



**ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ANABİLİM DALI
TAŞIMACILIK TÜRLERİNE DAYALI
ÇEVRESEL PERFORMANSIN BELİRLENMESİ: TÜRKİYE
ÖRNEĞİ**

HAZIRLAYAN

Hamza Baycan KUŞULAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Ceyda YERDELEN KAYGIN

Kars-2025



T.C.
KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ANABİLİM DALI

**TAŞIMACILIK TÜRLERİNE DAYALI ÇEVRESEL
PERFORMANSIN BELİRLENMESİ: TÜRKİYE
ÖRNEĞİ**

Hazırlayan
Hamza Baycan KUŞULAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman ve Jüri Üyeleri
Doç. Dr. Ceyda YERDELEN KAYGIN
Doç. Dr. Alper TAZEGÜL
Doç. Dr. Ahmed Yusuf SARIHAN

Kars-2025

KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Hamza Baycan KUŞULAR tarafından hazırlanan “Taşımacılık Türlerine Dayalı Çevresel Performansın Belirlenmesi: Türkiye Örneği” başlıklı bu çalışma, 30.04.2025 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliğiyle kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ ÜYELERİ

Başkan	: Doç. Dr. Alper TAZEGÜL	İmza:
Üye	: Doç. Dr. Ceyda YERDELEN KAYGIN	İmza:
Üye	: Doç. Dr. Ahmed Yusuf SARIHAN	İmza:

ONAY

Bu tezin kabulü Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulunun/...../2025 tarih ve/..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Yaşar KOP

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Yüksek Lisans tezi olarak hazırladığım “**Taşımacılık Türlerine Dayalı Çevresel Performansın Belirlenmesi: Türkiye Örneği**” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlanmasına kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

SCIENTIFIC ETHIC STATEMENT

I declare that I complied with the rules of academic and scientific ethics from the proposal stage to the process of completion of the study titled “**Determination of Environmental Performance Based on Transportation Types: The Case of Türkiye**” as a Master Thesis I prepared, that I obtained all information in term Project with the framework of scientific ethics and traditions, that I showed sources to the each quotation I made directly or indirectly in this study I prepared as a term Project in accordance with the writing rules and works which I used have been shown in the bibliography.

30/04/2025

Hamza Baycan KUŞULAR

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ.....	v
KISALTMALAR	vi
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
GİRİŞ	1

I. BÖLÜM

ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK

1.1. Uluslararası Ticaret	4
1.1.1. Uluslararası Ticaretin Tanımı ve Kapsamı	4
1.1.2. Uluslararası Ticaretin Tarihsel Gelişimi	5
1.1.3. Uluslararası Ticaret Teorileri.....	7
1.1.3.1. Klasik Dış Ticaret Teorileri	7
1.1.3.2. Neo-Klasik Dış Ticaret Teorileri	9
1.1.3.3. Yeni Dış Ticaret Teorileri.....	10
1.2. Lojistik.....	11
1.2.1. Lojistik Kavramı ve Kapsamı	12
1.2.2. Lojistiğin Tarihsel Gelişimi	14
1.2.3. Lojistik Sektörünün Önemi.....	14
1.2.3.1. Dünyada Lojistik Sektörünün Önemi.....	14
1.2.3.2. Türkiye’de Lojistik Sektörünün Önemi.....	17

II. BÖLÜM

LOJİSTİK FAALİYETLER

2.1. Lojistiğin Temel Faaliyetleri	19
2.1.1. Talep Yönetimi	19
2.1.2. Envanter (Stok) Yönetimi.....	20
2.1.3. Depo Yönetimi.....	20

2.1.4. Müşteri Hizmetleri	21
2.1.5. Sipariş Yönetimi	22
2.1.6. Taşıma	23
2.1.6.1. Taşımacılık Türleri	24
2.1.6.1.1. Karayolu Taşımacılığı	24
2.1.6.1.2. Havayolu Taşımacılığı	25
2.1.6.1.3. Denizyolu Taşımacılığı	26
2.1.6.1.4. Demiryolu Taşımacılığı	27
2.1.6.1.5. Boru Hattı Taşımacılığı	28
2.1.6.1.6. Kombine Taşımacılık	29
2.2. Lojistiği Destekleyici Faaliyetler	30
2.2.1. Satın Alma	30
2.2.2. Tesis ve Depo Yeri Seçimi	31
2.2.3. Ambalajlama ve Paketleme	31
2.2.4. Diğer Faaliyetler	32

III. BÖLÜM

ÇEVRE VE EMİSYON

3.1. Karbondioksit ve Diğer Sera Gazlarının Çevre Üzerine Etkileri	34
3.2. Ekonomi ve Çevre Teorileri	36
3.3. Uluslararası Ticaret ve Çevre İlişkisi	38
3.4. Lojistik ve Çevre İlişkisi	41
3.5. Yeşil Lojistiğin Çevre Üzerine Etkisi	43
3.5.1. Yeşil Lojistik Uygulamaları	46
3.5.1.1. Alternatif Enerji ve Araç Teknolojileri	47
3.5.1.2. Modal Geçiş	47
3.5.1.3. Eko-Sürüş	48
3.5.1.4. Tersine Lojistik	48
3.5.1.5. Yeşil Ambalajlama	49
3.5.1.6. Yeşil Yönetim	49

IV. BÖLÜM

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE TAŞIMACILIK TÜRLERİNE DAYALI ÇEVRESEL PERFORMANSIN BELİRLENMESİ

4.1. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı	51
4.2. Araştırmanın Önemi	52
4.3. Evren ve Örneklem	53
4.4. Varsayımlar ve Sınırlılıklar	53
4.5. Veri Seti	53
4.6. Yöntem	54
4.6.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	55
4.6.1.1. LOPCOW (LOgaritmic Percentage Change-driven Objective Weighting) Yöntemi	56
4.6.1.2. LOPCOW Yöntemi Uygulama Aşamaları	57
4.6.1.3. MARCOS (Measurement of Alternatives and Ranking According to Compromise Solution) Yöntemi	59
4.6.1.4. MARCOS Yöntemi Uygulama Aşamaları	60
4.7. Bulgular	63
4.8. LOPCOW Yöntemi Bulguları	63
4.8.1. LOPCOW Yöntemi Karayolu Taşımacılık Modu Bulguları	63
4.8.2. LOPCOW Yöntemi Havayolu Taşımacılık Modu Bulguları	66
4.8.3. LOPCOW Yöntemi Denizyolu Taşımacılık Modu Bulguları	68
4.8.4. LOPCOW Yöntemi Demiryolu Taşımacılık Modu Bulguları	71
4.8.5. LOPCOW Yöntemi Toplam Taşımacılık Modları Bulguları	73
4.9. MARCOS Yöntemi Bulguları	76
4.9.1. MARCOS Yöntemi Karayolu Taşımacılık Modu Bulguları	76
4.9.2. MARCOS Yöntemi Havayolu Taşımacılık Modu Bulguları	80
4.9.3. MARCOS Yöntemi Denizyolu Taşımacılık Modu Bulguları	84
4.9.4. MARCOS Yöntemi Demiryolu Taşımacılık Modu Bulguları	88
4.9.5. MARCOS Yöntemi Toplam Taşımacılık Modları Bulguları	92
SONUÇ VE ÖNERİLER	97
KAYNAKÇA	103

KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ANABİLİM DALI
TAŞIMACILIK TÜRLERİNE DAYALI ÇEVRESEL PERFORMANSIN
BELİRLENMESİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Hamza Baycan KUŞULAR
Doç. Dr. Ceyda YERDELEN KAYGIN
2025 – XI + 125

ÖZET

Ticaretin küreselleşmesiyle birlikte ülkeler, uluslararası ticaretin şekillendirdiği güçlü bir rekabet ortamında faaliyet göstermeye başlamışlardır. Ülkelerin küresel rekabet güçlerini kıyaslamasında lojistik sektörünün baş rol üstlendiği söylenebilir. Bu bağlamda yer ve zaman kriterlerinin ülkelerin lojistik performansına doğrudan etki ettiği bilinmektedir. Söz konusu kriterler ise lojistik faaliyetlerin temelini işaret etmektedir. Uluslararası ticarete konu olan ürün veya hizmetlerin ihtiyaç noktalarına ulaştırılması, lojistiğin temel faaliyetlerinden olan taşıma faaliyeti ile mümkün olmaktadır. Ancak her taşımacılık türünün çevreye olan olumsuz etkisi kaçınılmaz bir gerçektir. Çevresel sorunlar; hava kirliliği başta olmak üzere su kirliliği, gürültü kirliliği, biyolojik çeşitliliğin kaybı şeklinde ortaya çıkmaktadır. Çevresel bozulmaya en çok CO₂ emisyonu sebep olmakta ve CO₂ emisyonu gibi sera gazlarının salınımında taşımacılık önemli bir paya sahiptir. Günümüzde ülkelerdeki ekonomik gelişme düzeyinin artması neticesinde bireylerin daha temiz bir çevreye olan talepleri de artmaktadır. Dolayısıyla ülkelerarası anlaşmalarla belirlenen politikalar ve uygulamalarla çevresel kalitenin artması amaçlanmaktadır. Bu bağlamda Türkiye'nin taşımacılık türlerine dayalı çevresel performansını belirlenmesi araştırmanın amacını oluşturmaktadır.

Söz konusu amaçla 2013-2022 periyodunda Türkiye'nin taşımacılık türlerine (karayolu taşımacılığı, havayolu taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı, demiryolu taşımacılığı ve toplam taşımacılık modlarına) ait veriler araştırma kapsamına alınmıştır. Bu doğrultuda ithalat, ihracat, taşınan yük, taşınan yolcu, karayolundaki araç sayısı, uçak trafiği, denizyolundaki araç sayısı, demiryolu uzunluğu, CO₂ emisyonu ve fosil yakıt tüketimi kriterleri ele alınmıştır. Kriterlere ait verilere ilgili veri tabanlarından ulaşılmıştır. Ulaşılan veriler Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi

aracılığıyla hesaplanmıştır. Kriterlerin önem ağırlıkları LOPCOW Yöntemi aracılığıyla, yıl bazlı performansların sıralaması ise MARCOS Yöntemi aracılığıyla analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda; Türkiye'nin toplam taşımacılık modlarında önem derecesi en yüksek kriterin CO2 emisyonu olduğu, en düşük kriterin ise ihracat olduğu elde edilmiştir. Bununla birlikte performans sıralamasında en iyi performans skor puanına sahip yılın 2022 olduğu, en kötü performans skor puanına sahip yılın ise 2016 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca araştırma sonuçları teorik ve uygulama açısından tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Uluslararası Ticaret, Lojistik, Taşımacılık Türleri, Çevre, Çok Kriterli Karar Verme, LOPCOW, MARCOS, Performans Analizi.

KAFKAS UNIVERSITY
INSTITUTE OF SOCIAL SCIENCES
DEPARTMENT OF INTERNATIONAL TRADE AND LOGISTICS
DETERMINATION OF ENVIRONMENTAL PERFORMANCE BASED ON
TRANSPORTATION MODES: THE CASE OF TÜRKİYE
MASTER'S THESIS
Hamza Baycan KUŞULAR
Assoc. Prof. Dr. Ceyda YERDELEN KAYGIN
2025 – XI + 125

ABSTRACT

With the globalization of trade, countries have started to operate in a strong competitive environment shaped by international trade. It can be said that the logistics sector plays a leading role in comparing the global competitiveness of countries. In this context, it is known that location and time criteria directly affect the logistics performance of countries. These criteria point to the basis of logistics activities. The delivery of products or services subject to international trade to the points of need is made possible by transportation, which is one of the basic activities of logistics. However, the negative impact of each type of transportation on the environment is an inevitable fact. Environmental problems arise in the form of air pollution, water pollution, noise pollution, loss of biodiversity. Environmental degradation is mostly caused by CO₂ emissions and transportation has a significant share in the emission of greenhouse gases such as CO₂ emissions. Today, as a result of the increase in the level of economic development in countries, the demands of individuals for a cleaner environment are also increasing. Therefore, policies and practices determined by inter-country agreements aim to improve environmental quality. In this context, the aim of this study is to determine Turkey's environmental performance based on transportation types.

In order to achieve this objective, data pertaining to Türkiye's transportation modes (road transport, air transport, maritime transport, rail transport, and total transportation modes) over the period 2013–2022 were included in the study. The considered criteria included imports, exports, freight volume, passenger volume, number of vehicles on roads, aircraft traffic, number of maritime vessels, railway length, CO₂ emissions, and fossil fuel consumption. Data for these criteria were obtained from relevant databases. The collected data were analyzed utilizing a Multi-

Criteria Decision-Making (MCDM) approach. The weights of the criteria were determined employing the LOPCOW method, while the annual performance rankings were analyzed employing the MARCOS method. As a result of the research, determined that the criteria with the highest significance in Türkiye's total transportation modes is CO2 emissions, while the lowest is export. In addition, identified that the year 2022 holds the highest performance score, whereas 2016 has the lowest performance score in the performance ranking. Additionally, the results were discussed from both theoretical and practical perspectives.

Key Words: International Trade, Logistics, Transportation Modes, Environment, Multi-Criteria Decision-Making, LOPCOW, MARCOS, Performance Analysis.

ÖNSÖZ

“Taş kırılır, tunç erir; ama Türklük ebedidir.”

Mustafa Kemal ATATÜRK

Küresel ekonomik etkileşimlerin temelini uluslararası ticaret oluşturmaktadır. Lojistik sektörünün de bu süreçte kritik bir rolü bulunmaktadır. Lojistiğin en önemli bileşenlerinden olan taşımacılık faaliyeti, ürün ve hizmetlerin zamanında ve güvenli şekilde ihtiyaç duyulan noktalara ulaştırılmasını sağlamaktır. Böylece ticaretin de verimliliğini ve sürdürülebilirliğini artırmaktadır. Ancak taşımacılık türlerinin çevresel etkileri de göz ardı edilemez bir gerçektir. Lojistik süreçlerinde uygulanan farklı taşımacılık yöntemleri, başta sera gazı emisyonları olmak üzere birçok çevresel soruna sebep olmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir ve çevre dostu lojistik uygulamaları geliştirmek, uluslararası ticaretin çevresel etkilerini minimize etmek için zorunlu hale gelmektedir. Bu durum hem ekonomik gelişmeyi desteklemek hem de çevresel sürdürülebilirliği sağlamak açısından önem arz etmektedir. Dolayısıyla Türkiye’nin taşımacılık türlerine dayalı çevresel performansının belirlenmesi ilgi konusu olmaktadır. Bu amaçla yapılan çalışmada; 2013-2022 periyodunda Türkiye’nin taşımacılık türlerine dayalı çevresel performansı kapsamında seçilen kriterlere ait veriler analiz edilerek nihai sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır.

Tez sürecimde çalışma konumu ve beni her zaman destekleyen, özgür çalışma alanı sağlayan, bilgisiyle yoluma ışık tutan kıymetli hocam, danışmanım Doç. Dr. Ceyda YERDELEN KAYGIN’a ne kadar teşekkür etsem azdır. Aynı zamanda bilgi ve tecrübesiyle bana destek olan, jürime katılarak beni onurlandıran, her an yanımda olduğunu hissettiren değerli büyüğüm Doç. Dr. Ahmed Yusuf SARIHAN’a teşekkürü borç bilirim. Ayrıca jürime katılarak deneyimleriyle katkı sağlayan Doç. Dr. Alper TAZEGÜL’e saygılarımı sunarım.

Stresli ve yoğun geçen süreçte desteklerini üzerimde her an hissettiğim değerli aileme; ablam Gülşen TURAN’a, annem Leyla KUŞULAR’a ve babam Recep KUŞULAR’a gönülden teşekkür eder, evlatları olarak bu çalışmayı onlara armağan ederim. Son olarak, yeğenim Efe TURAN’a sevgilerimi sunarım.

30/04/2025

Hamza Baycan KUŞULAR

KISALTMALAR

AAI	: Alternative Anti-Ideal
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AHP	: Analitik Hiyerarşı Süreci (Analytical Hierarchy Process)
AI	: Alternative Ideal
AIDC	: Otomatik Tanıma ve Veri Toplama (Automatic Identification and Data Capture)
ASSOC	: Associate
BKM	: Başlangıç Karar Matrisi
BKZ	: Bakınız
BRI	: Kuşak ve Yol Girişimi (The Belt and Road Initiative)
BRICST	: Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye
BTC	: Bakü-Tiflis-Ceyhan Ana İhraç Ham Petrol Boru Hattı
BTE	: Bakü-Tiflis-Erzurum Doğalgaz Boru Hattı
CO2	: Karbondioksit
COVID-19	: Koronavirüs Hastalığı-Pandemisi 2019 (Coronavirus Disease 2019)
CRITIC	: Kriterlerarası Korelasyon Yoluyla Kriterlerin Önem Tespiti
CSCM	: Council of Supply Chain Management
CSCMP	: Council of Supply Chain Management Professionals
ÇKE	: Çevresel Kuznet Eğrisi
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DHMI	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü
DOÇ	: Doçent
DR	: Doktor (Doctor)
DYY	: Doğrudan Yabancı Yatırım
EC	: Avrupa Komisyonu (European Commission)
EFTA	: Avrupa Serbest Ticaret Anlaşması (European Free Trade Association)
EKC	: Environmental Kuznets Curve
EKO	: Ekonomik
ENERGY	: Energy Institute

ENERJİ	: Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EPI	: Çevresel Performans Endeksi (Environmental Performance Index)
ERP	: Kurumsal Kaynak Planlaması (Transportation Management System)
GATT	: Gümrük Tarifeleri ve Ticaret Genel Anlaşması
GLS	: Yeşil Lojistik Stratejisi (Green Logistics Strategy)
GMM	: Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (Generalized Method of Moments)
GSYİH	: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
ITC	: Uluslararası Ticaret Merkezi (International Trade Center)
ITP	: Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
LAFTA	: Latin Amerika Serbest Ticaret Anlaşması (Latin American Free Trade Association)
LAN	: Yerel Alan Ağı (Local Area Network)
LINMAP	: Linear Programming Techniques for Multidimensional Analysis of Preferences
LOPCOW	: Logarithmic Percentage Change-Driven Objective Weighting
LPE	: Lojistik Performans Endeksi
LPI	: Logistics Performance Index
MAKS	: Maksimum
MARCOS	: Measurement Alternatives and Ranking According to Compromise Solution
MİN	: Minimum
NAFTA	: Kuzey Amerika Serbest Ticaret Anlaşması (North American Free Trade Agreement)
OLS	: Sıradan En Küçük Kareler Yöntemi (Ordinary Least Squares)
ÖĞR	: Öğretim
PLS-SEM	: Partial Least Squares Structural Equation Modeling (Kısmi En Küçük Kareler Yapısal Denklem Modellemesi)
PROF	: Profesör (Professor)
PV	: Percentage Value

RFID	: Radyo Frekansı ile Tanımlama (Radio Frequency Identification)
SDR	: Sustainable Development Report
STK	: Sivil Toplum Kuruluşu
TANAP	: Trans-Anadolu Doğalgaz Boru Hattı
TC	: Türkiye Cumhuriyeti
TCCSBB	: Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü
TDK	: Türk Dil Kurumu
TRACECA	: Avrupa-Kafkasya-Asya Taşımacılık Koridoru (Transport Corridor Europe-Caucasus-Asia)
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TÜRKAKIM	: Türkakım Doğalgaz Boru Hattı
TYE	: Türkiye-Yunanistan Doğalgaz Enterkonneksiyonu
UAB	: Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme)
UNFCCC	: United Nations Framework Convention on Climate Change
VB	: Ve Benzeri
VD	: Ve Diğerleri
WD	: Our World in Data
WMO	: Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological Organization)
WMS	: Depo Yönetim Sistemi (Warehouse Management System)
WTO	: Dünya Ticaret Örgütü (World Trade Organization)
YHT	: Yüksek Hızlı Tren
YTZY	: Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. LPE Puanı En Yüksek 10 Ülke ve Türkiye (2023)	16
Tablo 1.2. Türkiye'nin Lojistik Performans Endeksi (2012-2023)	18
Tablo 3.1. Türkiye'nin CO2 Emisyonu ve Fosil Yakıt Tüketimi (2013-2022).....	36
Tablo 4.1. Veri Seti	54
Tablo 4.2. Karayolu Taşımacılığına Ait Değerlendirme Kriterleri.....	63
Tablo 4.3. Karayolu Taşımacılık Modu Karar Matrisi.....	64
Tablo 4.4. Karayolu Taşımacılık Modu Karar Matrisinin Normalizasyonu	64
Tablo 4.5. Karayolu Taşımacılık Modu Kriterlerinin Yüzde Değerleri (PVij)	65
Tablo 4.6. Karayolu Taşımacılık Modu Kriterlerinin Objektif Önem Ağırlıkları	65
Tablo 4.7. Havayolu Taşımacılığına Ait Değerlendirme Kriterleri	66
Tablo 4.8. Havayolu Taşımacılık Modu Karar Matrisi	66
Tablo 4.9. Havayolu Taşımacılık Modu Karar Matrisinin Normalizasyonu.....	67
Tablo 4.10. Havayolu Taşımacılık Modu Kriterlerinin Yüzde Değerleri (PVij).....	67
Tablo 4.11. Havayolu Taşımacılık Modu Kriterlerinin Objektif Önem Ağırlıkları ..	68
Tablo 4.12. Denizyolu Taşımacılığına Ait Değerlendirme Kriterleri	68
Tablo 4.13. Denizyolu Taşımacılık Modu Karar Matrisi	69
Tablo 4.14. Denizyolu Taşımacılık Modu Karar Matrisinin Normalizasyonu.....	69
Tablo 4.15. Denizyolu Taşımacılık Modu Kriterlerinin Yüzde Değerleri (PVij).....	70
Tablo 4.16. Denizyolu Taşımacılık Modu Kriterlerinin Objektif Önem Ağırlıkları ..	70
Tablo 4.17. Demiryolu Taşımacılığına Ait Değerlendirme Kriterleri	71
Tablo 4.18. Demiryolu Taşımacılık Modu Karar Matrisi	71
Tablo 4.19. Demiryolu Taşımacılık Modu Karar Matrisinin Normalizasyonu	72
Tablo 4.20. Demiryolu Taşımacılık Modu Kriterlerinin Yüzde Değerleri (PVij)	72
Tablo 4.21. Demiryolu Taşımacılık Modu Kriterlerinin Objektif Önem Ağırlıkları ..	73
Tablo 4.22. Değerlendirme Kriterleri.....	73
Tablo 4.23. Karar Matrisi	74
Tablo 4.24. Karar Matrisinin Normalizasyonu	74
Tablo 4.25. Kriterlerin Yüzde Değerleri (PVij).....	75
Tablo 4.26. Kriterlerin Objektif Önem Ağırlıkları	75
Tablo 4.27. Karayolu Taşımacılık Modu Karar Matrisi.....	76
Tablo 4.28. Karayolu Taşımacılık Modu Genişletilmiş Karar Matrisi	77

Tablo 4.29.	Karayolu Taşımacılık Modu Normalize Genişletilmiş Karar Matrisi	77
Tablo 4.30.	Karayolu Taşımacılık Modu Ağırlıklandırılmış Matrisi.....	78
Tablo 4.31.	Karayolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Dereceleri (Ki)	78
Tablo 4.32.	Karayolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Fonksiyonları	79
Tablo 4.33.	Karayolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Sıralaması	79
Tablo 4.34.	Havayolu Taşımacılık Modu Karar Matrisi	80
Tablo 4.35.	Havayolu Taşımacılık Modu Genişletilmiş Karar Matrisi.....	81
Tablo 4.36.	Havayolu Taşımacılık Modu Normalize Genişletilmiş Karar Matrisi ...	81
Tablo 4.37.	Havayolu Taşımacılık Modu Ağırlıklandırılmış Matrisi	82
Tablo 4.38.	Havayolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Dereceleri (Ki)	82
Tablo 4.39.	Havayolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Fonksiyonları	83
Tablo 4.40.	Havayolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Sıralaması.....	83
Tablo 4.41.	Denizyolu Taşımacılık Modu Karar Matrisi	84
Tablo 4.42.	Denizyolu Taşımacılık Modu Genişletilmiş Karar Matrisi	85
Tablo 4.43.	Denizyolu Taşımacılık Modu Normalize Genişletilmiş Karar Matrisi ..	85
Tablo 4.44.	Denizyolu Taşımacılık Modu Ağırlıklandırılmış Matrisi	86
Tablo 4.45.	Denizyolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Dereceleri (Ki)	86
Tablo 4.46.	Denizyolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Fonksiyonları	87
Tablo 4.47.	Denizyolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Sıralaması.....	87
Tablo 4.48.	Demiryolu Taşımacılık Modu Karar Matrisi	88
Tablo 4.49.	Demiryolu Taşımacılık Modu Genişletilmiş Karar Matrisi	89
Tablo 4.50.	Demiryolu Taşımacılık Modu Normalize Genişletilmiş Karar Matrisi..	89
Tablo 4.51.	Demiryolu Taşımacılık Modu Ağırlıklandırılmış Matrisi	90
Tablo 4.52.	Demiryolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Dereceleri (Ki)	90
Tablo 4.53.	Demiryolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Fonksiyonları	91
Tablo 4.54.	Demiryolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Sıralaması	91
Tablo 4.55.	Karar Matrisi	92
Tablo 4.56.	Genişletilmiş Karar Matrisi.....	93
Tablo 4.57.	Normalize Genişletilmiş Karar Matrisi.....	93
Tablo 4.58.	Ağırlıklandırılmış Matris	94
Tablo 4.59.	Alternatiflerin Fayda Dereceleri (Ki)	94
Tablo 4.60.	Alternatiflerin Fayda Fonksiyonları	95
Tablo 4.61.	Alternatiflerin Sıralaması.....	95

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Sipariş Yönetim Süreci.....	23
Şekil 3.1. Sektöre Göre Sera Gazı Emisyonları (Dünya)	34
Şekil 3.2. Çevresel Kuznets Eğrisi	37



GİRİŞ

Ticaret kavramının, insanların sınırsız ihtiyaçlarını k t kaynaklarla karşılamak amacıyla ürettikleri ürün ve hizmetleri birbirlerine satmasıyla ortaya çıktığı bilinmektedir. Birçok  lke her ürün veya hizmetin üretimini sa layamadı ı için ihtiyaç duyduğu ürün veya hizmeti farklı ülkelerden tedarik etme çabasına girmektedirler. Diğer yandan ürün veya hizmetin üretimini sağlayan ülkeler ise daha fazla kazanç elde etme çabasıyla farklı ülkelere satma girişiminde bulunmaktadır. Bu durum ülkeler arası sınırların kalkmasına, yani ticaretin k reselle mesiyle uluslararası ticaret kavramının ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Bu nedenle uluslararası ticarete konu olan ürünleri, ihtiyaç duyulan noktalara ulaştırma faaliyeti gün geçtikçe ülkeleri  ne çıkaran bir özellik haline gelmektedir. Ulaştırma faaliyetlerinde yer ve zaman kriteri, lojistik faaliyetlerin özünü teşkil etmektedir. Dolayısıyla ülkelerin bulundukları rekabetçi ortamda, gerçekleştirdikleri uluslararası ticaret için lojistik sektörü önemli bir rol oynamaktadır.

