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)*.
- Kottasova, I. (2016). Forget drones, here come delivery robots. <https://money.cnn.com/2015/11/03/technology/starship-delivery-robots/%3fiid%3dEL> adresinden alındı

- Lagorio, A., Pinto, R., & Golini, R. (2016). Research in urban logistics: a systematic literature review. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 908-931.
- Laudon, K., & Traver, C. (2022). *E-commerce 2020-2021: business, technology, society*. Pearson.
- Macioszek, E. (2017). First and Last Mile Delivery - Problems and Issues. *Advanced Solutions of Transport Systems for Growing Mobility* (s. 147-154). Katowice: Springer.
- Mangiaracina, R., Perego, A., Seghezzi, A., & Tumino, A. (2019). Innovative solutions to increase last-mile delivery efficiency in B2C e-commerce: a literature review. *International Journal of Physical Distribution*, 901-920.
- Mucowska, M. (2021). Trends of Environmentally Sustainable Solutions of Urban Last-Mile Deliveries on the E-Commerce Market—A Literature Review. MDPI: Sustainability.
- Pan, S., Giannikas, V., Grover-Silva, E., & Qiao, B. (2017). Using customer-related data to enhance e-grocery home delivery. *Industrial Management & Data Systems*, 1917-1933.
- Patella, S., Grazieschi, G., Gatta, V., Marcucci, E., & Carrese, S. (2021). The Adoption of Green Vehicles in Last Mile Logistics: A Systematic Review. MDPI: Sustainability.
- Pickering, J. (2017). [www.businessinsider.com: https://www.businessinsider.com/inside-alibaba-smart-warehouse-robots-70-per-cent-work-technology-logistics-2017-9?IR=T](https://www.businessinsider.com/inside-alibaba-smart-warehouse-robots-70-per-cent-work-technology-logistics-2017-9?IR=T) adresinden alındı
- Ranathunga, M., Wijayanayake, A., & Niwunhella, D. (2021). Solution approaches for combining first-mile pickup and last-mile delivery in an e-commerce logistic network: A systematic literature review. *Smart Computing and Systems Engineering*, 267-275.
- Siegfried, P., Michel, A., & Tänzler, J. (2021). ANALYZING SUSTAINABILITY ISSUES IN URBAN LOGISTICS IN THE CONTEXT OF GROWTH OF E-COMMERCE. *Journal of Social Sciences*, 6-11.
- Sorooshian, S., Sharifabad, S., Parsaee, M., & Afshari, A. (2022). Toward a Modern Last-Mile Delivery: Consequences and Obstacles of Intelligent Technology. MDPI: Applied System Innovation.

- Strale, M. (2019). Sustainable urban logistics: What are we talking about? *Transportation Research Part A*, 745-751.
- Taniguchi, E., & Thompson, R. (2018). *City Logistics 1: New Opportunities and Challenges*. ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc.
- Taniguchi, E., & Thompson, R. (2018). *City Logistics 3: Towards Sustainable and Liveable Cities*. ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc.
- Vakulenko, Y., Hellström, D., & Hjort, K. (2018). What's in the parcel locker? Exploring customer value in e-commerce last mile delivery. *Journal of Business Research*, 421-427.
- van Duin, J., Wiegmans, B., van Arem, B., & van Amstel, Y. (2020). From home delivery to parcel lockers: a case study in Amsterdam. *Transportation Research Procedia*, 37-44.
- Viu-Roig , M., & Alvarez-Palau, E. (2020). The Impact of E-Commerce-Related Last-Mile Logistics on Cities: A Systematic Literature Review. *MDPI: Sustainability*.
- Wang, X., Zhan, L., Ruan, J., & Zhang, J. (2014). How to choose 'last mile' delivery modes for E-fulfillment. *Mathematical Problems in Engineering*, 279-293.
- Weideli, D. (2015). *Environmental Analysis of US Online Shopping*. Center for Transportation and Logistics. https://ctl.mit.edu/sites/default/files/library/public/Dimitri-Weideli-Environmental-Analysis-of-US-Online-Shopping_0.pdf adresinden alındı
- Weltevreden, J. (2008). B2c e-commerce logistics: the rise of collection and delivery points in The Netherlands. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 638-660.
- www.eticaret.gov.tr. (2023). ELEKTRONİK TİCARET BİLGİ SİSTEMİ (ETBİS) 2023 YILI İLK 6 AY VERİLERİ. <https://www.eticaret.gov.tr/dnnqthgzvawtdxraybsaacxtymawm/content/FileManager/Dosyalar/2023%20OCAK-HAZİRAN%20E-TİCARET%20BÜLTENİ.pdf> adresinden alındı
- www.globecomposite.com. (2019). AGV Robots Disrupt the Material Handling World. [www.globecomposite.com: https://www.globecomposite.com/blog/agv-robots-material-handling](https://www.globecomposite.com/blog/agv-robots-material-handling) adresinden alındı

- www.tuik.gov.tr. (2022). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Kent-Kir-Nufus-Istatistikleri-2022-49755> adresinden alındı
- Yang, Z. (2023). Food delivery by drone is just part of daily life in Shenzhen. www.technologyreview.com:
<https://www.technologyreview.com/2023/05/23/1073500/drone-food-delivery-shenzhen-meituan/> adresinden alındı
- Yılmaz, Ş., Aktaş, N., & Demirel, N. (2022). Novel last mile delivery models in terms of sustainable urban logistics. *Journal of Turkish Operations Management*, 1076-1091.
- Yoo, H., & Chankov, S. (2018). Drone-delivery using autonomous mobility: An innovative approach to future last-mile delivery problems. In 2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 1216-1220.

HAVA KARGO TRAFİK ARTIŞININ ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: HAVA TAŞIMACILIK ALTYAPI GELİŞİMİNİN ROLÜNE İLİŞKİN BİR ARAŞTIRMA*

Dr. Öğr. Üyesi Ümit ÇELEBİ
İstanbul Medipol Üniversitesi
ORCID: 0000-0002-2779-4168

Özet: Hava kargo taşımacılığı ülkelerin ekonomik kalkınmalarında kritik bir rol oynamaktadır. İşletmelerin uluslararası pazarlarda içinde buldukları yoğun rekabet ortamı, katma değeri yüksek ve zamana karşı hassas özellikleri olan ürünlerin varış noktalarına güvenilir ve hızlı sevkiyatını şart koşmaktadır. Bu zorunluluk diğer taşımacılık tiplerine göre daha avantajlı bir konumda olan hava kargo taşımacılığı sektörünün önemini artırmaktadır. Dünya ticaretinin değer bazında önemli bir kısmı hava kargo ile taşınmakta ve hava kargo yoluyla taşımacılık sürelerinin kısalması dünya ihracat ve ithalatını olumlu etkilemektedir. Sektör geliştikçe de ülkelerin dış ticareti artmakta ve rekabetçiliği güçlenmektedir. Keza, uluslararası hava taşımacılar birliği (IATA) gibi örgütlerce yapılan tahminler önümüzdeki dönemde hava kargo taşımacılığının dikkate değer bir büyüme içinde olacağına işaret etmektedir. Bu artış doğal olarak hava taşımacılık altyapısını geliştirmeyi zorunlu kılmaktadır. Özellikle hava taşımacılık altyapısının mevcut durumunu iyileştirme ve dünya genelinde genişlemesine yönelik yatırımlar hız kazanmaktadır. Ancak, hava taşımacılık altyapısının gelişmesi, havaalanlarının büyümesi ve yayılması, uçuş ağının genişlemesi, yeni hatların açılması, kullanılan araç ve ekipmanların artması vb. ekonomik kalkınmayı güçlendirirken; çevresel sürdürülebilirliği ise tersine zayıflatmaktadır. Bir taraftan havacılıkta kargo trafik artışı, diğer taraftan büyük altyapı yatırımları – havayolu ağlarının büyümesi, terminal ve pist sayısının artması, yer hizmetlerinin genişlemesi – doğal kaynakları ve iklimi olumsuz etkilemektedir. Dolayısıyla bu çalışma, hava kargo trafik artışının çevresel sürdürülebilirlik üzerinde ne derece etkiler getirdiğini ve bu

* Bu çalışmanın özeti 16-17 Kasım 2023 tarihleri arasında yüzyüze/online olarak düzenlenen 12.Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi'nde (ULTZK 2023) sunulmuş ve kongre özet kitapçığında yayımlanmıştır.

ilişkide hava taşımacılık altyapı gelişiminin nasıl bir rol oynadığını araştırmayı amaçlamaktadır. Bu araştırma, 2010, 2012, 2014 ve 2016 yıllarına ait 62 ülkenin 248 veri-setini, Baron ve Kenny ara değişken yöntemi, hiyerarşik regresyon ve Sobel test ile analiz etmektedir. Analiz sonucu hava taşımacılık altyapı gelişiminin, hava kargo trafik artışı ile çevresel sürdürülebilirlik arasında kısmi bir ara değişken rolü oynadığını göstermektedir: Hava kargo trafik artışının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisinin, hava taşımacılık altyapı gelişiminin analize dahil edilmesi sonucu düştüğü, ancak bu etkinin istatistiksel olarak anlamlılığını devam ettirdiği görülmektedir. Bu sonuç, hava kargo trafik artışı ve bu artışı karşılayacak olan hava taşımacılık altyapısındaki gelişiminin birlikte bir bütün olarak ele alınmasını gerektirmektedir. Çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki olası bu olumsuz etkileri azaltmak ve hatta ortadan kaldırmaya yönelik politikaların ise birbirleriyle eşzamanlı ve de eşgüdümlü olarak gerçekleştirilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hava Taşımacılık Altyapısı, Hava Kargo Trafik Artışı, Çevresel Sürdürülebilirlik, Ara Değişken Analizi

GİRİŞ

Dünya ticaretinin ağırlık ve hacimsel bazda yüzde 2'si hava kargo yolu ile taşınırken, ürünlerin kıymeti hesaba katıldığında bu oran yüzde 35'e ulaşmaktadır. Uluslararası Hava Yolu Taşımacılar Birliği (IATA), hava kargo yoluyla taşınan uluslararası ticaretin 6 trilyon ABD dolarına ulaşmasını beklemektedir. Dünya üzerinde önemi artan e-ticaretin yüzde 80'nin ise hava kargo yolu ile taşındığı tahmin edilmektedir. 2019 yılında turizmden elde edilen gelirin 7,6 kat daha fazlasının hava kargo taşımacılığından ileri geldiği ortaya konmaktadır (IATA, 2023). Normal dönemlerde zamana karşı duyarlı ve değeri yüksek ürünlerin dış ticaretinin artan bir şekilde ulaşımını sağlayarak ekonomik büyümeye önemli etkiler getiren hava kargo taşımacılığı, normal olmayan salgın ve deprem gibi afet dönemlerinde de sosyal ve insani gelişmeye önemli katkılar sunmaya devam etmektedir. Bunu, kriz noktalarında ihtiyaç duyulan kritik malzemelerin sevkiyatıyla yaşamsal bir işlevi yerine getirerek gerçekleştirmektedir. Gerek küresel salgında kişisel koruma ekipman, temel ihtiyaç, malzeme, lojistik ve tedarikinin kesintisiz işleminde ve gerekse de Türkiye'deki 6 Şubat 2024 tarihli büyük depremde görüldüğü üzere acil malzeme ve yardımların afet bölgesine ulaştırılmasında neredeyse tek seçenek olarak öne çıkmış olduğu

görülmektedir (TRT, 2023). Hava kargo taşımacılığının gelişimi başta lojistik performans olmak üzere bir dizi faktörü de olumlu etkilemektedir (Çelebi, 2015, 2018, 2021, 2022). Bu artan önemine uygun olarak hava kargo taşımacılığında ortaya çıkan trafik artışı ise hava taşımacılık altyapı gelişimini şart koşturmaktadır. Bu zorunluluk, özellikle hava taşımacılık altyapısının modernleştirilmesi, büyümesi ve genişlemesi sonucunu beraberinde getirmektedir.

Altyapının yenileştirilerek iyileştirilmesi esasen darboğazları azaltma ve işlemleri hızlandırma yoluyla verimlilik getirmesi açısından olumludur. Ancak, havaalanlarının, terminallerin, pistlerin, uçuş ağlarının, kullanılan araç ve ekipmanların sürekli büyütülmesi ve artırılması için girişilen ekolojik fizibilitesi tartışmalı bu büyük yatırımlar, çevresel sürdürülebilirlik üzerinde tersine olumsuz etkiler doğurmaktadır (Çelebi, 2023). Fosil enerji tüketimi ve emisyon artışı iklim değişikliğine; biyoçeşitlilik ve yenilenebilir su kaynaklarının tehlike altına girmesi ise doğal kaynakların hızla eriyip yok olmasına sebebiyet vermektedir. Halihazırda yüzde 19 olan hava kargo taşımacılığının toplam havacılık emisyonu içindeki payının – Covid 19’in gösterdiği üzere – önümüzdeki dönemde daha da artacağı tahmin edilebilecektir (Graver, Zhang ve Rutherford, 2019).

Dolayısıyla, bu çalışma hava kargo trafik artışının (FTK), çevresel sürdürülebilirlik (ENV) üzerinde ne derece bir etki getirdiğini ve bu etkide hava taşımacılık altyapı gelişiminin (ATR) ne tür bir rol oynadığını araştırmayı amaçlamaktadır. Sonuçlar, hava taşımacılık altyapı gelişiminin, hava kargo trafik artışı ile çevresel sürdürülebilirlik ilişkisinde kısmi ara değişken rolü oynadığını göstermektedir: hava taşımacılık altyapı gelişiminin analize dahil edilmesiyle, hava kargo trafik artışının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki önceki olumsuz etkisi azalmakla beraber, tamamen ortadan kalkmamakta, anlamlılığı devam etmektedir. Elde edilen bu verilerin bir yandan hava taşımacılığı ve sürdürülebilirlik literatürüne; diğer yandan da bu alandaki ülke politikalarına önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Literatüre olan katkı, hava kargo trafik artışı ve hava taşımacılığı altyapı gelişiminin (durumu ve yaygınlığı) çevresel sürdürülebilirlik üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu göstermesi açısından genel; hava kargo trafik artışının ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki olumsuz etkisinin kısmen hava taşımacılığı altyapı gelişiminin ara değişken rolü ile gerçekleştiğini göstermesi bakımından ise özgün bir katkı getirebilecektir. Ülke politikaları açısından ise bu araştırma, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğin yanında çevresel sürdürülebilirliği gözden kaçırmamak için, hava taşımacılık altyapısının durum ve yaygınlığı ile etkinliği ve verimliliği arasında bir denge

kurulmasına işaret etmesi açısından önemlidir. Dolayısıyla, sürdürülebilir bir çevreye sahip olma hedefi, hava taşımacılık altyapısının gelişmesi ile hava kargo trafik artışının eş zamanlı yönetilmesi ve kontrol altında tutulmasına yönelik önlemlerin birlikte alınmasından geçmektedir.

Çalışmanın ilk bölümünde araştırma modelindeki kavramların tanımı ve çalışmanın arka planı açıklanmaktadır. İkinci bölümde hipotezler geliştirilmektedir. Üçüncü bölümde araştırma modeli ve yöntemi sunulmaktadır. Dördüncü bölümde örneklem ve ölçümler açıklanmaktadır. Beşinci bölümde hipotezler sınanmakta ve sonuçlar analiz edilmektedir. Son bölümde ise sonuca ilişkin değerlendirmeler yapılmaktadır.

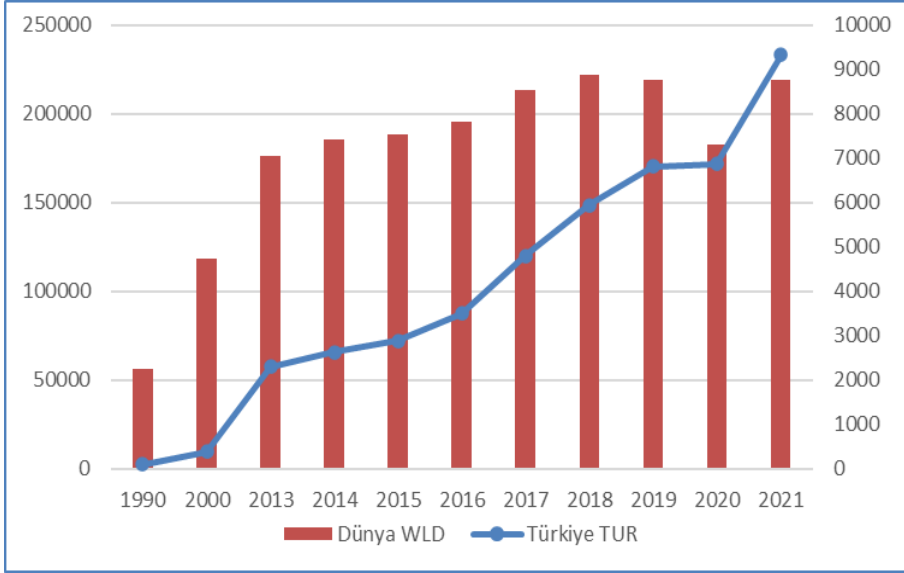
1. ARKA PLAN

Hava kargo taşımacılığının gelişimi ülkelerin tedarik zincirlerini güçlendirerek ekonomik büyüme ve kalkınmalarında önemli bir rol üstlenmektedir (Morrell ve Klein, 2019). Dünya ticaretinin hızla gelişmesine paralel olarak hava taşımacılığı ülkelerin gayri safi yurt içi hasılasının iki katı kadar büyümüştür (Belobaba, Odoni ve Barnhart, 2016). Hava taşımacılığı içinde hava kargo trafiği de gerek ton ve gerekse de ton-km cinsinden sürekli bir artış içindedir (IATA ve DHMİ, 2023). Diğer taşımacılık tiplerine göre sağladığı hız ve güvenilirlik açısından önemli bir üstünlüğü olan hava kargo taşımacılığının gelişimi ve kargo trafiğindeki bu artış, esasen ülkelerin uluslararası ticarete rekabetçiliklerin de önemli bir göstergesidir. İşletmelerin uluslararası pazarlardaki rekabet güçleri artan oranda pazara sunulan ürünlere ilişkin hizmetlerin hız ve kalitesinden geçmektedir. Bu hizmetlerin en başında ise pazara giriş ve erişimde temel işlev üstlenen taşımacılık hizmeti gelmektedir. Katma değeri yüksek ve zamana karşı hassas ürünlerin varış noktalarına güvenilir ve hızlı teslimatları dış pazarlarda rekabetçilik için artık bir önkoşuldur. Bu zorunluluk, diğer taşımacılık türlerine göre karşılaştırmalı bir üstünlüğe sahip olan hava kargo taşımacılığı sektörünün önemini artırmaktadır (IATA, 2023). Dünya ticaretinin değer bazında yüzde 35'i hava kargo ile taşınmaktadır (Bartle, Lutte ve Leuenberger, 2021). Hava kargo taşımacılık transit süresinde yüzde 1'lik bir iyileşmenin ise dünya ticaretini yüzde 6,3'lük oranında yükselttiği ortaya konmaktadır (TIACA, 2021). Tersinden bir anlatımla, eşyaların toplanmasından karşı ülkede dağıtımlarına kadar geçen transit süresinde yaşanabilecek bir günlük gecikmenin yüzde 0,6 ila 2,3 oranında gümrük tarifelerine eşdeğer bir maliyet getirdiği öne sürülmektedir (Hummels ve Schaur, 2012). Dolayısıyla, taşımacılık süresini kısaltmada önemli bir avantaj ve olanağa sahip olan hava kargo taşımacılık sektörü geliştikçe, ülkelerin dış

ticareti artmakta ve rekabetçilikleri gelişmektedir. Bu sebeple, uluslararası örgütler ilerleyen dönemde hava kargo trafiğinin dikkate değer bir büyüme içinde olacağını tahmin etmektedir (IATA, 2023).

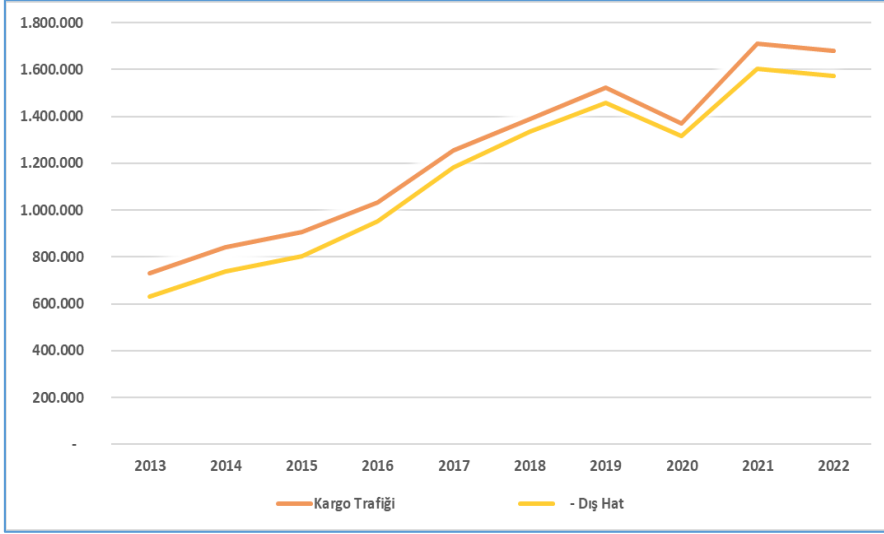
Şekil 1’de Dünya Bankası’nın dünya kalkınma göstergelerinden hava kargo trafiğinin 1990’dan itibaren sürekli artış içinde olduğu ve 2021 yılı itibariyle dünya genelinde toplam 219 milyon ton-km, Türkiye özelinde ise on kat artarak 9,3 milyon ton-km’ye ulaştığını göstermektedir:

Şekil 1.1 Hava kargo trafik artışı (hava kargo milyon ton km) 1990-2021
Kaynak: Dünya Bankası Dünya Kalkınma Göstergeleri 2023



Şekil 1.2 ise kargo trafik artışını içinde uçulan mesafe olmadan sadece ton cisinden vermektedir. Şekilden bu artışın özellikle dış hatlarda, uluslararası yük ve kargoların havayolu ile taşınmasından ileri geldiği görülmektedir:

Şekil 1.2 Türkiye Hava Kargo Trafik Ton
(Kaynak: Devlet Hava Meydanları İşletmesi 2023)



Hava kargo trafiğinde yaşanan bu önemli artış, doğal olarak hava taşımacılık altyapısının sürekli olarak geliştirilmesini, genişletilmesini ve yaygınlaştırılmasını zorunlu kılmaktadır. Nitekim, Tablo 1.1, Türkiye’de 2003 ve 2021 yılları arasında toplam uçuş sayısının 218,405’ten 466,266’ya, uçuş sayılarındaki bu artışı karşılayacak olan toplam havaalanı sayısının ise 26’dan 55’e çıktığını göstermektedir. Son yirmi yılda her iki göstergede birbirine paralel olan bu artışın iki katın üzerinde gerçekleştiği görülmektedir:

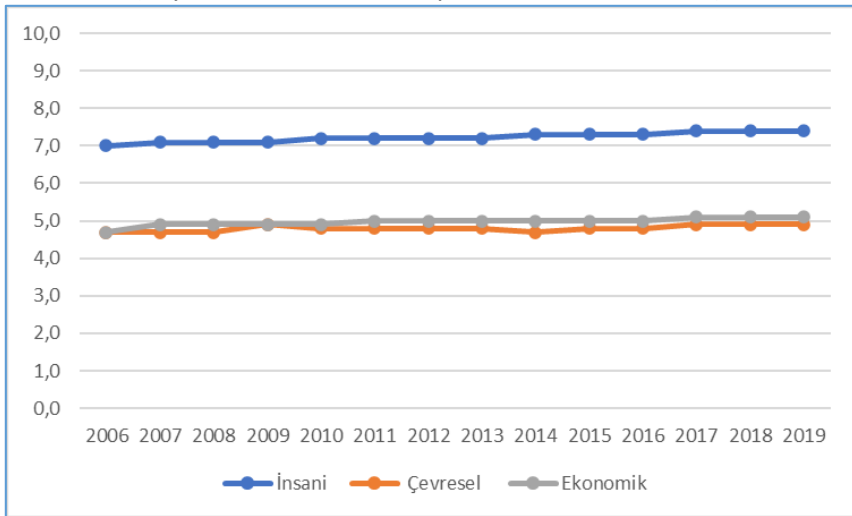
Tablo 1.1 Türkiye havaalanları ve hava kargo trafik istatistikleri (Kaynak: Devlet Hava Meydanları İşletmesi ve Dünya Bankası 2023)

	2003	2021	2025 (tahmin)
Havaalanı sayısı	26	55	-
Uçuş sayısı	218405	466266	882780
Kargo (ton)	198347	1604833	1646122
Kargo (ton km)	1 milyon	9,3 milyon	-

Tablo 1.1 ayrıca kargo-ton cinsinden trafiğin sekiz katın üzerinde bir artış içinde olduğunu göstermektedir. Keza aynı tabloda, uçuş sayısının 2021’e göre, 2025 yılında ikiye katlanarak 882 binin üzerinde gerçekleşeceği tahmini özellikle dikkat çekicidir. (Tabloda yer almayan 2022 yılı toplam dış hat uçuşun sayısının toplam 702.476 olarak gerçekleştiğın burada not etmek gerekir). Gerek dünyada ve gerekse de Türkiye’deki bu trafik artışları, hava

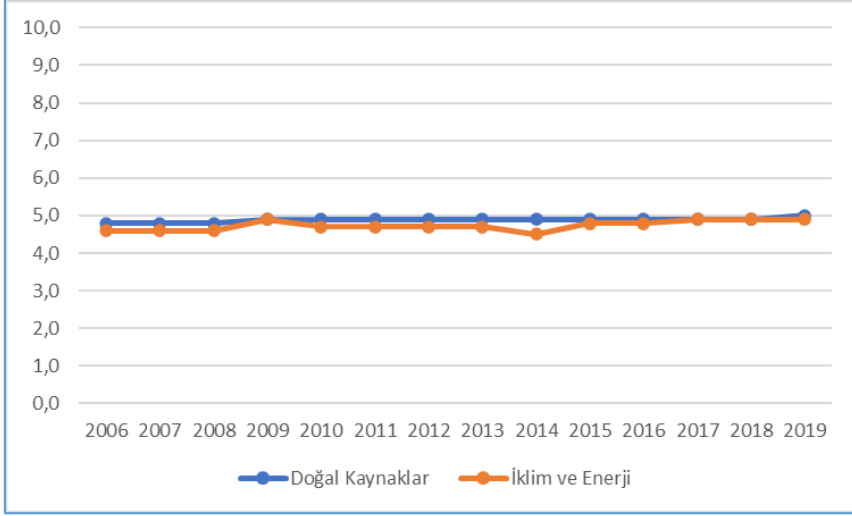
taşımacılık altyapısını geliştirmeye devam edilmesinin şart olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Dolayısıyla, altyapının gerek mevcut durumunun iyileştirilmesi ve artan trafiğe ayak uydurması ve gerekse de ölçeğinin büyütülmesi ve daha fazla noktaya uçuş ve hizmet yaygınlığının artırılmasına yönelik yatırımlar hız kesmeden devam etmektedir. Ancak, hava taşımacılık altyapısının gelişmesi, havaalanlarının büyümesi ve yayılması, uçuş ağının genişlemesi, kullanılan araç ve ekipmanların artması vb. ekonomik kalkınmayı güçlendirirken; çevresel sürdürülebilirliği ise tersine zayıflatmaktadır (Çelebi, 2023; Larson, 2021). Sürdürülebilirlik esasen üç temel alanda değerlendirilmektedir. Bunlar, çevresel, ekonomik ve insani/sosyal sürdürülebilirlik olarak tanımlanmaktadır (Elkington, 2018; To ve Lee, 2017). Bu üç temel alan altında belirlenmiş olan belli kategori ve göstergelere göre ülkeler bir sıralamaya tabi tutulmaktadır. Bu sıralamada 0 zayıf iken, 5 orta ve 10 güçlü performansa işaret etmektedir (SSI, 2023). Şekil 1.3 bu üç ana alana ilişkin 2006 ve 2019 yılları arasında gerçekleşen performansı göstermektedir. Şekildeki eğilim endekste yer alan ülkelerin tümünün gerçekleştirdikleri genel bir performansa işaret etmektedir. Yoksa her bir ülke özelinde daha düşük veya daha yüksek performans değerleri pek tabii ki mevcuttur. Şekilde, sosyal/insani ve ekonomik sürdürülebilirlik ile karşılaştırıldığında, çevresel sürdürülebilirliğin yıllar içinde gelişmediği ve hatta özellikle insani/sosyal sürdürülebilirliğin önemli ölçüde gerisinde kaldığı görülmektedir:

Şekil 1.3 Dünya Sürdürülebilirlik Göstergeleri
(Kaynak: Sürdürülebilir Toplum Endeksi, SSI, 2023)



Çevresel sürdürülebilirlik kendi içinde ise iki temel kategoriden oluşmaktadır. Bunlardan biri doğal kaynaklar diğeri ise enerji ve iklimdir. Bu kategorilerin her ikisinde de genel olarak ülkelerin performansının yıllar içinde sabit kaldığı ve gelişilmediği Şekil 1.4'ten görülmektedir.

*Şekil 1.4 Dünya Çevresel Sürdürülebilirlik Göstergeleri- Doğal Kaynaklar ve İklim & Enerji
(Kaynak: Sürdürülebilir Toplum Endeksi, SSI, 2023)*



Çevresel sürdürülebilirliğin geçen zaman içinde zayıf kalması üzerinde birçok faktör etkili olmaktadır. Bu etkide hava kargo trafik artışı ve genişleyen büyük hava taşımacılık altyapı yatırımlarının rolü özellikle önemlidir. Zira, havayolu ağlarının büyümesi, terminal ve pist sayısının artması, havaalanı ve yer hizmetlerinde kullanılan tesis, araç ve ekipmanların büyümesi ve artması bu etkinin en temel belirleyicileri arasında sayılmalıdır (ICAO, 2024; Dünya Bankası, 2019; IATA, 2018). Gerek uluslararası kargo havayolları ve gerekse de havaalanları birlikleri bu olumsuz etkiyi azaltmak ve/veya bertaraf etmek yönünde yoğun bir uğraş içinde olduğunu burada belirtmek yerinde olacaktır. Zira hava yolu kargo taşıyıcıları birliği TIACA, emisyon oranlarını düşürmek için bir yol haritasına uygun olarak kriterler belirleyip bunlara odaklanırken (TIACA, 2021), uluslararası havaalanları konseyi (ACI) benzer ancak sektörel bazı farklılıkları olan kriterler bazında bir değerlendirmeye göre havaalanlarını akredite etmektedir. Halihazırda toplam 291 havaalanının bu programın farklı seviyelerini tamamlayarak akredite olduğu

ve bu sayının gün ve gün artmaya devam ettiğini de belirtmek gereklidir (ACI, 2023). Dolayısıyla, bu çalışma hava kargo trafik artışının, çevresel sürdürülebilirlik üzerinde ne derece etkiler getirdiğini ve bu ilişkide hava taşımacılık altyapısı gelişiminin nasıl bir rol oynadığını araştırmayı amaçlamaktadır. Buraya kadar incelenen literatür ve bu literatür temelinde kurulan teorik arka plana uygun olarak araştırma modelindeki değişkenler arasındaki ikili ilişkilere ilişkin hipotez geliştirme aşamasına şimdi geçilebilecektir.

2. HİPOTEZ GELİŞTİRME

Değişkenlerin ikili ilişkisini yansıtacak şekilde hipotezler aşağıdaki şekilde geliştirilmiştir.

2.1. Hava kargo trafik artışı ve hava taşımacılık altyapı gelişimi

Hava kargo trafik artışının hava taşımacılık altyapı gelişimi ile arasındaki ilişkide birbiri ile bağlantılı iki ana etki özellikle belirleyicidir. Bunlardan birincisi uzun bir spektrumda uluslararası ticaretin artması ve bu artışın bilhassa hızlı taşımacılığa yönelerek hava kargo trafiğini büyütmesidir (Hummels, 2007). İkincisi ise ki, hava kargodaki bu trafik büyümesinin hava taşımacılığı gelişimini zorunlu kılarak altyapı yatırımlarına ivme katmasıdır. Dünya ticareti katma değeri yüksek ürünlerin hızlı ticaretine doğru evrildikçe transit sürelerindeki gecikme maliyetleri yükseltme riski taşımakta, tersine bir hızlanma ise maliyetleri önemli ölçüde düşürme fırsatları sunmaktadır (IATA, 2024). Bu fırsatları en iyi değerlendirme durumunda olan hava kargo taşımacılığı ve bu taşımacılık modundaki altyapı gelişmeleri doğal olarak maliyetleri düşürme potansiyeli taşımaktadır. Bu gelişmeler altyapı ve tesis iyileştirmeleri yanında jet motoruna geçiş gibi uçak teknolojisindeki dönüşümler ile de son derece sıkı ilişki içinde olduğunu burada belirtmek yerinde olacaktır (Graham, 2023; Hummels ve Schaur, 2010). Bu açıklamalar ışığında aşağıdaki birinci hipoteze ulaşılmaktadır:

H1: Hava kargo trafik artışı hava taşımacılık altyapı gelişimini pozitif etkilemektedir.

2.2. Hava kargo trafik artışı ve çevresel sürdürülebilirlik

Hava kargo trafiğindeki artış genel olarak ekonomik ve insani/sosyal refaha olumlu etkiler getirirken, çevresel sürdürülebilirlik üzerinde ise olumsuz etkiler getirmektedir. Hava kargo trafik artışı, fosil yakıt tüketimi ve karbon dioksit salınımını yükseltmektedir. Dünya çapında toplam sera gazları emisyonunun yüzde 15'i taşımacılık sektöründen gelmektedir (Larson,

2021). Taşımacılık içindeki ticari havacılığın sera gazları salınımının yaklaşık yüzde 3'lük bir kısmına neden olduğu ve bunun yüzde 19'unun ise hava kargo taşımacılığından ileri geldiği hesaplanmaktadır (Graver et. al., 2019). Bu çalışmalar ışığında aşağıdaki ikinci hipotez belirlenmektedir.

H2: Hava kargo trafik artışı çevresel sürdürülebilirliği negatif etkilemektedir.

2.3 Hava taşımacılık altyapı gelişimi ve çevresel sürdürülebilirlik

Hava taşımacılık altyapısının genişlemesi ve yaygınlığının artması ölçek ekonomisi getirmesi bakımından genel olarak amaçlanan bir gelişmedir. Çünkü, ölçeğin büyütülmesi birim maliyetleri düşürücü, taşımacılık maliyet ve ücretlerini geriletici pozitif bir etki getirmesi bakımından olumludur. Ancak ölçekteki bu büyümenin beklenenin aksine rekabeti önleyici etkilere de yola açtığı ve hava taşımacılık sistem ve operasyonunu daha karmaşık hale getirdiği ise ayrı bir gerçektir (Cho ve Lee, 2020), Özellikle terminal sayısındaki artış, sunulan hizmet ve tesis koordinasyonunu zorlaştırmakta ve aynı tip işlemler tekrarlanmakta ve operasyon yalın bir yapıdan uzaklaşarak daha ağır ve hantal bir hale dönmektedir. Farklı terminal ve tesisler arası mesafenin büyümesi ise bir terminalden diğerine erişimi geciktirerek zorlaştırmakta sonuçta çevresel sürdürülebilirlik üzerinde olumsuz etkiler getirmektedir (Graham, 2023).

H3: Hava taşımacılık altyapı gelişimi çevresel sürdürülebilirliği negatif etkilemektedir.

2.4 Hava taşımacılık altyapı gelişiminin hava trafik artışı ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ara değişken rolü

Hava taşımacılığının gelişmesi ticaret, rekabet gücü ve ekonomilerin büyümesi açısından önemlidir. Ticaretin rekabetçi olabilmesi için, katma değeri yüksek ve zamana duyarlı ürünlerin dünya üzerinde birçok noktaya hızlı teslimatı gerekmektedir. Bu hızlı teslimat sürelerine olan artan talep ise hava kargoya yönelimi artırmaktadır. Hava kargonun artan bir şekilde tercih edilen bir taşımacılık tipi olarak öneminin artması ise hava taşımacılık altyapısının sürekli iyileştirilmesi ve hizmet verilen noktaların artırılmasına yönelik yatırım gereksinimini yükseltmektedir. Hava kargo trafik artışı ve hava taşımacılık altyapı arasındaki bu pozitif ilişki ekonomik büyüme ve kalkınma açısından faydalı bir döngüye işaret ederken, aynı ilişki çevre açısından tersine negatif bir ilişki ve kısır bir döngüye evrilmektedir. Bu kısır döngüyü aşmak için daha önce belirtildiği üzere havaalanları artan oranda uluslararası karbon akreditasyon programına dahil olmaktadır. Bu program içinde havaalanları için belirlenen kontrol ve kontrol dışı emisyon kriterleri

bir aşamalandırmaya tabi tutularak net sıfır karbon salınımı hedefine ulaşılmaya çalışılmaktadır (ACI, 2023). Bu açıklamalar doğrultusunda aşağıdaki son hipoteze ulaşılmaktadır:

H4: Hava taşımacılık altyapı gelişimi hava kargo trafik artışı ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkide ara değişken rolü oynamaktadır.

Tablo 2.1 Hipotez tablosu (Kaynak: yazarın kendisi)

H1	Hava kargo trafik artışı hava taşımacılık altyapı gelişimini pozitif etkiler
H2	Hava kargo trafik artışı çevresel sürdürülebilirliği negatif etkiler
H3	Hava taşımacılık altyapı gelişimi çevresel sürdürülebilirliği negatif etkiler
H4	Hava taşımacılık altyapı gelişimi, hava kargo trafik artışı ile çevresel sürdürülebilirlik arasında ara değişkendir

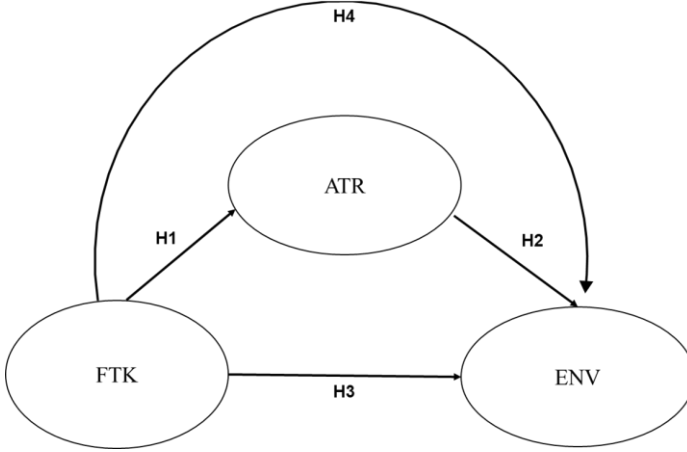
3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Elde edilen veriler, Baron ve Kenny araştırma yönetimine göre analiz edilmiştir (1986). Bu yöntem, bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisinin ne derece ara değişken olarak tanımlanan diğer bir değişken aracılığıyla gerçekleştiğini koyduğunu açığa çıkarmaya çalışmaktadır. Bir değişkenin, bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişkide bir ara değişken rolü oynadığını tespit ise, öncelikle aşağıdaki koşulların sağlanmasına bağlıdır:

- i) Bağımsız değişkendeki değişimin ara değişkende de değişime neden olması,
- ii) Ara değişkendeki değişimin bağımlı değişkende bir değişikliğe neden olması,
- iii) Ara ve bağımsız değişkenler bir arada analize dahil edildiğinde, bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki önceki anlamlı etkisinin azalması veya anlamsızlaşarak tamamen ortadan kalkması gerekmektedir.

Şekil 3.1 araştırmanın kavramsal modelini göstermektedir. Hipotezlerin sınaması için hiyerarşik regresyon yöntemi kullanılmıştır.

Şekil 3.1. Kavramsal model
(Kaynak: yazarın kendisi)



FTK, ATR ve ENV araştırma modelinin değişkenleri olup, aralarındaki ilişkiyi sınamak için üç adet regresyon eşitliği kurulmuştur. Bu eşitliklerin birincisi olan Model 1, bağımsız değişken FTK'nın bağımlı değişken ENV üzerindeki etkisini, ikincisi Model 2, bağımsız değişken FTK'nın ara değişken ATR üzerindeki etkisini, üçüncüsü ise ara değişken ATR'nin, bağımsız değişken ENV'nin üzerindeki etkiyi sınamak için oluşturulmuştur.

Model 1: $ENV = \beta_0 + \beta_1.FTK + \varepsilon$ (H₃)

Model 2: $ATR = \beta_0 + \beta_1.FTK + \varepsilon$ (H₁)

Model 3: $ENV = \beta_0 + \beta_1.FTK + \beta_2.ATR + \varepsilon$ (H₂ ve H₄)

4. ÖLÇÜM VE ÖRNEKLEM

Araştırma FTK, ATR ve ENV göstergelerine ait veri setlerine dayanılarak gerçekleştirilmiştir. FTK göstergeleri Dünya Bankası; ATR göstergesi Dünya Ekonomik Forumu (WEF); ENV göstergesi ise Sürdürülebilir Toplum Endeksi (SSI) veri tabanına erişim sağlanarak elde edilmiştir. Araştırma, 2010, 2012, 2014 ve 2016 yıllarına ait 62 ülkenin 248 veri-setini analiz etmiştir. Araştırmada ikincil veriler kullanılmış olup, bu veriler uluslararası organizasyonların yayınladığı nesnel veri ve ölçüklere dayandığından geçerlik ve güvenilirliğinin belirlenmesi gerekmemiştir. Bu nedenle doğrulayıcı faktör analizi yapılmamıştır. Bu bir karşılaştırma analizi veya belirli bir zamandaki değişiklikleri ortaya çıkarmaya dönük bir analiz olmayıp, araştırmanın ana motivasyonu seçilen veriler arasındaki doğrusal

ilişkileri belirleme amacı ile kısıtlanmıştır. Dolayısıyla, ele alınan zaman aralığı, çalışmanın amacı ve kapsamı açısından yeterlidir.

FTK, hava trafik artış göstergesi olup, hava kargo milyon ton-km olarak hesaplanmakta ve Dünya Bankası tarafından yayımlanmaktadır. Her uçuş aşamasında (bir uçağın kalkışından bir sonraki inişine kadar çalıştırılması) taşınan yük, ekspres ve diplomatik çantaların metrik ton çarpı kat edilen kilometre cinsinden ölçülen hacmi olan FTK göstergesi Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü, ICAO, Dünya Sivil Havacılık İstatistikleri ve ICAO personeli tahminlerine dayanmaktadır. Gerçekleştirilen yükün ton-kilometresi, bir kilometrede taşınan yükün bir metrik tonunu ölçmektedir. Yük ton-kilometre, her uçuş ayağında taşınan yük, ekspres, diplomatik gönderilerin ton sayısının uzaklık mesafesi ile çarpılmasıyla elde edilen sayının toplamına eşittir. ICAO istatistiksel amaçları doğrultusunda, navlun ekspres ve diplomatik gönderileri içerir ancak yolcu bagajını hariç tutmaktadır (IATA,2023).

ATR, hava taşımacılık gelişiminin altyapı kalitesini, yaygınlığı ve durumunu ölçen bir göstergedir. Bu gösterge, Dünya Ekonomik Forumu (WEF) Küresel Etkinleştirme Raporu (Global Enabling Report), Yönetici Görüşü Anketi (EOS)'ne dayanmaktadır. Sektör uzmanlarınca yanıtlanan bu anketler, ülkeleri 1=son derece az gelişmiş, dünyanın en kötülere arasında; 7=kapsamlı ve verimli, dünyanın en iyileri arasında bir ölçüğe göre sıralamaya göre değerlendirmeye tabi tutmaktadır (WEF,2016).

ENV ise iki ayrı kategoride ve toplam yedi alt göstergede çevresel sürdürülebilirliği ölçen bir göstergedir. Birinci kategori olan iklim ve enerji (C&E) Uluslararası Enerji Ajansı'nın yayınladığı dört alt göstergesinden oluşmaktadır: Bunlardan birincisi, kişi başına tona eşdeğer petrol kullanımını gösteren enerji kullanımı; ikincisi enerjinin dört yıllık kullanımındaki yüzdesel değişimi gösteren enerji tasarrufu; üçüncüsü kişi başına yıllık CO2 emisyonlarını gösteren sera gazları; dördüncü ve sonuncusu ise enerji tüketiminin yüzdesi olarak yenilenebilir enerji göstergelerinden oluşmaktadır (SSI, 2023).

ENV altında ikinci kategoriyi oluşturan doğal kaynaklar toplam üç alt göstergeden oluşmaktadır: Bunlardan birincisi orman alanının on yıllık değişimi ve bir ülkenin toplam arazi alanının yüzdesi olarak korunan arazi alanlarının büyüklüğünü gösteren Çevresel Performans Endeksi'nin ölçtüğü biyoçeşitlilik; ikincisi Yiyecek ve Tarım Organizasyonu (Food and Agriculture Organisation - FAO)'nun temiz su kaynaklarının yeterliliğini ve tükenmesini izlemek için ölçtüğü yıllık su tüketimini mevcut toplam yenilenebilir su

kaynaklarının yüzdesi olarak ifade eden iç ve dış komşu ülkelerden gelen yenilenebilir su kaynakları; üçüncü ve sonuncusu ise Küresel Ayakizi Ağı'nın (Global Footprint Network – GFN) karbon ayak izi değerinin çıkarılarak ölçtüğü ekolojik ayak izi göstergesine dayanmaktadır (SSI, 2023). Örneklemede kullanılacak olan bu gösterge tanımlamaları yapıldıktan sonra şimdi analiz yöntemine geçilebilecektir.

5. ANALİZ

Baron ve Kenny'nin (1986) yöntemi, model değişkenleri arasında anlamlı bir korelasyon olmasını öncelikli şart olarak belirlemiştir. Tablo 5.1 ise, değişkenler arasında anlamlı bir korelasyon olduğunu göstermektedir:

*Tablo 5.1 Korelasyon katsayıları - % 1 (***) $P < 0.01$) seviyesinde anlamlılık (Kaynak: yazarın kendisi)*

	FTK	ATR	ENV
FTK	-	.522***	-.410***
ATR	.522***	-	-.444***
ENV	-.410***	-.444***	-

Anlamlı sonuç alınan korelasyon analizi sonrasında, bağımsız değişkenler arasında olası çoklu doğrusal bağlantı sorunlarını tespit etmek için varyans enflasyon faktörü (VIF) ve tolerans değerleri, çoklu doğrusal bağlantı analizi ile test edilmiştir. Test sonucunda tablo 5.2, .1'den büyük olmasını bekleyen tolerans değeri ile 10'dan küçük olmasını bekleyen VIF'e ait 1.376 değerinin her ikisinin de kabul gerçekleştirilen analiz sonucu doğrultusunda edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir (Keith, 2015:202).

Tablo 5.2 Çoklu doğrusal bağlantı (Kaynak: yazarın kendisi)

Bağımsız değişken	Tolerans	VIF
FTK, ATR	,727(>.1)	1.376(<10)

Bağımsız değişken ENV

Araştırma ara değişken etkisini sınamak için araştırma modeli kapsamında üç model geliştirmiştir. Tablo 5.3 bu üç modelin regresyon analizi sonucu elde edilen katsayı, R^2 , düzeltilmiş R^2 ve F istatistik değerlerini göstermektedir.

*Tablo 5.3 Model regresyon istatistikleri – % 1 (***)P< 0.01) seviyesinde anlamlılık*

(Kaynak: yazarın kendisi)

İlişki	Model 1	Model 2	Model 3
FTK → ENV	-,410***	-	-,245***
FTK → ATR		,522***	-
ATR → ENV	-	-	-,316***
R²	,168	,273	,241
Düzeltilmiş R²	,165	,270	,235
F	49,804***	92,375***	38,887***

Tablo 5.3, test sonuçlarına ilişkin değerlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Buna göre, aşağıdaki hipotezlerin tamamı desteklenmiştir:

H1: FTK'nın ATR üzerindeki pozitif etkisi ($\beta_{\text{model2}} = ,522$ $p < 0.01$)

H2: FTK'nın ENV üzerindeki negatif etkisi ($\beta_{\text{model1}} = -,410$ $p < 0.01$)

H3: ATR'nin ENV üzerindeki negatif etkisi ($\beta_{\text{model1}} = -,316$, $p < 0.01$)

H4: ATR'nin FTK ve ENV arasındaki aracı değişken rolü ($\beta_{\text{model3}} = -,245$, $p < 0.00$).

Yapılan analizde, hava kargo trafik artışının çevresel sürdürülebilirlik üzerinde önceki -,410 olan anlamlı etkisinin hava taşımacılık altyapı gelişiminin analize dahil edilmesi sonucu -,245'e düşmesine rağmen istatistiksel olarak anlamlılığını devam ettirdiği görülmektedir. Ara değişken analizinde ortaya çıkan bu sonucu doğrulamanın son adımı ise Sobel testi ile yapılacak olan sınamadır. Tablo 5.4, standardize edilmemiş regresyon katsayıları ve bunların standart hatalarına dayanarak gerçekleştirilmiş olan Sobel testinin sonucunu vermektedir. Bu analiz sonucu ulaşılan değerler de istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır (Sobel, 1982). Dolayısıyla, hava kargo trafik artışı ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkide hava taşımacılık altyapı gelişiminin kısmi ara değişken rolü oynadığı bu şekilde doğrulanmaktadır.

*Tablo 5.4 Sobel testi %1 (***)P<0.01) seviyesinde anlamlılık*

(Kaynak: yazarın kendisi)

	Sobel test istatistiği	P değeri
FTK → ATR → ENV	-4.20243089	0.00

Tüm bu sonuçlara göre, hava kargo trafik artışının hava taşımacılık altyapı gelişimi üzerindeki doğrudan olumsuz etkisine ilişkin birinci hipotez desteklenmiştir. Hava kargo trafik artışının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki doğrudan olumsuz etkisini test eden ikinci hipotez desteklenmiştir. Hava taşımacılığı altyapı gelişiminin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki doğrudan olumsuz etkisine ilişkin üçüncü hipotez desteklenmiştir. Son olarak, hava kargo trafik artışı ile çevresel sürdürülebilirlik arasında hava taşımacılık altyapı gelişiminin ara değişken rolüne ilişkin dördüncü hipotez desteklenmiştir.