Ekonomik kalkınma arttıkça bireyler daha temiz bir  evre talep etmeye ba lamı lardır. Diğer bir ifadeyle ekonomik gelişmeyle doğru orantılı bir şekilde çevresel bozulma da artmaktadır. Özellikle CO₂ emisyonlarının artmasıyla hava kirliliği artmaktadır. Doğru orantıyla artan ekonomik geli mi lik düzeyi ve çevresel kirlilik düzeyi belirli bir e i e geldikten sonra, bireylerin artık temiz hava,  evre dostu uygulamalar ve yenilikçi teknolojik adımlar talep etmesiyle, emisyon oranlarında d     olmaktadır. Bu doğrultuda artan  evre kalitesi olacaktır. Durumun  z ; ters “U” olarak ifade edilen  evresel Kuznet Eğrisi yaklaşımı şeklinde ifade edilmektedir.

Ülkelerin ekonomik kalkınma sürecinde ba rol  oynayan faaliyetlerden lojistik faaliyetleri, doğrudan çevreye etki etmektedir. Lojistik faaliyetler dört temel taşımacılık moduyla gerçekleşmektedir. Bunlar; karayolu ta ımacılı ı, havayolu ta ımacılı ı, denizyolu ta ımacılı ı ve demiryolu ta ımacılı ıdır. Her taşımacılık modunun çevresel bozulmada rolü bulunmaktadır. Sebebi ise gerçekleşen faaliyetlerde enerjiye ihtiyaç duyulmasıdır. Çoğunlukla fosil yakıt tüketimi nedeniyle hava kirliliği meydana gelmektedir. Ulaştırma sistemlerinde bulunan araçlar, teçhizatlar veya atıklar; CO₂ emisyonu başta olmak üzere sera gazı salınımına neden

olmaktadır. Ekonomik gelişmeye bağlı olarak ülkelerin; hava kirliliği, su kirliliği, gürültü kirliliği gibi çevresel bozulmalara çözüm arayışı artmaktadır. Mikro düzeyde işletmeler, makro düzeyde ise ülkeler birçok çevre dostu adımlar atmaya başladığı söylenebilir. Ülkelerarası gerçekleşen iş protokolleri ve anlaşmalar kapsamında izlenen politikaların yapıcı olduğu bilinmektedir. Bu politikalar; yeşil lojistik, tersine lojistik, sıfır atık, alternatif enerji tüketimi, sıfır karbon salınımlı depolama gibi yaklaşımları içermektedir. Ülkelerin bu politikalar sayesinde hem ekonomik hem sosyal kalkınmayı sağlayacağı düşüncesi kaçınılmazdır. Türkiye'nin de sürdürülebilir kalkınma amacıyla (TCCSBB, 2024) taşımacılık türlerine yönelik stratejik planları ve uygulamaları bulunmaktadır. Bu doğrultuda Türkiye'nin taşımacılık türlerine dayalı olarak çevresel performansı merak konusudur.

Bu çalışmada Türkiye özelinde 10 yıllık periyotta (2013-2022) taşımacılık türlerine dayalı çevresel performansın belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu bağlamda Türkiye'nin, 2013-2022 yılları arasında belirlenen kriterlerle; karayolu taşımacılığı, havayolu taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı, demiryolu taşımacılığı ve toplam taşımacılık modları incelenmesi planlanmıştır. Taşımacılık türlerine ait kriterler; ithalat, ihracat, taşınan yük, taşınan yolcu, karayolu araç sayısı, uçak trafiği, denizyolu araç sayısı, demiryolu uzunluğu, CO₂ emisyonu ve fosil yakıt tüketiminden oluşmaktadır. Kriterlere ait veriler; T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü ve T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nden (United Nations Framework Convention on Climate Change) elde edilmiştir (DHMI, 2024; KGM, 2024; TCDD, 2024; UAB, 2024). Ele alınan veriler Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri aracılığıyla analiz edilmesi hedeflenmektedir. Kriterlerin önem ağırlıklandırması LOPCOW Yöntemi aracılığıyla, yıl bazlı performansların sıralanması MARCOS Yöntemi aracılığıyla analiz edilmesi hedeflenmektedir. Her taşımacılık türünü ayrı ve toplam taşımacılık modlarını ele alarak çevre performansı açısından değerlendiren bu çalışmanın yazında bulunan önemli bir boşluğu doldurarak, yazına anlamlı bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu amaç doğrultusunda yapılan çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde çalışmada kullanılan uluslararası ticaret ve lojistik değişkenlerine ilişkin

kavramsal ve teorik çerçeve yer almaktadır. İkinci bölümde lojistik faaliyetleri ile ilgili bilgi verilmekte ve ardından taşıma faaliyeti kapsamında taşımacılık türleri ile ilgili detaylı bilgilere değinilmektedir. Üçüncü bölümde çevre ve emisyon kavramlarına ilişkin kavramsal ve teorik çerçeve yer almakta ve devamında uluslararası ticaret – çevre ilişkisi ile lojistik – çevre ilişkisi ile ilgili bilgilere literatür taramasıyla birlikte değinilmektedir. Son bölümde ise araştırmanın yöntemi hakkında bilgi verilerek Türkiye’nin 2013-2022 periyodunda taşımacılık türlerine dayalı çevresel performansı analiz edilmekte ve analiz sonucunda elde edilen bulgulara yer verilmektedir.



I. BÖLÜM

ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK

Bu bölümde uluslararası ticaret ve lojistik kavramları ayrı ayrı başlıklar halinde ele alınarak incelenmiştir.

1.1. Uluslararası Ticaret

Uluslararası ticaret başlığında; uluslararası ticaretin tanımı, kapsamı, tarihsel gelişimi ve uluslararası ticaret teorileri konuları kapsamlı bir şekilde açıklanmıştır.

1.1.1. Uluslararası Ticaretin Tanımı ve Kapsamı

Ticaret genel anlamıyla, üretilen ürün veya hizmetin alışverişi olarak tanımlanmaktadır. Söz konusu alışverişin küreselleşmesi ise *Uluslararası Ticaret* olarak ifade edilmektedir. Ülkeler ihtiyaç duydukları her ürün veya hizmetin üretimini sağlayamamaktadır. Bu ihtiyaç doğrultusunda farklı ülkelere tedarik etme çabasına girmektedirler. Diğer taraftan ise ülkeler ürettikleri ürün veya hizmetleri farklı ülkelere satmak ve uluslararası pazarlarda yer edinmek istemektedirler. Bu kapsamda ticari amaçla ülkeler arasındaki sınırların kalktığı, bu durumla da ticaretin küreselleştiği, diğer bir ifadeyle uluslararası ticaretin (dış ticaretin) ortaya çıktığı söylenebilir (Kuşular, 2020: 1). Uluslararası ticaret en dar anlamıyla, ithalat ve ihracat faaliyetleri şeklinde tanımlanmaktadır (Walther, 2002: 3). Ürün veya hizmetin ticari yolla ülke içine getirilmesi *ithalat*, tam tersi ürün veya hizmetlerin ticari yolla yurtdışına çıkarılması *ihracat* olarak tanımlanmaktadır (Feenstra ve Taylor, 2014: 3).

Uluslararası ticaret, ülkeler arasında ürün ve hizmetin yanı sıra, fikri mülkiyet haklarının ve hatta sermayenin de satılması, nihai müşterilere, tüketicilere ulaştırılması gibi faaliyetleri de kapsamaktadır (Gültekin, 2011: 31). Ülkeler, dış ticarete konu olan ürün veya hizmetlerin ulaştırılması çerçevesinde fiyat-performans karşılaştırmasını gözetmektedirler. Fiyat-performans ise daha hızlı ve daha ucuz taşımacılık beceresini yani lojistik faaliyetlerde üstünlüğü işaret etmektedir. Bu doğrultuda ülkelerin küresel rekabette üstünlük sağlamalarında lojistik sektörünün önemli rol oynadığını söylemek mümkündür.

İnsanoğlunun varoluşundan bugüne kadar kıt kaynaklarla sınırsız ihtiyaçlarını karşılama arzusu, farklı coğrafyalara ulaşımın ve farklı kültürlerle etkileşimin yolunu açmıştır (Usta, 2019: 7). Küreselleşmenin ülke refahına pozitif yönlü etkisi olduğu söylenebilir (Dreher, 2006: 1092). Böylece küreselleşen ticaret dinamik bir yapıya bürünmüş ve sürekli değişime açık hale gelmiştir. Bu bağlamda uluslararası ticaretin tarihsel gelişimini de incelenmek oldukça önemlidir.

1.1.2. Uluslararası Ticaretin Tarihsel Gelişimi

İlkel insanların yaşam çerçevesinde üretime yöneldikleri ve üretim fazlası ürünleriyle ihtiyaç duydukları farklı ürünleri takas ettikleri bilinmektedir. Bu eylemler insanoğlunun keşfetme arzusuyla birlikte farklı coğrafyalara ulaşma isteklerini tetiklemiştir. İnsanoğlu keşfettikleri coğrafyalarda yeni ürünlerle birlikte yeni kültürlerle de tanışmışlardır. Bu nedenle ticaretin ve hatta dış ticaretin Taş Devri'ne kadar uzandığını söylemek mümkündür (Alexander ve Violet, 2012: 12).

Toplayıcı toplumdan üretime geçen insanoğlunun, tüketim alışkanlıkları ile birlikte ihtiyaç duydukları ürünlerin farklılaşması ve zamanla para kavramının ortaya çıkmasıyla takas işleminin yerini para ile alışveriş almıştır. Bölgesel alışverişten ülkeler arası alışverişe evrilen bu eylem uluslararası ticareti ortaya çıkarmıştır (Omrak Özdemir, 2019: 8).

Uluslararası ticaretin gerçekleşmesi ürünlerin hedeflenen mekanlara ulaştırılabilmesine bağlıdır. Tarih boyunca uluslararası ticarete ve bu doğrultuda oluşan lojistik faaliyetlere konu olan birçok ticaret ağı oluşmuştur. Bunlar arasında en önemlileri; İpek Yolu, Kral Yolu ve Baharat Yolu sayılabilir (Özdemir, 2018: 3). Uluslararası ticaretin tarihsel gelişimine bakıldığında farklı faktörlere bağlı olarak değişime uğradığı görülmektedir. İnsanoğlunun karşı karşıya kaldıkları savaşlar, ekonomik krizler, uluslararası ulaşım problemleri, sanayi devriminden önceki teknolojik eksikliklerin hissettirdiği gereksinimler gibi birçok faktör örnek olarak gösterilebilir (Şentürk, 2007: 10).

Birinci Dünya Savaşı, “Kara Perşembe” olarak da anılan 1929 Büyük Buhran Dönemi ve İkinci Dünya Savaşı yıllarında, uluslararası ticaret olumsuz şekilde etkilenmiştir. İkinci Dünya Savaşı sonrası ülkeler, tekrar refah seviyelerini yükseltme yolunun ekonomik ve ticari faaliyetlerden geçtiğini benimsemiş ve ona göre adımlar

atmışlardır (Cooper, 1972: 20). Teknolojinin gelişimi, ulaştırma olanaklarının artırılması, dış ticaretin gerçekleşmesi için sınır ve engellerin azaltılması gibi adımlar uluslararası ticaretin hızla büyümesine olanak sağlamıştır. Öyle ki uluslararası ticaret hacmi, İkinci Dünya Savaşı sonrasında, dünya üretiminden daha hızlı artmıştır (Seyidoğlu, 1996: 1).

1980'lerdeki teknolojik gelişmelerin artması ve 1990'larda "Dünya Ticaret Örgütü'nün – WTO" kurulması; uluslararası ticaretteki sınırlamaların ortadan kaldırılması yönünde olumlu bir etki sağlamıştır (Yakacı, 2019: 40). Ayrıca bu örgütün kurulması dış ticaret kurallarının da belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (WTO, 2024).

Türkiye Cumhuriyeti'nin ilk yıllarında Osmanlı'dan kalma uluslararası ticaret politikaları izlenmiştir. Bu nedenle Türkiye'de uluslararası ticaretin tarihsel gelişimi incelendiğinde; sürecin sadece Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluş döneminde değil aynı zamanda Osmanlı'nın son dönemlerinde de ele alındığı gözlemlenmektedir (Işıldar, 2011: 53). Söz konusu politikalara bakıldığında ithalatı teşvik edici ihracatı kısıtlayıcı olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle Osmanlı'nın ülke içinde ürün fazlalığı yaratmaya çalıştığı söylenebilir (Savrul vd., 2013: 56-57).

1923 İzmir İktisat Kongresi'nde alınan kararlarla ekonomik kalkınmanın sağlanması hedeflenmiştir. Yerli sanayinin desteklenmesi, küresel rekabetin hedeflenmesi, ithalatın azaltılması amacıyla gümrük vergilerinin artırılması bu kararlardan birkaçıdır. Ancak 1929 Büyük Buhranı Türkiye'yi de etkilemiştir. Bu durumu kontrol altına almak, yerli sanayiye ve dış borç dengesini korumak amacıyla 1930-1950 arasında devletçi ekonomi politikalarıyla (Fouda, 2012: 1) yeni gümrük tarifelerine geçilmiştir.

1960'da kalkınma planı kapsamında ithal ikameci politikalarla dış ticaretine yön vermeye başlayan Türkiye Cumhuriyeti, 1970'li yılların sonuna doğru ekonomik bunalımın etkisinde kalmıştır. Bu sebeple Türkiye 1980 itibarıyla ihracata dönük sanayileşme modeline geçmiştir (Sugözü, 2010: 297). Dış açılma dönemiyle liberal politikalar gündeme gelmiştir. 1996'da Türkiye, Avrupa Birliği'nin (AB) Gümrük Birliği Anlaşmasına katılmış ve akabinde ihracatta sıçrama yaşamıştır. Bu gelişmelerle birlikte genel olarak bakıldığında, Türkiye'nin ithalat hacminin büyüme

hızı ihracat hacminin büyüme hızından fazla olduğu görülmektedir. Bunun sebebi ise Türkiye’de dahilinde sanayi ve üretimin ihtiyaç duyduğu hammadde, yarı mamül veya yatırım ürünlerinin ithalata bağlı olmasıdır. Bu bağlamda uluslararası ticareti dünya genelinde ve Türkiye özelinde tarihsel incelemenin yanı sıra, teorik çerçevede de incelemek gerekmektedir.

1.1.3. Uluslararası Ticaret Teorileri

Tarih boyunca ülkeler sahip oldukları kıt kaynaklarıyla sınırsız ihtiyaçlarını karşılama noktasında yetersiz kaldıkları bilinmektedir. Birçok ülke gereksinim duydukları ve üretimini sağlayamadıkları ürünleri ve hizmetleri farklı ülkelerle ticaret bağı kurarak tedarik etmeyi amaçlamaktadır. Ürün ve hizmet üretimi gerçekleştirebilen ülkeler ise daha fazla kazanç elde etme amacıyla farklı pazarlara yönelmektedirler. Bu nedenle küreselleşen ticaret ağını açıklamak için farklı teoriler ortaya çıkmıştır. Söz konusu uluslararası (dış) ticaret teorileri de zamanla değişim göstererek bazı teoriler ortadan kalkmış, bazıları daraltılmış ve bazıları ise geliştirilmiştir.

1.1.3.1. Klasik Dış Ticaret Teorileri

16. ve 18. yüzyılları arasında etkisini sürdüren *Merkantilizm* anlayışı devletçi bir yapıya sahiptir. Merkantilizm, güçlü devlet, asker ve madenlerle birlikte artan zenginlikle uluslararası ticaret arasında ilişki kurmuştur. Savunulan bu görüşle ülkenin sahip olduğu maden miktarının milletin refah seviyesini belirlediğini öne sürmüşlerdir (Topçu, 2017: 7). Ancak Sanayi Devriminden sonra gelişen sanayiyle birlikte kitlesel üretim artmıştır (Dinçer, 2019: 10). Bu gelişmenin etkisiyle de döneme Adam Smith’in “Ulusların Zenginliği” kitabı damgasını vurmuş ve Merkantilist anlayışın yerini Klasik Liberal almıştır.

Klasik yaklaşımların temellerini 1776 yılında Adam Smith “Ulusların Zenginliği” kitabında açıkladığı “Mutlak Üstünlükler Teorisi”yle (*Theory of Absolute Advantages*)” atmıştır (Smith, 1776). Bu teori, bir ülkenin bir ürünün üretiminde kıyaslandığı ülkeye göre daha üstün olduğu durumu açıklamaktadır (Parasız, 1995: 396). Smith bu teorisiyle, serbest ticareti ve uluslararası uzmanlaşmanın getirilerini savunmaktadır. Diğer bir ifadeyle devletin ticareti kısıtlamaması gerektiğini ve

bununla birlikte artan avantajlarını ileri sürmüştür (Bellino ve Fratini, 2019: 3). Smith'in *fiyat mekanizması* olarak ifade ettiği “görünmez el” ekonomik döngüde kendi kendine düzeni sağladığı ve bu doğrultuda devletin müdahalesinin olmaması gerektiği savunulmaktadır. Özetle Smith'e göre devletin insanların özgür girişimlerini kısıtlamamalıdır. René Louis Voger d'Argenson'a ait Fransızca: “laissez faire, laissez passer” Türkçesiyle: “bırakınız geçsinler, bırakınız yapsınlar” sloganı ile birlikte bu görüşün desteklendiği literatürde görülmektedir (Aktan, 1995: 9-11). Bu doğrultuda tekrar teoriye bakıldığında, hangi ülke bir ürünün üretimini en az iş gücüyle (emekle) gerçekleştiriyorsa, o ülkenin o üründe uzmanlaşması ve ihraç etmesi gerektiği söylenebilir. Diğer taraftan ise ülke yüksek maliyetle (emekle) ürettiği üründe ithalata yönelmelidir (Appleyard vd., 2010: 25; Seyidoğlu, 2011: 12-18). Ancak bu teori bir ülkenin farklı ürünlerin üretiminde üstünlük sağlaması durumunda nasıl bir dış ticaret izleyeceğini açıklamada yetersiz kalmaktadır. David Ricardo'nun literatüre kazandırdığı “Karşılaştırmalı Üstünlükler Teorisi” bu soruna çözüm üretmiş ve uluslararası ticaret teorilerinin de gelişimine katkı sağlamıştır (Yüksel ve Sarıdoğan, 2011: 200).

Ricardo (1817; 1821), “Politik Ekonominin Kuralları ve Vergileme (*On The Principles of Political Economy and Taxation*)” isimli kitabında Smith'in teorisine ait analizleri geliştirmiş ve uluslararası ticaret teorilerinin temeli olarak gördüğü “Karşılaştırmalı Üstünlükler Teorisi’ni (*Theory of Comparative Advantages*)” açıklamıştır (Maneschi, 1992: 433-435). Ricardo, bu teorisinde iki ülkenin aralarında gerçekleştirecekleri ticarete mutlak üstünlüğün zorunlu bir koşul olmadığını ileri sürmüştür (Dunn ve Mutti, 2004: 19). Ricardo, “Mutlak Üstünlükler Teorisi’nin” sadece emek faktörüne odaklanmasının uluslararası ticarete üstünlüğü açıklamada yetersiz olduğunu düşünerek kendi teorisini öne sürmüştür. Bu nedenle “Mutlak Üstünlükler Teorisi” “Karşılaştırmalı Üstünlükler Teorisi’nin” özel bir durumu olarak görülmektedir (Dieckheuer, 2001: 50; Schumacher, 2012: 66). Ricardo'nun teorisine göre bir ülke birden fazla ürünün üretiminde üstünlüğe sahip olabilir ve bu durumda da ülkelerin üstünlük derecelerine bakılması gerektiği ifade edilmektedir. Buna ek olarak teoride, bir ülke en verimli şekilde üretimini gerçekleştirdiği ürünlerde uzmanlaşmaya gitmeli ve ihraç etmelidir. Daha az verimli şekilde ürettiği ürünlerde ise ithalata gitmelidir (Cho ve Moon, 2000: 7-9; Hill, 2007: 162). Bir ülkenin tüm ürünlerde dezavantajlı olduğu durumda ise teori, ülkenin daha az

dezavantajlı olduğu üründe üstünlüğe sahip olduğunu ifade etmektedir (Seyidoğlu, 2013: 28-29). Böylece “Mutlak Üstünlükler Teorisi’ne” göre ihracata yönelmemesi gereken ülkenin de ihracat yapabileceği ortaya çıkmaktadır.

1.1.3.2. Neo-Klasik Dış Ticaret Teorileri

Klasik Dış Ticaret Teorileri’nin emek-değer faktörüne odaklanması eleştirilere sebep olmuştur. Emek faktörü haricinde maliyeti ve buna bağlı olarak uluslararası ticareti etkileyecek farklı faktörlerin de var olduğu ileri sürülmüştür. Emekle birlikte diğer faktörleri de içeren “*Fırsat Maliyeti*” kavramını kullanan “Neo-Klasik” görüşüne sahip bilim insanları, Ricardonun teorisinin özüne dokunmadan teori üzerinde revizde bulunmuşlardır (Hüseyinova, 2006: 7).

Fırsat Maliyeti Teorisi’ne göre bir ürünün üretiminde bir birim artırmak için farklı bir ürünün üretiminde o birim kadar vazgeçilmelidir. Ancak kaynakların tam çalışma düzeyin olduğu varsayılmaktadır (Seyidoğlu, 2013: 35). Çünkü bir ürünün üretiminin artırılması için ihtiyaç duyulan kaynakları edinmek, farklı bir ürünün kaynaklarında kısıtlamaya gidilmesi anlamına gelmektedir (Deviren, 2003: 13). Bu durumda da istihdam koşullarının tam olduğu varsayılmaktadır. Diğer bir ifadeyle farklı endüstrilerde kısıtlanan üretim sonucu serbest kalan kaynaklar, üretiminde artırım kararı alınan endüstride istihdam edilebilmektedir.