6. SONUÇ

Uluslararası ticarete artan rekabet, ürünlerin sınır aşan taşımacılık ve lojistiğinin doğru zamanda, doğru alıcıya, doğru bilgi ve belgeler ile yapılmasını şart koşmaktadır. Bu zorunluluk, zamana karşı duyarlı ve katma değeri yüksek ürünlerin hızlı ve güvenilir uluslararası teslimatlarına olanak tanıyan ve buna göre de kendisini konumlandıran hava kargo taşımacılığının önemini artırmaktadır. Artan bu önemine istinaden hava kargo trafiğinde bugüne değin gerçekleşen artışın öngörülebilir bir gelecekte de devam edeceğinin tahmini güç olmasa gerektir. Bu artışı karşılamak için ise hava taşımacılık altyapı kalitesinin – mevcut durumu ve yaygınlığının – sürekli geliştirilmesi gerekmektedir. Esasen, artan hava kargo trafiğini karşılamak, hava taşımacılık altyapısını büyütme ve genişletme için girişilen stratejik ve uzun dönemli büyük yatırımlar ülke ekonomilerinin büyümesi ve kalkınması açısından son derece önemlidir. Ayrıca, ürünlere hızlı ve güvenilir bir erişim ve acil durumlarda kritik malzeme tedariklerinin kusursuz işlemesi için hava kargo ve taşımacılık altyapısının gelişmeye devam etmesi sosyal ve insani refah açısından da vazgeçilmezdir. Ancak, tüm bu olumlu etkilerin yanında, trafik ve altyapılardaki bu büyük artışın çevresel sürdürülebilirliği olumsuz etkilediği, iklim değişikliği önlemlerini zayıflattığı ve doğal kaynaklar üzerinde ise ciddi bir tehlike oluşturduğu da ayrı bir gerçektir.

Dolayısıyla bu çalışma, hava kargo trafik artışının çevresel sürdürülebilirlik üzerinde ne derece etkiler getirdiğini ve bu ilişkide hava taşımacılık altyapı gelişiminin nasıl bir rol oynadığını araştırmayı amaçlamıştır. Araştırma, 2010, 2012, 2014 ve 2016 yıllarına ait 62 ülkenin 248 kesit veri seti ve örneklemini, Baron ve Kenny ara değişken yöntemi, hiyerarşik regresyon ve Sobel test ile analize tabi tutmuştur. Analiz sonuçları, hava taşımacılık altyapı gelişiminin, hava kargo trafik artışı ile çevresel sürdürülebilirlik ilişkisinde kısmi ara değişken rolü oynadığını göstermektedir: Hava taşımacılık altyapı gelişiminin analize dahil edilmesiyle, hava kargo trafik artışının çevresel sürdürülebilirlik

üzerindeki önceki olumsuz etkisi azalmakla beraber, tamamen ortadan kalkmadığı ve istatistiksel olarak anlamlılığını devam ettiği görülmüştür. Bu sonuç, iklim değişikliğinin önlendiği ve doğal kaynakların korunduğu sürdürülebilir bir çevreden vazgeçmeden, hava taşımacılık altyapısının gelişimi ile hava kargo trafik artışını dengeleyen politikaların oluşturulmasını gerektirmektedir. Bu politikalar, verimliliği artıracak iyileştirmeleri teşvik etmeli, ancak israfa yola açan trafik artışı ve altyapı genişlemeleri ise kontrol altına alacak amaçları benimsemeli ve ancak bu amaçlara hizmet eden hedef ve stratejileri önceliklendirmelidir. Aksi taktirde, ekonomik, insani ve sosyal refahı artırma hedefleri, sürdürülebilirliği olmayan bir çevre içinde pek bir anlam ifade etmeyeceği aşikardır.

Bu çalışmada, hava kargo trafik artışı ve hava taşımacılığı altyapı gelişiminin (durumu ve yaygınlığının) çevresel sürdürülebilirlik üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu göstermesi bakımından önemlidir. Ayrıca, hava kargo trafik artışının ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki bu olumsuz etkinin kısmen hava taşımacılığı altyapı gelişiminin ara değişken rolü ile gerçekleştiğini ortaya çıkarması bakımından teoriye önemli bir katkı sağlayacağı beklenti dahilindedir.

Hava taşımacılığı altyapısı göstergesi, yönetici görüş anketlerine dayanmakta olup, bu durum katılımcıların öznel görüşlerini yansıtmaya riski taşımaktadır. Çalışma doğrusal ve karşılıklı ilişkilerin araştırılması amacına dayandığından zaman etkisi göz ardı edilmiştir. Dolayısıyla bu çalışma yıllar içerisinde oluşan farklılıkları ortaya çıkaracak araştırmalarla daha üst bir seviyeye taşınabilir. Ayrıca, çevresel sürdürülebilirlik göstergesinin yanı sıra, ekonomik ve sosyal/insani sürdürülebilirlik göstergelerinin de analize dahil edileceği daha ileri araştırmalar ile bu çalışma geliştirilebilir.

6. KAYNAKLAR

- ACI (2023). Airport Carbon Accreditation, 29 Kasım 2023 tarihinde <https://www.airportcarbonaccreditation.org/participants/europe> adresinden erişildi.
- Baron, R., ve Kenny, D. (1986). The moderator - mediator variable distinction in social psychological research: conceptual, strategic and statistical consideration. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173–1182. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173>
- Bartle, J.R., Lutte, R.K., Leuenberger, D.Z. (2021). Sustainability and Air Freight Transportation: Lessons

- from the Global Pandemic. *Sustainability* 2021, 13, 3738. <https://doi.org/10.3390/su13073738>
- Belobaba, P., Odoni, A., ve Barnhart C. (2016). *The Global Airline Industry*, 2. Bs, Wiley.
- Çelebi, Ü. (2018). Lojistiğin Ekonomideki Rolü. ATİ Yayınları.
- Çelebi, Ü., Civelek, M., ve Çemberci, M. (2015). The mediator effect of foreign direct investments on the relation between logistics performance and economic growth. *Journal of Global Strategic Management*, 9(1), 17–21. <http://doi.org/10.20460/jgsm.2015915624>
- Çelebi, Ü., Civelek, M. E. (2018), The Mediator Role Of Global Connectedness In The Relationship Between Logistics Performance And Human Development, *BMIJ*, (2018), 6(4): 969-980
doi: <http://dx.doi.org/10.15295/bmij.v6i4.321>
- Çelebi, Ü. (2021). The impacts of logistics performance index upon gross domestic product: mediating roles of foreign direct investment and patents. *Journal of Global Strategic Management*, 14(2), 29–46. <http://doi.org/10.20460/jgsm.2021.297>
- Çelebi, Ü. (2022). The impact of trade costs upon gross domestic product: the customs efficiency index as a mediator, *World Customs Journal*, 16(1),23-35.
- Çelebi, Ü. (2023). The Role of Air Cargo between Air Transport Development and Environmental Sustainability. *Research in Aviation Management*, 3(2), 1-11. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10440044>
- Cho, H., ve Lee, J. (2020). Does transportation size matter for competitiveness in the logistics industry? The cases of maritime and air transportation, *The Asian Journal of Shipping and Logistics* 36, 202-211.
- DHİMİ (2023), *Havalimanları Karşılaştırmalı İstatistikleri*, 27 Kasım 2023 tarihinde <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Istatistikler.aspx.html> adresinden erişildi.
- Dünya Bankası (2023). *Dünya Kalkınma Göstergeleri*, 27 Kasım 2023 tarihinde <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators/Series/IS.AIR.GOOD.MT.K1.html> adresinden erişildi.
- Dünya Bankası (2019), *Air Transport Annual Report*, 23 Ocak 2024 tarihinde <https://documents1.worldbank.org/curated/en/219551617185429671/pdf/Air-Transport-Annual-Report-2019.pdf> adresinden erişildi.

- Elkington, J. (2018). 25 Years Ago I Coined the Phrase “Triple Bottom Line.” Here’s Why It’s Time to Rethink It, 23 Ocak 2023 tarihinde <https://web.archive.org/web/20230322134319/https://hbr.org/2018/06/25-years-ago-i-coined-the-phrase-triple-bottom-line-heres-why-im-giving-up-on-it> adresinden erişildi.
- Hummels, D (2007). Transportation Costs and International Trade in the Second Era of Globalization. *Journal of Economic Perspective*, 21(3), 131-154.
- Hummels, L. D. ve Schaur, G. (2010). Hedging price volatility using fast transport. *Journal of Int’l Economics*, 82, 15-25
- Hummels, L. D. ve Schaur, G. (2013). Time as a trade barrier. *American Economic Review*, 103(7), 2935–2959. <https://doi.org/10.1257/aer.103.7.2935>
- Graham, A. (2023). *Managing Airports – International Perspective*. 6. Ed. London: Taylor & Francis
- Graver, B., Zhang, K. ve Rutherford, D. (2019). *CO2 Emissions from Commercial Aviation*, 27 Kasım 2023 tarihinde <https://theicct.org/publications/co2-emissions-commercial-aviation-2018.html> adresinden erişildi.
- IATA (2023). *Value of Air Cargo*, 27 Kasım 2023 tarihinde <https://www.iata.org/en/programs/cargo/sustainability/benefits.html> adresinden erişildi.
- IATA (2018). The importance of Air Transport to Turkey, 23 Ocak 2024 tarihinde <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/turkey--value-of-aviation> adresinden erişildi.
- IATA (2024). Value of air cargo, Air transport and global value chains 25 Ocak 2024 tarihinde <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/value-of-air-cargo-air-transport-and-global-value-chains-summary> adresinden erişildi.
- ICAO (2024). Future of Aviation 24 Ocak 2024 tarihinde <https://www.icao.int/Meetings/FutureOfAviation/Pages/default.aspx> adresinden erişildi.
- Keith, Z. Timothy. (2015). *Multiple Regression and Beyond, An Introduction to Multiple Regression and Structural Equation Modeling*, 2. Ed., New York, Routledge.
- Larson, D., P. (2021). Relationships between Logistics Performance and Aspects of Sustainability: A Cross-Country Analysis, *Sustainability*, MDPI, 13, 623. <https://doi.org/10.3390/su13020623>

- Morrell, S., ve Klein, T. (2019). *Moving Boxes by Air the Economics of Air Cargo*, 2nd Ed., New York: Routledge.
- Sobel, M. (1982). Asymptotic intervals for indirect effects in structural equations models. *Sociological methodology*, 290–312. <https://doi.org/10.2307/270723>
- SSI TH Köln (2023). *Sustainable Society Index*, 27 Kasım 2023 tarihinde <https://ssi.wi.th-koeln.de/html> adresinden erişildi.
- TIACA (2021). *The Air Cargo Sustainability Roadmap Accelerating the transformation of air cargo*, 27 Kasım 2023 tarihinde <https://tiaca.org/wp-content/uploads/2021/11/TIACA-Air-Cargo-Sustainability-Roadmap-FINAL04November2021.pdf> adresinden erişildi.
- To, Wai-Ming., ve Lee, K.C.P.(2017). A Triple Bottom Line Analysis of Hong Kong's Logistics Sector, *Sustainability*, 9, 388; doi:10.3390/su9030388
- TRT (2023). *THY deprem bölgesinden 256 bin 754 kişiyi tahliye etti*. 27 Kasım 2023 tarihinde <https://www.trthaber.com/haber/gundem/thy-deprem-bolgesinden-256-bin-754-kisiyi-tahliye-etti-747382.html><https://www.trthaber.com/haber/gundem/thy-deprem-bolgesinden-256-bin-754-kisiyi-tahliye-etti-747382.htm> adresinden erişildi.
- WEF (2016). *The Global Enabling Report*, World Economic Forum, 29 Kasım 2023 tarihinde [WEF GETR 2016 report.pdf \(weforum.org\)](https://www.weforum.org/reports/global-enabling-report-2016) adresinden erişildi.

STRATEJİK HAMMADDELERİN TEDARİK ZİNCİRİ RİSKLERİNİ DEĞERLENDİRMEDE OPTİMİZE EDİLMİŞ VERİ ANALİTİĞİ*

Doç. Dr. Elifcan GÖÇMEN POLAT
Munzur Üniversitesi
ORCID ID: 0000-0002-0316-281X

Özet: Endüstrinin ilk basamağını oluşturan hammaddelerin tedarik edilebilme riski, sürdürülebilir kalkınma için hayati önem arz etmektedir. Stratejik hammaddelerin tedarik kesintilerine karşı savunmasız olması, tedariklerinin endüstri talebini karşılamaya yeterli olamama riskinin yüksek olması anlamına gelmektedir. Ayrıca, tedarik riski olan bir üründe dışa bağımlılığımızı ortadan kaldırmak, hammadde ve tedarik kaynaklarının yerlilik oranının yükseltilmesi açısından önemlidir. Dolayısıyla, hammaddelerin tedarik zinciri, stratejik önemi nedeniyle, ülkemizdeki artan yerli üretim faaliyetleri için de oldukça kritiktir. Artan ileri teknoloji faaliyetleri, dijital ve yeşil dönüşüm çabaları ile stratejik hammaddelere olan talep, her yıl artış göstermekte ve gelecekte bazı hammaddeler için arz kesintisi yaşanacağı düşünülmektedir. Stratejik hammaddelerin tedarik riskini ve Türkiye'nin bu alandaki potansiyelini ortaya koymak için daha etkin veri toplama ve analiz metodolojilerinin kullanılması gerekmektedir. Bu bağlamda, hammaddelerin tedarik zinciri sorunlarını değerlendirmede, makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanımının stratejik politikalara etkileri tartışılmaktadır. Bu kapsamda, altı makine öğrenmesi regresyon algoritması olarak doğrusal regresyon, k-en yakın komşuluk, karar ağacı, destek vektör makinesi, çok katmanlı ağ, rastgele orman kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan veri seti, altı adet regresyon modeliyle test işlemine alındıktan sonra her bir algoritma performans ölçümleri ile incelenmektedir. Regresyon modelinde en çok dikkate alınan performans ölçüm değeri olan korelasyon katsayısı incelendiğinde, en yüksek katsayı oranı destek

* Bu çalışmanın özeti 16-17 Kasım 2023 tarihleri arasında yüzyüze/online olarak düzenlenen 12.Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi'nde (ULTZK 2023) sunulmuş ve kongre özet kitapçığında yayımlanmıştır.

vektör makinesi algoritmasında elde edilmektedir. Bununla birlikte, tedarik riski göstergelerinin en sık kullanılan kategorileri olan rezerv yoğunluğu, rezervlerin tükenme süresi ve politik riskler dışında, ikame hammadde durumları, ithalat bağımlılığı gibi başlıklar da ele alınmaktadır. Çalışmada, hammaddelerin tedarik zinciri yönetimi konusundaki ihtiyaç duyulacak verinin kapsamlı ve doğru olarak elde edilmesi, işlenmesi ve raporlanması için sistematik süreçlerin oluşturulması, politika düzeyindeki stratejik kararların verilebilmesini sağlayacaktır. Ayrıca, çalışma sonucunda, tedarik riski olan hammadde ve bu riski etkileyen kriterler belirlendiğinde dış bağımlılığımızı ortadan kaldırmak ve hammadde ve tedarik kaynaklarının yerlilik oranlarının yükseltmek için, bu hammaddelerin çevre dostu yöntemler ile doğrudan üretimde kullanılabilir şekilde elde edilmesi ya da geri dönüşümle kazanılması teşvik edilecektir.

Anahtar Kelimeler: Stratejik hammaddeler, Tedarik zinciri riskleri, Veri analitiği

GİRİŞ

Stratejik hammaddelerin tedarik zincirindeki riskler konusunda, güç dinamikleri, jeopolitik ve kaynak yarışı tamamıyla ele alınmamaktadır. Sosyoekonomik durumdaki değişiklikler, ambargo, karteller, savaşlar gibi dinamik durumların, değerlendirmeye dahil edilmesi gerekmektedir (Zhang ve ark., 2023). Çalışmada ele alınan hammadde tedarik zincirinin adımları, hem madencilik, imalat gibi ekonomik sektörler hem de kullanım, geri dönüşüm gibi tüketimle ilgili faaliyetler başlıklarında ele alınmaktadır. Stratejik hammaddelerin tedarik zinciri, haritalandırma, jeofizik araştırmalar ve ön sondajlar gibi faaliyetleri içeren keşfetme adımıyla başlamaktadır. Tasarım ve planlama aşamasından sonra, maden sahası inşası, yol inşa etme, işleme tesislerini, çalışanların organizasyonu, çevre yönetim sistemlerini içeren adımlar gelmektedir. Madencilik üretim aşamasında, maden çıkarma çalışmaları yapılmaktadır. Üretim aşamasında, işlenmemiş metaller, bileşenler ve nihai ürünler üretim için alt imalat endüstrileri tarafından satın alınacak yarı mamul ürünlere dönüştürülmektedir. Kullanımdan sonra metaller, sıklıkla geri kazanılabilmekte ve ikincil ürünler üretmek üzere geri dönüştürülebilmektedir.

Tedarik zinciri güvenliğini sağlamak, kritik hammaddeler açısından ülkelerin en büyük sorunlarından biri olmaktadır. Bazı kritik hammaddeler, belirli

bölgelerde yoğunlaştığı için de tedarik zincirinde aksaklıklar oluşabilmektedir. Ayrıca, çok hızlı değişen küresel olaylar sebebiyle tedarik zincirinde yaşanacak kesintilerin de öngörülmesi de gereklidir. Yeşil teknolojilerin hızla gelişmesi çevrenin, insan sağlığının korunması ve döngüsel ekonominin inşası için büyük önem taşıması ve düşük karbon uygulamaları bağlamında stratejik hammaddelere bağımlılık arttıkça, ham maddelerin kapsamlı bir çerçeve kullanılarak değerlendirilmesi için yoğun çabalar sarf edilmelidir. Düşük karbon geçişleri için rüzgâr türbinleri, güneş panelleri, elektrikli araçlar stratejik öneme sahiptir ve bu düşük karbonlu ürünlerin içindeki stratejik hammaddeler sayesinde yeşil büyüme sağlanmaktadır. Bu nedenle bu malzemelerin kıtlığı, iklim değişikliğiyle mücadelede önemli olan yeşil geçişi etkilemektedir (Pommeret vd., 2022). Stratejik hammaddelere dayalı olarak, yeşil kaynaklara olan güveni arttırmak için kaynak mevcudiyeti ve sürdürülebilirlik esastır (Domaracka ve ark., 2022). Net sıfır geçiş perspektifindeki ülkeler, enerji tüketimini, kaynak verimliliğini kontrol ederek ve hammaddelerin geri dönüşümünü artırarak doğrusal ekonomiden döngüsel ekonomiye geçeceklerdir. Türkiye'nin yenilenebilir enerji ve yeşil teknolojilere artan odaklanmasına bağlı olarak, bu malzemelere olan talep ve arz açığının katlanarak artması beklenmektedir. Bu geçişin zorluklarıyla başa çıkmak için bu malzemelere yönelik gelecekteki gereksinimleri karşılayacak politikalar belirlemelidir. Stratejik hammadde tedarikleri, büyük miktarda ham madde içeren yeşil teknolojilerle bağlantılı olarak risk altındadır. Hammaddelere dayalı yeşil bir plan, lineer ekonomiden doğrusal ekonomiden yeşil döngüsel ekonomiye geçişi kolaylaştırmaktadır. Dolayısıyla, Türkiye'nin yeşile geçişi için stratejik malzeme temini sağlanmakta ve bu malzemelere olan talebin karşılanması sağlanmaktadır. Politika düzeyinde kararlar verebilmek için, üretici ve tüketici ülkelerin iş birliği, jeopolitik güç dengesi gibi unsurların gözetilerek olaylara sistem yaklaşımı ile bakmak gerekmektedir. Sistem yaklaşımı, girdi, çıktı ve süreçlerin analiz edildiği bir geri besleme adımlarından oluşmaktadır. Stratejik hammaddelerin tedarik zinciri risklerini değerlendirirken, girdiler ülkelerin hammadde üretim yoğunluğu, hammadde rezervlerinin tükenme süresi, artan yeşil dönüşüm girişimleri, artan yenilenebilir enerji talepleri, ikame hammadde durumları, ithalat bağımlılığı, geri dönüşüm gibi parametrelerdir. Sistemin çıktısı, yaşanabilecek tedarik riskleri tahminidir. Sistemdeki analiz çalışmaları, girdilerin veri çekme, toplama yöntemleriyle otomatik olarak kaydedilmesi, sınıflama, kümeleme ve ilişkilendirme gibi yöntemlerle analizi ve oluşabilecek tedarik risklerinin raporlanması olarak yürütülmektedir. Çalışmanın literatüre katkısı;

- Stratejik hammaddelerin tedarik zinciri risklerini değerlendirmede, amaç ve kapsamlarının formüle edilmesinde yeterli göstergelerin ve birleştirme yöntemlerinin seçilmesi ve sonuçların yorumlanması, değerlendirmelerin kalitesini iyileştirmede önemli adımlardır. Dolayısıyla, sağlıklı verinin elde edilmesine yönelik yapay zekâ teknolojilerinden biri olan makine öğrenmesi yönteminin kullanımını içermektedir.
- Ülkemiz için uzun süreli güvenilir ve kesintisiz tedarik zinciri kurulmasında dikkate alınması gereken kriterlerin sunulması, sürdürülebilir bir kalkınma için ülke sanayisinin ilk basamağında bulunan stratejik hammaddelerin tedarik riski ve diğer bileşenlerle ilişkilerinin araştırılması dahil edilmektedir.

1. LİTERATÜR ÖZETİ

Schrijvers ve ark. (2020), çalışmalarında kritiklik çalışmalarının incelendiği sistemde, veri kullanılabilirliğinin, kritiklik değerlendirmesini sınırlayan önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca hem veri belirsizliği hem de veri temsiliyeti dahil olmak üzere veri kalitesinin, sonuçların yorumlanmasında ve iletilmesinde nadiren ele alındığı ifade edilmiştir. Kritiklik çalışmalarının amaç ve kapsamlarının belirlenmesinde, yeterli göstergelerin ve yöntemlerin seçilmesi ve sonuçların yorumlanması, kritiklik değerlendirmelerinin kalitesini iyileştirmede önemli ilk adımlardır. Bu bağlamda, çalışmamızda literatürde ilk kez tedarik zinciri risklerini değerlendirmede, makine öğrenmesi yöntemlerinin etkinliği ele alınmaktadır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, genellikle karar verme yöntemleri, ekonomik formülasyonlar kullanıldığı gözlemlenmiştir. Hammaddelerin tedarik zinciri gibi kompleks bir konu ve çok fazla verinin söz konusu olduğu durumda, mevcut yöntemlerin değerlendirmede yetersiz kalacağı aşikardır.

Wentker ve ark. (2019) lityum-iyon pil ve post-lityum-iyon pil teknolojilerinin tedarik riskini değerlendirmişlerdir. Tedarik riski değerlendirmede, arz azalması, talep artışı, piyasa yoğunlaşması ve politik koşullar kriterleri ele alınmıştır. Kobalt ve lityum yüksek tedarik riski grubunda olduğunu ve bu riskin gün geçtikçe artacağını belirtmişlerdir. Ayrıca, post-lityum-iyon teknolojilerinin, lityum-iyon pil teknolojilerinden daha düşük tedarik riskine sahip oldukları belirtilmiştir. Blengini ve ark. (2017), tedarik riski boyutu altında, ticaret engelleri ve anlaşmalar, daha sistematik bir tedarik zinciri yaklaşımı, ithalat bağımlılığını dikkate almak ve gerçek arzı belirlemek gibi kriterleri değerlendirmişlerdir. Kim ve ark. (2019) çalışmalarında, tedarik

göstergesini tedarik riski ve hassaslık olmak üzere iki alt göstergeye ayırmışlardır. Tedarik alt göstergesinin kriterleri; ülke yoğunluğu, ülke riski, tükenme süresi, tamamlayıcı metal fraksiyonu ve hassaslık alt göstergesinin kriterleri; geri dönüşüm, ikame edilebilirlik, stoklama, kendi kendine yeterlilik oranı olarak ele alınmıştır. Çalışmada çok kriterli karar verme yöntemi kullanılmış olup, sonuçlar galyum, indiyum, niyobyum ve ağır nadir toprak elementlerinin yüksek düzeyde kritikliğe sahip olduğunu göstermiştir. Hatayama ve Tahara (2015), tedarik riskini tükenme süresi, rezerv konsantrasyonu, cevher üretiminin konsantrasyonu, ithalat ticaret ortaklarının yoğunlaşması olarak ele almıştır. Niyobyum, Brezilya'daki üretim konsantrasyonu nedeniyle yüksek kritikliğe sahip, yarı metaller üretim konsantrasyonu ve geri dönüşüm zorluğu ile artan kritikliğe sahip, metaller için, kısa tükenme süresi ve küresel maden üretimindeki büyüme ile kritikliğe sahip olarak elde edilmiştir. Glöser ve ark. (2015), hammadde kritikliğini, tedarik zinciri kesintileri olasılığının ve bunların ekonomik sonuçlarının bir ürünü olarak tanımlamıştır. Tedarik riski ve hassaslık eksenleri üzerinde bir kritiklik fonksiyonu şeklinde tanımlanabileceği belirtilmiştir. Bu yaklaşımın kaynağı, risk matrisindeki olasılık ve sonuç kombinasyonlarıdır. Helbig ve ark. (2021), tedarik riski göstergelerinin kullanımını ve tedarik risk puanlarının normalleştirilmesini değerlendirmişlerdir. Tedarik riski göstergelerinin en sık kullanılan kategorileri konsantrasyon, kıtlık ve siyasi istikrarsızlıktır. En sık kullanılan kriterler ülke üretim yoğunluğu, rezervlerin tükenme süresi ve jeopolitik risktir. Çalışmadan elde edilen bulgular, gözlemlenen hammaddelerin tedarik risk puanı, araştırılan hammaddelere göre değişmektedir. Normalleştirme fonksiyonundaki değerlere bağlı olarak bireysel sınırların entegrasyonu, aynı gösterge değeri için farklı tedarik riski puanlarının elde edilmesine yol açmıştır. İncelenen tedarik riski değerlendirmeleri, veri belirsizliklerini ve metodolojik seçimlere duyarlılığı yeterince rapor etmemektedir. Sadece çok az sayıdaki araştırmacı Monte Carlo simülasyonu veya diğer benzer yöntemleri kullanma çabasıdır.