Klasik Dış Ticaret Teorileri’nde emek faktörüne odaklanılmasının bir eksiklik olduğunu ileri süren Eli Heckscher ve öğrencisi Bertil Ohlin, “Faktör Donatımı Teorisi’ni (*Factor Endowment Theory*)” literatüre kazandırmışlardır (Heckscher, 1919: 278-280; Ohlin, 1933: 7-8). “Karşılaştırmalı Üstünlükler Teorisi’ne” göre ülke içindeki üretimde maliyetler açısından farklılıkları söz konusuysa dış ticaret yapılabilir. Ancak üretimdeki maliyetin sadece emekle farklılaşmadığına değinen “Faktör Donatımı Teorisi”, sermayenin de ikinci bir faktör olduğunu öne sürmüştür. Teori, uluslararası ticaretin temeli ve üretimlerde uzmanlaşmaya gidilmesinin sebebi için faktör donatımında bulunan farklılıkları işaret etmektedir (Gandolfo, 2014: 63). Teoriye göre üretim yöntemi emek-yoğun ve sermaye-yoğun şeklinde ikiye ayrılmıştır (Hodd, 1967: 20-21; Krugman ve Obstfeld, 2003: 86). Bu bağlamda “Faktör Donatımı Teorisi’ne” göre bir ülke görece hangi ürünün üretim yönteminde üstünlüğe sahip ise o ülke o ürünün üretiminde uzmanlaşmalı ve ihracatını

yapmalıdır. Diğer taraftan görece kıt kaynaklarla ve yüksek maliyetle ürettiği ürünü ise ithal etmelidir (Panda vd., 2016: 2).

1.1.3.3. Yeni Dış Ticaret Teorileri

Wassily Leontief 1947 yılında Heckscher ve Ohlin'e ait "Faktör Donatımı Teorisi'ni" test etmek için Amerika Birleşik Devletleri'nin uluslararası ticaretini girdi-çıkıtkı tekniğı (input-output) diğerk bir ifadeyle kantitatif tekniğıyle analiz etmiştir (Leontief, 1953). Çalışma sonucunda ABD'nin sermaye-yoğun bir ülke olduğı için sermaye-yoğun ürünlerinin ihracatının ithalatından yüksek çıkması öngörölmüş ancak araştırmada tam tersi bir durumla karşılaşılmıştır. Araştırma sonucunda ABD'nin sermaye-yoğun ürünlerde ithalatının ihracatından yüksek olduğı tespit edilmiştir. ABD'nin otomotiv sektörü üzerinden gerçekleştirdiğı ihracat hareketlerinin incelendiğı bu çalışma sonucu ortaya çıkan durum ise "*Leontief Paradoksu*" olarak adlandırılmaktadır (Jones, 2008: 1; Paraskevopoulou, Tsaliki ve Tsoulfidis, 2016: 693-694). Paradoksa karşılık birçok eleştiri öne sürölmüştür. Fakat hiçbirisi bilimsel bir dayanağına sahip olmamıştır.

Leontief Paradoksu'nu açıklamak için Staffan Linder tarafınca bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda, bir ülkenin ihtiyaçları doğrultusunda bir ürün ya da hizmet için oluşturduğı talebin, aynı ürün ya da hizmet için arzı tetiklediğı ileri sürölmektedir. Bu doğrultuda benzer ürün/hizmet için de uluslararası ticaretin gerçekleşebileceğı savunulmaktadır (Linder, 1961: 103). Bu durum "Linder Etkisi" veya "*Tercihlerde Benzerlik Teorisi*" şeklinde ifade edilmektedir (Cho ve Moon, 2000: 16; Turhan, 2012: 9).

Donald B. Keesing tarafınca ortaya atılan "*Nitelikli İşgücü Teorisi*" nitelikli işgücü ve mesleklerin, ölkelerin ekonomik stratejilerini belirlemede kilit rol oynadığıını ileri sürmektedir (Keesing, 1968). Bu teoriyi "Faktör Donatımı Teorisi'nden" ayıran en büyük fark, ölkeler ve ürünlerle ilgili emek-sermaye farklılıkları yerine nitelikli-niteliksiz işgücü yoğunluğundaki farklılıkları incelemesidir (Husted ve Melvin, 2013: 102). Teoriye göre niteliğı yüksek işgücü açısından zengin olan ölkelerin nitelikli işgücü yoğun ürünlerin üretiminde uzmanlaşmaya gitmeli ve ihraç etmelidir. Niteliğı düşük işgücüne sahip olan ölkeler de niteliksiz işgücü yoğun ürönlere odaklanarak uzmanlaşması ve ihraç etmesi gerekmektedir (Deviren, 2004: 1). Bu doğrultuda

Ülkelerin sahip oldukları kaynaklarını daha verimli kullanabildikleri ve uluslararası ticarete küresel rekabet güçlerini artırıabildikleri söylenebilir.

“Teknoloji Açığı Teorisi” 1961 yılında Michael Vivian Posner tarafınca ortaya atılmıştır. Teorinin temeli, ülkelerin bir ürünün üretilebilmesi için ihtiyaç duyulan tekniğe ve teknolojiye sahip olmaları durumunun görece incelenmesine dayanmaktadır (Posner, 1961: 323-341). Bu teori çerçevesinde, ürünün ilk ihracatçısı olarak kabul edilen sanayileşmiş ülkeler, ürettikleri ürünler ve geliştirdikleri üretim teknikleriyle belirli bir dönem tekel konumunda bulunmaktadır. Ancak telif ve patent haklarının sona ermesiyle birlikte bu durum değişiklik göstermektedir. Zamanla, söz konusu üretim teknikleri ve ürünler taklit edilerek diğer ülkelere intikal etmekte; daha az gelişmiş ülkeler, düşük işgücü maliyetleri ve zengin doğal kaynaklar sayesinde, bu ürünleri ilk icat eden ülkelerden daha uygun fiyatlarla üretmeye başlamaktadır (Sadat, 2008: 20; Dikkaya ve zmc, 2017: 33). Bu doğrultuda, daha az gelişmiş ülkeler taklit ettikleri ürünlerde rekabet avantajı elde ederek ihracatçı pozisyonuna geçerken, gelişmiş ülkeler ise ithalatçı konumuna dönüşmektedir.

Paul Krugman’ın (1979: 479; 1980) ortaya attığı *“lek Ekonomileri Teorisi’ne”* göre, ülkeler talepleri, üretim maliyetleri ve teknolojileri bakımından benzer olsalar bile uluslararası ticaret yapabilir ve bu serbest ticarete karlı kazanç elde edebilirler. Krugman bu teorisi sayesinde, iktisat ve uluslararası ticaret coğrafyasının şekillenmesinde katkı sağladığı için “Nobel İktisat dl” almıştır (Nobelprize, 2008). Ölçek Ekonomileri Teorisi’ne göre, bir ülkede geniş bir pazar potansiyeline sahip ürünlerin üretilmesi ve bu ürünlerin üretiminde uzmanlaşma sağlanması, ticaret hacminin artışıını tetikleyecektir. Talebe yönelik artışlar sonucunda üretim miktarındaki artış, verimliliğin yükselmesine katkı sağlayacak; bu durum, ortalama üretim maliyetlerinde bir azalma ile neticelenecektir. Böylece, ülkenin karşılaştırmalı avantaj elde etmesine imkan tanıyacaktır (Clark, 2012: 966).

1.2. Lojistik

Lojistik başlığı altında; lojistik kavramının tanımı, kapsamı, tarihsel gelişimi genel olarak açıklanmış ve lojistik sktrnn Türkiye’de ve dünyadaki önemine değinilmiştir.

1.2.1. Lojistik Kavramı ve Kapsamı

Lojistik kavramının son yıllarda artan önemine rağmen kullanımının çok eski tarihlere dayandığı bilinmektedir. Günümüzde hemen her bilim alanının ilgi odağı olan lojistik kavramının göreceli olarak uluslararası ticaret literatürüne daha fazla konu olduğu görülmektedir. Yunanca “logistikos” kelimesinden türetildiği ve “hesap yapma bilimi” ya da “hesapla ilgili, hesaba dayalı” anlamına geldiği söylenebilir (Wassenhove, 2006: 475). 1700’lere dayanan geçmişe sahip olan lojistik kavramı, ilk kez askeri alanda anlam kazanmıştır. Bu alanda lojistik, muharip birlikler için belirli strateji ve taktikler kapsamında ihtiyaç duyulan ikmal malzemelerinin ve buna bağlı destek hizmetlerinin sağlanması adına yapılan bir faaliyet şeklinde tanımlanmaktadır (Bulut, 2007: 68).

Tarih boyunca gelişimiyle farklı anlamlar kazanan lojistik kavramını, Türk Dil Kurumu (TDK) “kişilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürünün, hizmetin ve bilgi akışının çıkış noktasından varış noktasına kadar taşınmasının etkili ve verimli bir biçimde planlanması ve uygulanması” şeklinde ifade etmektedir (TDK, 2024). McKinnon’a (2015) göre lojistik; bir ürünün hammadde kaynağından başlayıp, üretiminden tüketim noktasına ulaşana kadar gerçekleşen taşıma, depolama ve elleçleme faaliyetlerinin tümünü tanımlamayan bir kavramdır. Lojistik kavramı bir süreç olarak da tanımlanmaktadır. Bu bağlamda Blanco ve Sheffi (2017: 147) lojistiği, müşteri tarafınca oluşan talebi karşılamak için ürünün ve beraberinde gerekli bilginin üretim-tüketim noktaları arasındaki akışın planlanması ve kontrolü kapsamındaki iş sürecinin tamamı şeklinde ifade etmektedir. Ayrıca bu süreç, işletmenin genelinde ve imkan dahilinde tedarik zinciri genelinde taşıma, depolama ve envanter kararlarının da yönetilmesini kapsamaktadır.

Farklı bir tanımla lojistik, “doğru ürünü, doğru müşteriye, doğru yerde, doğru zamanda, doğru miktarda, doğru fiyatla, doğru kalitede” bulundurma faaliyeti olarak ifade edilmektedir. Bu ifade “*lojistiğin yedi doğrusu*” şeklinde ortaya atılmıştır (Shapiro ve Heskett, 1985: 6; Yıldıztekin, 2007). Lojistik kavramı sadece bir ürünün bir yerden başka bir yere taşınması (ulaştırılması) ya da teslim edilmesi olarak algılanmamalıdır. Farklı bilimlerde araştırma konusu olma niteliğindeki “araç, teknik ve yöntemleri (stok yönetimi, depo yönetimi, elleçleme, rotalama vb.)” içermektedir. Lojistik faaliyetler kapsamında yer alan bu araç, teknik ve yöntemlerin oldukça

karmaşık bir durumda bulunduğu için yönetiminin önem derecesi yüksektir. Küreselleşen ticarete artan rekabetçi ortamın lojistik sektörüne yoğunlaşması ve ülkelerin bu sektörle küresel rekabet güçlerini artırma isteği “*lojistik yönetimini*” meydana çıkarmıştır (Gülen, 2011: 5).

Lojistik üzerine kurulan ilk kuruluş “*Lojistik Yönetimi Konseyi’dir (Council of Logistics Management)*. 1990’ların ortasından sonra uluslararası ticaretin kanallarının algılanması ve üretimdeki küreselleşmesinin artması sonucu “*Tedarik Zinciri*” kavramının kullanımı da yaygınlaşmıştır. Bu süreçte kuruluşun adı “*Tedarik Zinciri Yönetimi Konseyi (Council of Supply Chain Management – CSCM)*” olarak değişmiş, 2005 yılında ise “*Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi (Council of Supply Chain Management Professionals – CSCMP)*” şeklinde son halini almıştır (Neeraja vd., 2014: 666; CSCMP, 2019). CSCMP lojistik yönetimini, “müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürün, hizmet ve bilgi akışının, hammaddenin başlangıç noktasından, ürünün tüketildiği son noktaya kadar olan hareketlerinin etkili ve verimli bir biçimde planlanması, uygulanması, taşınması, depolanması ve kontrol altında tutulmasıdır” şeklinde tanımlamıştır.

Lojistik yönetimini doğru şekilde uygulayarak rekabet gücünü artırmayı planlayan işletmeler, sürdürülebilirlik ve çevresel kaygılarla karşı karşıya kalmıştır. Son yıllarda bu çevresel kaygıların artmasıyla birlikte, tüketicilerin ve ülkelerin baskısı işletmeleri lojistik faaliyetlerinde çevresel etkilerini azaltmaya zorlamıştır. Bu sayede lojistik sektöründe kullanılan araçların sera gazı emisyonlarının azaltılması, depo yönetiminde ise sıfır atıkla enerji tasarrufu stratejilerine odaklanılması sağlanmıştır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının ve sera gazı emisyonlarının azaltılması için çeşitli yöntemlerin içselleştirilmesi gerekmektedir. İşletmeler, araç filolarını dizelden hibrite hatta elektrige dönüştürerek daha az emisyon salımlı ulaştırma sistemleri (modları) kullanmaya ve ambalajlarını iade edilebilir ambalajlarla değiştirilmesine odaklanmalıdır. Bu bağlamda ilgili süreçler, ürün veya hizmet üretiminde gerçekleşecek hareketlerin planlanması ve yeni teknolojilerle entegrasyonu sağlanmış operasyonların yönetilmesi desteklenmelidir (McKinnon, 2015; Blanco ve Sheffi, 2017).

1.2.2. Lojistiğin Tarihsel Gelişimi

Taşımacılığın geçmişi daha eskilere dayanmasına rağmen lojistik kavramı ilk kez askeri alanda kullanılmıştır. Lojistiğin bu alanda taktik, strateji ve operasyon noktalarının yönetim süreci olarak ele alındığı görülmektedir. Öyle ki Büyük İskender bu lojistik anlayışıyla, ordusunu Makedonya topraklarından Hindistan'a zor iklim ve coğrafi şartlara rağmen başarılı şekilde getirebilmiştir (Grant vd., 2017: 78-80).

1900'lere kadar askeri alanda farklı disiplinlerin yönetim süreci olarak ele alınan lojistik, zamanla iş alanındaki literatürde de görülmeye başlamıştır. Özellikle işletmeler açısından depolama ve ulaştırma faaliyetlerinin maliyet faktörüne etkisi tespit edilmiştir. İşletmelerin ilgi odağı haline gelen lojistiğin, ülkeler açısından da ne kadar kritik rol oynadığı Birinci ve İkinci Dünya Savaşı'nda anlaşılmıştır. Savaş sonrasında lojistik ilkelerinin ticari operasyonlara uygulanması, modern tedarik zinciri yönetimini geliştirmiştir (Sar ve Ghadimi, 2022: 3149).

1950'li yıllarda lojistik açısından düzensiz bir dönem yaşanmış ve *fiziksel dağıtım* kavramı öne çıkmıştır. Üretici ve nakliye işletmeleri kendi filolarıyla dağıtım kanalları oluşturmuştur (Rushton vd., 2014: 7). 1965 itibariyle kamu ve özel girişimlerin artması sonucu müşteri odaklı bir sisteme geçilmiştir. Lojistik kavramı, ticaretin de küreselleşmesiyle birlikte küresel rekabet gücü, uluslararası hizmet ve bilgi akışı olarak anlamlandırılmaya başlamıştır (Yıldız ve Wolff, 2018: 188). 1990 sonrası ise uluslararası ticaretteki gelişmeler, hızla artan teknolojik yenilikler ve inovasyonun da dahil olduğu ticari faaliyetler tedarik zinciri yönetimini ön plana çıkarmıştır.

1.2.3. Lojistik Sektörünün Önemi

Lojistik sektörünün önemi dünyada lojistik sektörünün önemi ve Türkiye'de lojistik sektörünün önemi olmak üzere iki başlıkta ele alınmıştır.

1.2.3.1. Dünyada Lojistik Sektörünün Önemi

Dünyada lojistik sektörüne bakıldığında, ülkelerin bu sektör üzerinden uluslararası ticarete rekabet avantajı sağlamaya çalıştıkları görülmektedir. İşletme özelinde

maliyetlerin minimum, üretimin maksimum ve müşteri taleplerini karşılamada verimliliğin optimum olduğu tedarik zinciriyle bu zincirin etkin yönetimi lojistik yönetimini işaret etmektedir. Bu nedenle yer-zaman faydası lojistik faaliyetlerin göstergesi olarak kabul edilmektedir. Böylece verimli lojistik yönetimi, işletmelere ve dolayısıyla ülkelere küresel pazarda rekabet avantajı sağlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda uluslararası işletmeler ve bunlara ev sahipliği yapan ülkeler arasında iş birlikleri oluşmaktadır. Lojistik sektöründeki gelişmeler ve büyüme hızındaki ivme bu süreçte gösterge kabul edilmekte ve etkili olmaktadır (Gürdal, 2006: 27).

İşbirliklerinin en önemli örneklerinden olan ve Dünya ticaret hacminin büyük kısmının sahibi Avrupa Birliği'dir (AB). AB ülkeleri, "Avrupa-Kafkasya-Asya Ulaştırma Koridoru (TRACECA)" projesiyle birlikte enerji ve ticaret konusunda Rusya'ya bağımlılıklarını minimum seviyeye getirmişlerdir. Ayrıca ilgili projede bulunan ülkeler, kendilerini küresel pazarda tanıtma şansı yakalamışlardır. Proje, bu koridorda bulunan ülkeler arası transit geçişin kolay ve güvenli halde gerçekleşmesi, iş birliklerinin sağlanabilmesi, ulaştırma sistemlerinde AB standartlarının oluşturulması gibi konularda çalışmalar sürdürmektedir (Servantie, 2016: 9). TRACECA'nın yanı sıra "Kuzey Amerika Serbest Ticaret Anlaşması (NAFTA), Güney Doğu Asya Ülkeleri Birliği (ASEAN), Avrupa Serbest Ticaret Anlaşması (EFTA), Latin Amerika Serbest Ticaret Anlaşması (LAFTA)" gibi ekonomik proje ve iş birlikleri, üye ülkeler arası gümrük engellerinin kalkmasına ve ticaretin artmasına katkı sağlamaktadır (Zeybek, 2007: 61).

Öte yandan tarihe bakıldığında, insanoğlu ihtiyaçlarını karşılama amacıyla sergilediği mücadele sayesinde gelişmiştir. Taşımacılık için milattan önceki yıllarda tekerlek ve at arabası gibi araçlar üretebilen insanoğlu, günümüzde navigasyon, elektrikli ve insansız araçlar üretebilmektedir. Bu kapsamda tarih boyunca üretilen araç, makina, teçhizat, cihaz gibi ürünlerin insanoğlunun kıt kaynaklarla sonsuz ihtiyacını karşılama amacına yönelik olduğunu söylemek mümkündür. Günümüzde her sektördeki gelişme teknolojiye bağlıdır. Görece lojistik sektöründe gerçekleşen gelişmelerin ve buna bağlı rekabet gücünün varlığı ancak teknolojiyle başarılı olabileceği söylenebilir (Gudehus ve Kotzab, 2009: 342).

Ülkelerin uluslararası ticarette lojistik sektörü üzerinden sergiledikleri performans, küresel rekabet güçlerinin de bir göstergesidir. Bu performansın ölçümü ise merak

konusu olmuş ve ilk kez 2007 yılında Dünya Bankası tarafınca hesaplanmıştır. Hesaplama sonucu belirlenen Lojistik Performans Endeksi (LPE), ülkeleri rekabete teşvik etmeyi ve performanslarını artırma noktasında durum tespiti yapmayı amaçlamaktadır. Ülkelerin lojistik sektöründeki problemlerini tespit etmekte ve ülke içinde kamuyla özel sektör arasında iletişimin güçlenmesine katkı sağlamaktadır (Arvis vd, 2016: 1).

Uluslararası ticaret ve lojistik sektörü arasındaki ilişki günde güne artan bir öneme sahiptir. Bu bağlamda sektöre katkıda bulunan LPE, ülkeler arasındaki farklılıkları; “lojistik altyapının ulaştırma ve ticaret açısından kalitesi, gerçekleştirilen lojistik hizmetlerinin yeterliliği ve kalitesi, gümrük iş ve işlemlerinin verimliliği, minimum maliyetlerle sevkiyatları gerçekleştirebilme potansiyeli, nakledilen malların izlenebilme ve takip edebilme performansı ve nakledilen malların müşteriye zamanında ulaştırma” göstergeleriyle altı başlıkta incelemektedir (Marti vd., 2014: 2982-2992). Tablo 1.1’de LPE puanı en yüksek 10 ülke ve Türkiye verileri yer almaktadır.

Tablo 1.1. LPE Puanı En Yüksek 10 Ülke ve Türkiye (2023)

Sıra	Ülke	LPE Puanı	Gümrük	Altyapı	Uluslararası Nakliyat	Lojistik Kalitesi ve Yeterliliği	Zamanlama	Takip ve İzleme
1	Singapur	4,3	4,2	4,6	4,0	4,4	4,3	4,4
2	Finlandiya	4,2	4,0	4,2	4,1	4,2	4,3	4,2
3	Danimarka	4,1	4,1	4,1	3,6	4,1	4,1	4,3
4	Almanya	4,1	3,9	4,3	3,7	4,2	4,1	4,2
5	Hollanda	4,1	3,9	4,2	3,7	4,2	4,0	4,2
6	İsviçre	4,1	4,1	4,4	3,6	4,3	4,2	4,2
7	Avusturya	4,0	3,7	3,9	3,8	4,0	4,3	4,2
8	Belçika	4,0	3,9	4,1	3,8	4,2	4,2	4,0
9	Kanada	4,0	4,0	4,3	3,6	4,2	4,1	4,1
10	Hong Kong	4,0	3,8	4,0	4,0	4,0	4,1	4,2
11	Türkiye	3,4	3,0	3,4	3,4	3,5	3,6	3,5

Kaynak: 2023 LPE verilerinden yararlanılarak yazar tarafınca hazırlanmıştır (LPI, 2024).

LPE 5 puan üzerinden hesaplanmaktadır. Bu kapsamda, LPE puanı düşük olan ülkelerin ilgili göstergelerde (gümrük, altyapı veya teknoloji gibi) yatırımlarını artırması önerilebilir. Tablo 1.1’de görüldüğü üzere Türkiye en yüksek puanını *zamanlama* göstergesinden almakta ve en düşük puanını ise *gümrük* göstergesinden

almaktadır. Türkiye'nin komşu ülkelerine lojistik entegrasyonunun gümrük işlemlerinde zayıf olduğu yorumlanabilir. Öte yandan Türkiye'nin lojistik süreçlerinde kalite ve yeterliliğe önem vermeye çalıştığı da söylenebilir.

Günümüzde birçok işletme *Doğrudan Yabancı Yatırım (DYY)* kapsamında kendi ülkesi dışındaki pazarlarda da önem kazanmış ve büyüyen bir yapıya sahip olmuştur. Böylelikle uluslararası ticaret hacmi ve bununla birlikte lojistiğe olan ilgi de artmıştır (Rodrigues vd., 2005: 1). İzleyen başlıkta Türkiye özelinde lojistik sektörünün önemi ele alınmıştır.

1.2.3.2. Türkiye’de Lojistik Sektörünün Önemi

Türkiye, üç taraftan denizlerle çevrili ve Avrupa-Asya arasında köprü görevi görmektedir. Dolayısıyla küresel ticaret ağlarının ortasında etkili bir ticaret güzergahı konumundadır. Türkiye'nin ulaştırma modlarına elverişli coğrafyaya ve uygun iklim koşullarına sahip olması, ticaretin bu topraklarda sürekli ve yüksek hacimli şekilde gerçekleşmesine olanak sağlamaktadır. Bu kapsamda Türkiye'nin yaptığı yatırımlara bakıldığında; otoyollar, köprüler, limanlar, hızlı tren hatları, yük taşımacılığı için modern raylı sistemler, organize sanayi bölgeleri gibi teknolojik ve sürdürülebilir çalışmalar görülmektedir (On Birinci Kalkınma Planı, 2024: 71, 123; On İkinci Kalkınma Planı, 2024: 136-140). Bu doğrultuda Türkiye'nin jeopolitik/jeostratejik konumunu verimli şekilde değerlendirmeye çalışması, ticari bölgeler arası lojistik merkez olma hedefini başarılı kılacaktır.

Verimlilik, lojistik sektöründe önemli bir role sahiptir. İşletmelerin lojistik faaliyetlerinde verimliliği maksimum seviyede tutma gayretinde oldukları, bu durumun ise ülke kapsamında lojistik sektöre katkısı oldukça yüksektir (Tseng vd., 2005: 1657). Türkiye, diğer ülkelere göre lojistik sektörünün önemini daha geç algılamıştır. Bu sebeple altyapı yatırımları geriden gelmektedir. 1990 sonrası Türkiye'nin dış ticaretteki atılımının lojistik sektörünü de tetiklediği söylenebilir (Babacan, 2003: 10). Bu bağlamda Türkiye'nin lojistik performansı Tablo 1.2’de verilerek değerlendirilmiştir.