Literatürde çalışmalarda ele alınan elementler ve kullanılan yöntemler Tablo 1' de sunulmaktadır. Önceki çalışmalarda, genellikle kritiklik matrisi, farklı alt göstergelerin birleştirildiği tek endeksli yöntemler ve zaman serileri analizi kullanılmaktadır. Makine öğrenmesi yöntemlerinin çalışma konusu için kullanıldığı ilk çalışma olması yönüyle de literatüre katkısı bulunmaktadır.

Tablo 1. Önceki çalışmalarda kullanılan yöntemler

Çalışma	Element	Yöntem
Hatayama ve Tahara (2015)	22 metal	NEDO- yeni bir analitik metot
Glöser ve ark. (2015)	Yüksek teknoloji uygulamaları için elementler	Risk matrisi
Hayes ve McCullough (2018)	32 element	Literatür taraması-istatistiksel analiz
Yan ve ark. (2021)	64 element	Üç boyutlu AB metodoloji
Kim ve ark. (2019)	18 element	Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi
Kim ve ark. (2016)	14 element	Aritmetik ortalama
Helbig ve ark. (2021)	10 element	Analitik Hiyerarşi Prosesi
Mevcut çalışma	30 element	Makine öğrenmesi yöntemleri

2. MATERYAL-METOT

Kritik hammadde ithalatı konusunda pek çok ülke, tedarik güvenliğini sağlamaya yönelik politikalar geliştirmektedir. Politikaların en çok vurguladığı nokta, potansiyel risklerin farkına varılmasını sağlamaya yöneliktir. Bu bağlamda, bazı ülkeler hammadde pazarıyla ilgili projeksiyonu anlamak, bilgi paylaşmak ve risklerini minimize etmek için iş birlikleri oluşturmaktadır. Bununla birlikte, ortak satın alma, stok yapma ve çeşitli protokollerle tedarik zincirlerini güvence altına almaya çalışmaktadırlar. Bu yüzden, hızlı değişen küresel koşullara paralel olarak sürekli, stratejik hammaddelerin tedarik zincirini de kapsayan çok farklı türde verilerin, farklı kaynaklardan, rutin olarak temin edilmesi ve karar verici mekanizmalara destek olacak formata getirilmesi gerekmektedir. Bunun için, veri toplama, işleme, raporlama konusunda manuel yöntemleri aşan, bilimsel temellere dayanan, modern teknoloji ile güçlendirilmiş olanaklara ihtiyaç bulunmaktadır. Tutarlı ve doğru elde edilen hammadde verileri, etkili hammadde politikalarının geliştirilmesine ve bu alandaki yatırımlara yönelik uzun ölçekli planlara da katkı sağlamaktadır. Kısa planlama ufku yerine, uzun

yıllık bir gelecek öngörüsü oluşturmak adına veri tahminleri de önemli olacaktır.

2.1. Materyal

Stratejik hammaddelerin tedarik zinciri risklerini değerlendirmede, büyük veri ihtiyacı bulunmaktadır. Burada büyük veri, sadece hacimsel büyüklük olmayıp aynı zamanda çok sosyal medya, raporlar, blog, videolar gibi farklı kaynaklardan ve biçimdeki verilerin anlamlı bir hale getirilmesi anlaşılmaktadır. Büyük veri analizinde, makine öğrenmesinde kümeleme, sınıflandırma, regresyon, dil işleme gibi uygulamalar kullanılmaktadır.

- İhtiyaç duyulan verinin belirlenmesi ve ilgili kaynaklardan temin edilmesi
- Makine öğrenmesi ve dil işleme tekniklerini kullanarak veri analizi ve tahmin modellemesi süreçlerini geliştirmek. Verilerin analize uygun hale getirilmesi (veri düzenleme), analiz için gerekli modelleme ve algoritmanın seçilmesi, model ve algoritmaların pilot çalışmalarla test edilmesi ve değerlendirilmesi
- Modelin uygulamaya konulması, düzenli ve rutin olarak tekrarlanması, sürekli güncellenerek belirlenmiş periyotlarda raporlanması

Hammadde tükenme zamanı, rezervlerin toplamı, ithalat bağımlılığı, ikame oranı ve siyasi dengesizlik, tedarik riskini tahmin etmek için girdi olarak kullanılmaktadır. Tablo 2' de girdi, çıktı ve tanımlamalar mevcuttur.

Tablo 2. Modellerde kullanılan girdi ve çıktı

Çıktı	Girdiler	Tanımlamalar
Tedarik riski	Tükenme zamanı	Hammaddelerin rezervlerinin tükenme yılı
	Rezervlerin toplamı	Hammadde rezervlerinin toplamı
	İthalat bağımlılığı	Hammaddelerin ithal edilme rakamları
	İkame oranı	Alternatif hammadde endeksi
	Siyasi dengesizlik	Tedarik edilen ülkelerin kota uygulaması değişkeni

Tükenme zamanı: Jeolojik rezerv tükenme zamanı tahminleri, tedarik riski üzerinde etkilidir.

Rezerv toplamı: Hammaddelerin rezerv yoğunluğu, tedarik riski üzerinde etkilidir.

İthalat bağımlılığı: Hammaddelerin ithal edilme miktarları ve değerleri, hammaddelerin tedarik riski üzerinde etkilidir.

Hammaddenin ikame olanağı: Bazı elementlerin, birbiri ile ikame edilme olanakları mümkündür. Birbiri yerine kullanabilen elementler, ikame endeksi ile ortaya çıkmaktadır.

Politik dengesizlik: Terim, ülkelerin Türkiye'ye uyguladığı gümrük tarifelerini ifade eder.

Bu çalışmada, hammaddelerin tedarik risklerini tahmin etmek için kullanılan beş farklı girdi olan hammadde tükenme zamanı, rezervlerin toplamı, ithalat bağımlılığı, ikame oranı ve siyasi dengesizlik için dört farklı makine öğrenme modelinin performansını araştırmaktadır. Çalışmanın çıktısı olan tedarik riski, göstergesi, ülkelerden birincil arzın yoğunlaşmasına ve yönetim düzeylerine dayanmaktadır. İkincil hammadde üretimi (geri dönüşüm) ve ikame risk azaltıcı filtreler olarak kabul edilir.

Tedarik riski aşağıdaki denklemle hesaplanır (EU Report, 2020):

$$SR = HHI_{WGI} \times (1 - EOL_{RIR}) \times SI$$

Bu formülde, SR tedarik riski anlamına gelir; HHI, Herfindahl Hirschman Endeksi'dir (ülke konsantrasyonu için kullanılır); WGI, ölçeklenmiş Dünya Yönetişim Endeksi'dir (ülke yönetimi için kullanılır); EOLRIR, Yaşam Sonu Geri Dönüşüm Giriş Oranıdır ve SI ikame İndeksidir.

Tedarik riski için yenilenmiş yaklaşım, ticaret için yeni unsurları, tedarik zinciri darboğazını, ithalat bağımlılığını ve yerli üretim artı ithalatın karışımını dahil eder. Ek olarak, risk azaltıcı önlemler olarak ikame ve geri dönüşüm için önemli iyileştirmeler yapılmıştır ve tedarik riskinin (SR) hesaplanması için aşağıdaki denklemle sonuçlanmıştır:

$$SR = (HHI_{WGI-t})_{GS} \times \frac{IR}{2} + (HHI_{WGI-t})_{EU\text{ sourcing}} \times (1 - \frac{IR}{2})] \times (1 - EOL_{RIR}) \times SI$$

İthalat bağımlılığı aşağıdaki denklemle formüle edilir:

$$\text{Import Reliance (IR)} = \frac{\text{Import} - \text{Export}}{\text{Domestic production} + \text{Import} - \text{Export}}$$

Tablo 3' de her bir hammadde için girdinin değerleri ve çıktı değerleri sunulmaktadır. Çalışmada kullanılan veriler, Türkiye'nin ilk kritik hammadde listesinin sunulduğu bir çalışmadan elde edilmektedir (Polat ve ark., 2023).

Tablo 3. Hammadde tedarik zinciri riski için kullanılan girdi ve çıktı değerleri

Hammadde	Girdiler					Çıktı
	Tükenme Zamanı	Rezerv Toplamı	İthalat Bağımlılık	İkame Oranı	Politik Dengesizlik	
Manyezit	35	950	0,6	0,98	1	1.5
Tungsten	300	79000	0	0,95	1	0.6
Neodimyum	20000	280000	0,93	0,98	1	3.8
Terbiyum	20000	280000	0,93	0,95	1	3
Galyum	58	430000	1	0,98	0,8	2.1
İndiyum	145	920	1	0,98	0,8	1.5
Lityum	9000	100000	1	0,93	1	2
Helyum	30	160	0,91	0,96	1	3.7
Germanyum	85	140000	0,82	0,95	0,8	1.6
Seryum	20000	280000	0,93	0,99	1	2.5
Antimon	30	110000	0	0,94	0,8	0
Silisyum	400	100000	0,91	0,97	0,8	1.8
Niyobyum	2000	75000	1	0,98	0,8	1.8
Berilyum	20000	860	0,85	0,99	0,8	1.3
Hafniyum	100	1200	1	0,96	0,8	1.2
Bizmut	200	19000	0,98	0,94	0,8	2
Krom	200	41000	0	1	0,8	0
Kaolin	100	4000	0,85	0,97	0,8	1.3
İtriyum	100	280000	0,93	0,99	1	1.8
Titanyum	10000	9000	0,77	0,96	0,8	3.2
Skandiyum	20000	280000	0,93	0,95	0,8	2.1
Vanadyum	50	110000	0,82	0,99	0,8	0.9
Magnezyum	30000	950	0,44	0,94	0,8	1.2
Fosfor	80	220000	0,33	1	1	2.9

Stronsiyum	10000	360000	1	0,9	1	2.4
Boksit	20000	77000	0,7	1	1	1.5
Barit	1000	7300	0,9	0,96	1	2.3
Feldispat	100	28000	0	0,99	1	0
Nikel	300	270000	1	0,9	0,8	1.0
Tantalyum	196,1	2100	1	0,96	0,8	3.5

2.2. Metot

Pek çok parametre ve değişken barındıran hammadde değerlendirmesinde, geliştirilen makine öğrenmesi teknolojisi ile, stratejik hammaddelerin statik göstergeler yerine dinamik sistem içinde ele alınması kolaylaşmaktadır. Mevcut manuel veri toplama yöntemlerini otomatik ve yüksek performanslı bir hale getirmek ve makine öğrenmesi tekniklerini kullanarak verileri analiz etmek önemlidir. Makine öğrenmesi alanında en önemli yöntemlerden biri de regresyon modelidir. Sınıflama ana başlığı altında ele alınan regresyon modelinde, bağımlı değişken üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisi araştırılmaktadır.

Bu bölümde, önerilen yöntemin etkinliğini göstermek amacıyla oluşturulan değerlendirmenin sonuçları gösterilmektedir. Bu değerlendirmede, cevap aranan sorular aşağıda sunulmaktadır:

- 1) Stratejik hammaddelerin tedarik zinciri riskini sınıflandırmada en iyi performansı gösteren makine öğrenme algoritması hangisidir?
- 2) Seçilen makine öğrenimi algoritması, bu sınıflandırmada ne kadar etkilidir?

Bu kapsamda, altı makine öğrenmesi regresyon modeli (Linear Regression, k-Nearest Neighbours, Decision Tree, Support Vector Machine, Multi-Layer Perceptron, Random Forest) geliştirilmiştir. Rastgele Orman, karar ağaçları ve destek vektörleri doğrusal olmayan ilişkilerle çalışabilirken, doğrusal regresyon modelleri doğrusal ilişkilerle çalışmaktadır (Lee ve ark., 2020). Doğrusal regresyon, korelasyon için girdilerin analizi ve tahmini için kullanılan bir makine öğrenme modelidir. Karar ağacı ise, veri setini daha küçük sınıflara bölerek sonucu bir yaprak düğümde temsil etmektedir (Balogun ve Tella, 2022). Karar ağacı algoritması hem sınıflandırmada hem de regresyonda kullanılan bir makine öğrenme algoritmasıdır. Destek vektör makineleri, denetimli öğrenme yöntemiyle sınıflandırma ve regresyon için kullanılan bir yöntemdir (Yao ve ark., 2015). Rastgele Orman, karar ağacına

dayalı bir sınıflandırma yöntemi olup, ağaç tahmincisi gruptan oluşmaktadır. Ormandaki ağaç sayısı artınca, hata değerleri birbirine yaklaşmaktadır (Aljahdali ve Hussain, 2013). Altı modelin tümü aynı eğitim verileriyle ayrı ayrı eğitilmiş ve aynı test verileri üzerinde test edilmiştir. Tüm modeller, her bir bağımsız değişken için bir bağımlı değişken üretmektedir. Performanslarının sonuçları korelasyon katsayısı (r) ölçüsü ile kıyaslanmıştır ve destek vektör makinesi tabanlı modelin en iyi model olduğu belirlenmiştir.

3. BULGULAR

Stratejik hammaddelerin, tedarik zincirindeki riskleri tanımlarken kullandığımız beş ayrı bağımsız değişkenin, çıktı değeri olan tedarik riski üzerindeki etkileri bu bölümde sunulmaktadır. Her bir değişkenin, aldığı en küçük ve en büyük değerler, ortalamaları ve standart sapma değerlerin Tablo 4' te gösterilmektedir. Tükenme zamanı ve rezerv toplamı değişim aralığı değerlerine baktığımızda, aradaki farkın önemli derecede büyük olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Veri setinin tanımlayıcı istatistiği

Veri tanımlama	Değişim aralığı	Ortalama	Standart sapma
Tükenme Zamanı	30 – 30000	6150	91.94
Rezerv Toplamı	160 – 430000	119548	129138
İthalat Bağımlılık	0.00 – 1	0.751	0.341
İkame Oranı	0.9 – 1	0.965	0.027
Politik Dengesizlik	0.8 – 1	0.887	0.101

Veri seti, regresyon modellerinde test edilmek üzere Şekil 1' de gösterildiği üzere attribute relation format file formata dönüştürülmektedir. Girdi değişkenleri, attribute ile etiketlenen numerik değerler olup, çıktı değişkeni yine numerik bir değer olarak etiketlenmektedir. Veri setine ait değerler, yine bu şekilde listelenmektedir.

Şekil 1. Veri setinin program formatına dönüştürülmesi

```

@relation 'regresyon'
@attribute tüketme_zamani numeric
@attribute rezerv_toplamı numeric
@attribute ithalat_bağımlilik numeric
@attribute ikame_oranı numeric
@attribute politik_denge numeric

@attribute class numeric
@data
35,950,0.6,0.98,1,1.5
300,79000,0,0.95,1,0.6
20000,280000,0.93,0.98,1,3.8
20000,280000,0.93,0.95,1,3
58,430000,1,0.98,0.8,2.1
145,920,1,0.98,0.8,1.5
9000,100000,1,0.93,1,2
30,160,0.91,0.96,1,3.7
85,140000,0.82,0.95,0.8,1.6
20000,280000,0.93,0.99,1,2.5
30,110000,0,0.94,0.8,0
400,100000,0.91,0.97,0.8,1.8
2000,75000,1,0.98,0.8,1.8
20000,860,0.85,0.99,0.8,1.3
100,1200,1,0.96,0.8,1.2
200,19000,0.98,0.94,0.8,2
200,41000,0,1,0.8,0
100,4000,0.85,0.97,0.8,1.3
100,280000,0.93,0.99,1,1.8
10000,9000,0.77,0.96,0.8,3.2
20000,280000,0.93,0.95,0.8,2.1
50,110000,0.82,0.99,0.8,0.9
30000,950,0.44,0.94,0.8,1.2
80,220000,0.33,1,1,2.9
10000,360000,1,0.9,1,2.4
20000,77000,0.7,1,1,1.5
1000,7300,0.9,0.96,1,2.3
100,28000,0,0.99,1,0
300,270000,1,0.9,0.8,1.0
196.1,2100,1,0.96,0.8,3.5

```

Veri seti, altı adet regresyon modeliyle test işlemine alındıktan sonra her bir algoritmanın performans ölçümleri olan Korelasyon Katsayısı, Ortalama Mutlak Hata (MAE), Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE), Kök Mutlak Hata (RAE), Kök Bağlı Kare Hata (RRSE) değerleri incelenmektedir. Model performansında en çok dikkate alınan değer, korelasyon katsayısı olup, Tablo 5 incelendiğinde en iyi sonucun destek vektör makinesi algoritmasında olduğu görülmektedir. En yaygın olarak kullanılan korelasyon katsayısı, Pearson korelasyon katsayısı olan r ile gösterilmektedir (Tang ve ark., 2020). Korelasyon -1 ile +1 arasında değişip, -1'e yakın bir korelasyon katsayısı daha zayıf bir korelasyonu gösterirken, +1'e yakın bir korelasyon katsayısı daha güçlü bir karşılıklı ilişkiyi göstermektedir.

Tablo 5. Veri setinin performans ölçümleri

Algoritma	Korelasyon katsayısı	MAE	RMSE	RAE	RRSE
Linear Regression	0.602	0.6256	0.8099	76.15%	78.17%
k-Nearest Neighbors	0.315	0.8567	0.7584	105 %	114 %
Decision Tree	0.311	0.7902	0.9926	96.91%	95.80%
Support Vector Machine	0.766	0.389	0.6567	47.73%	63.38%
Multi-Layer Perceptron	0.543	0.766	1.117	93.96%	107.89%
Random Forest	0.556	0.654	0.8794	80.22%	84.88%

Destek vektör makinesi algoritmasından sonra en iyi sonucu veren model, doğrusal regresyon modelidir. En kötü sonucu veren algoritma ise, karar ağacı olmuştur. Hata değerlerine bakıldığında ise, yine en minimum değerler, destek vektör makinesi algoritmasından elde edilmiştir. Doğrusal regresyonun, parametrik olmayan destek vektör kadar iyi performans göstermediği başka çalışmalar da mevcuttur (Lee ve ark., 2020). Destek vektör makineleri, regresyon analizinde etkili bir makine öğrenme algoritması olup, sınıflandırma ve biyo-informatik gibi farklı uygulamalarda da yüksek performans gösteren algoritmadır (Solorio-Ramírez ve ark., 2023).

4. SONUÇ ve TARTIŞMA

Stratejik kararların verilmesinde en önemli faktörün doğru ve güncel bilgi olduğu düşünüldüğünde, stratejik hammaddeler için sürdürülebilir ve sağlam bir veri altyapısının geliştirilmesi tedarik zinciri güvenliği için kritiktir. Tedarik zinciri güvenliği, ülkelerin hammadde stratejilerinin planlanmasında büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, çalışmamızda tedarik riski ile ilişkili beş ayrı parametrenin tedarik riski üzerindeki etkileri incelenmektedir. Ayrıca, makine öğrenmesi algoritmalarından bu konuda en iyi sonucu veren modelin seçimi de ele alınmaktadır. Stratejik hammaddelerin tedariklerinin değerlendirilmesinde, makine öğrenmesi gibi yenilikçi teknolojileri kullanarak bilimsel gelişmelerin üretime ve yüksek katma değerli ürünlere dönüştürülmesi hedeflenmektedir. Çalışma küçük ölçekli planlansa da tedarik zincirini etkileyen yeni girdilerin elde edilmesiyle büyük veri çalışmalarında

yol gösterici olacaktır. Çalışmanın limitleri, sınırlı sayıda girdi ile çalışma ve nümerik veri dışında nominal verilerin dahil edilmemesi olmaktadır.

İleride yapılacak çalışmalar için, verilerin otomatik çekilmesini sağlayan süreçlerin analiz süreçlerine dahil edilmesiyle otomatikliğin tam olarak sağlanması öneri olarak sunulabilir. Hızlı değişen küresel koşullara paralel olarak, stratejik hammaddelerin tedarik zincirini kapsayan çok farklı türde verilerin , farklı kaynaklardan, rutin olarak temin edilmesi ve karar verici mekanizmalara destek olacak formata getirilmesi için otomatik bir sistem oluşturulabilir. Makine öğrenmesi model sonuçlarının etkinliğini ve kıyaslamasını sağlamak adına, regresyon modelinden daha iyi sonuçlar verebilen ileri beslemeli yapay sinir ağları da uygulanabilir (Göçmen ve Derse, 2018). Ayrıca, tedarik zinciri risklerinin değerlendirilmesinde, döngüsel ekonomi, yeşil enerji geçişleri gibi çevresel sorunların da dahil edilmesi gerekmektedir. Ülkelerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada, stratejik hammadde tedarikini kesintisiz sağlamanın her bir hedef alt başlık altında incelenmesi de önemli olacaktır.

5. TEŞEKKÜR

Çalışma, “Stratejik Hammaddeler ve İleri Teknoloji Uygulamaları İhtisas Üniversitesi” olan Munzur Üniversitesi’nde yürütülen ihtisaslaşma projesi çerçevesinde tamamlanmıştır. Stratejik Hammaddeler ve İleri Teknoloji Uygulamaları İhtisaslaşma Koordinatörlüğüne destekleri için teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

- Aljahdali, S., & Hussain, S. N. (2013). Comparative prediction performance with support vector machine and random forest classification techniques. *International journal of computer applications*, 69(11).
- Balogun, A. L., & Tella, A. (2022). Modelling and investigating the impacts of climatic variables on ozone concentration in Malaysia using correlation analysis with random forest, decision tree regression, linear regression, and support vector regression. *Chemosphere*, 299, 134250.
- Blengini, G. A., Nuss, P., Dewulf, J., Nita, V., Peirò, L. T., Vidal-Legaz, B., ... & Ciupagea, C. (2017). EU methodology for critical raw materials assessment: Policy needs and proposed solutions for incremental improvements. *Resources Policy*, 53, 12-19.

- Domaracka, L., Matuskova, S., Tausova, M., Senova, A., & Kowal, B. (2022). Efficient Use of Critical Raw Materials for Optimal Resource Management in EU Countries. *Sustainability*, *14*(11), 6554.
- EU Report. Study on the EU' s list of Critical Raw Materials. Final Report, 2020.
- Göçmen, E., & Derse, O. (2018). Forecasting of Electricity Generation Shares by Fossil Fuels Using Artificial Neural Network and Regression Analysis in Turkey. *International Scientific and Vocational Studies Journal*, *2*(2), 20-30.
- Glöser, S., Espinoza, L. T., Gandenberger, C., & Faulstich, M. (2015). Raw material criticality in the context of classical risk assessment. *Resources Policy*, *44*, 35-46.
- Hatayama, H., & Tahara, K. (2015). Criticality assessment of metals for Japan's resource strategy. *Materials Transactions*, *56*(2), 229-235.
- Hayes, S. M., & McCullough, E. A. (2018). Critical minerals: A review of elemental trends in comprehensive criticality studies. *Resources Policy*, *59*, 192-199.
- Helbig, C., Bruckler, M., Thorenz, A., & Tuma, A. (2021). An overview of indicator choice and normalization in raw material supply risk assessments. *Resources*, *10*(8), 79.
- Kim, J., Kim, J., Hong, T., Kim, Y.-J., Kim, D.-H., (2016). Development of the evaluation system for mineral resources security. *J. Korean Soc. Miner. Energy Resour. Eng.* *53*, 246–262.
- Kim, J., Lee, J., Kim, B., & Kim, J. (2019). Raw material criticality assessment with weighted indicators: An application of fuzzy analytic hierarchy process. *Resources Policy*, *60*, 225-233.
- Lee, H., Wang, J., & Leblon, B. (2020). Using linear regression, random forests, and support vector machine with unmanned aerial vehicle multispectral images to predict canopy nitrogen weight in corn. *Remote Sensing*, *12*(13), 2071.
- Polat, E. G., Yücesan, M., & Gül, M. (2023). A comparative framework for criticality assessment of strategic raw materials in Turkey. *Resources Policy*, *82*, 103511.
- Pommeret, A., Ricci, F., & Schubert, K. (2022). Critical raw materials for the energy transition. *European Economic Review*, *141*, 103991.
- Schrijvers, D., Hool, A., Blengini, G. A., Chen, W. Q., Dewulf, J., Eggert, R., ... & Wäger, P. A. (2020). A review of methods and data to determine raw material criticality. *Resources, conservation and recycling*, *155*, 104617.