Tablo 1.2. Türkiye'nin Lojistik Performans Endeksi (2012-2023)

	TÜRKİYE	2012	2014	2016	2018	2023
		Puan	Puan	Puan	Puan	Puan
LPE Göstergeleri	Lojistik Performans Endeksi	3,51	3,50	3,42	3,15	3,4
	Gümrük	3,16	3,23	3,18	2,71	3,0
	Altyapı	3,62	3,53	3,49	3,21	3,4
	Uluslararası Nakliyat	3,38	3,18	3,41	3,06	3,4
	Lojistik Kalitesi ve Yeterliliği	3,52	3,64	3,31	3,05	3,5
	Zamanlama	3,87	3,68	3,75	3,63	3,6
	Takip ve İzleme	3,54	3,77	3,39	3,23	3,5

Kaynak: 2012-2023 LPE verilerinden yararlanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır (LPI, 2024).

Gümrük göstergesine göre bakıldığında; 2018 yılında ciddi bir gerileme olduğunu, gümrükleme işlemlerindeki yeniliklerle tekrar yükselişe geçtiği yorumlanmaktadır. *Altyapı* göstergesine göre incelendiğinde; 2012 yılında rekabet gücünün yüksek olduğu, 2018 yılında ise en düşük seviyesine gerilediği gözlenmiştir. *Uluslararası Nakliyat* göstergesi kapsamında incelendiğinde; Türkiye'nin 2018 yılında kritik bir gerileme yaşadığı ancak son yıllarda 2016 yılındaki uluslararası nakliyat ve lojistik performansına yaklaştığı tespit edilmiştir. *Lojistik Kalitesi ve Yeterliliği* göstergesine göre bakıldığında; en iyi performansına 2014 yılında ve en kötü performansına ise 2018 yılında sahip olduğunu söylemek mümkündür. *Zamanlama* göstergesine göre incelendiğinde; 2012 yılından günümüze doğru bir düşüş yaşadığı gözlenmiştir. *Takip ve izleme* göstergesine göre incelendiğinde; 2014 yılında başarılı bir performans artışına sahip olduğu ancak tekrar düşüşe geçtiği yorumlanmaktadır. Genel anlamda incelendiğinde; Türkiye'nin günümüzdeki lojistik performansı geçmiş yılların ortalamasıyla (3,4 birim) aynı seviyededir. En iyi performansına 2012 yılında zamanlama göstergesinde, en kötü performansına ise 2018 yılında altyapı alanında sahip olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla Türkiye'nin yaptığı yatırımlar da ele alındığında, bu atılımların sonucunu önümüzdeki yıllarda elde edebileceği öngörülmektedir.

II. BÖLÜM

LOJİSTİK FAALİYETLER

Bu bölümde lojistik faaliyetlerin kapsamına genel olarak değinilmiş ve tanımlamaları yapılmıştır. Lojistik, başlangıçta yalnızca taktiksel bir gereklilik olarak ortaya çıkmasına rağmen, günümüzde ürünlerin, hizmetlerin ve bilgilerin kaynak noktasından tüketim noktasına kadar olan akışını etkin bir şekilde yöneterek müşteriler ile tedarikçileri birbirine bağlayan stratejik bir süreç haline gelmiştir. Bu dönüşüm, lojistiğin işletmeler için ne denli kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Lojistiğin en yaygın faaliyetleri arasında taşımacılık ve depolama gibi temel unsurlar bulunmaktadır. Bunlara ek olarak ulaştırma modunun seçimi, gümrükleme süreci, elleçleme ve ambalajlama gibi detaylı işlemler, lojistik yönetiminin ayrılmaz parçaları olarak kabul edilmektedir (Mena vd., 2007: 3). Ayrıca, bilgi yönetiminin farklı boyutları da lojistik süreçler içinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu faaliyetlerin tümü, lojistiğin karmaşık yapısının ve stratejik öneminin altını çizmektedir.

Literatür incelendiğinde lojistik faaliyetlerin duruma ve ilgi alanına göre çeşitlendirildiği gözlenmiştir (Stock ve Lambert, 2001; Frazelle, 2002; Mentzer, Stank ve Esper, 2008; Murphy ve Knemeyer, 2018). Bu çalışmada lojistik faaliyetler iki grup olarak ele alınmaktadır. Bunlardan ilki lojistiğin temel faaliyetleri, diğeri ise lojistiği destekleyici faaliyetlerdir.

2.1. Lojistiğin Temel Faaliyetleri

Temel faaliyetler; talep yönetimi, envanter (stok) yönetimi, depo yönetimi, müşteri hizmetleri, sipariş yönetimi ve taşıma faaliyetlerini içermektedir.

2.1.1. Talep Yönetimi

Talep yönetimi işletmenin tüm departmanları için ne kadar gerekli ve önemliyse, lojistik yönetiminin plan ve koordinasyonu adına da gerekli ve önemlidir. Talep yönetimi doğru ve tutarlı gerçekleştiğinde talep tahminleri de doğru hesaplanmaktadır. Böylece ihtiyaç duyulan hammadde veya yarı mamul gibi kaynakların tedariği açısından etkili stok yönetimi gerçekleştirilerek doğru emniyet

stoğu belirlenmektedir. Bu doğrultuda sevkiyat planlamaları dahil ilgili tüm lojistik faaliyetlerin maliyetleri düşecek ve lojistik yönetiminin performansı da olumlu yönde etkilenmektedir (Ho ve Lee, 2006: 150).

Uluslararası ticaret pazarı dinamik bir yapıya sahip olduğundan, belirsizlik etkeni talebin temel bir göstergesi olarak ortaya çıkmıştır. Talepte belirsizliğe neden olan birincil faktör müşterilerdir. Müşterilerin ihtiyaçları, tüketim arzuları ve beklentileri, tüketim eğilimleri, üretime olan inançları ve tüketiciler arasındaki etkileşim derecesi tüketim miktarını etkileyebilir. Talebi etkileyen diğer faktörler ise politika, güvence, reklam, üretim ve yaşam döngüsü gibi dış çevre faktörleri şeklinde sıralamak mümkündür (Zheng ve Mesghouni, 2011). Günümüzdeki gelişmeler sonucunda müşterilerden elde edilen bilgilerle yapılan talep tahmini ve talep yönetimi, satış tahmininin yerine geçmiş durumdadır (Baki, 2004: 23).

2.1.2. Envanter (Stok) Yönetimi

Envanter; işletme tarafından daha sonra kullanılmak amacıyla muhafaza edilen hammadde, yarı mamuller, bitmiş ürünler, işlemi devam eden ürünler ve sarf malzemeler şeklinde tanımlanmaktadır. Dar anlamda, ekonomik değer biçilen tüm kaynaklara envanter denir (Bose, 2006: 4). Envanter yönetiminin temel amacı; talep edilecek olan ürünün istenilen yer, zaman ve miktarda hazır bulundurulmasıdır. Lewis'e (2012: 6) göre stok yönetimi; bir işletmede bulunan stok miktarını, o işletmeden satın alma işleminde talep edilecek olan ürün veya malzemeleri karşılamak için, belirli bir sistemde kontrol altına alan bilim temelli bir sanattır.

Envanter yönetiminin işletmeler açısından önem derecesi yüksektir. Çünkü işletmeler iyi bir envanter yönetimi sayesinde ürünlerinin tedarik edilememe riskini en aza indirebilmekte, arz-talep dengesinde oluşan uyumsuzluğu giderebilmekte ve tedarik zincirinde oluşan maliyetleri en aza indirebilmektedir. Lojistik yönetiminde ise envanterlerin sevkiyat maliyetlerini azaltma, yük hacmini optimize etme ve dağıtım kanallarını verimli kullanma gibi süreçlerde avantaj sağlamaktadır (Wild, 2017: 2-3).

2.1.3. Depo Yönetimi

Depo; stoklamanın yapıldığı ve bu yapılan stokların ihtiyaç duyulan yerlere sevk edildiği lojistik merkezleridir. Lojistiğin temel faaliyetlerinden biri olan depo

yönetimi ise hammaddelerin, yarı mamullerin, bitmiş ürünlerin ve gerekli malzemelerin istiflendiği bir alanın etkin şekilde yönetilme sürecidir. Lojistik yönetiminde stratejik bir öneme sahip olan depo yönetimi, üretici ve tüketici arasında köprü görevi görmektedir. Hammaddenin tedarik sürecinden nihai ürünün dağıtım sürecine kadar her noktada yer alan depo yönetiminin, tedarik zinciri yönetiminde de büyük bir öneme sahip olduğu söylenebilir (Rushton vd., 2014: 255).

Depo yönetim sistemi, depo içerisinde gerçekleşen tüm faaliyetleri yönetmek için kullanılmaktadır. Bu sistem sayesinde, depo içerisindeki ürün ve malzemelerin depolanması, hareketlerinin takip edilmesi, ürünlerin istiflenmesi, dağıtılması, teslim edilmesi gibi süreçler kolaylıkla yönetilebilmektedir. Veri tabanına bağlı olarak çalışan depo yönetim sistemi, genel olarak bilgisayar veya teknolojik teçhizatlarla program olarak kullanılmaktadır. Depo içerisindeki operasyon süreçleriyle birlikte insan ve malzeme yönetimini kolaylaştıran bu sistem verimliliği artırma noktasında önemli role sahiptir. Depo yönetim sistemi anlık veri sağladığı için stok yönetimi ve optimizasyon kapsamında kullanılabilir. Genellikle “Depo Yönetim Sistemi (*Warehouse Management System - WMS*)”, “Kurumsal Kaynak Planlaması (*Enterprise Resource Planning - ERP*)”, “Taşıma Yönetim Sistemi (*Transportation Management System - TSM*)”, “Radyo Frekansı ile Tanımlama (*Radio Frequency Identification - RFID*)”, “Yerel Alan Ağı (*Local Area Network - LAN*)”, “Otomatik Tanıma ve Veri Toplama (*Automatic identification and data capture - AIDC*)”, barkod okuyucular, el terminalleri gibi dijital teknolojiler kullanılmaktadır. Verilerin depo yönetim sistemi sayesinde otomatik toplanabilmesi ve tek sistemde kaydedilebilmesi depodaki çalışanlar açısından kolaylık sağlamaktadır (Ramaa vd., 2012: 14). Aynı zamanda modern depo yönetim sistemlerinin kullanılması; teslimat sürelerini kısaltmakta ve ürün akışını optimize etmektedir. Dolayısıyla tedarik maliyetlerini azaltmaktadır (Schmidt ve ten Hompel, 2007: 37; Kwateng vd., 2014: 87).

2.1.4. Müşteri Hizmetleri

Müşteri hizmetleri kavramı günümüze kadar değişime uğramıştır. 1980 yılına kadar yer-zaman veya fiziksel dağıtım faydasına odaklı bir işletme bakış açısına sahiptir. Bu bağlamda; müşteri hizmetleri diğer bir ifadeyle müşteri servisi, bir lojistik

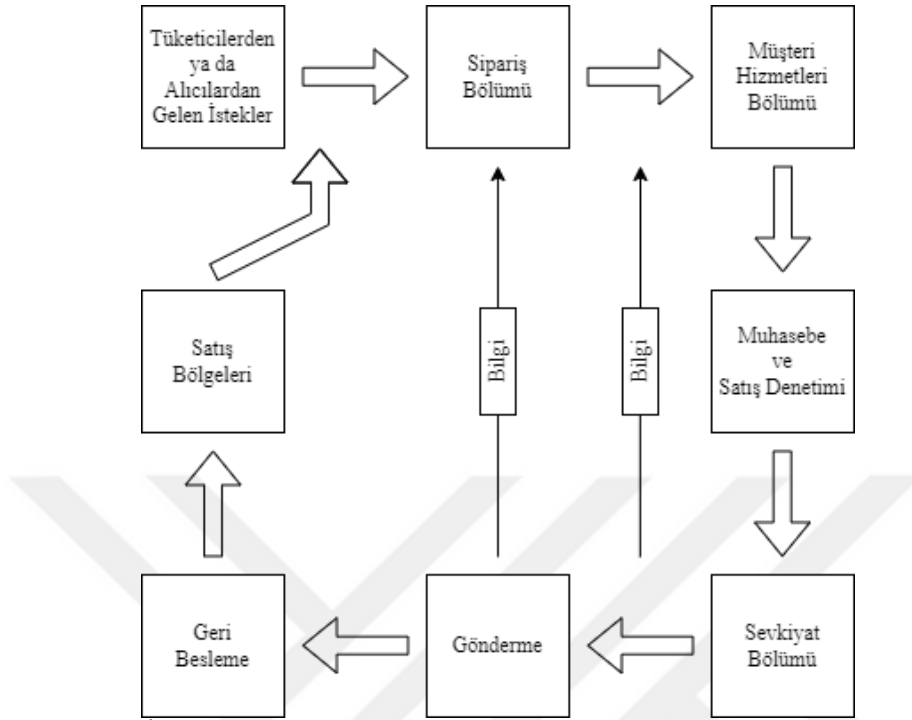
yönetiminin bir ürün ya da hizmet için sağlayabildiği yer-zaman faydasının performans ölçüsü şeklinde tanımlanmaktadır (Stock ve Lambert, 2001: 20). Ancak 1980 sonrasında müşteri hizmetlerinin müşteri değerini de artırıcı etkiye sahip olduğu fark edilmiştir. Bu evrim süreciyle birlikte müşteri hizmetleri; “tedarik zincirine maliyet açısından etkin bir şekilde katma değerli faydalar sağlama süreci” olarak ifade edilmiştir. Ayrıca bu servisin tedarik zinciri için var olan öneminin nihai müşteri açısından değer oluşturmada da bir o kadar önemli olduğu kabul görmüştür (Korpela vd., 1998: 304).

Müşteri hizmetleri; alınan siparişlerin karşılanması için müşteri ve tedarikçi arasında yer alan “teslimat hizmeti, satış öncesi ve sonrası hizmetler, teknik destek, finansal paketler gibi” tüm temas noktalarını kapsamaktadır. Bu doğrultuda müşteri hizmetleri, tedarik zinciri içerisindeki faaliyetlerin birleşik olarak gerçekleşmesi sonucu elde edilen çıktı olarak değerlendirilmektedir (Stevens, 1989: 4). Lojistik yönetiminin temel amacı müşteri ihtiyaçlarına cevap verebilmek olduğu için müşteri hizmetlerinin, lojistik faaliyetlerin en önemli parçalarından biri olduğunu ve işletmenin müşteri yüzü olduğunu söylemek mümkündür.

2.1.5. Sipariş Yönetimi

Sipariş yönetimi, lojistik sisteminin ilk adımı olduğu için bu süreçteki verimliliği ve maliyeti belirlemede kilit rol oynamaktadır (Rushton vd., 2014: 303). Sipariş yönetimi, başlangıç noktası müşterinin siparişi oluşturduğu, sona erdiği noktası ise müşterinin siparişi teslim aldığı bir süreç olarak ifade edilmektedir. Şekil 2.1’de sipariş yönetim süreci (sipariş döngüsü) gösterilmiştir.

Şekil 2.1. Sipariş Yönetim Süreci



Kaynak: İslamoğlu, 2002: 311.

Şekil 2.1’de görüldüğü üzere talepler, müşteriden ya da satış bölgelerinden sipariş bölümüne alınmaktadır. İncelenen siparişler müşteri hizmetlerine aktarılmaktadır. İşletmede müşteri hizmetleri departmanı bulunmadığı takdirde siparişler onay almak için muhasebe ve satış departmanına aktırılmaktadır. Gönderime hazır olan siparişlerin dağıtımı, nihai müşteriye ya da aracıya sevkiyat bölümünün sorumluluğunda gerçekleşmektedir. Bu süreçte müşteri hizmetlerine ve sipariş departmanına bilgi verilmektedir. Döngü süresinin azaltılabilmesi, etkin ve verimli bir sipariş yönetiminin çıktısı olarak görülmektedir. Bu doğrultudaki sipariş yönetimi müşteri hizmetlerinde ve lojistik performansta iyileştirmelere katkı sağlamaktadır (Lai ve Cheng, 2009: 59). Ayrıca etkin ve verimli bir sipariş yönetimi için stok miktarı kontrol edilmeli, operasyon kapsamında hazırlıklar yapılmalı ve bu duruma bağlı şekilde yeni siparişler alınmalıdır (Lewis, 2012: 5). Bu operasyonlar taşıma ve depo yönetimi gibi lojistik faaliyetlerden oluşmaktadır.

2.1.6. Taşıma

Literatür incelendiğinde taşımacılık, nakliye, sevkiyat gibi kavramlarla ifade edilen taşıma; lojistik faaliyetler arasında en önemli ve temel role sahip olan karar alma

mekanizmalarındandır. Bu sebeple taşımanın, lojistiğin kalbi niteliğinde olduğunu söylemek mümkündür. Dar anlamıyla taşıma, ürünlerin iki nokta arasındaki yer değiştirme hareketi olarak ifade edilebilir. Diğer bir tanımıyla taşıma; ihtiyaç duyulan ürünlerin, hizmetin ve bilginin, tedarik zinciri içerisinde, yer-zaman faydası gözetilerek, optimum noktada güvenli ve ekonomik şekilde tedarikçi, perakendeci ve son müşteri arasında hareketini sağlama faaliyeti olarak ifade edilmektedir (Lai ve Cheng, 2009: 4). Taşıma faaliyeti lojistik yönetiminin toplam verimliliğini artırmaya katkı sağlamaktadır. Ancak taşıma faaliyetinin maliyeti ve hizmet kalitesi arasındaki denge korunmalıdır. Bu dengede, taşıma hızına ve talebe göre en uygun taşıma modunun seçilmesi de en önemli lojistik kararlardan birisi olarak kabul edilmektedir.

2.1.6.1. Taşımacılık Türleri

Taşımacılık modları olarak da adlandırılan taşımacılık türleri; ürünlerin ihtiyaçları karşılama amacıyla çıkış ve varış noktaları arasında kamyon, tren, uçak, gemi gibi araçların ve römork, vagon, palet, konteyner ekipmanlarının (taşıma kaplarının) kullanılmasıyla taşıma işlemini, optimum zamanda ve maliyette planlayan ve tasarlayan yapı şeklinde tanımlanmaktadır (Khooban, 2011: 109). 2000'lerden itibaren lojistik faaliyetlerin içerisinde önemli noktaya gelen taşıma hizmeti, hammadde, yarı mamul veya nihai ürünlerle ilgili lojistik faaliyetler bağlamında karayolu, havayolu, denizyolu, demiryolu, boru hattı taşımacılığı ve kombine taşımacılık şeklinde farklı taşıma modlarından oluşmaktadır (Chopra ve Meindl, 2016: 414).

Taşıma faaliyeti kapsamında en önemli adım karar verme sürecidir. Taşıma faaliyeti gerçekleştirilmeden önce taşıma modu, rotaları, süresi, sigortası, maliyeti ve personeli gibi faktörlerin işletmeye uygun şekilde seçilmesi gerekmektedir (Shi vd., 2019: 3). Maliyet, mesafe, konfor, kullanılan enerji miktarı, verimlilik, esneklik gibi faktörlerle birlikte ürünün fiziksel yapısı, hacmi, değeri gibi özellikler taşıma modunun ya da modlarının seçimine etki etmektedir.

2.1.6.1.1. Karayolu Taşımacılığı

Karayolu taşımacılığı, insanın veya yükün bulundukları konumdan farklı bir konuma, karayoluna ait araçlarla birlikte yol, köprü, tünel gibi alanlarda taşınması olarak

tanımlanmaktadır. İnsanoğlunun kullandığı en eski taşıma modunun karayolu taşımacılığının olmasından dolayı lojistiğin gelişim sürecine katkısının fazla olduğu söylenebilir. Karayolu taşımacılığı esnek bir yapıya sahiptir. Neredeyse her noktaya ulaşımı kolaylaştırması ve diğer modlara entegrasyonunda verimliliğinin yüksek olması en önemli özelliklerindendir. Bu sebeple taşımacılığın kılcal damarı olarak nitelendirilen karayolu taşımacılığı, kullanılan yollardaki hız sınırlamalarına rağmen diğer taşıma türlerine göre zaman açısından avantajlıdır (Waters, 2003: 313). Ayrıca karayolu taşımacılığı kapıdan kapıya kesintisiz teslimat imkanı sağlamaktadır.

Karayolu taşımacılığına dair dezavantajlar incelendiğinde ise parsiyel yüklerin arttığı durumlarda gecikmelerin yaşanabilmesi, transit geçişlerde ülkelerin uyguladığı gümrük işlemleri, çevre açısından olumsuz etkilere sahip olması, kaza riskinin yüksek olması, düşük güvelige sahip bir sistem olması gibi durumlar sayılmaktadır (Woźniak vd, 2013: 282-285).

Bilindiği üzere Türkiye konumu itibariyle karayolu taşımacılığına tarih boyunca ev sahipliği yapmıştır. Türkiye'nin eski çağlardaki İpek Yolu, Kral Yolu, Baharat Yolu gibi ve günümüzdeki Modern İpek Yolu Projesi, Avrupa-Kafkasya-Asya Taşımacılık Koridoru gibi uluslararası ticaret ağlarının bağlantı noktasında bulunması, karayolu taşımacılığında hep var olduğunun bir göstergesidir. Türkiye'de karayolu taşımacılığı için atılan en önemli adım: 1950'de Karayolları Genel Müdürlüğü'nün kurulması olmuştur. Ekonomik ve siyasi gelişmelerden hızlı şekilde etkilenen karayolu taşımacılığının kullanımı, 1980 sonrası ticaretin artan ivmesi, Ulaştırma Ana Planı ve altyapı çalışmalarının hız kazanması ile birlikte artmıştır (Megep: 2009: 6).

2.1.6.1.2. Havayolu Taşımacılığı

Havayolu taşımacılığı, insanın veya ürünün hava araçlarıyla bulunduğu noktadan farklı bir noktaya taşınması olarak ifade edilmektedir. Daha hızlı ve konforlu taşıma olanağının olması, daha güvenli ve sık uçuşlara sahip olması gibi özellikler havayolu taşımacılığının avantajları olarak sayılmaktadır. Dezavantajları ise yüksek işletme ve yakıt maliyetlerinin olması, olumsuz hava şartlarından daha fazla etkilenmesi ve çevre dostu olmaması şeklinde belirtilmektedir (Grant, 2012: 62-63). Havayolu taşımacılığı, coğrafi ve iklim şartları açısından diğer taşıma türlerinin uygun

olmadığı ülkeler için zorunlu ve daha faydalı bir taşıma türüdür (Gaston ve Khalid, 2010: 5).

Havayolu taşımacılığında maliyet, ürün değeri (pahalılığı), hacim ve ağırlık açısından ürünlerin taşınması ön plandadır. Bu ürünlere; değerli arabalar, mücevherler, şahsi ürünler, nesli tükenmekte olan hayvanlar örnek olarak gösterilmektedir (Tunca, 2022: 13-14). Bunların yanı sıra afet lojistiği ve insani yardım lojistiğinde önemli role sahip olan havayolu taşımacılığında; acil kurtarma ekipleri ve ekipmanlarının, tıbbi uzman personelleri ve cihazlarının taşınması, hatta acil organ transferi gibi taşıma işlemleri detaylı ve özenli bir planlamayla gerçekleştirilmektedir. Ülker, havayolu taşımacılığını yarışabilir piyasalar teorisi kapsamında incelediği çalışmasında sonuç olarak; havayolu taşımacılığının hızlı, güvenli ve ısı kontrollü olması sebebiyle tercih edildiğini öne sürmektedir (Ülker, 2016: 723-724).

Hava kargo taşımacılığı, havayolu taşımacılığındaki ticaret hacminin büyük bir bölümünü temsil etmektedir. COVID-19 salgını sebebiyle yolcu taşımacılığının azalması sonucu, hava kargo taşımacılığının önemi giderek artmaktadır. Son yıllarda istikrarlı bir yükselişe sahip olan hava kargo taşımacılığı, bozulabilir ve değerli ürünlere odaklanmaktadır. Bu doğrultuda uluslararası ticaret açısından havayolu taşımacılığının öneminin yüksek olduğu düşünülmektedir. Havayolu taşımacılığı zamanın önemli bir faktör olduğu durumlarda, dünya genelinde kesintisiz taşımacılığı garanti edebilen tek taşıma modu olarak değerlendirilmektedir (Bombelli ve Fazi, 2022: 1).

2.1.6.1.3. Denizyolu Taşımacılığı

Denizyolu taşımacılığı iki liman arasında yolcu veya ürünlerin deniz yoluyla taşınması olarak tanımlanmaktadır. Denizyolu taşımacılığına yönelik oluşan talep; maliyetleri en aza indirme, güvenilirliği artırma, değer katma ve ürünlerin üretim noktasından tüketim noktasına kadar taşınmasına ilişkin bütünleşik bir talep olarak kabul edilmektedir (Panayides, 2006: 3). Eski çağlardan beri kullanılan denizyolu taşımacılığı; mesafe, ürün hacmi ve ağırlığı gibi faktörler bağlamında düşük maliyet açısından tercih edilen bir taşımacılık türüdür (Keskin, 2012: 82).

Günümüzde de gemiler daha fazla hacimde yüklerin taşınmasında kullanılmaktadır. Dolayısıyla denizyolu taşımacılığı da hacim açısından uluslararası ticarete en fazla kullanılan taşıma modu olduğu düşünülmektedir (Tanyaş ve Düzgün, 2016: 145). Dünya dış ticaret hacminin yaklaşık %80'i ve Türkiye dış ticaret hacminin ise yaklaşık olarak %90'ı denizyolu taşımacılığıyla gerçekleşmektedir. Maliyet açısından denizyolu taşımacılığı, karayolu ve havayolu taşıma modlarıyla kıyaslandığında daha az maliyetlidir ve bu nedenle daha rekabetçidir (Kristiansen, 2005: 3). Genel olarak baktığımızda denizyolu taşımacılığının; petrol, kömür ve tahıl gibi ürünleri büyük hacimlerde taşımak için en uygun taşıma modu olduğu, dünya ticaretinde hacimli yüklerin taşınması açısından yüksek öneme sahip olduğu ancak diğer modlara göre en yavaş taşıma modu olduğu söylenebilir.

Türkiye, üç tarafı denizlerle çevrili ve 8333 km kıyı şeridine sahip bir ülkedir. Türkiye'de toplam 185 liman bulunmakta olup yoğun olarak Marmara Bölgesinde yer almaktadırlar. Bu bağlamda Türkiye'nin jeopolitik ve jeostratejik konumu itibariyle denizyolu taşımacılığı için elverişli bir ülke olduğu ifade edilebilir.

2.1.6.1.4. Demiryolu Taşımacılığı

Demiryolu taşımacılığı, insanların veya genellikle ağır ve hacimli ürünlerin, yolcu veya yük vagonlarında raylı sistemlerle uzun mesafelere taşınması şeklinde tanımlanmaktadır. Genellikle yük tek hat doğrultusunda taşınmakta ve tek varış noktasında sonuçlanmaktadır (Trace, 2008: 445). Demiryolu taşımacılığı, kuruluş maliyeti yüksek olması sebebiyle genellikle devlet tekelinde bulunmaktadır. İlk yatırım maliyetinin yüksek olmasına rağmen, işletme ve taşıma maliyetlerinin düşük olması ve bununla birlikte güvenli bir taşımacılık hizmeti sunması demiryolu taşımacılığının avantajlarından. Ayrıca demiryolu taşımacılığının aracı olan trenlere, farklı özelliklere sahip yükler için ek vagonlar bağlanabilmektedir (Waters, 2003: 310). Uluslararası ticaretin hızla artmasıyla birlikte demiryolu taşımacılığının diğer modlara kolay entegre edilebilirliği bu taşıma moduna olan ilgiyi artırmıştır. Bu kapsamda altyapı yatırımları ve mevcut kapasitenin artırımına gidilmesi zorunlu bir hal almıştır (Koban ve Keser, 2015: 223).

Karbon emisyonu salınımları kapsamında mevcut elektrikli sistemlerin kullanılmasıyla birlikte demiryolu taşımacılığında %0'a yakın bir emisyon salınımı

görülmektedir. Bu durum demiryolu taşımacılığı için birçok çevreci ve ekonomik avantajı beraberinde getirmektedir. Çevreci ve ekonomik olan demiryolu taşımacılığının dezavantajlarını ise yüksek miktarda elleçleme, raylı sistemlerin kurulumunda %8 eğim sınırı, demiryolu ağının bulunmadığı noktalarda kapıdan kapıya teslimat maliyetinin yüksek olması şeklinde sıralamak mümkündür (Long, 2012: 45).

Türkiye Avrupa, Rusya, Kafkasya ve Orta-Asya arasında lojistik üssü olma potansiyeli yüksek bir ülkedir. Bu kapsamda Cumhuriyetin ilk yıllarında ileri görüşlü bir bakış açısıyla Anayurt dört baştan demir ağlarla örülmüştür (Çamlıbel ve Çağlar, 1933). Günümüzde ise Türkiye, demiryolu taşımacılığını odak noktasına alan, ülkelerin bir araya gelerek uluslararası ticareti canlandırmaya yönelik ortaya çıkardıkları Modern İpek Yolu Projesi'nin paydaşıdır. Bu proje Londra'dan Pekin'e uzanan bir ticaret ağını ifade etmekte olup, Türkiye projenin orta koridorunda yer almaktadır. 2008 yılında başlatılan ve Türkiye'nin öncülüğünde yapılan forumlarda; Tarihi İpek Yolu'nun canlandırılması, gümrük prosedürlerinin basitleştirilmesi, birleştirilmesi, güvenli ve etkin bir lojistik akışının sağlanması gibi konulara odaklanılmaktadır (Fedorenko, 2013: 9-12). Günümüzde yapımı ve yatırımları devam eden çalışmalardan; otoyollar, modern demir ağları, yüksek hızlı tren (YHT) hatları bu proje kapsamında yer almaktadır.

2.1.6.1.5. Boru Hattı Taşımacılığı

Boru hattı taşımacılığı, belirli yapıya sahip (su, petrol, doğalgaz gibi) ürünlerin, esnek olmayan şekilde (sabit noktalar arasında) boru yoluyla taşınması olarak ifade edilmektedir (Sadjady, 2011: 17). Olumsuz hava koşulları ve trafikten etkilenmeyen boru hattı taşımacılığında büyük hacimde petrol ve doğalgaz taşıma imkanı avantaj sağlarken, belirli noktalar arasında ve belirli ürünlerle sınırlı olması dezavantaj olmaktadır (Waters, 2003: 316). Boru hattı taşımacılığı ilk olarak 1900'lerin başlarında küçük hacimli ürünleri kısa mesafelere taşıma amacıyla kullanılmıştır. Sonrasında artan talep ve gelişen teknolojiyle daha büyük hacimli ürünler daha hızlı taşınmaya başlamıştır. Boru hattı taşımacılığı, daha güvenli, daha az gürültülü ve çevre dostu bir taşıma türüdür. Boru hattı taşımacılığı ayrıca sürekliliğe sahip bir

taşıma sistemine sahip olduğu için yüksek sistematik verimlilik sağlamaktadır (Qian vd., 2009: 26).

Türkiye, demiryolu taşımacılığıyla olduğu gibi boru hattı taşımacılığıyla da lojistik sektörü kapsamında ülke ekonomisine büyük katkı sağlamaktadır. Dolayısıyla Türkiye'nin jeopolitik konumu sayesinde lojistik üssü olacağını destekler nitelikte örnekler boru hattı taşımacılığında da bulunmaktadır. Transit Boru Hatları ve Doğalgaz Boru Hatları olarak sınıflanan projeler; "Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı (ITP), Bakü-Tiflis-Ceyhan Ana İhraç Ham Petrol Boru Hattı (BTC), Trans-Anadolu Doğalgaz Boru Hattı (TANAP), Türkakım Doğalgaz Boru Hattı (TÜRKAKIM), Rusya-Türkiye Doğalgaz Boru Hattı (Batı Hattı), Mavi Akım Doğalgaz Boru Hattı (Mavi Akım), Doğu Anadolu Doğalgaz Ana İletim Hattı (İran-Türkiye), Bakü-Tiflis-Erzurum Doğalgaz Boru Hattı (BTE), Türkiye-Yunanistan Doğalgaz Enterkonneksiyonu (TYE)" şeklinde sıralanmaktadır (T.C. Enerji Bakanlığı, 2024). Ek olarak Türkiye'nin Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'ne "Cansuyu Projesi" üzerinden su taşınması da örnek olarak gösterilmektedir.

2.1.6.1.6. Kombine Taşımacılık

Taşıma faaliyetinde ihtiyaçlar doğrultusunda maliyet, hız ve güvenlik gibi faktörler ele alınarak yeni operasyonlar geliştirilmekte ve uygulanmaktadır. Bunun sebebi optimum sürede optimum maliyetle gerçekleştirilen taşıma faaliyetinden optimum fayda elde etmektir. Bu uygulamalar *kombine taşımacılık*, *intermodal taşımacılık* ve *multimodal taşımacılık* olarak üç farklı şekilde bulunmaktadır (Tanyaş vd., 2011: 82). Kombine Taşımacılık (Combined Transportation) taşıma faaliyetinin çıkış noktasından varış noktasına kadar en az iki taşıma türünün kullanılması şeklinde tanımlanmaktadır. Kombine taşımacılıkta alternatif herhangi bir taşıma modu entegre edilse dahi ilk veya son aşamada karayolu taşımacılığı kullanılmaktadır. Bu taşıma modunda ürün elleçlenmekte olup, kapıdan kapıya (door to door) teslimat amaçlanmaktadır. İntermodal Taşımacılık (Intermodal Transportation) modunda ürün elleçlenmemektedir. Ürünün aynı taşıma aracıyla veya kabıyla en az iki farklı taşıma modunun kullanılmasıyla varış noktasına teslim edilmesi intermodal taşımacılık olarak adlandırılmaktadır. Bu taşıma modunda ürüne el değmeden, zaman-maliyet ve çevresel faktörler kapsamında en uyumlu entegre taşıma faaliyetinin

gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. Çok Modlu Taşımacılık (Multimodal Transportation) en az iki taşıma modunun ya da aracının kullanılması şeklinde ifade edilmektedir. Bu taşıma modunda ürünler bulundukları kaplardan farklı kaplara aktarılmakta ve farklı taşıma modunda sürecini tamamlamaktadır (Crainic ve Kim, 2007: 467; Keskin, 2012: 85; Barbanova, 2016: 2).

2.2. Lojistiği Destekleyici Faaliyetler

Lojistiği destekleyici faaliyetler üretim planlaması, satın alma, tesis ve depo yeri seçimi, ambalajlama-paketleme ve diğer faaliyetler şeklinde sıralanmaktadır.

2.2.1. Satın Alma

Satın alma işletmelerin temel ve yardımcı faaliyetlerini optimum düzeyde yürütmesi ve sürdürülebilirliğini sağlaması için ihtiyaç duyduğu bilgi, beceri, hizmet, hammadde, teçhizatın dış kaynaklardan tedarik süreci olarak ifade edilmektedir (Van Weele, 2018: 9). İşletmelerin satın alma departmanları, tedarikçileri; stratejik ortakları olarak görmekte ve buna göre süreci yönetmektedirler (Vonderembse vd, 1995: 46). Bunun sebebi, işletmelerin ihtiyaç duydukları herhangi bir malzemenin zamanında tedarik edilmesi, nihai ürünün hem üretim sürecini hem de teslimat sürecini etkilemektedir. Dolayısıyla satın alma sürecinin ve bu sistemin baş rolü tedarikçilerin, kritik bir öneme sahip oldukları söylenebilir.

Satın alma süreci, genellikle hammadde, alt montaj parçaları, onarım ve bakım kalemleri ile hizmetlerin temin edilmesi yoluyla operasyonel gereksinimleri karşılamaktadır. Bu süreç, aynı zamanda, üretimi tamamlanmış ürünlerin veya yedek parçaların depolanmasından ve son tüketicilere ulaştırılmasından sorumlu olan fiziksel dağıtım merkezlerinin ihtiyaçlarını da karşılayabilmektedir. Bu nedenle satın alma işleminin, müşterinin talep ettiği sürekli ve yüksek kalitede mal ve hizmet akışını sağlaması oldukça önemlidir (Monczka vd., 2009: 38-39).

Satın alma süreci, günümüzde işletmeler için maliyet açısından minimizasyon veya verimlilik açısından maksimizasyon ifade eden bir işlem değildir. Aksine işletme ihtiyaçlarına yönelik, işletmenin sahip olduğu yeteneklerle tedarik zinciri süreci boyunca bulunduğu rekabetçi ortamda avantajı elde etme çabasında olan bir

faaliyettir. Bu bağlamda satın alma sürecinin bilgi akışı ve uygulama noktasındaki rolü oldukça büyüktür (Gundlach vd., 2006: 435).

2.2.2. Tesis ve Depo Yeri Seçimi

Tesis ve depo yeri seçim kararı lojistik yönetiminin en önemli hususlarından birisidir. Tesisin hammadde tedarik noktalarına ve bununla birlikte işletmenin nüfuz edeceği pazara mesafesi taşıma maliyetlerini etkilemektedir. Lojistik yöneticileri bu kritik karar aşamasında dikkatli olmanın yanı sıra iyi bir araştırma da yapmaktadırlar. İşletmenin kuruluş yeri, uzun vadede faaliyetlerini sürdüreceği bir yer olarak belirlenmelidir. Bu sebeple yer seçimi dönülmesi zor ve önemli bir karardır. Yanlış seçimin sonucu birçok sorunu ve zorluğu beraberinde getirmektedir. Sorunların giderilmesi için gerçekleştirilen faaliyetlerin maliyetleri, sunulan ürün veya hizmetin birim maliyetlerine yansımaktadır (Küçük, 2014: 163; Taşkın ve Durmaz, 2015: 90).

Depolama faaliyetlerinin etkinliği, doğru depo lokasyonunun seçilmesine bağlıdır. Doğru depo lokasyonu seçiminde, sermaye ve iş gücü yatırımlarını dikkate alarak, taşıma maliyetleri ve süresi minimize edilmelidir. Gergin ve Peker'in gerçekleştirmiş oldukları çalışma, depo yeri seçiminde kullanılan başarı faktörleri ve yöntemleri inceleyen bir literatür araştırmasıdır. Araştırmada, depo yeri seçiminde gerçekleştirilen öncü çalışmaları gözden geçirmek ve hangi başarı faktörlerinin ve yöntemlerin tercih edildiğine dair bilgi sunmak amaçlanmıştır. Bulgular, depo yeri seçiminde en yaygın olarak kullanılan yöntemlerin Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemleri olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre, depo yeri seçiminde kullanılan çeşitli başarı faktörleri; maliyet, altyapı, ulaşılabilirlik, güvenilirlik ve esneklik şeklinde sıralanmaktadır. Ayrıca sonuçlar, depo yeri seçiminin lojistik ve tedarik zinciri yönetimi açısından kritik bir faaliyet olduğunu ortaya koymaktadır (Gergin ve Peker, 2019).

2.2.3. Ambalajlama ve Paketleme

Üretilen ürünleri, dış etkenlerin yol açabileceği hasarlardan korumak amacıyla ve bununla birlikte tanıtım, dağıtım, depolama, taşıma ve pazarlama süreçlerini kolaylaştırmak için metal, kâğıt, cam veya plastik gibi malzemelerden üretilmiş koruyucu dış katmanlar ambalaj olarak tanımlanmaktadır (Gözübüyük, 2015: 2).

Ambalajlama ise hammadde, yarı mamul veya nihai ürünlerin tedarikçi ile üretici ya da üretici ile tüketici arasındaki taşıma sürecinde, bu ürünlerin zarar görmesini önlemeye yönelik en kritik lojistik faaliyetlerden biridir. Lojistik yönetimi kapsamında ambalajlamanın altı görevi bulunmaktadır. Bunlar; *koruma, bölüştürme, önleme, kolaylık, birleştirme* ve *iletim* şeklinde sıralanmaktadır (Robertson, 1990: 38-39). Ambalajlama, yüzyıllar boyunca gelişim göstererek tüketici alışkanlıklarının değişmesine yol açmıştır. Başlangıçta yalnızca muhafaza ve koruma işlevi taşıyan ambalajlama, zamanla içerik (ürün) kadar önemli bir pazarlama ve iletişim aracı konumuna gelmiştir (Regattieri vd., 2019: 273).

Szymonik'e göre, ambalajlama faaliyeti, ürünlerin fiziksel hareketini optimize eden, koruma, depolama, taşıma, bilgilendirme ve geri dönüşüm gibi çeşitli işlevleri yerine getirmektedir. Szymonik (2016) çalışmasında; lojistik perspektiften ambalajlamanın önemine odaklanmış ve etkin bir tedarik zinciri yönetimi için gerekli olan ambalaj türlerini ve işlevlerini incelemiştir. Araştırma sonucunda, ambalajın genel uygulama açısından beş gruba ayrıldığı belirtilmiştir. Bunlar; ticari birim, lojistik birimler, yeniden kullanılabilir kaynaklar, sevkiyat ve iç uygulama ambalajları şeklinde sıralanmaktadır. Sonuç olarak, ambalajlamanın lojistikteki rolü, etkinlik ve güvenlik açısından önemli bir unsur olarak ortaya çıkmıştır (Szymonik, 2016).

2.2.4. Diğer Faaliyetler

Lojistiği destekleyici faaliyetler kapsamında; bilgi yönetimi, etiketleme, elleçleme, sigorta hizmetleri, gümrükleme, satış sonrası hizmetler (servis desteği, hurda, tamir, bakım ve ürün dizaynı) gibi faaliyetler yer almaktadır. Bu faaliyetlerin etkin ve verimli şekilde yönetilmesiyle elde edilen sonuçlar, lojistik performans açısından oldukça etkilidir (Kayabaşı, 2010: 111).

Bilgi sistemlerindeki ilerlemeler lojistiğin yönetilme biçimini de dönüştürmektedir. Sipariş işleme işlevinin otomatikleştirilmesi daha iyi müşteri hizmetlerine ve daha sonraki analizler için daha fazla bilginin depolanmasına olanak sağlamaktadır. Lojistikte karar destek sistemlerinin artan kullanımı, yöneticilerin hem karar alma hem de tahmin yeteneklerini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. Gelişen teknolojilerle daha verimli, güvenli ve daha düşük maliyetli bir şekilde bilgi aktarımı

gerçekleşmektedir. Bu sayede yöneticilere sunulan bilginin kalitesi artmakta, müşteri hizmetleri iyileştirilmekte ve yanıt süreleri düşmektedir (Kubasakova vd., 2014: 10).

Diğer faaliyetler arasında yer alan etiketleme, ambalajlama kadar önemli ve entegredir. Ambalajdaki etiket; ürünün ağırlığı, özelliği, içeriği ve kullanma talimatları gibi birçok bilgiyi kapsamaktadır. Kontrol ve bilgi akışına doğrudan katkı sağlayan etiketleme, ülkeden ülkeye göre farklı düzenlemelere ve koşullara tabiidir (Murphy ve Knemeyer, 2018). Elleçleme (handling) lojistik sürecinde ürüne herhangi bir katma değer katmamaktadır. Ancak yanlış yapıldığı takdirde yol açacağı fire, kalite kaybı ve hasardan dolayı ürünün değer kaybetmesine sebep olmaktadır. Alanyazında elleçleme faaliyeti ile yükleme-boşaltma, aktarma, taşıma gibi kavramlar birbirinin yerine kullanılmaktadır. Elleçleme dar anlamda, ürünlerin insan ya da makine gücüyle yer değiştirmesi şeklinde ifade edilebilir (Keskin, 2015). Ürünlerin satıcıdan çıkıp alıcıya teslim edilmesine kadar olan süreç içerisinde, meydana gelebilecek hasarlar maddi zararlar oluşturmaktadır. Sigorta hizmetleri bu zararları belirlenen prim ödeneğine istinaden güven altında tutmaktadır. Bu nedenle sigorta hizmetleri, sektörde lojistik sürecini tamamlayıcı ve önemli bir faaliyet olarak görülmektedir.

Ürünlerin veya insanların ülke sınırından giriş-çıkış yaptığı noktalara ve bu noktalarda gerekli kontrollerin yapıldığı bölgelere gümrük denir. Gümrükleme ise gümrük idaresine gümrük beyannamesinin teslim edilmesi, ürün ya da taşıtın gümrük sahasına gelmesi ve belirli kanunlar çerçevesinde gerekli işlemlerin yapılması işlemidir. Ayrıca gümrükleme uluslararası ticaret ve lojistiğin kesiştiği en kritik nokta olarak kabul görmektedir. Ülkelerin gümrük bölgelerinde uyguladıkları düzenlemeler farklılıklar içerebilir. Ancak hemen hepsinin amaçlarının ortak olduğu söylenebilir. Bunlar; ulusal çıkarları gözetmek, ulusal güvenliği ve kamu düzenini sağlamak, rekabeti oluşturmak ve ticareti yönetmek şeklinde sıralanabilir (Long, 2004).

III. BÖLÜM

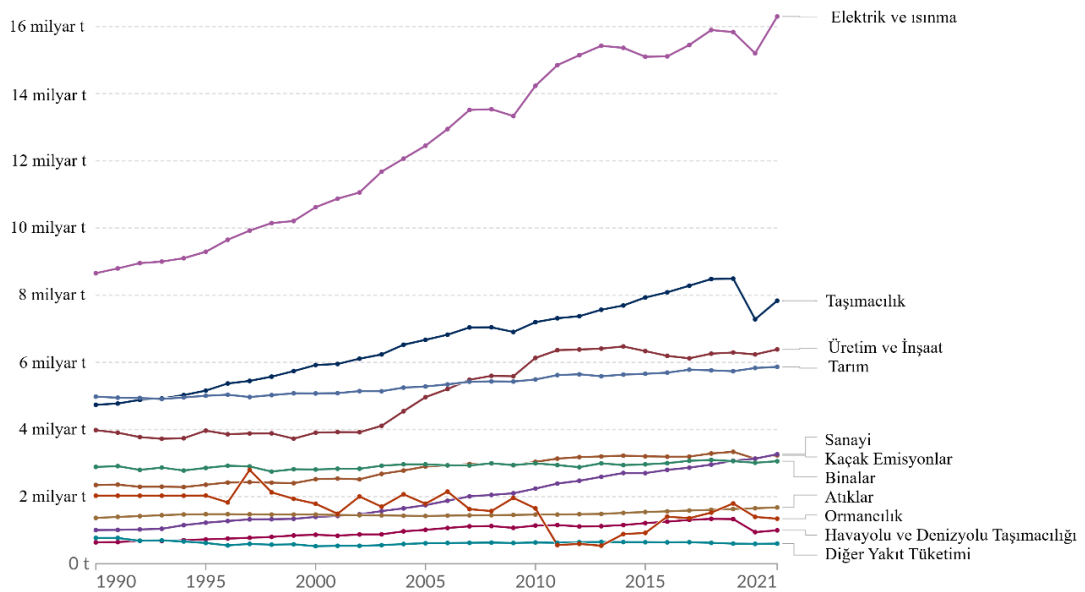
ÇEVRE VE EMİSYON

Bu bölümde sera gazları, uluslararası ticaret ve lojistiğin çevre ile ilişkisine değinilmiştir. Ayrıca yeşil lojistikle ilgili bilgiler verilmiştir.

3.1. Karbondioksit ve Diğer Sera Gazlarının Çevre Üzerine Etkileri

Çevre kirliliği dünyadaki ekosisteme her açıdan olumsuz etkilere sebep olarak çevresel sorunları ortaya çıkarmaktadır. Bunlar hava kirliliği, toprak kirliliği, su kirliliği, gürültü kirliliği ve biyolojik çeşitlilik kaybı şeklinde ifade edilebilir. Bilindiği üzere hava kirliliğinin yol açtığı başlıca sorunlardan biri küresel ısınmadır. Sanayileşme, fosil yakıt kullanımı ve bilinçsizce ormanlık alanların daraltılması gibi faaliyetler sonucu atmosfere salınan sera gazları, atmosferde oluşturduğu doğal sera etkisini artırmaktadır. Böylece yeryüzü sıcaklığı da artmakta ve bu durum küresel ısınma olarak tanımlanmaktadır. Küresel ısınmaya sebep olan sera gazlarının başında Karbondioksit (CO₂) gelmektedir (Keleş vd., 2015: 120). Belirli zamanlarda ve bölgelerde atmosfere salınan sera gazları emisyon olarak adlandırılmaktadır. Dünyadaki sektörlere göre sera gazı emisyonları Şekil 3.1’de gösterildiği gibidir.

Şekil 3.1. Sektöre Göre Sera Gazı Emisyonları (Dünya)



Kaynak: WD, 2024b.