- Solorio-Ramírez, J. L., Jiménez-Cruz, R., Villuendas-Rey, Y., & Yáñez-Márquez, C. (2023). Random forest Algorithm for the Classification of Spectral Data of Astronomical Objects. *Algorithms*, 16(6), 293.
- Tang, X., Gao, X., Li, C., Zhou, Q., Ren, C., & Feng, Z. (2020). Study on spatiotemporal distribution of airborne ozone pollution in subtropical region considering socioeconomic driving impacts: A case study in Guangzhou, China. *Sustainable Cities and Society*, 54, 101989.
- Wentker, M., Greenwood, M., Asaba, M. C., & Leker, J. (2019). A raw material criticality and environmental impact assessment of state-of-the-art and post-lithium-ion cathode technologies. *Journal of Energy Storage*, 26, 101022.
- Yan, W., Wang, Z., Cao, H., Zhang, Y., & Sun, Z. (2021). Criticality assessment of metal resources in China. *Iscience*, 24(6), 102524.
- Yao, Z., Liu, P., Lei, L., & Yin, J. (2005). R-C4. 5 Decision tree model and its applications to health care dataset. In *Proceedings of ICSSSM'05. 2005 International Conference on Services Systems and Services Management, 2005*. (Vol. 2, pp. 1099-1103). IEEE.
- Zhang, S. E., Bourdeau, J. E., Nwaila, G. T., & Ghorbani, Y. (2023). Emerging criticality: Unraveling shifting dynamics of the EU's critical raw materials and their implications on Canada and South Africa. *Resources Policy*, 86, 104247.

DİJİTAL HARİTA DESTEKLİ SAHA İŞGÜCÜ VE ROTA OPTİMİZASYONU UYGULAMASI: İLAÇ DAĞITIMI*

Zahra KHODA KARİMİ

Eskişehir Teknik Üniversitesi,
Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş.
ORCID: 0000-0002-9735-4635

Emrah YILMAZ

Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş.
ORCID: 00000001-8850-8199

Ozan KIVANÇ

Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş.
ORCID: 0009-0004-2869-0688

Burak ERDEM

Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş.
ORCID: 0009-0005-7117-5187

Mehmet KÜÇÜKPEHLİVAN

Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş.
ORCID: 0000-0002-9686-481X

Deniz YIDIZ

Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş.
ORCID: 0009-0003-7049-4771

Özet: Bu araştırma, gezici satıcı problemi (TSP), zaman pencere- li gezgin satıcı problemi (TSP-TW), araç rotalama problemi (VRP) gibi yol optimizasyon algoritmalarının uygulanmasına ve ilaç dağıtımında anlık trafik modu TSP'nin kullanımına odaklanmaktadır. Çalışmanın

* Bu çalışmanın özeti 16-17 Kasım 2023 tarihleri arasında yüzyüze/online olarak düzenlenen 12.Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi'nde (ULTZK 2023) sunulmuş ve kongre özet kitapçığında yayımlanmıştır.

amacı, işletmelerin sahadaki iş gücünü etkin bir şekilde yöneterek ve rotaları optimize ederek zamandan ve paradan tasarruf etmelerine yardımcı olabilecek bir yöntem geliştirmektir. Bu yaklaşım, karar alma için gerçek zamanlı, doğru ve uygulanabilir bilgiler sağlamak üzere bu algoritmaların dijital haritalar ile entegre edilmesini içerir.

Çalışmanın ana sonuçları, algoritma seçiminin çözülmesi gereken spesifik probleme bağlı olduğunu göstermektedir. Örneğin, TSP algoritması bir dizi konum arasındaki en kısa yolu bulmak için uygun iken, TSP-TW algoritması zaman penceresi kısıtlamalarını işleyebilir. Öte yandan, birden fazla araç ve kapasite kısıtlaması olan problemler için VRP algoritması daha uygundur. Ek olarak, gerçek zamanlı trafik modellerine sahip TSP, rotaları gerçek zamanlı trafik koşullarına göre dinamik olarak ayarlamak için kullanılabilir.

Makale, dijital haritaların ve rota optimizasyon algoritmalarının entegrasyonunun ilaç dağıtım verimliliğini önemli ölçüde artırabileceği sonucuna varmaktadır. Bu yaklaşım, işletmelerin daha akıllı kararlar almasına, nakliye maliyetlerini azaltmasına ve müşteri memnuniyetini artırmasına olanak tanımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Rota optimizasyon algoritmaları; Saha işgücü yönetimi; TSP; VRP; Dijital harita

GİRİŞ

Dijital haritalama teknolojileri, sağlık hizmetleri de dahil olmak üzere birçok sektörü tamamen değiştirdi. Özellikle ilaç sevkiyatı alanında saha emeği ve rota optimizasyonu uygulamalarını desteklemek için sayısal haritaların kullanımı büyük ilgi görmüştür. Bu yaklaşımlar, dağıtım yollarını iyileştirmeyi, nakliye maliyetlerini en aza indirmeyi ve nihayetinde halk sağlığı kuruluşlarına ilaç dağıtımının genel verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır (Li vd., 2016).

İlaç dağıtım yollarının optimize edilmesi, halk sağlığı kuruluşlarında önemli bir endişe haline geldi. Bu sorunun üstesinden gelmek için önerilen bir model, belirli mesafe sınırları içinde yerel topluluklarda ilaç dağıtım yollarının optimize edilmesini önermektedir. Bu model, ilaçların belirli bir alana taşınmasının toplam maliyetini en aza indirmek için kriyoprezervasyon maliyetleri, sabit araç maliyetleri ve nakliye maliyetleri gibi faktörleri hesaba katar (Liv d., 2016).

Dijital haritalar da dahil olmak üzere dijital araçlar, farklı bakım arayüzlerinde ilaç dağıtımını optimize etmede önemli bir rol oynayabilir. Sistem yönetimini iyileştirmek, tekrarı azaltmak ve sağlık hizmetleri ortamlarında sistemleri optimize etmek için klinik ve BT paydaşlarıyla iş birliği yapma fırsatları sunarlar (Tolley vd., 2023). Dijital GIS haritalarının kullanımı, özellikle ilaç dağıtım alanında çok faydalıdır. Bu haritalar, hasta bilgilerini verimli bir şekilde toplayabilir, ilaçlara ve sağlık hizmeti sunumuna dayalı coğrafi dağıtım sağlayarak sağlık kuruluşlarını destekleyebilir ve sağlık kaynaklarının adil dağıtımını sağlayabilir (Siddik vd., 2023).

Dijital tıbbın yükselişi, sağlık ve teknoloji sektörlerinde yetenekli ve çeşitliliğe sahip bir iş gücüne sahip olmanın önemini vurguladı. Dijital tıbb etkili bir şekilde uygulamak için hem sağlık hem de teknoloji alanında uzmanlığa sahip uzmanlara ihtiyaç vardır. Bununla birlikte, dijital tıbbın başarılı bir şekilde benimsenmesini engelleyen kültürel farklılıklar ve etkisiz dijital çözümlerin bolluğu gibi engeller vardır (Goldsack ve Zanetti, 2020; Steinhubl ve Topol, 2018).

Genel olarak, dijital haritalama teknolojilerinin, dijital araçların ve dijital görüntülemenin tıbbi entegrasyonu, sağlık hizmetlerini kökten dönüştürme potansiyeline sahiptir. Bu teknolojiler, ilaç dağıtım yollarını iyileştirme, farklı bakım arayüzlerinde ilaç optimizasyonunu iyileştirme, sağlık kaynaklarının verimli coğrafi dağılımını sağlama ve tıbbi tedavi planlarının değerlendirilmesi ve onaylanması için faydalı olma potansiyeline sahiptir (Li vd., 2016; Tolley vd., 2023; Siddik vd., 2023). Bununla birlikte, faydaları tam olarak gerçekleştirmek ve dijital tıpla ilgili zorlukların üstesinden gelmek için daha fazla araştırma ve iş birliğine ihtiyaç vardır (Brennan vd., 2011; Baumgartner, 2021).

Mevcut araştırmalar genel olarak gözden geçirildiğinde, hastaneler ve eczaneler için ilaç dağıtım konusunda çok sayıda araştırma yapılmış olmasına rağmen, toplum sağlığı hizmeti kurumları için özel olarak ilaç dağıtım konusunda çok az araştırma yapıldığı ve ayırt edici özelliklerinin dikkate alınmadığı görülmüştür (Liv d., 2016).

Çalışmanın amacı, ilaç dağıtım için en uygun rotayı kullanarak en kısa sürede bölgeye ulaşmasıdır. Ayrıca, normal araçlardan farklı olarak, geliştirilen yazılım üzerinde araç tipine bağlı olarak bilgiler bulunmaktadır. Rotalama çözümünde gerçek zamanlı farklı trafik koşullarını etkileyen değişkenler yer almaktadır. Bu çalışmada, gerçek zamanlı trafik bilgisini işleyen ve farklı araç tiplerine göre rotalama yapılmıştır.

1. LİTERATÜR İNCELEMESİ

1.1. Sahada İşgücü Yönetimi

Yetenek yönetimi, saha işgücü yönetiminde çok önemli bir unsurdur. Bununla birlikte, yetenek yönetimi ve iş gücü farklılaştırmasına yönelik belirli yaklaşımların potansiyel dezavantajları olabilir. Örgütsel adalet, etik, iç rekabet ve işyeri çeşitliliği, bu yaklaşımların işlevsiz yönlerini vurgulayan temalar olarak tanımlanmaktadır. Literatür, bu zorlukları ele almak için mevcut yetenek yönetimi süreçlerini yeniden değerlendirmenin ve iyileştirmenin önemini vurgulamaktadır (Kwon vd., 2022)

İşgücü çeşitliliği, saha işgücü yönetiminin bir başka önemli yönüdür. Farklılıkların yönetimi üzerine birçok makale yazılmış olsada, küresel işgücü çeşitliliğinin yönetimi konusunda sınırlı sayıda araştırma yapılmıştır. Çalışmalar, küresel ölçekte insan kaynakları yönetiminin karşılaştığı zorlukları vurgular ve işgücü çeşitliliğinin kapsamlı bir şekilde anlaşılması ve etkin yönetimine duyulan ihtiyacı vurgular (Kharroubi, 2021; Kharroubi, 2021). Saha işgücü yönetimi, sağlık, teknoloji ve iş gibi çeşitli sektörlerde hayati öneme sahiptir. Operasyonları optimize etmek, verimliliği artırmak ve genel organizasyonel performansı iyileştirmek için saha iş gücünü etkin bir şekilde yönetmek çok önemlidir.

İşgücü çevikliği, saha iş gücü yönetiminde kilit bir kavramdır. İş gücü çevikliği literatürünün sistematik bir incelemesi, ilgili akademik makaleleri tanımlar ve yazarları, kuruluşları ve ülkelerin etkili dergi ve dergilerini vurgularken alandaki gelişmeleri analiz eder. Değerlendirme, işgücü çevikliği stratejilerini anlama ve uygulamadaki ilerlemeye genel bir bakış sağlar (Junior ve Saltorato, 2021). İşyerinde bilgiyi planlama ve yönetme yeteneği, kurumsal itibarın etkinliğini önemli ölçüde etkileyen faktörler olarak tanımlanmıştır. Kuruluşlar, yaş çeşitliliğini yönetmenin etkisini tanımalı ve bu zorlukları ele almak ve iş gücü performansını optimize etmek için stratejiler uygulamalıdır (Juicharoen ve Wangthong, 2021).

Buna göre saha işgücü yönetimi, farklı sektörlerde operasyonların ve performansın optimizasyonunu etkileyen birçok farklı yönü kapsar. Yetenek yönetimi, iş gücü çeşitliliği, e-öğrenme ve iş gücü esnekliği literatürde keşfedilen alanlardan sadece birkaçıdır. Bulgular, saha işgücü yönetimi alanında daha fazla araştırma için zorlukları, en iyi uygulamaları ve potansiyel yönleri vurgulamaktadır.

1.2. Rota Optimizasyon Teknikleri

Mevcut birçok rota optimizasyon tekniği taşımacılık ve lojistik gibi geleneksel uygulamalara odaklanırken, son araştırmalar diğer alanlarda da optimizasyonu araştırmıştır. Örneğin, toplu taşıma ağlarında yinelenen hatlarda rota araçlarının çizelgelenmesi, toplu taşıma programlarını optimize etmenin bir yolu olarak araştırılmıştır. Bu teknik, farklı güzergahlardaki ardışık araçlar arasındaki zaman aralıklarını hizalayarak hizmet kalitesini ve verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır (Kravchenya vd.,2011).

Rota optimizasyon teknikleri, ilaç dağıtımı da dahil olmak üzere çeşitli endüstrilerde önemli bir rol oynamaktadır. Genetik algoritmaların kullanımı, zaman pencereleri ile araç rotalama problemini (VRP) çözmek için önerilmiştir (Aydınalp ve Özgen, 2022; Redi vd., 2020; Gomes vd., 2021). Bu teknikler teslimat süresini en aza indirmeyi ve heterojen bir araç filosu kullanmayı amaçlamaktadır (Aydınalp ve Özgen, 2022). Ayrıca, dinamik programlama algoritmaları VRP'lere uygulanmıştır, ancak pratikte sınırlı kullanımları zayıf ölçekleme performanslarına bağlanmaktadır (Kool vd., 2022; Wouter vd., 2021). Bununla birlikte, son çalışmalar, bu algoritmaların ölçeklenebilirliğini iyileştirme konusunda umut vaat eden derin politika dinamik programlamanın VRP'lere uygulanmasını araştırmıştır (Kool vd., 2022; Wouter vd., 2021).

TSP (Gezgin Satıcı Problemi) ve VRP (Araç Rotalama Problemi) algoritmaları ile rota optimizasyon teknikleri literatürde kapsamlı olarak çalışılmıştır. (Kool vd., 2022). Genetik algoritmalar (Gomes vd., 2021), kısıt programlama (Bertagnon, 2020) ve hibrit optimizasyon algoritmaları (Bao, 2015) gibi diğer optimizasyon teknikleri de TSP ve VRP'ye uygulanmıştır. Bu algoritmalar, mesafeler, maliyetler, seyahat süreleri ve araç kapasiteleri gibi faktörleri göz önünde bulundurarak taşımacılık ve lojistikte araçlar için en verimli rotaları bulmayı amaçlamaktadır (Herrera vd., 2022). Ayrıca, VRP için maliyetleri en aza indirme ve kâr en üst düzeye çıkarma gibi birden fazla amacın dikkate alındığı çok amaçlı optimizasyon üzerine çalışmalar yapılmıştır (Barán vd., 2015).

2.3. Sağlık Sektöründe İlaç Dağıtımı

İlaç dağıtımının önemli bir yönü, dağıtım kanalları üzerinden para ve ilaç ürünlerinin akışıdır. Hartung (2017) bu karmaşık akışın görsel bir temsilini sunmaktadır. İlaç satın alma süreci genellikle opak ve karmaşıktır, bu da onu sağlık hizmetlerinde en az şeffaf olan işlemlerden biri haline getirir (Hartung,

2017). Bu şeffaflık eksikliğinin tedavilerin fiyatlandırılması ve maliyet etkinliği üzerinde etkileri olabilir.

İlaç dağıtımının maliyet etkinliği ilgi çeken bir konudur. Liu (2016) kan ve ilik nakli bağlamında mobilizasyon maliyetini tartışmaktadır. Sağlık sektöründe ilaç dağıtımını fiyatlandırma, düzenleme, tedarik zinciri esnekliği, envanter yönetimi ve maliyet etkinliği gibi çeşitli faktörlerden etkilenen karmaşık bir süreçtir. Bu faktörleri anlamak, ilaçların hastalara verimli ve etkili bir şekilde ulaştırılmasını sağlamak için çok önemlidir. İlaç dağıtımını optimize edebilecek ve hasta sonuçlarını iyileştirebilecek yenilikçi stratejileri ve teknolojileri keşfetmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

2. ÇÖZÜM TASARIMI VE UYGULAMASI

2.1. Sistem Mimarisi

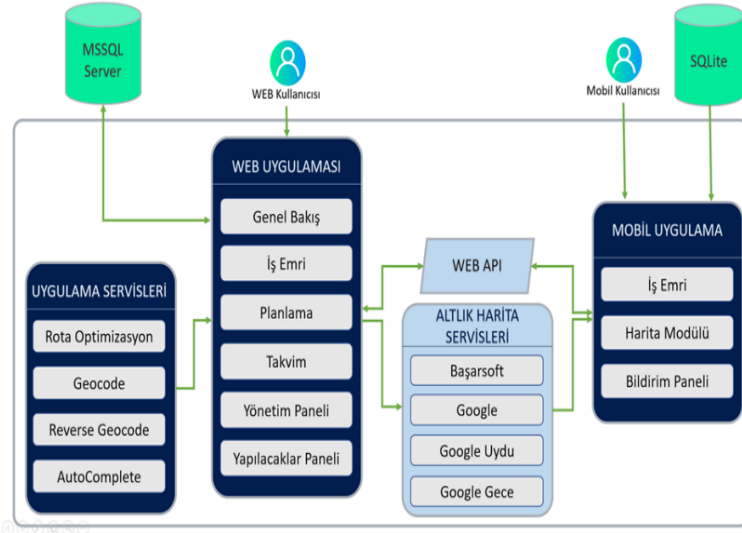
Bu çözümün tasarımı aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

- Dijital Harita Entegrasyonu: Uygulama, saha iş gücü için gerçek zamanlı konum takibi ve rota optimizasyonu sağlamak üzere dijital haritaları entegre etmelidir.
- Rota Optimizasyonu: Uygulama, trafik koşulları, mesafe ve teslimat öncelikleri gibi faktörlere dayalı olarak saha işgücü için en verimli rotaları hesaplamalıdır.
- Gerçek Zamanlı Güncellemeler: Uygulama, tahmini varış zamanı (ETA) ve karşılaşılan gecikmeler veya sorunlar dahil olmak üzere teslimatların durumu hakkında gerçek zamanlı güncellemeler sağlamalıdır.
- Envanter Yönetimi: Uygulama, saha işgücünün envanter seviyelerini yönetmesine ve takip etmesine izin vererek her zaman yeterli miktarda ilaç tedarik edilmesini sağlamalıdır.
- Müşteri İletişimi: Uygulama, saha işgücünün müşterilerle iletişim kurmasını, teslimat durumu hakkında güncellemeler sağlamasını ve ortaya çıkabilecek endişeleri veya sorunları ele almasını sağlamalıdır.
- Veri Analitiği: Uygulama, teslimat performansına ilişkin verileri toplamalı ve analiz etmeli, böylece ilaç dağıtım sürecinin verimliliğinde ve etkinliğinde sürekli iyileştirmeye olanak sağlamalıdır.

Şekil 1'e göre sistemin temel bileşenleri aşağıdaki teknolojilerin bir kombinasyonu kullanılarak uygulanmıştır:

- Mobil Uygulama: Saha işgücünün uygulamanın özelliklerine akıllı telefonlarından veya tabletlerinden erişebilmesi için bir mobil uygulama geliştirilebilir. Uygulama hem iOS hem de Android cihazlar için kullanılabilir olmalıdır.
- Bulut Tabanlı Altyapı: Uygulama, ölçeklenebilirlik ve güvenilirlik sağlamak için bulut tabanlı bir altyapı üzerinde barındırılmalıdır. Bu aynı zamanda uygulamaya ve verilere herhangi bir konumdan kolay erişim sağlayacaktır.
- API Entegrasyonu: Uygulama, sorunsuz veri akışı ve iletişim sağlamak için ilaç envanter yönetim sistemi ve müşteri ilişkileri yönetimi (CRM) sistemi gibi mevcut sistemler ve veritabanlarıyla entegre olmalıdır.
- Veri Görselleştirme Araçları: Veri analitiği, dağıtım performansı hakkında içgörü sağlamak ve iyileştirme alanlarını belirlemek için gösterge tabloları ve raporlar gibi veri görselleştirme araçları kullanılarak gerçekleştirilebilir.
- Güvenlik ve Gizlilik: Uygulama, hasta bilgileri ve teslimat programları gibi hassas verileri korumak için sağlam güvenlik önlemleri içermelidir. Buna şifreleme, kullanıcı kimlik doğrulaması ve rol tabanlı erişim kontrolü dahil olabilir.

Şekil 1. sistemin temel bileşenleri (Yazarlar)



Sistemin en önemli özelliklerinden biri dijital haritalarla entegrasyonudur. İşletmelerin saha operasyonlarını bir harita üzerinde görselleştirmelerine ve rotalarını optimize etmelerine olanak tanır. Bu da ilaç dağıtımında olduğu

gibi çok sayıda müşteriye mal veya hizmet teslim etmesi gereken işletmeler için özellikle yararlıdır.

2.2. Saha İşgücü Yönetimi

İş gücü planlaması: Uygulama işletmelerin saha çalışanları için programlar oluşturmasına ve yönetmesine olanak tanır. Bu, başlangıç ve bitiş saatlerini, molaları ve seyahat süresini belirleme yeteneğini içerir.

Görev yönetimi: uygulama, işletmelerin saha çalışanları için görevler oluşturmasına ve yönetmesine olanak tanır. Bu, son tarihleri, öncelikleri ve açıklamaları belirleme yeteneğini içerir.

İzleme: Uygulama, saha çalışanlarının konumunu izler. Bu, işletmelerin çalışanlarının her zaman nerede olduklarını görmelerine ve görevlerini tamamlama yolunda olduklarından emin olmalarına olanak tanır.

İletişim: uygulama, işletmelerin saha çalışanlarıyla iletişim kurmaları için bir dizi iletişim aracı sağlar. Bu araçlar sohbet, e-posta ve anlık bildirimleri içerir.

Raporlama: bu uygulama, işletmelerin saha çalışanlarının performansını izlemek için kullanabilecekleri bir dizi rapor sağlar. Bu raporlar görev tamamlama oranlarını, seyahat sürelerini ve yakıt tüketimini içerir.

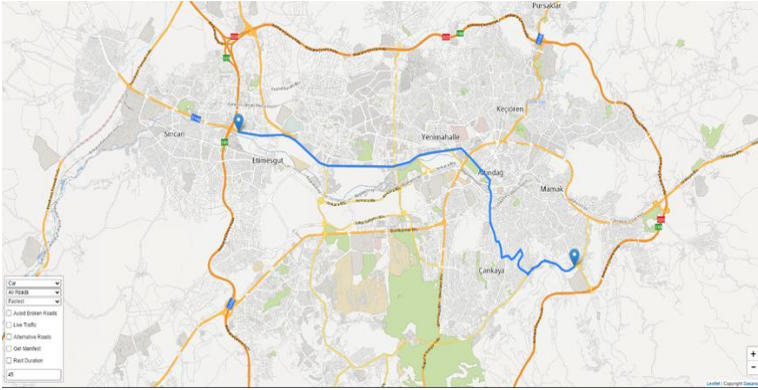
Bu çalışmadaki saha işgücü yönetimi özellikleri, işletmelerin saha operasyonlarının verimliliğini ve üretkenliğini artırmalarına yardımcı olmak için tasarlanmıştır. Bu özellikler saha çalışanlarının konumunu takip etmek, program oluşturmak ve yönetmek ve saha çalışanlarıyla iletişim kurmak için kullanılabilir. İşletmeler bu özellikleri kullanarak saha çalışanlarının görevlerini tamamlama yolunda ilerlediklerinden ve müşterilerinin ihtiyaçlarını karşıladıklarından emin olabilirler.

2.3. Rota Optimizasyon Algoritmaları

TSP (Gezgin Satıcı Problemi): TSP, bir satış elemanının bir dizi şehri ziyaret etmesi için mümkün olan en kısa rotayı bulmayı içeren klasik bir optimizasyon problemidir. Bununla birlikte, TSP'ye iyi çözümler bulmak için kullanılabilir bir dizi sezgisel yöntem vardır. **TSP-TW (Zaman Pencereli Gezgin Satıcı Problemi):** TSP-TW, TSP'nin bir çeşididir. Bunlara zaman penceresi de dahildir. Zaman aralıkları, bir satıcının bir şehri ziyaret edebileceği en erken ve en geç zamanları gösterir. TSP-TW, TSP'ye göre çözülmesi daha zor bir problemdir, ancak iyi çözümler bulmak için kullanılabilir bir dizi sezgisel yöntem vardır.