Günümüzde karbondioksit başta olmak üzere, karbonmonoksit, nitroz oksit, metan, ozon ve diazotoksit gibi sera gazları ciddi seviyelerde artış göstermektedir. Atmosferdeki gazların %1'inin sera gazları olmasına rağmen oluşturduğu tabakayla ısıyı hapsetmekte ve bu durum iklim değişikliklerini beraberinde getirmektedir. İklim değişikliği sonucunda gerçekleşen meteorolojik olaylar ve doğal afetler ise doğal yaşamı tehdit etmektedir. İnsan kaynaklı küresel ısınmada sera gazlarının yaklaşık %75'ini karbondioksit oluşturmaktadır (IPCC, 2023; WD, 2024a). CO₂ gazının salınımına bakıldığında ilk sırada enerji sektörü, ikinci sırada ise ulaştırma sektörü yer almaktadır (Bkz. Şekil 3.1).

Küresel ekonominin büyümesinde taşımacılık faaliyetlerinin önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir. Ekonomik kalkınmanın artmasıyla taşımacılık faaliyetleri de artmış olup, bunun sonucunda da dünya genelinde sera gazı emisyonları artmıştır. Özellikle emisyonlar arasında CO₂ emisyonlarının artışı dikkat çekmektedir (Bkz. Tablo 3.1). Bu emisyonların artmasının; insan doğasına dolayısıyla insan sağlığına olumsuz etkiler doğuracağı kaçınılmaz bir gerçektir. Bu bilgilerden hareketle günümüzde lojistik sektörü ve taşımacılık faaliyetleri kaynaklı emisyonların azaltılması ve denetlenmesi yönünde teşvik edici adımlar atılmaktadır. Bu nedenle birçok ülke ulaştırma modlarının sebep olduğu karbon emisyonlarının azaltılması için önlemler geliştirmekte ve iş birliklerine gitmektedirler. Avrupa Komisyonu (EC) tarafından Avrupa limanlarına yanaşan gemilere hız kısıtlamalarını getirmesi, Almanya'nın 2035 yılına kadar içten yanmalı motorların hem satışını hem de üretimini yasaklanması bu önlemlere örnek olarak gösterilebilir. Diğer bir önlem ise Çin'in CO₂ emisyonlarıyla mücadelesidir. Çin, Paris Anlaşması'nın hükümlerini kabul etmiş olup, 2060 yılına kadar karbon nötrlüğü için katı kuralları uygulamaktadır. Özellikle ulaştırma modlarının karbon salınımını analiz etmektedir. Ancak tüm önlemler ve uygulamalara rağmen lojistik sektöründe karbon emisyonlarının azaltılması yavaş ilerlemektedir. Bu kapsamda etkili ve sürdürülebilir yeni politikaların geliştirilmesi büyük öneme sahiptir (Jiang vd., 2024: 177).

2013-2022 periyodunda Türkiye'de sebep olunan CO₂ emisyonu ve fosil yakıt tüketimine ait veriler Tablo 3.1'de sunulmuştur.

Tablo 3.1. Türkiye’nin CO₂ Emisyonu ve Fosil Yakıt Tüketimi (2013-2022)

TÜRKİYE	ÜLKE TOPLAM	
	CO ₂ Emisyonu	Fosil Yakıt Tüketimi
2013	303,29414	34,95700
2014	335,13512	35,71100
2015	341,13360	42,42198
2016	359,18840	45,56573
2017	404,17657	49,33437
2018	401,84975	49,55182
2019	393,99521	48,93938
2020	384,63817	47,04010
2021	420,72745	49,57585
2022	420,40312	51,65738
10 Yıllık Artış Oranı	38,61%	47,77%

Kaynak: 2013-2022 Energy Institute verilerinden yararlanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır (ENERGY, 2024).

Tablo 3.1’de sunulduğu üzere Türkiye’de hem CO₂ emisyonunda hem de fosil yakıt tüketiminde yıldan yıla artış olduğu görülmektedir. Ayrıca CO₂ emisyonuna ait 10 yıllık artış oranı (%38,61), fosil yakıt tüketimine ait 10 yıllık artış oranından (%47,77) az olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla Türkiye’de yıldan yıla fosil yakıt tüketiminin artmasına rağmen çevreci politikalar veya uygulamalarla CO₂ emisyonuna dikkat edildiği şeklinde yorumlanabilir.

3.2. Ekonomi ve Çevre Teorileri

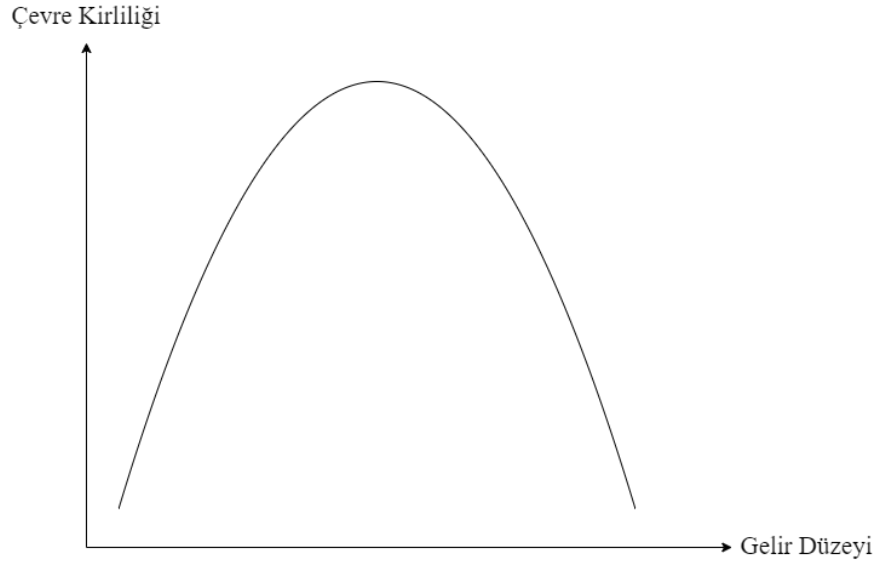
Günümüzde giderek önemi artan çevrenin ve oluşan çevre sorunlarının, ekonomi ile dolayısıyla dış ticaretle yakından ve karşılıklı bir etkiye sahip ilişkisi olduğunu söylemek mümkündür. Dış ticaret hacminin giderek artmasıyla birlikte ekonomik ve lojistik faaliyetlerin de hızla artması çevre sorunlarına sebep olmaktadır. Aynı şekilde çevre sorunları da ekonomik gelişme ve kalkınmayı olumsuz yönde etkilemektedir. Dinda’nın (2004) ekonomik büyüme ve çevresel kalite arasında ilişki olduğunu ileri sürdüğü çalışması bu durumu desteklemektedir. Saatçi ve Dumrul (2011) ise çalışmalarında ekonomik büyüme ve çevre kirliliği arasında bir ilişki olduğunu savunmaktadırlar.

1990’dan sonra ticaretteki küreselleşmenin hız kazanmasıyla birlikte ekonomik büyümenin çevre üzerindeki etkileri de artış gösterdiği gözlenmektedir. Bu

doğrultuda ekonomi-çevre ilişkisini konu edinen araştırmaların gün geçtikçe arttığını söylemek mümkündür. Literatür incelendiğinde söz konusu araştırmaların genellikle iktisatçıların çalışmalarında yer aldığı görülmektedir. Ancak ekonomi-çevre ilişkisi günümüzde birçok bilimdalı ile yakından ilişkilidir.

Çevresel kirlilik ve kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki, “Çevresel Kuznets Eğrisi” (Environmental Kuznets Curve) ile açıklanmaktadır. Bu teorik yaklaşımda çevresel kirlilik ve kişi başına düşen milli gelir arasında "ters U" şeklinde bir ilişkinin var olduğu ortaya atılmaktadır (Bkz. Şekil 3.2). Bu ilişkinin ÇKE olarak ifade edilmesi, Simon Kuznets (1955) tarafınca yapılan çalışmada kişi başına düşen milli gelir ile gelir dağılımı eşitsizliği arasındaki ilişkiye olan benzerliğinden kaynaklanmaktadır. Çevresel Kuznets Eğrisi yaklaşımına göre çevre kirliliği, ekonomik gelişim sürecinin başında artmakta ve sonrasında ise azalmaktadır. Bu kapsamda ekonomik faaliyetler ve çevre arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalar genellikle Grossman ve Krueger (1991) tarafından geliştirilen “Çevresel Kuznets Modeli’ni” işaret etmektedir. Çevresel Kuznets Eğrisi Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

Şekil 3.2. Çevresel Kuznets Eğrisi



Kaynak: Yandle vd., 2002: 3.

Bu modele göre; başlangıçta ülkelerin kişi başına milli gelir düzeylerinin artmasıyla birlikte çevresel bozulma da artmaktadır. Diğer bir ifadeyle gelir düzeyi ve çevre kirliliği arasında doğru bir orantı vardır. Söz konusu artış sonrasında ülkeler belirli bir ekonomik büyüme noktasına ulaştıklarında çevresel bozulma azalmaktadır. Bu

durum dönüm noktasından (eşiğinden) sonra gelir düzeyi ve çevre kirliliği arasında ters bir orantı olduğunu göstermektedir (Stokey, 1998).

Çevre ve ekonomi arasındaki ilişkiyi ele alan diğer bir yaklaşım ise “*Yeşil Ekonomi Perspektifi’dir*”. Yeşil ekonomi kavramı ilk olarak 1989 yılında “Blueprint For A Green Economy” isimli raporda kullanılmıştır (Pearce vd., 1989). Yeşil ekonominin asıl amacı çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik büyüme arasındaki dengeyi sağlayabilmektir. Enerji ve kaynakların verimliliklerinin artırılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha çok tercih edilmesi, yeşil teknolojilerin teşvik edilmesi ve yeşil istihdam sağlanması gibi önem derecesi yüksek adımlar bu amaca hizmet etmektedir. Doğal kaynakların tükenme riski, iklim değişikliği ve çevresel endişelerin artması gibi hususlar ise yeşil ekonominin yaygınlaşmasına yol açmaktadır. Öte yandan toplumda çevre bilincinin artması ve bununla birlikte çevresel sürdürülebilirliğin önemine varılması da yeşil ekonominin yaygınlaşmasına katkı sağlamaktadır (Dilek, 2018: 3). Yeşil ekonomi yaklaşımı gelecek nesiller için daha yaşanabilir bir dünya bırakmayı hedeflemektedir. Bu hedef doğrultusunda yeşil ekonomi yaklaşımı, doğa ve insan arasındaki dengeyi koruma eğilimindedir (Mirzayev ve Ceviz, 2024: 124).

Çevre kirliliği kapsamında geliştirilen bir diğer yaklaşım ise “*Kirlilik Sığınağı Hipotezi’dir*” (Pollution Haven Hypothesis). Bu yaklaşıma göre gelişmiş ülkelerde yer alan işletmeler, üretim tekniklerinden dolayı çevre kirliliği oluşturmaktadırlar. Bu nedenle gelişmiş ülkelerdeki işletmeler bulundukları ülkelerin çevre kalitesini koruma amacıyla yatırımlarını, düzenlemeler ve politikalar açısından daha gevşek haldeki gelişmekte olan ülkelere taşımaktadırlar. Diğer bir ifadeyle gelişmiş ülkelerdeki sıkı çevre politikalarının işletmeler üzerindeki maliyetleri, öngörülen çevresel kirliliğin gelişmekte olan ülkelere taşınmasına yol açmaktadır. Bu doğrultuda gelişmekte olan ülkeler, gelişmiş ülkelerin kirlilik sığınakları olarak nitelendirilmektedir (Cole, 2004).

3.3. Uluslararası Ticaret ve Çevre İlişkisi

Yirminci yüzyılın son çeyreğinde iki önemli konu dikkatleri üzerine çekmektedir. Bunlardan ilki, uluslararası üretimin artmasıyla birlikte ülkeler arasındaki ticaretin de artmasıdır. Gümrük Tarifeleri ve Ticaret Genel Anlaşması’nın (GATT)

oluşturulmasıyla birlikte ticaretteki engellerin ortadan kalkması, işletmeleri ve dolayısıyla ülkeleri uluslararası rekabete zorlamıştır. İkincisi ise çevre sorunlarının ulusal bir sorun olmaktan çıkıp küresel bir boyut kazanması ve çevre duyarlılığının artmasıdır. Ulusal ve uluslararası çerçevede çevresel düzenlemeleri de artıran bu durum, çeşitli uluslararası anlaşmaların oluşmasına ve çevre koruma konusunda önemli adımlar atılmasına yol açmıştır (Gül, 2015: 1-2). Öte yandan ülkeler ise atılan çevresel adımları küresel rekabet güçlerini artırmada aracı olarak kullanmaktadır.

Meng vd. (2022) araştırmalarında; 1995-2020 dönemi için Panel Veri Analizi kullanarak BRICST (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye) ülkeleri üzerinde, ticaret çeşitliliğinin ve yeşil inovasyonun, CO₂ emisyonlarını azaltmadaki potansiyel rollerini analiz etmişlerdir. Çalışmanın ana bulgularından biri, ticaret çeşitliliği, yeşil inovasyon ve yenilenebilir enerji tüketiminin, tüketim bazlı karbon emisyonlarıyla negatif bir ilişkiye sahip olduğudur. Bu durum, BRICST ülkelerinin ticaret sepetlerinde çevre dostu ürünlerin yüksek oranlarda yer aldığını ve üretim teknolojilerinin yeşil teknolojilere doğru dönüştüğünü kanıtlamaktadır. Bununla birlikte, ekonomik büyümenin bu ülkelerde çevresel bozulmayı artırdığı belirtilmektedir. Bu durum EKC teorisine göre tam tersi; ekonomik ilerlemenin çevresel bozulma sorununu çözdüğü şeklinde ileri sürülmektedir. Ekonomik gelişmeyle artan CO₂ emisyonu belirli bir eşikten sonra azalmaktadır. Bu azalmanın arkasındaki sebep, gelirdeki artış nedeniyle bireylerin daha temiz bir çevre talep etmeye başlamasıdır (Soytas vd., 2007: 487; Appiah, 2018: 205).

Bu kapsamda Gulistan vd. (2020) çalışmalarında, ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticaret açıklığı ve turizmin çevresel bozulma üzerindeki etkilerini, 1995-2017 yılları arasında 112 ülkeden alınan yıllık verilerle incelemişlerdir. Araştırmanın bulgularına göre örneklem için ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve turizmin çevresel bozulmaya sebep verdiğini ortaya çıkarmışlardır. Ticaret açıklığına ilişkin sonuçların ise istatistiksel olarak sağlam olmadığını belirtmişlerdir. Araştırmada ayrıca altyapı ve turizmle bağlantılı enerji tüketimine ait artışın, çevre üzerinde olumsuz etkilere yol açtığını ileri sürmüşlerdir. EKC'nin varlığının doğrulandığı ve bununla birlikte ekonomik büyümenin çevre kalitesini iyileştirebildiğini ancak belirli bir gelir eşikine ulaşıldığında ortaya çıktığını vurgulamışlardır.

Ülkelerin çevre kalitesini korumak için daha yüksek ekonomik büyümeye nasıl ulaşabilecekleri konusunda bir anlayış eksikliği bulunmaktadır. Bu amaçla Khan vd. (2022) çalışmalarında, çevresel sürdürülebilirlik açısından inovasyon, ticaret açıklığı ve kurumsal kalite arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Çalışmada, çevresel bozulmanın nedenlerini ve bunların ekonomi üzerindeki etkilerini, 176 ülke için 2000-2019 dönemi verileri ile OLS Regresyonu, Sabit Etki ve Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırma sonuçları, ticaret açıklığının karbon emisyonlarını azaltıcı bir etki yarattığını göstermektedir. Bu durum, ticaretin daha gelişmiş üretim yöntemlerine ve çevre dostu uygulamalara yönelik bilgi akışını teşvik etmesiyle ilişkilendirilmektedir. Araştırma sonucunda yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonlarını azalttığı ve fosil yakıtlara dayalı enerji tüketiminin çevresel kaliteyi olumsuz etkilediği ileri sürülmüştür. İnovasyon açısından ise başlangıçta karbon emisyonlarını artırdığı ancak belirli bir aşamadan sonra emisyonları azaltma potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. İnovasyon ve ekonomik büyüme arasında doğru orantı ortaya çıkmıştır ve EKC teorisinin varlığı doğrulanmıştır.

Khan vd. (2021) çalışmalarında, 1985-2018 dönemini kapsayacak şekilde yenilenebilir enerji tüketimi, ticari açıklık, doğrudan yabancı yatırım ve turizmin karbon emisyonları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre yenilenebilir enerji tüketiminin hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde karbon emisyonlarını anlamlı şekilde azalttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, doğrudan yabancı yatırımın etkisi, ülkelerin gelişim düzeyine bağlı olarak farklılık gösterdiği; gelişmiş ülkelerde karbon emisyonlarını artırdığı, gelişmekte olan ülkelerde azaltıcı bir etki yarattığı ileri sürülmüştür.

Son yıllarda küresel ekonomi sürekli olarak yükselmekte ve buna bağlı toplam üretim hacmi yıllık %3-4 oranında büyümektedir. Bu durum ise fosil yakıt kullanımındaki istikrarlı artışı tetiklemekte olup, çevre için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Sanayileşme ve giderek artan enerji talebi nedeniyle yaşanan felaket niteliğindeki iklim değişikliği göz önüne alındığında, ülkeler sera gazı salınımını azaltmak için farklı stratejiler geliştirmektedirler. Bu kapsamda Ali vd. (2021) dünya genelindeki en fazla karbon salınımı yapan 10 ülkeyi (Almanya, Amerika Birleşik Devletleri, Brezilya, Çin, Endonezya, Güney Kore, Hindistan, Japonya, Meksika ve

Rusya) incelemişlerdir. Çalışmada uluslararası ticaret, çevresel inovasyon ve yenilenebilir enerji tuketiminin CO₂ emisyonu üzerindeki etkilerini Ekonometri Yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmanın bulgularına göre CO₂ emisyonları ile çevresel inovasyon, uluslararası ticaret ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında uzun dönemli bir denge ilişkisi olduğu ortaya çıkmıştır. Araştırmanın sonucunda çevresel inovasyon ve yenilenebilir enerji tuketiminin emisyonları azalttığı, buna karşın uluslararası ticaretin emisyonları artırdığı ileri sürülmüştür.

Düşük gelirli ülkelerde doğrudan yabancı yatırımlar ile CO₂ emisyonları arasında pozitif ve uzun vadeli bir ilişki bulunmaktadır. Bu durum, düşük çevresel standartlara sahip olan bu ülkelerde kirletici sanayilerin yerleşmesiyle açıklanmaktadır. Gelişmiş lkeler, çevresel düzenlemeler sayesinde kirletici üretim birimlerini dışarıya kaydırmakta ve bu sayede kendi emisyonlarını azaltma yoluna gitmektedirler. Ayrıca enerji tuketiminin artması, her iki grup ülkede de (gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler) emisyonları artırırken, yenilenebilir enerji kullanımı CO₂ emisyonlarını azaltıcı etkiye sahip olmaktadır (Essandoh, 2020).

3.4. Lojistik ve evre İlişkisi

Günümüzde, dünyada kaynakların kıtlığı ve gerçekleşen tüm faaliyetlerin evre üzerindeki etkilerinin sadece bölgesel değil küresel olduğu daha net anlaşılmaktadır. Dolayısıyla günden güne çevresel bilinç artmakta, evre üzerindeki olumsuz etkilere karşı önlemler de alınmaya çalışılmaktadır.

Lojistik sektörü özelinde çevreye karşı sorumluluk ve duyarlılıkla ilgili ifadelerle 1980 sonrası yıllarda karşılaşılmaktadır. Çevresel bilincin artmasıyla birlikte, evre dostu tutumlar ve faaliyetler lojistik sektöründe de önem kazanmıştır. Lojistik faaliyetlerde sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için sosyal ve çevresel faktörlerin dikkate alınması önem arz etmektedir. Zamanla evre ve lojistik arasındaki ilişkinin kurulmasıyla birlikte; lojistik faaliyetlerin evre üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, lmlenmesi, lojistik faaliyetler ve evre performansının belirlenmesi, enerji verimliliği ve maliyetlerinin belirlenmesi gibi konular önem kazanmaya başlamıştır. Buna ek olarak lojistik ve evre arasındaki ilişkinin yönetimi de önem kazanan konular arasındadır (Mohsin vd., 2022: 2). Lojistik sektörü kapsamında çevreci

yaklaşımların da artması ile birlikte; mikro düzeyde işletmelerin, makro düzeyde ise ülkelerin hedeflerinde çevreci politikalar yer almıştır. Bu politikaların beraberinde sürdürülebilirlik raporları yayımlanmaktadır (TCCSBB, 2024; SDR, 2024).

Abukhader ve Jönson, 2004 yılında yapmış oldukları çalışmalarında; İçerik Analizi Yöntemi kullanarak lojistik ve çevre arasındaki ilişkiyi konu alan makaleleri incelemişlerdir. Lojistik, tedarik zinciri yönetimi ve çevre disiplinlerindeki literatürü gözden geçirmişlerdir. Araştırmalarında, lojistik disiplininin çevre konularına önem vermediğini, çevrenin lojistik üzerindeki etkilerine daha fazla odaklandığını tespit etmişlerdir. Ulaştırma sistemlerinin çevre üzerindeki etkilerini değerlendirmelerin eksik, uygulamaların ise yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Araştırmanın sonucunda lojistik ve çevre ilişkisini konu alan daha fazla çalışmanın bilime ve uygulayıcılara daha fazla katkı sağlayacağı önerilmektedir (Abukhader ve Jönson, 2004). Bu yaklaşımı destekleyen diğer bir çalışma ise Aronsson ve Brodin tarafından 2006 yılında literatüre kazandırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda ise araştırmacılar, çevresel performansı artırmak için işletmelerin hem stratejik hem de operasyonel düzeyde daha bütünsel bir yaklaşım benimsemeleri gerektirdiğini vurgulamışlardır (Aronsson ve Brodin, 2006: 411-416).

Lojistik sektörü ve taşımacılık faaliyetleri, ekolojik kirlenmenin, küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin temel nedenleri arasında yer almaktadır (Mohsin vd., 2022: 2). İşletmeler bu noktada sorumluluk almaya, iklim değişikliğinin varlığına ve bunun daha sürdürülebilir operasyonlar gerektirdiğine karşı harekete geçmekte zorlanmışlardır. Aslında lojistik, bir işletmenin performansı ile yüksek bir ilişkiye sahiptir. Bu nedenle işletmelerin çevre dostu politikalar ve faaliyetlere sahip olması, son yıllarda çevrenin sunduğu taleplere yanıt olarak önemli bir adım olarak değerlendirilebilir. Bu doğrultuda Garcia-Rodriguez vd. tarafından 2023 yılında yapılan çalışma, işletme düzeyindeki lojistik kapsamında yer alan çevre uygulamalarını ve bunların kalıcılığını, sürdürülebilirliğini, pratikte ne kadar verimli olduğunu belirlemek amacıyla bir literatür taramasını içermektedir. Araştırma sonucunda, lojistik alanındaki çevresel uygulamaların yüksek önemi ve güncel kalmak zorunda olduğu belirtilmiştir. Aynı zamanda araştırmacılar, sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesinin; işletmeler açısından hem ekonomik hem de sosyal fayda sağladığını belirtmişlerdir (Rodriguez vd., 2023).

Lojistik sektörü uluslararası ticaretin omurgasıdır ve dünya çapında ekonomik ilerlemenin sağlanması için hayati öneme sahiptir. Ancak sektör, çevreye zarar veren fosil yakıtlar da dahil olmak üzere enerji kaynaklarının tüketimini artıran faaliyetleri içermektedir. Bu bağlamda Shamout tarafınca 2023 yılında yapılan çalışma bu durumu desteklemektedir. Çalışma makro düzeyde (Avrupa ve Orta Asya özelinde) gelir, ticari açıklık, doğrudan yabancı yatırım ve sanayileşme gibi temel makro ekonomik göstergeler bağlamında Lojistik Performans Endeksinin (LPI) Çevresel Performans Endeksi (EPI) üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda; lojistik performansın çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi tespit edilmiş olup, araştırmacılara bu alanda daha fazla araştırma yapılması önerilmiştir. Araştırmada ayrıca lojistik süreçlerin iyileştirilmesinin, çevresel sağlığı artırdığı ve ekosistem canlılığını koruduğu belirtilmiştir. Bu doğrultuda araştırma sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde, politika yapıcılar için çevresel sürdürülebilirliği destekleyen stratejilerin geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Shamout, 2023). Bu doğrultuda yapmış olduğumuz çalışmanın gerekçesi de ortaya çıkmaktadır (Bkz. Başlık 4.1). Bu bilgiler ışığında ilerleyen kısımda yeşil lojistiğin çevre üzerine etkisi ele alınmıştır.