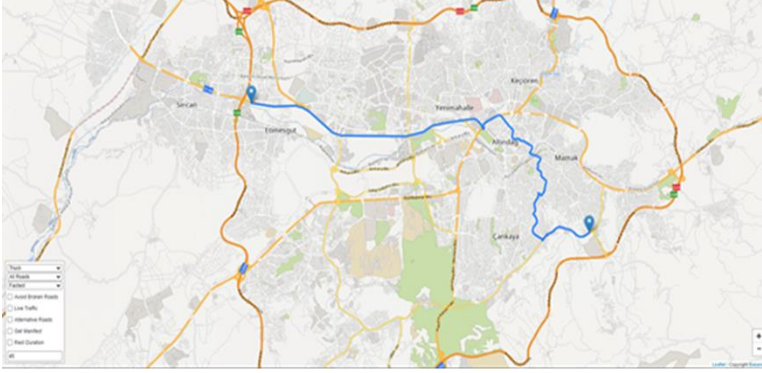
Canlı Trafik Modlu TSP: Canlı Trafik Modlu TSP, TSP'nin canlı trafik koşullarını dikkate alan bir çeşididir. Bu, algoritmanın yoğun alanlardan kaçınan ve temiz yolları kullanan rotaları seçebileceği anlamına gelir. Canlı Trafik Modlu TSP, rota optimizasyonuna daha gerçekçi bir yaklaşımdır ve önemli ölçüde zaman ve yakıt tasarrufu sağlayabilir. Bunlar, bir araç filosu için en verimli rotaları bulmak için kullanılacak rota optimizasyon algoritmalarından sadece bazılarıdır. Algoritma seçimi, çözülmesi gereken özel probleme bağlıdır. Örneğin, TSP az sayıda şehir içeren problemler için iyi bir seçimken, VRP çok sayıda müşteri içeren problemler için iyi bir seçimdir. Rota optimizasyon algoritmaları, şirketlere zaman ve para tasarrufu sağlayabilecek güçlü bir araçtır. Şirketler rotalarını optimize ederek araçlarının yakıt tüketimini azaltabilir ve çalışanlarının araç kullanmak için harcadıkları zamanı azaltabilirler.

Görsel 2.3.1. Normal Dağıtım Araç için TSP Rotası (Yazarlar)



Normal araç ve kamyon, kamyonet vb. göre TSP rotalaması için kamyon ve kamyonetlerin boyutları, Trafik yasakları, güzergah planlaması yapılırken dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Örneğin, büyük bir kamyonun küçük bir yoldan geçmesi zor olabilir. Araç tipine göre, güzergahlar belirlenirken dikkate alınması gereken bir diğer önemli faktördür (Görsel 2.3.1 ve Görsel 3,2,2).

Görsel 2.3.2. Kamyon Dağıtım Araç için TSP Rotası (Yazarlar)



3. BULGULAR

3.1. Problem Açıklaması

İlaç dağıtımının optimize edilmesi, toplum sağlığı tesisleri (Liv d., 2016), bulaşıcı hastalıklarla mücadele (Sivakumar vd., 2019) ve insani yardım sağlanması (Vargas-Florez ve Alva-Cabrera,2019) gibi çeşitli bağlamlarda ele alınması gereken kritik bir konudur. İlaç dağıtım kanallarının optimizasyonu, nakliye maliyetleri, soğuk depolama maliyetleri ve sabit araç maliyetleri dahil olmak üzere toplam maliyetleri en aza indirmeyi amaçlamaktadır (Liv d., 2016). Bu optimizasyon, sağlık hizmetleri tedarik zincirinin esnekliğini ve performansını artırmak için kritik öneme sahiptir (Costantino vd., 2010).

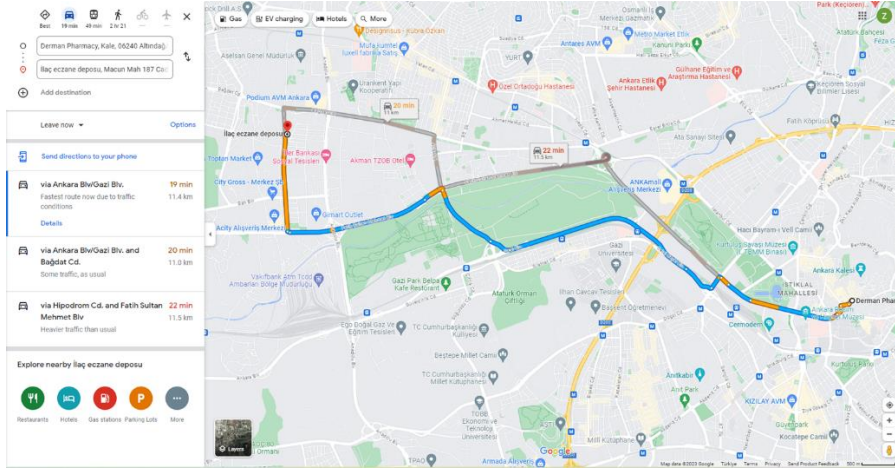
Literatürde geliştirilen optimizasyon modelleri ve algoritmaları, ilaç dağıtımının çeşitli yönlerini ele almıştır. Örneğin, Li ve arkadaşları, belirli bir bölgedeki toplam maliyeti en aza indirmek için sınırlı taşıma mesafesine sahip yerel ilaç dağıtım rotalarını optimize etmek için bir model önermiştir. Sivakumar ve arkadaşları, mevcut ilaçların hastalık popülasyonuna etkili bir şekilde dağıtılması yoluyla insan verimliliği kaybını en aza indirmek için iki amaçlı bir bulanık matematiksel model sunmuştur. Vargas-Florez ve Alva-Cabrera insani yardım dağıtımını optimize etmeye odaklanmış ve ilaç depolama için farklı kümeleme stratejilerini karşılaştırmıştır. Costantino ve diğerleri, bölgesel sağlık hizmeti dağıtım zincirlerinin optimum yapısını tasarlamak için optimizasyon modelleri uygulamıştır.

İlaç dağıtımının optimize edilmesinin önemi, sağlık hizmeti sunumu ve hasta sonuçları üzerindeki etkisiyle daha da vurgulanmaktadır. Zayıf altyapı, sağlık kaynaklarının eşit olmayan coğrafi dağılımı ve temel ilaç ve ekipman eksiklikleri, çeşitli ortamlarda sağlık hizmeti sunumunda kalıcı zorluklar

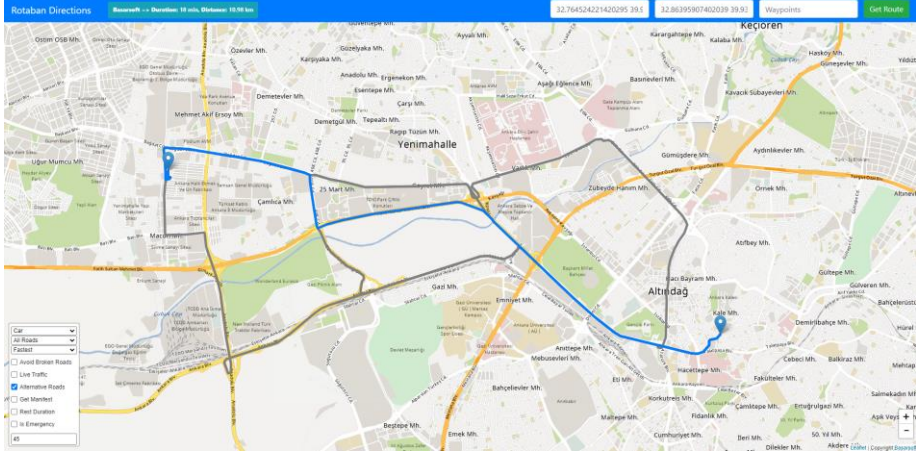
oluşturmaktadır. Etkili ilaç dağıtım optimizasyonu yoluyla bu sınırlamaların ele alınması, klinik sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmaya ve yetişkinlerde optimal sağlığı teşvik etmeye yardımcı olabilir (Brenner vd.,2015; Watson vd., 2015). İlaç dağıtımının optimize edilmesi, çeşitli sağlık hizmetleri bağlamlarında acil bir konudur. Bu çalışma, genel maliyetleri en aza indirmeyi, sağlık hizmeti tedarik zinciri esnekliğini ve performansını iyileştirmeyi ve sağlık hizmeti sunumunu ve hasta sonuçlarını iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Literatürde çeşitli optimizasyon modelleri ve algoritmaları önerilmiş, vaka çalışmaları ve simülasyonlarla doğrulanmış ve optimum dağıtım sonuçlarına ulaşmak için bağlama özgü kısıtlamaların ele alınmasının önemi vurgulanmıştır.

Bu çalışmada, geliştirilen algoritmaların Google Maps rotalama algoritmalarıyla karşılaştırılması incelenmiştir. Yapılan karşılaştırmalarda, geliştirilen algoritmaların daha az zaman ve kilometre gerektirdiği görülmüştür. Örneğin, Bir ilaç deposu noktasından, farklı nokta da teslim edilmek için bir eczane noktasına, aynı zaman diliminde rota hesaplaması yapılması sonucunda, Google Maps rotalaması; 19 Dakika ve 11.4 km iken, geliştirdiğimiz çözüm sonum sonucunda rotalama; 18 Dakika ve 10.98 km olarak elde edilmiştir (Görsel 3.1.1 ve Görsel 3.1.2).

Görsel 3.1.1. İlaç Deposundan Eczane'ye Google Maps Rotası (Yazarlar)



Görsel 3.1.1. İlaç Deposundan Eczane'ye geliştirilen Rota (Yazarlar)



4. SONUÇ

İlaç dağıtımı, hassas ve karmaşık bir süreçtir. İlaçların zamanında ve doğru şekilde teslim edilmesi kritiktir, ancak bu, sıkışık trafik, değişen teslimat koşulları ve diğer faktörler nedeniyle zor olabilir. Bu çalışma, ilaç dağıtımı için rota optimizasyonunu ele almaktadır. Gezici satıcı problemi (TSP), zaman pencereli gezgin satıcı problemi (TSP-TW), araç rotalama problemi (VRP) gibi rota optimizasyon algoritmalarının uygulanmasına ve ilaç dağıtımında anlık trafik modu TSP'nin kullanımına odaklanmaktadır.

Bu çalışmada, ilaç dağıtımı için dijital harita destekli bir rota optimizasyon uygulamasının etkinliği, Google Maps ile karşılaştırılmıştır. Geliştirilen uygulama, bir depodan eczaneye sevkiyat yapmak için Google Maps tarafından önerilen rotaya kıyasla ortalama olarak 1 dakika (%5.26 azalma) ve 0.42 km (%3.68 azalma) daha kısa bir süre ve mesafe elde edilmiştir. Bu fark ilk bakışta küçük görünürse de, yıllık olarak değerlendirildiğinde önemli miktarda tasarruf sağladığı görülmektedir. Haftada iki kez yapılan sevkiyatlar varsayarak, yılda 43.68 km daha az yol ve 104 dakika zaman tasarruf sağlanabilmektedir. Bu tasarruf, yakıt tüketimi ve karbon emisyonu gibi çevresel faktörler açısından da önemlidir. Örneğin, ortalama bir ticari aracın 0.3 litre/km yakıt tükettiği düşünüldüğünde, yılda yaklaşık 13.104 litre yakıt tasarrufu sağlanmaktadır.

Çözümümüzde optimizasyon algoritmalarını kullanmanın faydalarından bazıları şunlardır; işletmeler rotalarını optimize ederek yakıt tüketimini azaltabilir, araçlarının kullandığı yakıt miktarını azaltabilir. Bu, işletmelere

para tasarrufu sağlayabilir ve Google gibi diğer yönlendirme çözümlerine kıyasla çevresel etkilerini azaltmaya yardımcı olabilir. Kullanıcılar, saha operasyonlarının ilerleyişini takip ederek yönetmeliklere uyduklarından emin olabilirler. Bu, cezalardan kaçınmaya yardımcı olabilir. Bu çözüm, dijital harita entegrasyonu, kullanıcıların saha operasyonlarını iyileştirmelerine yardımcı olabilecek güçlü bir araçtır. Özellikle ilaç dağıtımında olduğu gibi çok sayıda müşteriye mal veya hizmet teslim etmesi gereken işletmeler için kullanışlıdır.

Sonuç olarak, Algoritma seçiminin çözülmesi gereken spesifik probleme bağlı olduğunu göstermektedir. Örneğin, TSP algoritması bir dizi konum arasındaki en kısa yolu bulmak için uygun iken, TSP-TW algoritması zaman penceresi kısıtlamalarını işleyebilir. Öte yandan, birden fazla araç ve kapasite kısıtlaması olan problemler için VRP algoritması daha uygundur. Ek olarak, gerçek zamanlı trafik modellerine sahip TSP, rotaları gerçek zamanlı trafik koşullarına göre dinamik olarak ayarlamak için kullanılabilir.

Dijital haritaların ve rota optimizasyon algoritmalarının entegrasyonunun ilaç dağıtım verimliliğini önemli ölçüde artırabileceğini göstermektedir. Bu yaklaşım, işletmelerin daha akıllı kararlar almasına, nakliye maliyetlerini azaltmasına ve müşteri memnuniyetini artırmasına olanak tanımaktadır.

5. KAYNAKLAR

- Li, Z., Ma, Z., Shi, W., & Qian, X. (2016). *Research on medicine distribution route optimization for community health service institutions*. Mathematical Problems in Engineering, 2016
- Tolley, C., Seymour, H., Watson, N., Nazar, H., Heed, J., & Belshaw, D. (2023). *Barriers and Opportunities for the Use of Digital Tools in Medicines Optimization Across the Interfaces of Care: Stakeholder Interviews in the United Kingdom*. JMIR Medical Informatics, 11(1), e42458.
- Siddik, M. S. M., Ahmed, T. E., Awad Ahmed, F. R., Mokhtar, R. A., Ali, E. S., & Saeed, R. A. (2023). *Development of Health Digital GIS Map for Tuberculosis Disease Distribution Analysis in Sudan*. Journal of Healthcare Engineering, 2023.
- Goldsack, J. C., & Zanetti, C. A. (2020). *Defining and developing the workforce needed for success in the digital era of medicine*. Digital biomarkers, 4(1), 136-142.
- Steinhubl, S. R., & Topol, E. J. (2018). *Digital medicine, on its way to being just plain medicine*. NPJ Digital Medicine, 1(1), 20175.

- Brennan, N., Mattick, K., & Ellis, T. (2011). *The Map of Medicine: a review of evidence for its impact on healthcare*. Health Information & Libraries Journal, 28(2), 93-100.
- Baumgartner, R. (2021). *Precision medicine and digital phenotyping: digital medicine's way from more data to better health*. Big Data & Society, 8(2), 20539517211066452.
- Kwon, K., & Jang, S. (2022). *There is no good war for talent: A critical review of the literature on talent management*. Employee Relations: The International Journal, 44(1), 94-120.
- Kharroubi, D. (2021). *Global workforce diversity management: Challenges across the world*. Ekonomicko-manazerske spektrum, 15(1), 28-37.
- Tessarini Junior, G., & Saltorato, P. (2021). *Workforce agility: a systematic literature review and a research agenda proposal*. Innovar, 31(81), 155-167.
- Kharroubi, D. (2021). Global Workforce Diversity Management: Challenges Across the World. SHS Web of Conf., (92), 02026. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219202026>
- Juicharoen, N., Wangthong, S. (2021). The Aging Workforce Management In Business Sectors. QJMSS, 1(3), 40-48. <https://doi.org/10.3126/qjms.v3i1.37589>
- Bao, H. (2015). A Two-phase Hybrid Optimization Algorithm For Solving Complex Optimization Problems. IJSH, 10(9), 27-36. <https://doi.org/10.14257/ijsh.2015.9.10.04>
- Barán, B., & Laufer, M. (2015). *Generalization of the MOACS algorithm for Many Objectives: An application to motorcycle distribution*. CLEI Electronic Journal, 18(2), 9-9.
- Bertagnon, A. (2020). *Constraint Programming Algorithms for Route Planning Exploiting Geometrical Information*. arXiv preprint arXiv:2009.10253.
- Kool, W., van Hoof, H., Gromicho, J., & Welling, M. (2022, June). *Deep policy dynamic programming for vehicle routing problems*. In *International conference on integration of constraint programming, artificial intelligence, and operations research* (pp. 190-213). Cham: Springer International Publishing.
- Herrera, O., Jerez, V., Arrieta, N., & Camacho, G. (2022). *Transshipment and routing model for multi-product planning and distribution at a refreshment company in Bogota, Colombia*. Journal of applied research and technology, 20(4), 408-417.

- Aydinalp, Z., Özgen, D. (2022). Solving Vehicle Routing Problem With Time Windows Using Metaheuristic Approaches. *IJICC*, 1(16), 121-138. <https://doi.org/10.1108/ijicc-01-2022-0021>
- Gomes, D. E., Iglésias, M. I. D., Proença, A. P., Lima, T. M., & Gaspar, P. D. (2021). *Applying a genetic algorithm to a m-TSP: case study of a decision support system for optimizing a beverage logistics vehicles routing problem*. *Electronics*, 10(18), 2298.
- Redi, A. A. N. P., Maula, F. R., Kumari, F., Syaveyenda, N. U., Ruswandi, N., Khasanah, A. U., & Kurniawan, A. C. (2020). *Simulated annealing algorithm for solving the capacitated vehicle routing problem: a case study of pharmaceutical distribution*. *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, 4(1), 41-49.
- Hartung, D. M. (2017). *Economics and cost-effectiveness of multiple sclerosis therapies in the USA*. *Neurotherapeutics*, 14(4), 1018-1026.
- Liu, H. D. (2016). *The Cost of Mobilization*. *Biology of Blood and Marrow Transplantation*, 22(10), 1735-1736.
- Li, Z., Ma, Z., Shi, W., & Qian, X. (2016). *Research on medicine distribution route optimization for community health service institutions*. *Mathematical Problems in Engineering*, 2016.
- Consensus Conference Panel:, Watson, N. F., Badr, M. S., Belenky, G., Bliwise, D. L., Buxton, O. M., ... & Tasali, E. (2015). *Joint consensus statement of the American Academy of Sleep Medicine and Sleep Research Society on the recommended amount of sleep for a healthy adult: methodology and discussion*. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 11(8), 931-952.
- Sivakumar, G., Ganesh, A. H., & Suresh, M. (2019). *On fuzzy mathematical modeling in the analysis of distribution of medicines for controlling communicable diseases based on optimization techniques*. *Malaya Journal of Matematik*, 7(14), 669-675.
- Brenner, S., De Allegri, M., Gabrysch, S., Chinkhumba, J., Sarker, M., & Muula, A. S. (2015). *The quality of clinical maternal and neonatal healthcare—a strategy for identifying ‘routine care signal functions’*. *PLoS One*, 10(4), e0123968.
- Vargas-Florez, J., & Alva-Cabrera, R. A. (2019). *Distribution of Humanitarian Aid Through Different Clustering Strategies Using Optimization*. In *Handbook of Research on Urban and Humanitarian Logistics* (pp. 309-329). IGI Global. 4.ch016
- Costantino, N., Dotoli, M., Falagario, M., Fanti, M. P., Mangini, A. M., Sciancalepore, F., & Ukovich, W. (2010, February). *A model for the*

optimal design of the hospital drug distribution chain. In 2010 IEEE Workshop on Health Care Management (WHCM) (pp. 1-6). IEEE.

**BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK
ZİNCİRİNDE KULLANIMININ ÖNÜNDEKİ ENGELLERİN
DEĞERLENDİRİLMESİ: SWARA YÖNTEMİ İLE KRİTER
AĞIRLIKLARININ BELİRLENMESİ***

Adem BİBER
Günok Metal A.Ş.
ORCID: 0000-0003-0942-3280

Deniz KAVUK SALIŞ
Ford Otosan A.Ş.
ORCID: 0000-0003-4593-2963

Mehmet İkbal KARACA
Türk Hava Yolları Teknik A.Ş.
ORCID: 0000-0002-0172-4348

Özet: Maliyet avantajı ve şeffaflık sağlamayı vadeden Blokzinciri teknolojisi birçok sektörde kullanılmaya başlanmıştır. Blokzinciri teknolojisinin sürdürülebilir tedarik zincirinde kullanımı ile ilgili, çeşitli araştırmacıların incelemiş olduğu avantaj ve dezavantajlar bulunmaktadır. Ayrıca Blokzinciri teknolojisinin uygulanmasındaki engeller de literatürde güncel araştırma konusudur. Bu çalışmada; Blokzinciri teknolojisinin sürdürülebilir tedarik zincirinde uygulanmasının önündeki engeller araştırılmaktadır. Çalışmada engellerin neler olduğu literatür taraması ile belirlenmesi, önem sırası bulunması ve uygulama esnasında karşılaşılan engellerin ortadan kaldırılması konularında önerilerde bulunulması temel araştırma amacıdır. Yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen bulgular, yeni teknolojinin uygulanmasındaki engellerin 4 ana başlıkta toplandığını

* Bu çalışmanın özeti 16-17 Kasım 2023 tarihleri arasında yüzyüze/online olarak düzenlenen 12.Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi'nde (ULTZK 2023) sunulmuş ve kongre özet kitapçığında yayımlanmıştır.

belirtmektedir. Teknolojik, organizasyonel, çevresel (organizasyonlar arası tedarik zinciri görünümü) ve çevresel (dış görünüm), kendi içlerinde alt kırılımlarına ayrılıp, SWARA yöntemi kullanılarak önem sıralamasına göre değerlendirilmektedir. 3 karar verici tarafından yapılan değerlendirmeler ile elde edilen sonuçlara göre 22 engel arasında ilk üçü sırasıyla; teknolojinin olgunlaşmamışlığı, teknolojiye erişim ve Blokzinciri teknolojisinin kullanılması için yeni kurumsal politikaların olmaması en önemli engellerdir.

Anahtar Kelimeler: Blokzinciri teknolojisi, Sürdürülebilir tedarik zinciri, SWARA yöntemi

GİRİŞ

Bir teknolojik yenilik her zaman bir önceki kullanılan teknolojiye karşı yıkıcı bir tavır gösterir. Tüm sektörler de maliyet azaltma, güvenilirlik sağlama ve hızlı işlem temeline dayanan teknolojileri öncelikli olarak kullanmak istemektedir. Yeni bir teknoloji olan Blokzinciri teknolojisi temel yetkinlikleri ile bu amaca hizmet edebilmektedir. Ancak her teknolojinin uygulama aşamasına geçildiğinde daha farklı zorluklar ile karşılaşılır.

Mevcut çalışma, Blokzinciri teknolojisinin sürdürülebilir tedarik zincirinde kullanımının önündeki teknolojik, organizasyonel ve çevresel (yakın ve uzak) engelleri değerlendirmekte, SWARA metodunu kullanarak engellerin kendi aralarında önem derecelerini belirlenmektedir. Çalışmada kriterler Kouhizadeh, Saberi ve Sarkis'in (2020) kendi çalışmalarında kullanmış oldukları kriterlerden yararlanılarak belirlenmiştir. 3 karar verici tarafından yapılan değerlendirmeler ile elde edilen sonuçlara göre 22 engel sıralanmakta ve bu engeller arasında ilk üçü tanımlanmaktadır.

Makalenin birinci kısmı Blokzinciri teknolojisini, ikinci kısmı sürdürülebilir tedarik zincirini, üçüncü kısmı Blokzinciri teknolojisinin sürdürülebilir tedarik zincirinde kullanımın önündeki engelleri, dördüncü kısmı çalışmanın metodolojisini, beşinci kısmı çalışmanın detaylarını ve altıncı kısmı sonuçlar ve önerileri içermektedir.

1. BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİ

Blokchain/Blokzincir teknolojisi, tedarik zincirinin tüm süreçlerinde verimliliği artırmak, maliyetleri düşürmek, işlemlerde hız ve güven sağlamak, bilgi erişiminde şeffaflık ve taraflar arası iş birliğinin artırılması

gibi konularda potansiyel olarak ciddi değer yaratabilecek heyecan verici yeni nesil bir teknolojidir.

Blokzinciri teknolojisi, 2008 yılında Nakamoto'nun Bitcoin kavramını ortaya atmasıyla birlikte gündeme gelmiştir ve veri teknolojisi için birbirlerine bağlı dağınık veri blokları tanımlanmıştır. E-ticaret, sağlık, eğlence ve lojistik gibi birçok sektörde kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Blokzincir teknolojisi temelde daha önce toplanarak muhafaza edilmiş güvenilir verilerin teknik bir şema haline getirilmesiyle oluşmaktadır. Bu teknik şema, sistemde bulunan çok sayıda düğümün şifrelenmesi yoluyla oluşan bloklardan meydana gelmektedir. Bu nedenle blokların zinciri olarak adlandırılmaktadır. Blokzincirinde çok sayıda bloklar yer almaktadır. Bu bloklar doğrusal ve kronolojik olarak bir zincir oluşturacak şekilde birbirlerine bağlanmaktadır. (Tian, 2016). Bir işlem gerçekleştiğinde mevcut ağ üzerinden yayınlanır ve şifreleme algoritmaları ile bu işlem doğrulanarak blok oluşturulur (Unal ve Ulusoy, 2020). Blok bir kez zincirde yer aldıktan sonra silinemez ve değiştirilemez hale gelmektedir.

Blokzincirler dağıtılmış sistemler olarak tasarlandıkları için, değiştirilmeye büyük oranda dayanıklıdırlar ve bu özellik de tedarik zinciri ağları için çok kullanışlı olabilmektedir. Bir Blokzincir, kriptografik tekniklerle birbirine bağlı veri Blokzincirlerinden meydana gelir. Tüm ağ tarafından onaylanmadığı müddetçe bu kriptografik teknikler kaydedilmiş verinin değiştirilememesini veya bu veriyle oynanmamasını garanti altına alır.

Bu sayede, Blokzincir sistemleri bilgi aktarımı için güvenli ve güvenilir bir mimari sunar. Her ne kadar genellikle kripto para işlemlerinin kaydedilmesi için kullanılsa da, aslında Blokzincir teknolojisi her türlü dijital verinin güvenli hale getirilmesi için çok kullanışlı olabilir ve bu teknolojiyi tedarik zinciri ağlarına uygulamak birçok fayda sağlayabilir.

Blokların içeriği; blok sırası, blok başlık özeti, bağlı bulunulan ve bir öncesinde yer alan bloğa ait başlığın özeti, zorluk değeri, bloğun oluştuğu zamana dair zaman pulu, rastgele değeri ve transfer işlemlerine ait değerlerdir. İşlemler ağda bulunan bütün paydaşlar tarafından takip edilebilir durumdadır. Her kullanıcı paydaş bir düğümü ifade eder ve her düğümde verilerin kayıt kopyası bulunmaktadır. Eğer platformdan bir düğüm çıkarsa diğer düğümlerdeki veriler eksiği kapatır böylelikle bilginin sürdürülebilirliği sağlanır.

Blokzinciri yapısı gereği birtakım özelliklere sahiptir ve bu özellikler zinciri güçlü kılar:

- Dağınık yapı: Blokzincirinin temel yeteneği verilerin tek bir yerde tutulmaması, farklı kayıt defterlerinde kaydedilmesi, depolanması ve güncellenmesidir.
- Şeffaflık: Zincir sistemindeki tüm paydaşlar bilgilere eş zamanlı ulaşabilir durumdadır.
- Bağımsızlık: Üçüncü bir taraf veya merkezi otoritenin varlığına gerek yoktur. Komün bir şekilde veriler toplanır ve doğrulanır.
- Değiştirilemezlik: Bir işlem bir kez yapıldığında asla geri alınamamakta ve sistemde yaşamaktadır. Geri alma işlemi ancak siber saldırı ile gerçekleşmektedir.
- Kimlik gizliliği: İşlemler için düğümlerin sadece Blokzinciri adresinin bilgisi yeterlidir, kimlik bilgilerine ihtiyaç yoktur.

1.1. Blokzinciri Teknolojisinin Karşılaştığı Zorluklar

Her teknolojiye olduğu gibi Blokzinciri teknolojisi de bir takım teknik zorluklarla karşılaşmaktadır. Büyük bir zincir olduğu için çok fazla veri içermekte ve bu verilerin işlemleri için boyut, bant genişliği, güvenlik, enerji tüketimi, iş hacmi ve gecikme temel kısıtlardandır. Değişen ve gelişen teknolojiye bu kısıtların ileride üstesinden gelmenin mümkün olabileceği düşünülmektedir (Avunduk & Aşan, 2018).

Mevcut teknolojinin uygulama hızını, yaygın olarak kullanılan Bitcoin uygulamasıyla karşılaştıracak olursak finansal işlemler yapan VISA saniyede 2000 işlem yapabilirken Blokzincir teknolojisi 1 saniyede 7 işlem yapabilmektedir. Bu durum karşısında Blokzinciri teknolojisinin hızlanması için geliştirmeler yapılması gerektiği söylenebilir.

(Avunduk & Aşan, 2018)'a göre tüm Bitcoin Blokzincirinin boyutu 100 GB'ın üzerindedir. Blokzincirinde her bir blok 1 MB boyutta olduğu kabulüne göre her 10 dakikada bir blok eklenirse veri işlenmesi ve saklanması için büyük bir bant genişliğine ihtiyaç duyulmaktadır. Yapısı gereği büyük bir veri saklama ve işleme özelliğinden dolayı her gün büyük miktarda enerji harcanmaktadır.

Blokzinciri teknolojisinin önündeki bir diğer zorluk ise teknolojinin imajı ve zincirin bünyesinde bulunacak kurumların eski teknolojiyi bırakmak istememesidir. Blokzinciri teknolojisinin yaygın olarak Bitcoin uygulamasında kullanılması ve Bitcoin uygulamasına gerçekleşen siber saldırılar Blokzincirinin güvenilirliğini ve imajını zedelemektedir. Yeni bir teknolojinin kullanımı maliyet, teknoloji bilgisi ve eğitimi gerektirmektedir,

bu nedenler sebebiyle kurumlar yeni teknolojiyi kullanmaya direnir ve Blokzinciri teknolojisinin gelişmesini izlemek ister.

Ayrıca zincirde bulunacak kurumların teknolojiye ulaşım fırsatı eşit olmadığından sistemde eşitliğin sağlanması Blokzinciri teknolojisinin önündeki bir diğer engeldir.

Blokzincir platformları tek merkezli olmadığı için zincir yapılar kendileri için platform oluşturduğa çok başlılık yaşanmaya başlayacaktır ve birbirlerine entegre edilme problemleri yaşayacaktır. Bu durumun önüne geçilebilmesi için birtakım uygulamalar oluşturulmuştur. Örnek olarak lojistik sektöründe Blockchain Transport Alliance (BiTA) ve Blockchain Mobility Consortium verilebilir.

British Standards Institution (BSI) için 2017 yılında hazırlanan raporda bazı engeller analiz edilmiş ve temel sorunlar içinde;

Teknolojinin henüz olgun olmaması,

Kullanılan terimlerde karmaşıklık,

Henüz olgunlaşmamış bir teknolojiyi benimseme riski,

Fayda ve ekonomik etkisi hakkında yetersiz bulgular,

Teknoloji standartları ve yönetimi ile ilgili belirsizlikler,

Hukuki altyapı eksikliği,

Aşırı enerji ve bilgi-işlem kaynak israfına yol ağması,

Blokzinciri teknolojisinin günümüzde karşı karşıya olduğu başlıca sorunlar olarak sıralanmıştır (Deshpande vd., 2017, 7).

1.2. Blokzinciri Teknolojisi Uygulama Alanları

Blokzincirinin çıkış noktası olan kripto para uygulaması olan Bitcoin en popöler uygulamadır ancak Blokzincir dünyası bundan daha büyüktür. Günümüzde finansal uygulamaların haricinde diğer uygulamalar da mevcuttur. Blokzincirinin uygulandığı alanlar aşağıdaki gibidir.

1.2.1. Finansal uygulamalar

Blokzinciri finansal uygulamaları sınır ötesi işlemler, ticari finans platformları, takas ve hesaplaşma, dijital kimlik doğrulama ve kredi raporlama olmak üzere beş alt başlıkta incelenmektedir.

Sınır ötesi işlemler: Uluslararası para transferleri genellikle nihai varış noktasına giderken birden fazla aracından geçmektedir; bu nedenle para transferleri hala maliyetli ve yavaştır. Blokzinciri sınır ötesi işlemler için kullanıldığında, işlemleri daha hızlı, daha doğru ve daha ucuz hale getirebilir.

Ticari finans platformları: Ticaretin finansmanı, finans sektörünün izlemesi gereken bir başka Blokzinciri uygulamasıdır. Birçok banka, katılımcılar arasında akıllı sözleşmeler yapmak, verimliliği ve şeffaflığı artırmak ve yeni gelir fırsatları yaratmak için Blokzincirini, ticaret finansmanı platformlarında kullanmaktadır.

Takas ve hesaplaşma: Blokzincirinin güvenilir kayıt yeteneği ileride mevcut takas ve ödeme prosedürlerini gereksiz kılabilir. Bunun bir sonucu olarak daha hızlı işlem yapılabilmesi ve finansal kurumlar için maliyetlerin düşmesi sağlanabilir.

Dijital kimlik doğrulama: Blokzinciri, bankaların ve diğer finansal kurumların Blokzinciri tabanlı kimliklerini kullanarak, bireylerin kolay bir şekilde tanımlanmasını sağlamaktadır. Müşteriyi tanımlayıcı bilgiler, Blokzinciri kullanılarak güvence altına alındığında, bankalar dolandırıcılıktan korunur ve kamuoyunun güvenini artırabilir. Ayrıca doğrulama sürecini de önemli ölçüde hızlandırılabilir.

Kredi raporlama: Kredi raporları, tüketicilerin finansal hayatlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Son veri ihlallerinin gösterdiği gibi Blokzinciri tabanlı kredi raporlama, geleneksel sunucu tabanlı raporlamadan daha fazla güven sunmaktadır. Bununla birlikte Blokzinciri, kredi puanlarını hesaplarken geleneksel olmayan faktörlerin dikkate alınmasını sağlayabilir.

1.2.2. Akıllı sözleşmeler

Akıllı sözleşme, diğer sözleşmelerde olduğu gibi, bir anlaşmanın koşullarını belirlemektedir. Ama geleneksel bir sözleşmenin aksine, akıllı sözleşmenin koşulları Ethereum gibi bir Blokzincirinin üzerinde çalışan kodlar şeklinde yürütülmektedir. Akıllı sözleşmeler, kredi ve sigortadan, lojistik ve oyunlara kadar çok yönlü paydaşlar arası işlev sunarak; geliştiricilerin Blokzincirinin sunduğu güvenlik, güvenilirlik ve erişilebilirlikten faydalanan uygulamalar oluşturmasına olanak tanımaktadır.

1.2.3. Akıllı mülkiyet

Blokzincirinin doğası, değiştirilemez bir kreasyon ve sahiplik geçmişi sağlar. Bu da bir fikri mülkiyet sahibi için oldukça önemlidir. Değiştirilemez sahiplik geçmişi başka bir kişinin o mülkiyet üzerinde hak iddia etmesine engel olur.

Blokszinciri tabanlı akıllı sözleşmeler ek bir güvenlik katmanı oluşturarak lisans sağlamak veya telif hakkı almak için kullanılabilir. Ayrıca Blokszinciri, kullanıcı verilerinin korunması için de oldukça değerli bir araç olabilir.

1.2.4. Nesnelerin interneti (IoT)

IoT cihazların askeri ve sivil alanda kullanımı yaygınlaşmakta, bununla birlikte her alana özgü cihaz sayısı ve buna paralel olarak üretilen veri miktarı da önemli ölçüde artmaktadır. IoT'nin hızla gelişmesi, cihazların ve cihazlar arasında paylaşılan verilerin güvenlik sorununu da beraberinde getirmektedir. Düşük bellek, düşük bilgi işlem gücü ve sınırlı pil ömrü IoT cihazlarının tipik özellikleridir. Cihazlar, heterojen yapıları ve kısıtlı kaynaklarından dolayı karmaşık ve maliyetli hesaplamalara sahip geleneksel güvenlik önlemleri ile korunamamaktadır. Başlangıçta sadece finansal değer transferi için tasarlanmış olan Blokszinciri teknolojisi son yıllarda siber güvenlik alanında da kullanılmaya başlanmıştır. Blokszincirinin hata toleransı, kriptografik güvenlik avantajı ve ademi merkezizetçi mimarisi gibi özellikleri sayesinde dünya genelinde birçok araştırmacı ve veri güvenlik analistini bu teknolojiyi IoT'nin güvenlik ve gizlilik problemlerini çözmek için nasıl kullanılabileceğine odaklanmaktadır.

1.2.5. Devlet işleri

2008 yılında ilk ortaya çıkmasından bugüne kadar geçen sürede hem kamu hem de özel sektör tarafından yakından ilgi ile takip edilen Blokszincir teknolojisi; kripto paralar, vatandaşlık bilgilerinin kaydı ve yönetimi, elektronik oylama, tedarik zinciri yönetimi gibi birçok uygulama sahasına sahiptir. Teknik özelliklerinden kaynaklanan benzersiz yapısı nedeniyle mevcuttaki birçok uygulama için yıkıcı bir etkisi olacağı öngörülen teknolojiye özellikle gelişmiş devletler ve uluslararası kuruluşlar tarafından büyük yatırımlar yapılmakta, yoğun biçimde araştırma ve prototip geliştirme faaliyetleri yürütölmektedir.

2. SÜRDÜRÖLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRİ

Sürdürölebilirlik, ekonomik kalkınma, çevresel yönetim ve sosyal eşitlik arasında akıllı bir dengedir. Sürdürölebilir kalkınma, işletme stratejisini ve eylemlerini etkileyen çevresel, sosyal ve ekonomik boyutları içermektedir.

Sürdürölebilir tedarik zinciri yönetimi amacı, bir tedarik zinciri boyunca malzeme, bilgi ve sermaye akışını, zincir üzerinde yer alan şirketlerin iş birliğini yönetirken, aynı zamanda sürdürölebilir kalkınmanın paydaşlar ve müşterilerin beklentilerinden yola çıkan üç farklı boyutuna dair hedefler

koymanın yanı sıra bu hedefleri gerçekleştirmektir. STZ yönetimi, günümüzde firmaların sorumluluklarının artık sadece kendi faaliyetlerini değil, aynı zamanda içinde buldukları tedarik zincirindeki paydaşlarının faaliyetlerini de etkilemektedir. Rekabet gücü ise sürdürülebilirliğin ekonomik kriterlerini müşteri beklentileri ile birleştirerek karşılama yoluyla kuvvetlendirilmelidir (Seuring ve Müller, 2008).

Bu aşamada işletmeler, tedarikçiler ve perakendeciler ile çevre dostu hammadde kullanma ve bu özelliğe sahip yedek parça geliştirilmesi, atıkların azaltılması gibi konularda birlikte çalışmaktadır (Nidumolu vd., 2009).

Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, her bir işletmenin ve tedarik zincirlerinin uzun vadeli ekonomik performansını iyileştirmek için, örgütler arası iş süreçlerinin sistematik koordinasyonunda; bir kuruluşun sosyal, çevresel ve ekonomik hedeflerinin stratejik, şeffaf entegrasyonu ve başarısıdır (Carter & Rogers, 2008:368).

Bu tanım doğrudan odak işletmeyle ilgilidir. Odak işletme, ekonomik hedeflerin ötesinde sosyal ve çevresel hedeflere ulaşmayı amaçlayan sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi ve koordinasyonundan sorumludur. Bu nedenle, sürdürülebilirlik stratejilerini ve operasyonlarını kendi kurumsal sınırlarının ötesinde yönetmeli ve koordine etmelidir. Odak şirket ile paydaşların katılımının entegrasyonu, tedarik zincirinde sürdürülebilirliğin sağlanması ve yaygınlaştırılması için önemli unsurlardır (Alves vd., 2019:5).

Bununla birlikte, literatürde evrensel olarak kabul edilmiş tek bir STZY tanımından bahsetmek mümkün değildir. Sürdürülebilir tedarik zinciri kavramı, farklı yazarlar tarafından farklı şekillerde kavramsallaştırılmıştır.

Sürdürülebilir tedarik zinciri, uzun vadede çevreye ve sosyal sistemlere zarar vermezken, ekonomik sürdürülebilirliği elde etmek, minimum beklentiyle gerçekten sürdürülebilir kılmak için bir tedarik zincirinin tasarımı, koordinasyonu, kontrolü ve organizasyonudur (Pagell & Shevchenko, 2014).

STZY, (Hassini vd., 2012)'ye göre ise çevresel etkileri en aza indirirken, sosyal refahı en üst düzeye çıkarmak isteyen ve aynı zaman da tedarik zinciri kârlılığını da maksimum düzeye çıkarmak için, tedarik zinciri operasyonlarının, kaynaklarının, bilgilerinin ve fonlarının yönetimidir.

3. BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN, SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRİNDE KULLANIMININ ÖNÜNDEKİ ENGELLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yıkıcı bir teknoloji olan Blokzinciri, STZY'yi geliştirebilir. Blokzinciri, tedarik zincirlerindeki akışlarını yakın ve doğru bir şekilde takip ederek ürün sürdürülebilirliğine olan güveni artırabilir (Saberı ve diğerleri, 2019).

Blokzinciri teknolojisinin tedarik zinciri ve diğer endüstrilerde yaygın olarak kabul görmeden önce aşması gereken ciddi engeller mevcuttur.

Bu bölümde, özellikle STZY bağlamında, Blokzinciri teknolojisinin benimsenmesine yönelik çeşitli zorlukları ve engelleri belirlemek için; teknolojik, organizasyonel ve çevresel bağları kullanmaktadır (Baker, 2012; Tornatzky ve diğerleri, 1990).

şirketlerdeki teknolojik bağlam, teknolojik bir yeniliğin özellikleri ve varlığını belirtmektedir. Teknolojik engeller, güvenlik, erişilebilirlik ve teknolojinin olgunlaşmamışlığı gibi Blokzinciri teknolojisinde mevcut olan temel zorlukları içermektedir. Örgütsel bağlam, firmanın yapısının yanı sıra kaynakları ve şirket içi iletişimleri ifade etmektedir. Örgütsel boyutlar, yönetim taahhüdünü, politikaları ve kültürü içermektedir. Çevresel bağlam, pazarların, endüstrilerin ve düzenleyici ortamın özelliklerini sunmaktadır. Tedarik zinciri (kurumlar arası) görüşü, bilgi ifşası, iş birliği ile ilgili sorunlar ve farkındalık eksikliği gibi zorlukları kapsamaktadır. Son engel grubu, hükümet politikalarını ve genel normatif ve etik uygulamaları içermektedir.

3.1. Teknolojik Engeller

Teknolojik bağlam, benimsenmesi düşünölen yeniliğin teknik kabiliyetini, karmaşıklığını, zorluğunu ve mevcudiyetini içerir (Rogers, 1995). Blokzincirinin benimsenmesi için bu kategori, Blokzinciri teknolojisi sınırlamalarından kaynaklanan engelleri içerir. Blokzinciri teknolojisi henüz olgunlaşmamıştır. Bu olgunlaşmamışlık, ölçeklenebilirlik, kullanılabilirlik ve birlikte çalışabilirlik gibi teknik zorluklar yaratır (Casino ve diğerleri, 2018; Swan, 2015; Yli-Huumo ve diğerleri, 2016). Teknoloji hala gecikme ve verim sorunlarından mustarıptır. (Swan, 2015). Daha düşük işlem hızı ve daha yüksek gecikme süresi ile Blokzinciri teknolojisinin hala geliştirilmesi gerekmektedir (Mendling ve diğerleri, 2018). Bu sorunlar, tedarik zincirinde Blokzinciri uygulamasının daha düşük işlem sayıları anlamına gelebileceğini ve işlem sürelerinin daha yüksek olacağını göstermektedir. Çevresel ve sosyal uygulamaları izlemeye çalışırken gereken bilginin türü, konumu ve hacmi, bilgi yönetimini son derece zorlaştırır.

Blokszinciri erişilebilirliğiyle ilgili endişeler de vardır. Bilgi teknolojileri altyapısı tüm Blokszinciri katılımcıları için erişilebilir mi (Abeyratne ve Monfared, 2016)? İlgili bilgilere erişmek için Blokszinciri sisteminin türünün açık veya izinli olarak değerlendirilmesi gerekir (Morabito, 2017). Tüm Blokszinciri katılımcılarının tüm tedarik zinciri bilgilerine erişiminin gerekli olmadığı, bir uygulama endişesidir (Gorane ve Kant, 2015).

Veri değişmezliği, Blokszinciri teknolojisi özelliklerinden biridir. Değişmezlik, verilerin veya bilgilerin değişmediği anlamına gelir. Değişmezlik, bilgilerin güvenilirliğini ve gerçekliğini sağlayan güçlü bir özelliktir. Ancak değişmezlik özelliğinden dolayı verilerdeki ve kayıtlardaki hataların Blokszincirinde yaşamaya devam etmeleri sorun oluşturmaktadır (Palombini, 2017). Örneğin, en son veriler bu tür bilgileri düzeltmeye çalışsa bile, zayıf bir çevresel veya sosyal kayıt sonsuza kadar var olabilir.

Son olarak, Blokszinciri teknolojisinin önündeki bir diğer engel kamusal imajı ve algısıdır. Bu özellik kesinlikle teknolojik değildir, ancak imaj, nihai benimsemeye büyük bir rol oynamaktadır. Blokszincir anonimliği yoluyla kara para aklama ve diğer yasa dışı faaliyetlerin "karanlık ağı" nedeniyle halk arasında olumsuz algı yaratmıştır. İzin verilen Blokszincirlerinde bu bir sorun olmayabilir. Zamanla bu algı, Blokszincirinin daha fazla benimsenmesiyle değişebilir (Swan, 2015). Buradaki endişe, sosyal ve çevresel konuların sürdürülebilir tedarik zincirleri için daha yüksek bir etik zorunlulukta olması gerektiğidir; Blokszincir teknolojisinin etik olmayan algısı, etik davranışın merkez olduğu yerlerde uygulanmasını engeller.

3.2. Organizasyonel Engeller

Örgütsel bağlam, dahili odaklı firma kaygılarıyla ilgili faktörleri ve sorunları kapsamaktadır (Tornatzky ve diğerleri, 1990). Blokszinciri teknolojisi, onu sürdürmek için bakımla birlikte donanım ve yazılım gerektirir. Ek yatırımlarla ilgili maliyetler, daha büyük uygulamalar konu olduğunda artacaktır (Marsal-Llacuna, 2018). Yeni teknoloji, yalnızca teknoloji için değil, aynı zamanda insanları ve süreç altyapısını desteklemek amacıyla; kuruluş ve sistem ortakları için maliyetli olacaktır (Mougayar, 2016). Sürdürülebilirlik için bu, teknolojinin ele alacağı sürdürülebilirlik kaygısına bağlı olarak kurumsal sosyal sorumluluk, halkla ilişkiler ve çevre yönetimi personeli gibi disiplinler arası katılım anlamına da gelmektedir.

Üst veya orta yönetimin taahhüdünün olmaması sorun yaratmaktadır. Destekleri, Blokszinciri teknolojisinin uygulanması için çok önemlidir (Mangla ve diğerleri, 2017). Bu engel, yeni teknolojinin kuruluşa yaratabileceği

risklerden kaçınan yöneticilere sahip kuruluşlarda söz konusudur. Ayrıca, tedarik zinciri sürdürülebilirliği bu teknolojinin hedefi olmasına rağmen yönetim, Blokzinciri uygulamasını, değerlerinin ve misyonunun özü olarak görmeyebilir.

Kuruluşlarda, uygulanmasını engelleyen kapsamlı bir Blokzinciri anlayışı eksikliği vardır (Mougayar, 2016). Bu bağlamda sürdürülebilirliği tam olarak anlama ve yönetme ihtiyacı, onu daha büyük bir bilgi ve uzman organizasyonel ihtiyaç haline getirmektedir. Sürdürülebilirlik gibi nispeten yeni bir örgütsel uygulamaya adapte edilen yeni teknolojiden duyulan bu rahatsızlık, algılanan kullanım kolaylığını olumsuz etkilemektedir (Kamble vd., 2019).

Standardizasyon eksikliği nedeniyle tedarik zincirlerinde Blokzinciri teknolojisinin benimsenmesinde zorluklar vardır (Morkunas ve diğerleri, 2019). Hem Blokzinciri hem de sürdürülebilirlik konusunda yeni standartlar için dahili organizasyonel değişiklikler, sistemler mimaride farklılık gösterebileceğinden, firmalar arasında Blokzinciri aracılığıyla bağlantı kurulmasında zorluklara yol açacaktır.

3.3. Çevresel Engeller- Organizasyonlar Arası Tedarik Zinciri Görünümü

Blokzinciri tabanlı bir ortamda, çevresel bağlam tedarik zinciri engelleri ve daha geniş dış engeller olarak iki kategoride ele alınmaktadır. Örgütler arası tedarik zinciri engelleri, firma sınırları dışında meydana gelen dış engellere atıfta bulunmaktadır.

Tedarik zinciri endişelerinin en zorlu boyutu, tedarik zinciri entegrasyonunun teknik ve sürdürülebilir uygulamalarının bağlantı noktasında ortaya çıkmaktadır. Müşterilerin sürdürülebilirlikte Blokzinciri teknolojisi hakkında farkındalık eksikliği, genellikle farklı hedef ve önceliklere sahip ortaklar arasındaki etkisiz iletişim ve iş birliğinden kaynaklanmaktadır (Mangla ve diğerleri, 2018; Oliveira ve Handfield, 2019). Kuruluşlar genellikle sürdürülebilirlik bilgisi yardımıdan yoksundur, tedarik zinciri boyunca sürdürülebilir uygulamaları benimsemekte başarısız olurlar; Blokzincir teknolojisi yalnızca karmaşıklık ve olası karışıklığı artırır (Luthra ve diğerleri, 2016).

Kurumlar arası sistemlerde genellikle veri gizliliği ve mahremiyeti ile ilgili bir soru vardır (Sarkis ve Talluri, 2004; Sayogo vd.,2015). Kuruluşlar, bilgiyi rekabet avantajı olarak gördükleri için bilgilerini paylaşma konusunda şüphecidirler (Wang ve diğerleri, 2019). Blokzinciri teknolojisi bilgiyi şeffaf hale getirir ve veri koruma ve mahremiyet, şifreli aracılığıyla sağlanabilir (Hughes ve diğerleri, 2019). Ne kadar ve ne tür bilgilerin paylaşılması

gerektiğine değinebilecek bilgi paylaşım politikalarının eksikliği hakkında sorular vardır. Sürdürülebilirlik bilgileri, yalnızca kötü kamuoyu imajına değil, para cezalarına ve hatta cezai kovuşturmalara yol açabilecek yasal ve etik kaygılar nedeniyle son derece hassastır. Bu durum engelleri daha da büyütmektedir.