3.5. Yeşil Lojistiğin Çevre Üzerine Etkisi

21. yüzyılda lojistik, dünya genelinde şehirleri, ülkeleri ve kıtaları birbirine bağlamada hayati bir rol oynamanın yanı sıra küresel tedarik zinciri yönetiminde entegrasyon işlevi görmektedir. Lojistik, tedarik zincirinin her bir üyesiyle; yük taşımacılığı, bilgi paylaşımı ve envanter depolama gibi entegre faaliyetlerin eksiksiz bir bütünüdür (Martel ve Klibi, 2016: 1; Khan vd., 2018: 588). Son yıllarda lojistik sektörü ile ülkelerin ekonomik büyümesi ve çevre performansı üzerindeki avantajları ve dezavantajları akademik literatürde büyük ilgi görmüştür (Martel ve Klibi, 2016; Khan ve Dong, 2017; Aldakhil vd., 2018). Birçok işletme, çevresel sürdürülebilirlikten ödün vermeden ekonomik ve sosyal avantajlar elde etmek için lojistik operasyonlarında ekolojik uygulamaları benimsemeye başlamıştır.

Khan (2019) yılında gerçekleştirdiği çalışmasında, Asya'daki gelişmekte olan ekonomiler perspektifinden yeşil lojistiğin ekonomik büyüme, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmanın bulgularına göre

yeşil lojistik uygulamalarının ekonomik büyümeye katkı sağladığı ve çevresel sorunları azaltma potansiyelinin olduğu ileri sürülmüştür. Araştırmada, Asya'daki gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilir kalkınma için gerekli stratejileri belirlemiştir. Belirlenen stratejileri; yeşil ürünler için sübvansiyonlar ve çevre dostu projelere vergi muafiyetleri sağlanması, yeşil enerji kullanımının teşvik edilmesi ve altyapı iyileştirmeleri şeklinde sıralamıştır (Khan, 2019).

Yeşil Lojistik kavramını oluşturan iki kelime, birleştğinde anlam yüklü ve etkileyici bir ifade oluşturmaktadır. Lojistik, modern taşımacılık sistemlerinin merkezinde yer almakta ve teknoloji sayesinde yük hareketleri üzerinde organize bir kontrol sağlamaktadır. Bu durum, taşımacılık sektöründeki en önemli gelişmelerden biri olarak kabul görmektedir. Yeşil ise çevresel kaygıları ifade eden ve genellikle olumlu değerlendirilen bir terimi ifade etmektedir. Bu iki terim birlikte kullanıldığında, çevre dostu ve verimli bir taşıma ve dağıtım sistemi olan *yeşil lojistik* kavramı olarak kabul görmektedir. Bu kavram geniş bir çekiciliğe sahiptir, ancak detaylı incelendiğinde, uygulamada birçok paradoks ve tutarsızlık ortaya çıkmaktadır. Lojistik sistemleri, taşıma maliyetlerini azaltma, hizmet güvenilirliğini artırma ve verimliliği sağlama gibi amaçlarla tasarlanmıştır. Ancak, bu süreçler çevresel maliyetlerin dışsallaştırılmasıyla sonuçlanmakta ve çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Lojistik sistemlerinin çevresel uyumluluğuna bakıldığında; maliyet düşürme, hız, güvenilirlik ve depolama gibi temel lojistik unsurlarının çevresel sürdürülebilirlik ile çatıştığını görülmektedir. Örneğin; havayolu taşımacılığı ve karayolu taşımacılığı, en verimli ve güvenilir seçenekler olarak görülse de en az çevre dostu olan ulaştırma türleri arasında yer almaktadırlar (Rodrigue vd., 2017).

Mohsin vd. (2022) gerçekleştirdikleri çalışmalarında, Kuşak ve Yol Girişimi (BRI) ülkeleri kapsamında yeşil lojistik, çevre ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Araştırmada, 2007-2018 yılları arasında BRI ülkelerine ait panel veriler kullanılarak Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM) ile analiz gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, fosil yakıtların lojistik operasyonlarda önemli bir rol oynadığını ve bunların sürdürülebilir çevre gelişimi açısından olumsuz etkiler yarattığını ortaya koymaktadır (Mohsin vd., 2022).

Zaman ve Shamsuddin tarafından 2017 yılında gerçekleştirilen çalışmada, 27 Avrupa ülkesinde lojistik performans endekslerinin (LPI) enerji, çevre ve sağlık ekonomisi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmanın bulguları; lojistik performansının “zamanlama” açısından önemli ölçüde gayri safi yurt içi hasılayı (GSYİH), sağlık harcamalarını ve kişi başına geliri artırırken; “altyapı” indeksinin yenilenebilir enerji kaynaklarını artırıp karbon emisyonlarını azalttığını göstermektedir. Araştırma bulgularına göre “Gümrük süreçleri” indeksi, enerji fiyatlarını düşürürken; “yük takip” indeksi fosil yakıt tüketimini artırmaktadır. “Lojistik yetkinlik” indeksi ise, fosil yakıt tüketimini önemli ölçüde azaltırken, karbon emisyonlarını artırmaktadır. Araştırmada ayrıca, uluslararası gönderilerin lojistik performansı, bölgedeki fosil yakıt enerjisi tüketimini artırmaktadır (Zaman ve Shamsuddin, 2017).

Ellison vd. (2024) çevresel baskı, yeşil lojistik stratejisi (GLS) ve sürdürülebilirlik performansı arasındaki ilişkiyi, ayrıca rekabet yoğunluğunun bu ilişkideki moderatör rolünü incelemiştir. Araştırma, Gana'daki üretici işletmeler bağlamında gerçekleştirilmiştir ve 220 katılımcıdan elde edilen anket verileri kullanılarak PLS-SEM ile analiz edilmiştir. Çalışmada, çevresel baskının GLS uygulamalarını olumlu bir şekilde etkilediği bulgulanmıştır. Ayrıca, GLS ile sürdürülebilirlik performansı arasında da anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Çevresel baskı, sürdürülebilirlik performansını da önemli ölçüde etkilemektedir. Rekabet yoğunluğunun, çevresel baskı ile GLS arasındaki ilişkiyi modere ettiği belirlenmiştir. Araştırmacılar sonuç olarak, yöneticilerin çevresel baskılar sonucunda yeşil uygulamaları benimsemelerinin sürdürülebilirlik performansını artıracağını ileri sürmüşlerdir (Ellison vd., 2024).

Gechevski vd. (2016) çalışmalarında; çevresel sürdürülebilirlik açısından tersine lojistik (reverse logistics) ve yeşil lojistik (green logistics) kavramlarını inceleyerek, bu yaklaşımların işletmeler için sağladığı avantajları ve karşılaştıkları zorlukları ele almışlardır. Araştırmada, ters lojistiğin işletmelere sağladığı avantajlar bağlamında, müşteri memnuniyetini artırma ve maliyetleri düşürme gibi unsurlar öne çıkmaktadır. Araştırmada aynı zamanda söz konusu süreçlerde karşılaşılan zorluklar da vurgulanmıştır. Yeşil lojistiğin ise artan çevresel endişeler ve düzenlemeler ışığında, işletmelerin çevresel etkilerini azaltmalarını sağlamak amacıyla uygulandığı ileri sürülmüştür (Gechevski vd., 2016). Günümüzde birçok bilim dalı çevre politikalarını

içine alan yeşil uygulamalarına önem vermektedir. Lojistik sektöründe yeşil lojistiğin önemine vurgu yapmak amacıyla devam eden kısımda yeşil lojistik uygulamalarına yer verilmiştir.

3.5.1. Yeşil Lojistik Uygulamaları

Yeşil lojistik, tüm lojistik faaliyetleri çevreye en az zararı verecek şekilde gerçekleştirmek ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri de en aza indirmek olarak ifade edilebilir. Başka bir ifade ile temel lojistik faaliyetlerinden envanter yönetimi, depolama ve taşıma ile sera gazı emisyonları, gürültü ve kıt kaynakların kullanımı sorunları çevresel yönleriyle yeşil lojistiğin önemini vurgulamaktadır (Dekker vd., 2012: 671).

Yeşil lojistik performansının ölçümünde iki temel faktör bulunmaktadır. Bunlar; çevresel performans ve örgütsel performans şeklindedir. Çevresel performansa ait kriterler; lojistik faaliyetlerden dolayı oluşan emisyonlar, atıklar ve kirliliklerin azaltılmasıdır. Örgütsel performansa ait kriter ise ürünlerin taşınmasında ve geliştirilmesinde gerçekleşen faaliyetlerde çevre üzerindeki zararlarını en az seviyeye indirilmesidir (Lai ve Wong, 2012: 268).

Görüldüğü üzere yeşil lojistik uygulamaları birçok faaliyetten oluşmaktadır. Alanyazın incelendiğinde, bu faaliyetlerin farklı gruplandırıldığı görülmektedir. Zhang vd. (2014) çalışmalarında bu faaliyetleri; “lojistik çevre yönetimi, düşük karbon salınımlı depolama ve paketleme, düşük karbon salınımlı taşıma, filo yönetimi, alternatif enerji ve lojistik inovasyonu” şeklinde gruplandırmıştır (Zhang vd. 2014). Colicchia vd. (2013) ise çalışmalarında bu uygulamaları “dağıtım stratejileri ve nakliye uygulaması, depolama ve yeşil bina, tersine lojistik, paketleme yönetimi, iç yönetim, müşterilerle iş birliği ve dış iş birlikleri” şeklinde yedi kategoride gruplandırmıştır (Colicchia vd., 2013). Öte yandan Sureeyatanapas vd. 2018 yılında gerçekleştirdikleri çalışmalarında, yeşil lojistik uygulamalarını “alternatif enerji ve araç teknolojisi, modal geçiş, eko-sürüş, tersine lojistik, yeşil ambalajlama ve yeşil yönetim” şeklinde gruplandırmıştır (Sureeyatanapas vd., 2018). Bu doğrultuda söz konusu yeşil lojistik uygulamalarına aşağıda kısaca yer verilmiştir.

3.5.1.1. Alternatif Enerji ve Araç Teknolojileri

Son yıllarda yeşil (çevre dostu) ulaşım artan ilgi ve beraberinde fosil yakıt tüketiminin azalması, biyodizel ve elektrik gibi alternatif yakıtlarla çalışan araçlara olan dikkati artırmıştır (Andelmin ve Bartolini, 2017: 1). Ulaşım faaliyetleri çevre üzerinde kirlilik, gürültü ve tıkanıklık gibi olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bu nedenle, araç türlerinin belirlenmesi, teslimatların düzenlenmesi, yük akışlarının birleştirilmesi ve yakıt çeşitlerinin seçimi gibi konulara odaklanarak ulaşım kaynaklarının verimli kullanımı, bu sorunların hafifletilmesine yardımcı olabilir (Ubeda vd., 2011: 44). De Souza ve diğerlerinin 2022 yılında gerçekleştirdikleri çalışmalarında, Güney Amerika'da biyodizel politikalarını incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre Brezilya, Arjantin ve Uruguay'ı başarılı örnekler olarak değerlendirirken, Bolivya'nın ilgili düzenlemeleri geç hayata geçirdiği nedeniyle başarısız olduğunu belirtmiştir (De Souza vd., 2022). Lang ve diğerleri ise çalışmalarında; hibrit ve elektrikli araçların enerji tüketimini önemli ölçüde azaltılabileceğini vurgulamıştır (Lang vd., 2013: 2681).

3.5.1.2. Modal Geçiş

Modal geçiş, planlanan lojistik operasyonunun karayolu taşımacılık modundan, daha çevre dostu olan denizyolu taşımacılık modu ya da demiryolu taşımacılık moduna geçişi şeklinde ifade edilmektedir. Alanyazında modal geçiş “intermodal, multimodal ve kombine taşımacılık” olmak üzere 3 farklı çeşit olarak yer almaktadır (Bkz. Başlık 2.1.6.1.6).

Kim ve diğerlerinin 2011'de yaptıkları çalışmada, demiryolu taşımacılığında yük taşıma sistemine ait özellikleri ve ulusal demiryolu taşımacılığında yük taşıma şartlarını analiz etmişler ve araştırma sonucunda yeşil lojistik kapsamında modal geçişe dair bir plan önermişlerdir. Demiryolu taşımacılığına geçişte olumlu etkiler olduğu bulgulanmıştır. Bu bulgulara; işletmelerin son yıllardaki yeşil (çevre dostu) ulaşım olan ilgilerinin artması ve fosil yakıt tüketim fiyatları ile döviz kur farklarının ani yükselişinin tetiklediği yeşil enerji bilincinin sebep olduğu ileri sürülmüştür (Kim vd., 2011).

3.5.1.3. Eko-Sürüş

Eko-sürüş; bir sürücü tarafından araç satın alımından başlayıp, sürücünün araç kullanımı, yakıt ekonomisini iyileştirici kararlar vermesi süreçlerinin toplamı şeklinde tanımlanmaktadır. Bu kararlar, “stratejik kararlar (araç seçimi ve bakımı), taktik kararlar (rota planlaması ve ağırlık) ve operasyonel kararlar (sürüş tarzı)” olarak üç grupta incelenmektedir (Sivak ve Schoettle, 2012: 96). Eko-sürüşün avantajları CO₂ emisyonlarındaki azalmadan daha fazlasıdır. Bunlara bireye yönelik sürüş maliyetini düşürme ve trafik kazalarında azalma başlıca örnek olarak gösterilebilir (Barkenbus, 2010: 763). Huang ve diğerleri, eko-sürüşün ana faktörlerini; sürüş hızı, hızlanma-yavaşlama, rölanti ve rota seçimi şeklinde gruplandırmışlardır (Huang vd., 2018: 597-600). Eko-sürüş, yakıt tüketimini ve CO₂ emisyonlarını önemli ölçüde azaltmak için hem düşük maliyetli hem de anında bir önlemdir.

3.5.1.4. Tersine Lojistik

Tersine lojistik (reverse logistics), “değerinin yeniden elde edilmesi ya da uygun bir şekilde imha edilmesi amacıyla hammaddelerin, yarı mamullerin, bitmiş ürünlerin ve ilgili bilgilerin tüketim noktasından başlangıç noktasına doğru olan akışının verimli ve maliyet bazında etkin olarak planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi” şeklinde ifade edilmektedir (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998: 2). Tersine lojistik kavramı, bir ürünün tasarımından tüketimine kadar olan yolculuğu ve bu yolculuk sonrasında fabrikaya geri dönüşünü de içeren tüm yaşam döngüsünü kapsamaktadır. Bir ürünün temel yaşam döngüsü; fikir, tasarım, üretim, kullanım, iade, geri dönüşüm ve/veya çöpe atılması-imha edilmesi aşamalarını içermektedir (Guarnieri vd., 2016: 1106). Yeşil lojistik ve tersine lojistik kavramları, ürünlerin geri kazanımı noktasında birbirlerinin yerine kullanılsa da aralarında farklılıklar vardır. Yeşil lojistik, lojistik faaliyetlerin çevre üzerindeki etkisini anlama ve bu etkiyi azaltma çabası şeklinde ifade edilirken, tersine lojistik ise nihai ürünlerin ulaştıkları tüketim noktalarındaki değerinin yeniden kazanılabilmesi çabası olarak görülmektedir (Farahani vd., 2011: 247).

3.5.1.5. Yeşil Ambalajlama

Yeşil ambalajlama, çevre dostu maddelerin kullanılmasıyla üretilen/yapılan paketlenme şeklinde tanımlanabilir. Rokka ve Uusitalo'nun 2008'de gerçekleştirdikleri çalışmada, çevre dostu ambalajların tüketici tercihleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırmada; tüketicilerin ambalaj, marka, fiyat ve kullanım kolaylığı gibi ürün özelliklerine yönelik farklı tercihlere sahip olduğunu, ancak tüketicilerin büyük bir kısmının çevre dostu etiketlenmiş ambalajı, seçimlerinde en önemli kriter olarak değerlendirdiği tespit edilmiştir (Rokka ve Uusitalo, 2008). Bu bulgulara göre çevre duyarlılığı olan tüketicilerin de arttığı söylenebilir. Yeşil ambalaj, çevresel etkiyi azaltmak ve sürdürülebilirliği teşvik etmek amacıyla ekolojik malzemelerin kullanıldığı bir ambalaj biçimidir. Bu bağlamda Wandosell ve diğerleri, yeşil ambalajın tüketici ve işletme perspektiflerinden incelenmesini amaçlamışlardır. Bu amaçla gerçekleştirdikleri araştırmada sonuçları iki grupta sunulmuştur. Tüketici perspektifinden yapılan incelemelerde, tüketicilerin çevresel konulara duyarlılığı ve ambalajın tasarımı, türü, biyolojik olarak parçalanabilirliği gibi faktörlerin satın alma kararlarını etkilediği belirlenmiştir. İşletme perspektifinde ise işletmelerin yeşil ambalaj uygulamalarını benimsemek zorunda kaldığı tespit edilmiştir. Bu baskıların hem tüketicilerden hem de yasal düzenlemelerden kaynaklandığı vurgulanmaktadır. Yeşil ambalajın tasarımı, malzemeleri, maliyetleri, atık yönetimi, döngüsel ekonomi ve tedarik zinciri yönetimi gibi konular işletmelerin stratejilerini şekillendiren ana unsurlar arasında yer aldığı ileri sürülmüştür (Wandosell vd., 2021). Öte yandan Mahmoud ve diğerlerine (2022) göre tüketicilerin çevresel farkındalık seviyelerinin arttığı, ancak yeşil ambalajın henüz yeterince benimsenmediği sonucuna varmışlardır (Mahmoud vd., 2022: 11-12).

3.5.1.6. Yeşil Yönetim

Organizasyonların gerçekleştirdiği faaliyetlerin çevresel kaygılar çerçevesinde ilerlemesi *yeşil yönetim* kavramını ifade etmektedir. Alanyazın incelendiğinde yeşil yönetimi konu alan birçok çalışmanın olduğu gözlenmiştir. En göze çarpan konu ise Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimidir (YTZY). Tedarik zincirinde üye olarak bulunan işletmeler YTZY'nin esaslarını uygulayarak kendi süreçlerini yönetmeyi amaçlamışlardır. Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi'nin hedefleri; ekosistem kalitesinin artırılması, eko-verimlilik ve ürün/malzeme geri dönüşüm süreçlerinin iyileştirilmesi

ve atıkların azaltılması olarak kabul görmüştür (Novitasari ve Agustia, 2021: 393). Öte yandan Molina-Azorín ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, yeşil yönetim ile finansal performans arasındaki ilişkiyi inceleyen nicel çalışmaların sistematik bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, yeşil yönetimin finansal performans üzerindeki olumlu etkisi bulgulayan çalışmaların çoğunlukta olduğu belirtilmiştir. Ayrıca araştırmada yeşil yönetim uygulamaları, işletmelerin maliyetlerini azaltmalarına ve çevre dostu ürün taleplerini artırmalarına yardımcı olduğu ileri sürülmüştür. Sonuç olarak, yeşil yönetim uygulamalarına gerçek bir bağlılık gösteren işletmelerin finansal performanslarının olumlu yönde etkileneceği vurgulanmıştır (Molina-Azorín vd., 2009). Hallam ve Contreras, yalın ve yeşil yönetimin entegrasyonunu incelemek amacıyla bir araştırma gerçekleştirmiştir. Bu araştırmanın sonuçlarına göre; yalın yönetim, israfı azaltma ve süreçleri optimize etme üzerine odaklanırken; yeşil yönetim çevresel etkileri azaltmaya yönelik uygulamaları ön plana çıkarmaktadır. Yalın yönetim uygulamalarının çevresel performansı artırma yönünde olumlu etkileri olduğu ve dolayısıyla bu iki yönetim felsefesinin entegre bir modelinin oluşturulması gerektiği ileri sürülmüştür (Hallam ve Contreras, 2016). Yeşil yönetimi benimseyen yöneticilerin organizasyonlarında çevresel sürdürülebilirliği sağlamak için üstlenmeleri gereken roller ve uygulamalar bulunmaktadır (Kurland ve Zell, 2011). Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Yöneticiler, şirketlerinin yeşil değerlerini oluşturmalıdır.
- Yöneticiler, yeşil hedefler oluşturmalı ve uygulamalıdır.
- Yöneticiler, uyumluluğu sağlamak için sürdürülebilirlik ölçümleri oluşturmalıdır.
- Yöneticiler, yeşil uygulamaları işletme açısından mantıklı bir şekilde ortaya koymalıdır.
- Yöneticiler, değişime karşı direnci aşmalıdır.
- Yöneticiler, organizasyon içinde sürdürülebilirlik uygulamalarını ve değerlerini güçlendirmelidir.
- Yöneticiler, tedarikçilerden katılım sağlamalıdır.
- Yöneticiler, müşteriler ve rakiplerle ilişki kurmalıdır.
- Yöneticiler, STK'lar, düzenleyiciler ve genel halkla ilişki kurmalıdır.
- Yöneticiler, görünür olmalıdır.

IV. BÖLÜM

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE TAŞIMACILIK TÜRLERİNE DAYALI ÇEVRESEL PERFORMANSIN BELİRLENMESİ

Bu bölümde; araştırmanın amacı, kapsamı, önemi, evreni ve örnekleme, varsayımları ve sınırlılıkları, veri seti ve yöntemi ile ilgili bilgiler verilmiştir. Bunun yanı sıra ikincil verilerin elde edilme süreci, kullanılan yöntemlerin seçimi ve bu yöntemlerle içeriğin hesaplanma süreci üzerinde durulmuş olup, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle gerçekleşen analiz sürecinden bahsedilmiştir. Son olarak Türkiye özelinde 10 yıllık periyotta (2013-2022) taşımacılık türlerine dayalı çevresel performansın belirlenmesi doğrultusunda elde edilen veriler ÇKKV teknikleriyle analiz edilerek araştırmanın bulguları sunulmuştur. Araştırmanın bulguları değerlendirilerek sonuç kısmında yorumlanmıştır.

4.1. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, Türkiye özelinde 10 yıllık periyotta (2013-2022) taşımacılık türlerine dayalı çevresel performansın belirlenmesi ve bu doğrultuda elde edilen verilerin LOPCOW ve MARCOS Yöntemleriyle analizinin gerçekleştirilmesidir.

Ülkelerin ihtiyaç duydukları ürün veya hizmetlere ulaşma istekleri ya da bu ürün veya hizmetlerin üretimini sağlayan ülkelerin dış pazarlarda yer edinme istekleri doğrultusunda lojistik faaliyetler ortaya çıkmıştır. Lojistik faaliyetler arasında en önemli konuma sahip olan ulaştırma sistemleri ürünlerin ihtiyaç dahilinde yer ve zaman faydası gözeterek istenilen konuma ulaştırılmasını sağlamaktadır. Ulaştırma sistemleri taşımacılık türlerini (modlarını) ve bu modların entegre şekilde işleyişini kapsamaktadır. Günümüzde ülkeler taşımacılık türleri (karayolu taşımacılığı, havayolu taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı, demiryolu taşımacılığı) üzerinden edindikleri küresel rekabet gücü açısından bu sistemin gelişimi ve entegrasyonu adına yatırımlar yapmaktadırlar. İzlenen politikalar ve yapılan yatırımlar ulaştırma sistemlerinin gelişiminin yanı sıra çevreye olan duyarlılığı da içermektedir. Hava, su ve toprak kirliliği başta olmak üzere taşımacılık türlerinin çevre üzerindeki olumsuz

etkileri yadsınamaz bir gerçektir. Dolayısıyla ülkelerin taşımacılık türlerine dayalı çevresel performansın belirlenmesi araştırmanın amacını oluşturmaktadır.

Araştırma soruları;

1. Türkiye'nin 2013-2022 yılları arasında karayolu taşımacılık modunda en iyi ve en kötü taşımacılık türüne dayalı çevresel performansa sahip olduğu yılların tespit edilmesi,
2. Türkiye'nin 2013-2022 yılları arasında havayolu taşımacılık modunda en iyi ve en kötü taşımacılık türüne dayalı çevresel performansa sahip olduğu yılların tespit edilmesi,
3. Türkiye'nin 2013-2022 yılları arasında denizyolu taşımacılık modunda en iyi ve en kötü taşımacılık türüne dayalı çevresel performansa sahip olduğu yılların tespit edilmesi,
4. Türkiye'nin 2013-2022 yılları arasında demiryolu taşımacılık modunda en iyi ve en kötü taşımacılık türüne dayalı çevresel performansa sahip olduğu yılların tespit edilmesi,
5. Türkiye'nin 2013-2022 yılları arasında toplam taşımacılık modlarında en iyi ve en kötü taşımacılık türüne dayalı çevresel performansa sahip olduğu yılların tespit edilmesi.