Tedarik zinciri süreçlerini sürdürülebilir uygulamalar ve Blokzinciri teknolojisi ile entegre etmek zorlu bir iştir. İş süreci yeniden yapılandırması gereklidir. Özellikle tedarik zinciri üyeleri bu konularda bilgili değilse, ek sürdürülebilir uygulamaları desteklemek için süreçler ortaklaşa geliştirilmeli ve iyileştirilmelidir (Kaur ve diğerleri, 2018; Sarkis ve Zhu, 2018). Kuruluşlar, kaynakların yokluğu nedeniyle sürdürülebilir performansı iyileştirmeye yanıt vermekte yavaş kalmaktadır (Govindan ve diğerleri, 2014). Sürdürülebilirliğin karmaşık doğası nedeniyle, teknolojinin daha iyi kalite ve süreçler elde etmek için uygun stratejik uygulamaya ihtiyacı vardır (Mangla ve diğerleri, 2017).

Tedarik zinciri ortakları arasındaki kültürel ve coğrafi farklılıklar, Blokzinciri teknolojisinin uygulanmasını engelleyebilir. Kültürel ve coğrafi farklılıklar Blokzinciri sistemin benimsenme derecesini ve sürdürülebilirliğini paydaşlar arasında farklılaştırmaktadır.

3.4. Çevresel Engeller – Dış Görünüm

Dış engeller hükümetler, endüstriler, kurumlar, topluluklar ve sivil toplum kuruluşları (STK'lar) ile ilişkilidir. Hükümet politikalarının eksikliği, piyasa rekabeti belirsizliği sürdürülebilirlik ve Blokzincirinin benimsenmesinde dış paydaş katılımının olmaması, bazı örnek dış engellerdir. Bu kategori, dış paydaşlardan, hükümetlerden ve kurumlardan kaynaklanan engelleri araştırır. Toplamda, tedarik zincirinde doğrudan katılımcılar olarak görülmeyen birimlere odaklanılmaktadır. Kuruluşlar ve tedarik zincirleri, sürdürülebilir uygulamalara olan ihtiyaçlarını artıran önemli sürdürülebilirlik baskılarıyla karşı karşıya kalmaktadır. Pek çok baskı olmasına rağmen, sürdürülebilirlik için standart politikaların, çerçevelerin ve katılım eksikliği, entegre sistemlerin ilerlemesini engellemekte ve Blokzinciri standartlarını tespit etmeyi daha da zorlaştırmaktadır (Mangla ve diğerleri, 2018).

Tedarik zincirinde benimsenmeyi engelleyen teknolojinin yeniliği (Kamble ve diğerleri, 2019) göz önüne alındığında, hükümet düzenlemeleri hala Blokzincir teknolojisini tam olarak desteklememektedir. Neyin ve nasıl ölçüleceğine dair hükümet gözetimindeki boşluklar, Blokzincir sistemlerine ve sürdürülebilirliğe doğru ilerlemeyi daha fazla engellemektedir. Sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesini desteklemek için devlet

teşvikleri (Govindan ve diğerleri, 2014) önemli engeller olabilir. Blokzinciri teknolojisini benimsemek isteyen kuruluşlar, özellikle de az gelişmiş ülkelerdeki daha küçük ve dağınık tedarikçiler için geçerli olan ek destekleyici teşviklerin eksikliği engel oluşturmaktadır.

Etik ve güvenli uygulamalar arayan kamu görevlileri olarak hareket eden hükümetler (Luthra ve diğerleri, 2016), tedarik zincirinde sürdürülebilir uygulamaların ve Blokzincirin benimsenmesini ilerletmiştir. Ayrıca çevre sorunları üzerine çalışan STK'lar katılım istemektedir (Mangla ve diğerleri, 2017). Blokzinciri teknolojisi ile sürdürülebilir uygulamalarda engellere yol açan çelişkili veya çoklu paydaş gereksinimleri nedeniyle tedarik zinciri ortaklarında endişeler vardır. Piyasa talebi belirsizliği ve piyasa bilgisi eksikliği (Mangla ve diğerleri, 2017, 2018) nedeniyle piyasaya yeni sürdürülebilir ürünlerin sunulmasından korkan işletmelerin Blokzincir teknolojisine olan ihtiyacı daha da engellediğini görmek alışılmadık bir durum değildir. Blokzinciri teknolojisinin ekonomik sürdürülebilirliğe ve karlılığa katkıda bulunup bulunamayacağı bir endişe kaynağıdır.

4. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

4.1. SWARA Yöntemi

Kriter ağırlıklandırma yöntemleri arasında yer alan ve son zamanlarda sıklıkla kullanılmaya başlanan SWARA'nın açılımı "Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis" dır ve Türkçe'de "Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi" olarak kullanılabilir.

SWARA yöntemi ilk olarak Kerşulienne, Zavadskas ve Turskis (2010) tarafından ortaya konulmuştur. SWARA yöntemi ile ilgili literatür incelendiğinde birçok problemin çözümünde kullanıldığı görülmektedir.

SWARA yöntemi adımları aşağıdaki gibidir:

Adım 1: Kriterler en önemli olan ilk sırayı alacak şekilde sıralanır.

Adım 2: İkinci kriterden başlayarak, her bir kriter için görelî önem düzeyleri belirlenir. Bunun için, j kriteri ile bir önceki kriter (j-1) karşılaştırılır. Kerseliene vd. (2010), bu oranı "ortalama değerin karşılaştırmalı önemi" olarak adlandırmışlar ve s_j simgesi ile göstermişlerdir.

Adım 3: Katsayı (k_j) aşağıda yer alan eşitlik 1 ile belirlenir.

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ s_j & j > 1 \end{cases} \quad (1)$$

Adım 4: Önem vektörü w_j , eşitlik 2 ile hesaplanır.

$$w_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{x_{j-1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

Adım 5: Kriterlerin ağırlıklarını (q_j) hesaplama işlemi ise, aşağıdaki eşitlik 3 yardımıyla yapılır.

$$q_j = \frac{w_j}{\sum_{k=1}^n w_k} \quad (3)$$

4.2. Birden Fazla Karar Verici Yardımıyla Kriter Ağırlıklarının SWARA Yöntemi Kullanılarak Hesaplanması

Çalışmamızda Kouhizadeh, Saberi ve Sarkis'in (2020) DEMATEL metodolojisini kullanmak için oluşturdukları kriter matrisinden yararlanılarak SWARA metodolojisine uygun kriter başlıkları belirlenmiştir. Blokzinciri teknolojisinin, sürdürülebilir tedarik zincirinde kullanımının önündeki engeller 4 ana başlık altında olmak üzere 22 alt başlık da Tablo 1'de gösterilmektedir. Çalışma boyunca elde edilen bu engeller sektörel ve akademik pek çok kişinin katılımları ile elde edilen zaman içerisindeki çalışmalar yardımıyla oluşturulmuştur.

Tablo 1. Blokzinciri Teknolojisinin, Sürdürülebilir Tedarik Zincirinde kullanımının önündeki engeller

Kriter	Kriter Açıklaması
T-1	Güvenlik Endişesi
T-2	Teknolojiye erişim
T-3	teknolojiye yönelik olumsuz algı
T-4	Blockchain teknolojisinin değışmezlik sorunu
T-5	Teknolojinin olgunlaşmamışlığı
O-1	Mali kısıtlamalar
O-2	Yönetim taahhüdünün ve desteğinin eksikliği
O-3	Blockchain teknolojisini kullanmak için yeni kurumsal politikaların olmaması
O-4	Bilgi ve uzmanlık eksikliği
O-5	Örgüt kültürünü değıştirmede zorluk
O-6	Yeni sistemlere geçişte tereddüt
O-7	Sürdürülebilir tedarik zincirlerinde blockchain teknolojisinin uygulanması için araç eksikliği
SC-1	Müşterilerin sürdürülebilirlik ve blockchain teknolojisi konusunda farkındalık ve eğilim eksikliği
SC-2	Tedarik zincirinde işbirliği, iletişim ve koordinasyon sorunları
SC-3	Tedarik zincirindeki ortaklar arasında bilgi açıklama politikasının zorluğu
SC-4	SCM yoluyla sürdürülebilir uygulamaları ve blockchain teknolojisini entegre etmedeki zorluklar
SC-5	Tedarik zinciri ortaklarının kültürel farklılıkları
E-1	Hükümet politikalarının eksikliği
E-2	Pazar rekabeti ve belirsizlik
E-3	Dış paydaşların katılımının olmaması
E-4	Blok zincirinin benimsenmesine ve etik ve güvenli uygulamalara endüstri katılımı eksikliği
E-5	Ödül ve teşvik eksikliği

Blokszinciri teknolojisinin, sürdürülebilir tedarik zincirinde kullanımının önündeki engeller, makale yazarları tarafından değerlendirilerek SWARA yöntemi uygulanıp kriter ağırlıkları hesaplanmaktadır. Her bir yazar bir karar verici olarak SWARA yöntemi adımları uygulamakta ve çıkan sonuçlar üzerinden ilgili yöntemin adımları uygulanmaya devam edilmektedir.

Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4’de karar vericilere ait önem sıralaması ve kriterler arasındaki önem düzeyleri belirtilmekte ve gerekli hesaplamalar yapılmaktadır.

Tablo 2. 1. Karar vericiye ait değerler ve sıralama sonuçları

Kriter	Önem Sırası	s_j	k_j	q_j	w_j
T-5	1		1	1	0,167
T-4	2	0,25	1,25	0,800	0,133
O-3	3	0,1	1,1	0,727	0,121
O-5	4	0,15	1,15	0,632	0,105
T-3	5	0,4	1,4	0,452	0,075
SC-1	6	0,2	1,2	0,376	0,063
E-3	7	0,1	1,1	0,342	0,057
T-1	8	0,1	1,1	0,311	0,052
O-6	9	0,3	1,3	0,239	0,040
SC-3	10	0,15	1,15	0,208	0,035
E-2	11	0,35	1,35	0,154	0,026
SC-5	12	0,05	1,05	0,147	0,024
O-1	13	0,1	1,1	0,133	0,022
SC-4	14	0,25	1,25	0,107	0,018
O-2	15	0,3	1,3	0,082	0,014
O-4	16	0,4	1,4	0,059	0,010
E-4	17	0,1	1,1	0,053	0,009
E-1	18	0,15	1,15	0,046	0,008
T-2	19	0,2	1,2	0,039	0,006
SC-2	20	0,1	1,1	0,035	0,006
O-7	21	0,2	1,2	0,029	0,005
E-5	22	0,1	1,1	0,027	0,004

Tablo 3. 2. Karar vericiye ait değerler ve sıralama sonuçları

Kriter	Önem Sırası	s_j	k_j	q_j	w_j
T-5	1		1	1	0,167
O-4	2	0,05	1,05	0,952	0,159
T-1	3	0,1	1,1	0,866	0,144
O-6	4	0,2	1,2	0,722	0,120
SC-2	5	0,05	1,05	0,687	0,115
E-3	6	0,05	1,05	0,654	0,109
O-1	7	0,05	1,05	0,623	0,104
T-4	8	0,2	1,2	0,519	0,087
O-2	9	0,15	1,15	0,452	0,075
O-7	10	0,15	1,15	0,393	0,065
T-2	11	0,05	1,05	0,374	0,062
E-1	12	0,1	1,1	0,340	0,057
T-3	13	0,15	1,15	0,296	0,049
E-4	11	0,05	1,05	0,282	0,047
SC-4	12	0,15	1,15	0,245	0,041
SC-5	13	0,2	1,2	0,204	0,034
O-3	14	0,25	1,25	0,163	0,027
SC-3	15	0,05	1,05	0,155	0,026
E-2	16	0,1	1,1	0,141	0,024
SC-1	17	0,15	1,15	0,123	0,020
O-5	18	0,1	1,1	0,112	0,019
E-5	19	0,05	1,05	0,106	0,018

Tablo 4. 3. Karar vericiye ait değerler ve sıralama sonuçları

Kriter	Önem Sırası	s_j	k_j	q_j	w_j
T-5	1		1	1	0,167
T-1	2	0,15	1,15	0,870	0,145
O-3	3	0,05	1,05	0,828	0,138
SC-1	4	0,1	1,1	0,753	0,125
E-1	5	0,3	1,3	0,579	0,097
O-1	6	0,15	1,15	0,504	0,084
O-4	7	0,2	1,2	0,420	0,070
O-2	8	0,15	1,15	0,365	0,061
E-3	9	0,05	1,05	0,348	0,058
O-5	10	0,15	1,15	0,302	0,050
SC-2	11	0,05	1,05	0,288	0,048
O-7	12	0,05	1,05	0,274	0,046
E-4	10	0,1	1,1	0,249	0,042
T-3	11	0,2	1,2	0,208	0,035
SC-3	12	0,15	1,15	0,181	0,030
O-6	13	0,05	1,05	0,172	0,029
SC-5	14	0,1	1,1	0,156	0,026
T-4	15	0,2	1,2	0,130	0,022
E-2	16	0,15	1,15	0,113	0,019
SC-4	17	0,05	1,05	0,108	0,018
T-2	18	0,15	1,15	0,094	0,016
E-5	19	0,05	1,05	0,089	0,015

Tablo 5’de üç karar vericiye ait hesaplama sonuçları verilmektedir. Bu değerler yardımıyla adım 5 uygulandığında kriter ağırlıkları ve sıralama sonuçları elde edilmektedir.

Tablo 5. Ortalama ve sıralama sonuçları

Kriter	KV1	KV2	KV3	Son Kriter Ağırlığı	Sıralama
T-1	0,052	0,144	0,145	0,103	2
T-2	0,006	0,062	0,016	0,018	21
T-3	0,075	0,049	0,035	0,050	9
T-4	0,133	0,087	0,022	0,063	5
T-5	0,167	0,167	0,167	0,167	1
O-1	0,022	0,104	0,084	0,058	6
O-2	0,014	0,075	0,061	0,040	12
O-3	0,121	0,027	0,138	0,077	3
O-4	0,010	0,159	0,070	0,048	10
O-5	0,105	0,019	0,050	0,046	11
O-6	0,040	0,120	0,029	0,052	8
O-7	0,005	0,065	0,046	0,024	18
SC-1	0,063	0,020	0,125	0,054	7
SC-2	0,006	0,115	0,048	0,032	14
SC-3	0,035	0,026	0,030	0,030	15
SC-4	0,018	0,041	0,018	0,024	19
SC-5	0,024	0,034	0,026	0,028	16
E-1	0,008	0,057	0,097	0,035	13
E-2	0,026	0,024	0,019	0,023	20
E-3	0,057	0,109	0,058	0,071	4
E-4	0,009	0,047	0,042	0,026	17
E-5	0,004	0,018	0,015	0,011	22

5. SONUÇ

Çalışma sonucunda Blokzinciri ve sürdürülebilir tedarik zinciri konuları ayrı ayrı ele alınarak detaylıca açıklanmış ve birlikte kullanımı ile getireceği fayda ve olumsuz koşullar ortaya konmaya çalışılmıştır. Özellikle Blokzinciri teknolojisinin sürdürülebilir tedarik zinciri içerisinde kullanılmasının önündeki engeller, çalışmanın odak noktasını oluşturmaktadır. Blokzinciri teknolojisinin, sürdürülebilir tedarik zincirinde kullanılmasının önündeki engeller değerlendirilmiş ve SWARA yöntemi kullanılarak bu engeller arasında önem derecesine göre bir sıralama elde edilmiştir.

Blokzinciri teknolojisinin, sürdürülebilir tedarik zincirinde kullanılmasının önündeki engeller teknolojik, organizasyonel, çevresel (organizasyonlar arası tedarik zinciri görünümü) ve çevresel (dış görünüm) olmak üzere 4 ana başlık altında toplanmaktadır. Bu ana başlıklar alt kırılımlara indirildiğinde toplam 22 engel karşımıza çıkmaktadır.

Karar vericiler yardımıyla elde edilen sonuçlara göre en önemli engelin teknolojinin olgunlaşmamışlığı olduğu sonucu elde edilmiştir. İkinci önemli engel olarak teknolojiye erişim ve üçüncü engel olarak da Blokzinciri

teknolojisinin kullanılması için yeni kurumsal politikaların olmaması karşımıza çıkmaktadır.

Blokzinciri teknolojisinin olumlu ve olumsuz yönleri göz önüne alındığında, bu teknolojinin Sürdürülebilir tedarik zincirinde uygulanması için teknolojinin yeni ve henüz ispatlanmamış bir teknoloji olmasından dolayı, zincir üyeleri arasında çok fazla çekimserlik bulunmaktadır.

Blokzinciri teknolojisinin uygulanması maliyeti, olgunlaşmamışlığı, belirsizlikleri, değiştirilemezliği ve eğitim ihtiyacı gibi konular sebebiyle, bu teknolojiye karşı ciddi bir önyargı ile yaklaşılmaktadır.

Elde edilen sonuçların güvenilirliğinin artması için karar vericilerin ilgili konularda tecrübe ve bilgi sahibi olmaları oldukça önemlidir. Yöntemler uygulanırken kullanılan değerlendirmeler ve puanlandırmalar sonuçları değiştirmektedir.

Her yeni teknolojinin avantajlarının olduğu kadar dezavantajlarının da olduğu göz ardı edilmemelidir. Teknolojinin uygulanması esnasında karşılaşılabilecek sorunların, başlangıçta ön görülerek bertaraf edilmesi sürece olumlu katkıda bulunacaktır.

Teknolojinin uygulanmak istendiği ülke, bölge vs. koşulları göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle cezaî durumlarla karşı karşıya kalınmaması için yasal mevzuatlar incelenmelidir.

Blokzinciri teknolojisi merkezi bir otorite tarafından yönetilmediği veya denetlenmediği için zincir üyeleri bu teknolojinin kullanılmasından hep beraber sorumludur. Bu teknolojinin uygulanması için öncelikle teknolojinin geliştirilmesi ve destek verilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda zincir üyelerinin hedef birliği göstermesi ve teknolojiye katkıda bulunması önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

Abeyratne, S.A., Monfared, R.P. (2016). Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger. IJRET: Int. J. Renew. Energy Technol. 5 (9), 1–10.

Avunduk, H., & Aşan, H. (2018). Blokzinciri (Blockchain) Teknolojisi ve İşletme Uygulamaları: Genel Bir Değerlendirme. Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 369-384.

- Baker, J. (2012). The technology–organization–environment framework. In: *Information Systems Theory*. Springer, pp. 231–245.
- Casino, F., Dasaklis, T.K., Patsakis, C. (2018). A systematic literature review of blockchain-based applications: current status, classification and open issues. *Telematics Inf.*
- Craig R. Carter and Dale S. Rogers. (2008). A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory
- Deshpande, Advait, Katherine Stewart, Louise Lepetit, ve Salil Gunashekar. (2017). “Distributed Ledger Technologies/Blockchain: Challenges, Opportunities and the Prospects for Standards”. 2017. https://www.bsigroup.com/LocalFiles/zh-tw/InfoSecnewsletter/No201706/download/BSI_Blockchain_DLT_Web.pdf. Erişim tarihi 01.12.2018.
- Gorane, S., Kant, R. (2015). Modelling the SCM implementation barriers: an integrated ISM-fuzzy MICMAC approach. *J. Model. Manag.* 10 (2), 158–178.
- Govindan, K., Kaliyan, M., Kannan, D., Haq, A.N. (2014). Barriers analysis for green supply chain management implementation in Indian industries using analytic hierarchy process. *Int. J. Prod. Econ.* 147, 555–568.
- Hughes, L., Dwivedi, Y.K., Misra, S.K., Rana, N.P., Raghavan, V., Akella, V. (2019). Blockchain research, practice and policy: applications, benefits, limitations, emerging research themes and research agenda. *Int. J. Inf. Manag.* 49, 114–129.
- Kamble, S., Gunasekaran, A., Arha, H. (2019a). Understanding the Blockchain technology adoption in supply chains-Indian context. *Int. J. Prod. Res.* 57 (7), 1–25.
- Kamble, S.S., Gunasekaran, A., Gawankar, S.A. (2019b). Achieving sustainable performance in a data-driven agriculture supply chain: a review for research and applications. *Int. J. Prod. Econ.*
- Kamble, S.S., Gunasekaran, A., Sharma, R. (2019c). Modeling the blockchain enabled traceability in agriculture supply chain. *Int. J. Inf. Manag.*
- Kaur, J., Sidhu, R., Awasthi, A., Chauhan, S., Goyal, S. (2018). A DEMATEL based approach for investigating barriers in green supply chain management in Canadian manufacturing firms. *Int. J. Prod. Res.* 56 (1–2), 312–332.

- Luthra, S., Mangla, S.K., Xu, L., Diabat, A. (2016). Using AHP to evaluate barriers in adopting sustainable consumption and production initiatives in a supply chain. *Int. J. Prod. Econ.* 181, 342–349.
- Mangla, S.K., Govindan, K., Luthra, S. (2017). Prioritizing the barriers to achieve sustainable consumption and production trends in supply chains using fuzzy Analytical Hierarchy Process. *J. Clean. Prod.* 151, 509–525.
- Marsal-Llacuna, M.-L. (2018). Future living framework: is blockchain the next enabling network? *Technol. Forecast. Soc. Change* 128, 226–234.
- Mending, J., Weber, I., Aalst, W.V.D., Brocke, J.V., Cabanillas, C., Daniel, F., Dustdar, S. (2018). Blockchains for business process management-challenges and opportunities. *ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS)* 9 (1), 4.
- Morabito, V. (2017). *Business Innovation through Blockchain*. Springer International Publishing, Cham.
- Morkunas, V.J., Paschen, J., Boon, E. (2019). How blockchain technologies impact your business model. *Bus. Horiz.* 62 (3), 295–306.
- Mougayar, W. (2016). *The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology*. USA John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- Nakamoto, S. (2008). Retrieved from Satoshi Nakamoto Institute. 19.03.2020 Nakamoto Institute: [https://nakamotoinstitute.org/bitcoin/adresinden alindi](https://nakamotoinstitute.org/bitcoin/adresinden%20alindi)
- Nidumolu, R., Prahalad., C. K., ve Rangaswami M. R. (2009). Why sustainability is now the key driver of innovation, *Harvard Business Review*, 87(9), 56– 64.
- Palombini, M. (2017). The Other Side of Blockchain: We Choose what We Want to See from. <https://beyondstandards.ieee.org/blockchain/side-blockchain-choose-want-see/#>.
- Rogers, E.M., 1995. *Diffusion of Innovations*, p. 12. New York.
- Saberi, Sara, Mahtab Kouhizadeh, Joseph Sarkis, ve Lejia Shen. (2018). “Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management”. *International Journal of Production Research* 0 (0): 1-19. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261>.

- Sarkis, J., Talluri, S. (2004). Evaluating and selecting e-commerce software and communication systems for a supply chain. *Eur. J. Oper. Res.* 159 (2), 318–329.
- Sarkis, J., Zhu, Q. (2018). Environmental sustainability and production: taking the road less travelled. *Int. J. Prod. Res.* 56 (1–2), 743–759.
- Sayogo, D.S., Zhang, J., Luna-Reyes, L., Jarman, H., Tayi, G., Andersen, D.L., Andersen, D.F. (2015). Challenges and requirements for developing data architecture supporting integration of sustainable supply chains. *Inf. Technol. Manag.* 16 (1), 5–18.
- Seuring, S., Sarkis, J., Müller, M., Rao, P. (2008). Sustainability and supply chain management—an introduction to the special issue. *J. Clean. Prod.* 16 (15), 1545–1551.
- Swan, M. (2015). *Blockchain: Blueprint for a New Economy*. O’Reilly Media, Inc, Sebastopol, CA, USA.
- Tian, F. (2016). An Agri-Food Supply Chain Traceability System For China Based on RFID & Blockchain Technology. *International Conference on Service Systems and Service Management*, 24-26.
- Tornatzky, L.G., Fleischer, M., Chakrabarti, A.K. (1990). *Processes of Technological Innovation*. Lexington books.
- Ünal, G., & Ulusoy, Ç. (2020). Blokzinciri Teknolojisi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*. 13(2): 167-187.
- Oliveira, M.P. V.d., Handfield, R. (2019). Analytical foundations for development of realtime supply chain capabilities. *Int. J. Prod. Res.* 57 (5), 1571–1589.
- Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., Smolander, K. (2016). Where is current research on blockchain technology?-A systematic review. *PLoS One* 11 (10), e0163477. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477>.
- Wang, Y., Han, J.H., Beynon-Davies, P. (2019a). Understanding blockchain technology for future supply chains: a systematic literature review and research agenda. *Supply Chain Manag.: Int. J.* 24 (1), 62–84.
- Wang, Y., Singgih, M., Wang, J., Rit, M. (2019b). Making sense of blockchain technology: how will it transform supply chains? *Int. J. Prod. Econ.* 211, 221–236.