Bu araştırma doğrultusunda, Türkiye'nin 2013-2022 yılları arasındaki taşımacılık türlerine dayalı çevresel performansı incelenerek yıllara ait performans skor puanı ve sıralamaları belirlenmiştir. Elde edilecek verilerin analiz edilmesiyle ortaya çıkan bulgular neticesinde, araştırmanın yazına anlamlı bir katkı sağlanması ve gelecekte yapılacak olan çalışmalara ışık tutması beklenmektedir.

4.2. Araştırmanın Önemi

Araştırma, uluslararası ticaret ve lojistik arasındaki ayrılmaz ve doğru orantılı ilişki bağlamında yer alan önemli faktörleri ve çevresel bileşenleri içermektedir. Bunlar; ithalat, ihracat, taşımacılık türleri (karayolu taşımacılığı, havayolu taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı, demiryolu taşımacılığı), karbondioksit emisyonu, fosil yakıt tüketimi şeklindedir. Bu faktörler ve bileşenleri bir bütün olarak ele alınarak 10 yıllık periyotta incelenmesi araştırmanın önemini vurgulamaktadır. Ayrıca araştırmada

kullanılan analiz yöntemlerinin yazına yakın zamanda kazandırılmış olması araştırmanın güncel oluşunu ve yazına katkı sağlamadaki önemli rolünü işaret etmektedir.

4.3. Evren ve Örneklem

Türkiye'nin "Dünya Meteoroloji Örgütü" (WMO) ve "Birleşmiş Milletler Çevre Programı" (UNEP) üyesi olarak "Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nde" (IPCC) yer alması, araştırma evreninde Türkiye'nin ele alınmasında etkili olmuştur. Araştırmanın örneklemine ise Türkiye'nin 2013-2022 yılları arasındaki taşımacılık modları oluşturmaktadır. Bu zaman aralığının seçimi güncel veriler ile performans kıyaslaması amacına dayanmaktadır. ÇKKV Yöntemlerinin kullanıldığı araştırmalarda ölçülmek istenen performanslar aslında bir karara götüreceğinden, her bir karara giden yolda farklı evren ve örneklem değerlendirmeleri yapılması oldukça önemlidir.

4.4. Varsayımlar ve Sınırlılıklar

Araştırma kapsamında ihtiyaç duyulan Türkiye'nin 2013-2022 yılları arasındaki verilerinin sorumlu kurumlarca ilgili veri tabanlarına doğru şekilde aktarıldığı varsayımı, araştırmanın temel varsayımıdır. 2023 ve 2024 yılına ait verilerin henüz veri tabanlarında paylaşılmamış olması araştırmanın sınırlılığını (kısıtını) oluşturmaktadır.

4.5. Veri Seti

Araştırma kapsamında veri toplama sürecinde elde edilen ikincil veriler belirlenen ÇKKV Yöntemleri ile analiz edilmiştir. Analiz sürecindeki hesaplamalar için Tablo 4.1'de yer alan veriler kullanılmıştır.

Tablo 4.1. Veri Seti

VERİLER	VERİ TABANLARI
Lojistik Sektörü İthalat ve İhracat Verileri	ITC, 2024
Taşıma Modlarına Göre İthalat ve İhracat Verileri	TÜİK, 2024
Karayolu Taşımacılık Modu (Yük, Yolcu, Araç Sayısı)	KGM, 2024; UAB, 2024
Havayolu Taşımacılık Modu (Yük, Yolcu, Uçak Trafiği)	DHMI, 2024; UAB, 2024
Denizyolu Taşımacılık Modu (Yük, Yolcu, Araç Sayısı)	UAB, 2024
Demiryolu Taşımacılık Modu (Yük, Yolcu, Demiryolu Uzunluğu)	TCDD, 2024; UAB, 2024
Taşımacılık Modlarına Göre CO ₂ Emisyonu	ENERJİ, 2024; UNFCCC, 2024
Taşımacılık Modlarına Göre Fosil Yakıt Tüketimi	ENERJİ, 2024; UNFCCC, 2024

Not: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Türkiye'nin lojistik sektörü açısından hizmet ithalatı ve ihracatına ait veriler Uluslararası Ticaret Merkezi'ne "International Trade Center" ait Ticaret Haritası "Trademap" veri tabanından elde edilmiştir (ITC, 2024). Trademap veri tabanında ilgili verilere ulaşmak için Türkiye'nin taşımacılık "transport - service code:3" sektör grubu seçilmiştir. Taşıma modlarına göre ithalat ve ihracat verileri ise Türkiye İstatistik Kurumu'ndan temin edilmiştir (TÜİK, 2024). Karayolu taşımacılık moduna ait; yük, yolcu ve araç sayısı, havayolu taşımacılık moduna ait; yük, yolcu, uçak trafiği, denizyolu taşımacılık moduna ait; yük, yolcu, araç sayısı, demiryolu taşımacılık moduna ait; yük, yolcu, demiryolu uzunluğu verileri için T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü ve T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü kaynak alınmıştır (DHMI, 2024; KGM, 2024; TCDD, 2024; UAB, 2024). Taşımacılık modlarına göre CO₂ emisyonu ve fosil yakıt tüketimi verileri T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'ndan ve "Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin" (United Nations Framework Convention on Climate Change) kaynaklarından elde edilmiştir (ENERJİ, 2024; UNFCCC, 2024).

4.6. Yöntem

Türkiye örnekleminde 10 yıllık periyotta (2013-2022 yılları arasında) taşımacılık türlerine dayalı çevresel performansın belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen bu çalışmada; nicel bir araştırma modeli kullanılmıştır. Taşımacılık türleri ve çevresel performans adına ikincil veri kaynakları taranmış olup, sonrasında araştırma

sorularının cevaplanması için yazında daha önce güvenilirlik ve geçerlilik açısından doğrulanan “Çok Kriterli Karar Verme” (ÇKKV) Yöntemleri kullanılmıştır. Araştırmanın amacı doğrultusunda kriterleri ağırlıklandırmada “Logarithmic Percentage Change-driven Objective Weighting” (LOPCOW) Yöntemi, alternatifleri sıralamada ise “Measurement Alternatives and Ranking according to COMpromise Solution” (MARCOS) Yöntemi kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemini Türkiye’nin ulaştırma sistemleri kapsamında taşımacılık türleri oluşturmaktadır. Bu doğrultuda yazında sıklıkla kullanılan tarama yöntemlerinden olasılıksız örnekleminin bir türü olan amaçlı örnekleme (purposive sampling) tercih edilmiştir (Yazıcıoğlu ve Erdoğan, 2004: 44). Bu bağlamda yapılan araştırmanın; temel felsefesi bakımından uygulamalı, amacı açısından tanımlayıcı, yöntemi bakımından nicel ve süresi açısından da boylamsal olduğu ifade edilebilmektedir. Öte yandan bu araştırmanın analiz birimi ve gözlem birimi ülkedir. İlerleyen kısımlarda Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerine detaylı değinilecek olup, araştırmanın yöntemi olan LOPCOW ve MARCOS Yöntemleri açıklanması planlanmıştır. Devamında ise analiz sonucu ulaşılan bulgular ve değerlendirmeler yer almaktadır.

4.6.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

ÇKKV Yöntemleri, karar verme noktasında en bilinen yaklaşımlardan birisidir (Triantaphyllou, 2000: 1). ÇKKV, birden fazla kriterin birlikte değerlendirilebildiği bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Bu süreçte karar vermeye yardımcı olma amacıyla problemin yapılandırılmasını sağlamaktadır (Belton ve Stewart, 2002: 5). Alanyazın incelendiğinde son yıllarda karar verme süreçlerinin hesaplamalarla ifade edildiği ve ÇKKV Yöntemlerinin sıklıkla kullanıldığı görülmektedir (Yıldırım, 2015; Sahoo ve Goswami, 2023; Türkoğlu ve Duran, 2023; Liu vd., 2023). Bu çalışmada da birden fazla kriter ve birden fazla alternatif bulunması nedeniyle karar verme sürecinde ÇKKV Yöntemleri kullanılmıştır.

Araştırmada kriterlerin performans skorlarının hesaplanması ve sonrasında performans skorlarının sıralamasını belirlemek amaçlanmıştır. ÇKKV Yöntemlerinin uygulandığı karar verme süreçlerinde ve performans ölçme problemlerinde araştırmacılar bazı zorluklarla karşı karşıya kalmaktadırlar. Bunların en önemlisi kriterlerin ağırlıklandırılmasıdır. Alanyazında yer alan kriter ağırlıklandırma için

geliştirilen ve kullanılan yöntemler üçe ayrılmaktadır. Bu yöntemler subjektif, objektif ve bütünlük şeklinde sıralanmaktadır (Wang ve Luo, 2010: 1). Araştırmacıların (karar vericilerin) tercihlerine ve yargılarına göre değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılması subjektif olarak nitelendirilmektedir. Subjektif yöntemlere örnek olarak; “Delphi, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Ağırlıklandırılmış En Küçük Kareler ve Linear Programming Techniques for Multidimensional Analysis of Preferences (LINMAP)” yöntemleri verilebilir (Srinivasan ve Shocker, 1973; Chu vd., 1979; Saaty, 1980; Hwang ve Lin, 1987).

Subjektif ağırlıklandırma yönteminin etkilerini minimize etmek için araştırmacılar tarafından alanyazında bazı objektif ağırlıklandırma yöntemleri geliştirilmiştir. Entropi Ağırlıklandırma Yöntemi, CRITIC Yöntemi, Çok Hedefli Programlama ve LOPCOW Yöntemi objektif yöntemlere örnek olarak gösterilebilir (Shannon, 1948; Choo ve Wedley, 1985; Diakoulaki vd., 1995). Bu yöntemlerin ortak paydada bulunmalarının en önemli nedenleri; karar vericilerin subjektif yargılarının dikkate alınmaması ve sadece elde edilen verilerin kullanılmasıyla matematiksel programlama ve hesaplamalarla kriterlerin ağırlıklandırılmasıdır.

Alanyazında yer alan bir diğer yöntem ise bütünlük/entegre (integrated) yöntemlerdir. Bu modellerde; karar vericilerin yargılarının ve karar matrisinin verilerinin bütünlük şeklinde kullanılmasıyla kriterler ağırlıklandırılmaktadır. Bütünlük yöntemlere örnek olarak; subjektif ve objektif yaklaşımların bütünlük olarak geliştirildiği modeller verilebilir (Ma vd., 1999; Fan vd., 2002; Wang ve Parkan, 2006).

ÇKKV zamanla teorik olarak gelişmiş ve bununla birlikte pratik uygulamalar noktasında karar analizi açısından da çok hızlı uyum göstermiştir. Güçlü mantık yapısına sahip olmasıyla karar tespit aşamasında gösterdiği başarılarıyla kabul görmektedir. Bu sebeple ÇKKV Yöntemleri geniş bir uygulama alanına sahiptir (Güneş ve Umarusman, 2003: 243).

4.6.1.1. LOPCOW (LOGaritmic Percentage Change-driven Objective Weighting) Yöntemi

LOPCOW, 2022 yılında Ecer ve Pamucar tarafından alanyazına kazandırılmış olan objektif bir kriter ağırlıklandırma yöntemidir. Karar probleminde bulunan kriterlerin

önem ağırlıklarını hesaplamak için kullanılmaktadır (Ecer ve Pamucar, 2022: 3). Karar verme problemlerinde bulunan kriterler doğaları gereği negatif değerde bulunabilir. Bu durumlarda alanyazındaki bazı karar verme yöntemlerinin analiz sürecinde negatif değerli kriterlerden dolayı sorun çıkardığı bilinmektedir. Ancak LOPCOW kendine özgü algoritması sayesinde negatif değerlerden etkilenmeden çözümü gerçekleştirebilmektedir. Dolayısıyla LOPCOW'un bu özelliği en büyük avantajı olarak nitelendirilebilir. Ayrıca bu yöntem herhangi bir kriter sınırlamasına sahip değildir. Bu sayede hem maksimizasyon (fayda) hem de minimizasyon (maliyet) yönlü kriterler açısından uygun çözüm sunmaktadır (Ayçin, 2023: 479-487). LOPCOW Yönteminin diğer objektif yöntemlerden en önemli farkı; kriterlere ait verilerin ortalama kare değerinin standart sapmalarının yüzdesel olarak ifade edilmesiyle, verilerin büyüklüklerinden kaynaklanan boşluğu (farkı) ortadan kaldırabilmesidir (Bektaş, 2022: 255).

Diğer bir ifadeyle LOPCOW; girdi verilerinin büyüklüğünden kaynaklanan boşluğu ortadan kaldırma fikrine dayanarak alanyazına kazandırılmıştır. Karar alma kriterlerinin nesnel önem vektörünü belirlemek için tasarlanmıştır. LOPCOW, girdi verilerinin belirli özelliklerini hesaba katabilir, çok sayıda karar alma kriteri altında olumsuz alternatif değerlendirmelerle çalışabilir ve daha pratik kriter ağırlıklandırma şemaları sağlayabilir (Simic vd., 2023: 2-3). Aşağıda LOPCOW Yönteminin uygulama aşamalarına yer verilmiştir.

4.6.1.2. LOPCOW Yöntemi Uygulama Aşamaları

LOPCOW Yönteminin dört temel uygulama aşaması bulunmaktadır. İlgili aşamalara ait formüller ve açıklamalar aşama aşama sunulmuştur (Ecer ve Pamucar, 2022: 4-6; Simic vd., 2023; Rong vd., 2024: 23-27; Dhruva vd., 2024: 75-82).

1. Aşama: Başlangıç Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar probleminin belirlenmesi ve çözümlenmesi amacıyla öncelikle “m” tane alternatif ve “n” tane kriterin yer aldığı başlangıç karar matrisi (BKM) oluşturulmaktadır. İlgili BKM Formül (4.1)'de gösterilmektedir.

$$C_1 \quad C_2 \quad \dots \quad C_n$$

$$BKM = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix} \#(4.1)$$

2. Aşama: Başlangıç Karar Matrisinin Normalizasyonu

İkinci aşamada başlangıç karar matrisinde yer alan elemanların normalizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu elemanlar [0,1] aralığında değer alarak standart bir hal almaktadır. Normalize edilmiş karar matrisi Formül (4.2)'de gösterilmektedir.

$$R = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \cdots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \#(4.2)$$

Doğrusal normalizasyon tekniği (max-min) kullanılmaktadır. Eğer kriterler fayda yönlü, diğer bir ifadeyle maksimizasyon yönlü ise Formül (4.3), kriterler maliyet yönlü, yani minimizasyon yönlü ise Formül (4.4)'ten yararlanılarak normalizasyon gerçekleştirilmektedir.

$$r_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \#(4.3)$$

$$r_{ij} = \frac{\max X_{ij} - X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \#(4.4)$$

3. Aşama: Her Bir Kriterin Yüzde Değerlerinin (PV_{ij}) Hesaplanması

Her bir kriterin yüzde değerleri (Percentage Value - PV) Formül (4.5)'ten yararlanılarak hesaplanmaktadır. Verilerin boyutundan kaynaklanan boşlukların ortadan kaldırılması amacıyla, her bir kriterin standart sapmalarının yüzdesi olarak ortalama kare değerleri hesaplanmaktadır. Formül (4.5)'te yer alan “σ” standart sapmayı ve “m” karar alternatif sayısını ifade etmektedir.

$$PV_{ij} = \left| \ln \left(\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m r_{ij}^2}{m}}}{\sigma} \right) \cdot 100 \right| \#(4.5)$$

4. Aşama: Kriterlerin Objektif Önem Ağırlıklarının Elde Edilmesi

Son olarak her bir kriter için objektif önem ağırlıkları Formül (4.6)'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$w_j = \frac{PV_{ij}}{\sum_{i=1}^n PV_{ij}} \#(4.6)$$

4.6.1.3. MARCOS (Measurement of Alternatives and Ranking According to Compromise Solution) Yöntemi

MARCOS, 2020 yılında Stevic, Pamucar, Puska ve Chatterjee tarafından ÇKKV Yöntemi olarak geliştirilmiş ve alanyazına kazandırılmıştır. MARCOS karar alternatiflerinin sıralanmasında kullanılmaktadır. Bu yöntem sayesinde alternatifler ölçülebilmektedir ve bununla birlikte uzlaşık bir çözüme göre sıralanabilmektedir. İdeal ve ideal olmayan (anti-ideal) alternatifler şeklinde ifade edilen referans değerler ile alternatifler arasındaki ilişkiyi tanımlayarak alternatiflerin fayda fonksiyonlarının belirlenmesi ve sıralanması MARCOS Yönteminin temel mantığını oluşturmaktadır (Stevic vd., 2020).

MARCOS problemde yer alan çok sayıda kriterin uzlaşık çözümle değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Karmaşık problemlerin çözümünde kullanılabilen bu yöntem basit bir algorithmaya sahiptir. Ayrıca esnek bir yöntem olması da avantajları arasında sayılabilir. MARCOS Yönteminde en iyi alternatif; ideale en yakın olan ve aynı zamanda anti-ideal referans noktasına en uzak olan şeklinde ifade edilmektedir (Stevic ve Brkovic, 2020: 3). Aşağıda MARCOS Yönteminin uygulama aşamalarına yer verilmiştir.

4.6.1.4. MARCOS Yöntemi Uygulama Aşamaları

MARCOS Yönteminin yedi temel uygulama aşaması bulunmaktadır. İlgili aşamalara ait formüller ve açıklamalar aşama aşama sunulmuştur (Stevic vd., 2020; Stankovic vd., 2020; Stevic ve Brkovic, 2020).

1. Aşama: Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar probleminin belirlenmesi ve çözümlenmesi amacıyla öncelikle “m” tane alternatif ve “n” tane kriterin yer aldığı karar matrisi oluşturulmaktadır. İlgili karar matrisi Formül (4.7)’de gösterilmektedir.

$$X = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad \#(4.7)$$

Formül (4.7)’de yer alan “ x_{ij} ” değerleri; “j”ninci kritere göre “i”ninci alternatife aldığı değeri ifade etmektedir.

2. Aşama: Genişletilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar matrisine ideal (AI) ve anti-ideal (AAI) çözüm değerleri eklenerek genişletilmiş karar matrisi elde edilmektedir. Genişletilmiş karar matrisi Formül (4.8)’de gösterilmektedir.

$$X^E = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \\ A_{AAI} \\ A_{AI} \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \\ x_{aai1} & x_{aai2} & \dots & x_{aain} \\ x_{ai1} & x_{ai2} & \dots & x_{ain} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad \#(4.8)$$

Eğer ideal ve anti-ideal değerler fayda yönlü, diğer bir ifadeyle maksimizasyon yönlü hesaplanacak ise Formül (4.9) kullanılmaktadır. Eğer ideal ve anti-ideal değerler maliyet yönlü, diğer bir ifadeyle minimizasyon yönlü hesaplanacak ise Formül (4.10) kullanılmaktadır.

$$AI = \max x_{ij} \text{ eğer } j \in B \text{ ve } \min x_{ij} \text{ eğer } j \in C \quad (4.9)$$

$$AAI = \min x_{ij} \text{ eğer } j \in B \text{ ve maks } x_{ij} \text{ eğer } j \in C \quad (4.10)$$

3. Aşama: Genişletilmiş Karar Matrisinin Normalizasyonu

Genişletilmiş karar matrisinde yer alan elemanların normalizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu elemanlar [0,1] aralığında değer alarak standart bir hal almaktadır. Normalize edilmiş genişletilmiş karar matrisi Formül (4.11)'de gösterilmektedir.

$$N = \begin{matrix} & & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \\ A_{AAI} \\ A_{AI} \end{matrix} & \left[\begin{matrix} n_{11} & n_{12} & \dots & n_{1n} \\ n_{21} & n_{22} & \dots & n_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ n_{m1} & n_{m2} & \dots & n_{mn} \\ n_{aai1} & n_{aai2} & \dots & n_{aain} \\ n_{ai1} & n_{ai2} & \dots & n_{ain} \end{matrix} \right] \end{matrix} \quad \#(4.11)$$

Eğer normalize karar matrisinin elemanları fayda yönlü, diğer bir ifadeyle maksimizasyon yönlü hesaplanacak ise Formül (4.12) kullanılmaktadır. Eğer normalize karar matrisinin elemanları maliyet yönlü, diğer bir ifadeyle minimizasyon yönlü hesaplanacak ise Formül (4.13) kullanılmaktadır.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{ai}} \text{ eğer } j \in B \quad (4.12)$$

$$n_{ij} = \frac{x_{ai}}{x_{ij}} \text{ eğer } j \in C \quad (4.13)$$

4. Aşama: Ağırlıklandırılmış Matrisin Elde Edilmesi

Bu aşamada Formül (4.14)'te gösterildiği üzere ağırlıklandırılmış matris (V) oluşturulmaktadır. Formül (4.15)'te yer alan ağırlıklandırılmış matris, genişletilmiş normalize karar matrisinin (N) elemanlarıyla kriterlerin önem ağırlıklarının (w_j) çarpılmasıyla elde edilmektedir.

$$v_{ij} = n_{ij} \times w_{ij} \quad (4.14)$$

$$\begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \end{matrix}$$

$$V = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \\ A_{AAI} \\ A_{AI} \end{matrix} \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \\ v_{aai1} & v_{aai2} & \dots & v_{aain} \\ v_{ai1} & v_{ai2} & \dots & v_{ain} \end{bmatrix} \quad \#(4.15)$$

5. Aşama: Alternatiflerin Fayda Derecelerinin Hesaplanması (K_i)

Formül (4.16) ve Formül (4.17) yardımıyla ideal ve anti-ideal çözümlere göre fayda dereceleri sırasıyla hesaplanmaktadır. Formüllerde yer alan S_i değeri ise, Formül (4.18)'de gösterildiği üzere ağırlıklandırılmış karar matris elemanlarının toplamını ifade etmektedir.

$$K_i^+ = \frac{S_i}{S_{ai}} \quad (4.16)$$

$$K_i^- = \frac{S_i}{S_{aai}} \quad (4.17)$$

$$S_i = \sum_{j=1}^n V_{ij} \quad (4.18)$$

6. Aşama: Alternatiflerin Fayda Fonksiyonlarının Belirlenmesi $f(K_i)$

Bu aşamada fayda fonksiyonu Formül (4.19)'dan yararlanılarak hesaplanmaktadır. Fayda fonksiyonu, ideal ve anti-ideal çözüme göre belirlenen alternatifin uzlaşık çözümünü ifade etmektedir. Formül (4.19)'da yer alan $f(K_i^+)$ ideal çözüme göre fayda fonksiyonunu, $f(K_i^-)$ ise anti-ideal çözüme göre fayda fonksiyonunu nitelendirmektedir. Bu fonksiyonlar da sırasıyla Formül (4.20) ve Formül (4.21)'den yararlanılarak hesaplanmaktadır.

$$f(K_i) = \frac{K_i^+ + K_i^-}{1 + \frac{1-f(K_i^+)}{f(K_i^-)} + \frac{1-f(K_i^-)}{f(K_i^+)}} \quad (4.19)$$

$$f(K_i^+) = \frac{K_i^-}{K_i^+ + K_i^-} \quad (4.20)$$

$$f(K_i^-) = \frac{K_i^+}{K_i^+ + K_i^-} \quad (4.21)$$

7. Aşama: Alternatiflerin Sıralanması

MARCOS Yönteminin son aşamasında alternatiflerin sıralanması yer almaktadır. Bu aşama fayda fonksiyonlarının nihai değerlerine dayanmaktadır. Formül (4.19)'da gösterilen fayda fonksiyonlarına göre sıralama işlemi gerçekleştirilmektedir. Fayda

fonksiyon değerleri arasında en yüksek değere sahip olan en fazla tercih edilen (en iyi alternatif), en az değere sahip olan ise en az tercih edilen (en kötü alternatif) şeklinde yorumlanmaktadır.

4.7. Bulgular

Araştırmanın bulguları “LOPCOW Yöntemi Bulguları” ve “MARCOS Yöntemi Bulguları” olmak üzere iki başlık altında sunulmuştur.

4.8. LOPCOW Yöntemi Bulguları

Bu kısımda taşımacılık modları kapsamında (karayolu taşımacılığı, havayolu taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı, demiryolu taşımacılığı ve toplam taşımacılık modları) 2013-2022 yılları arasındaki dış ticaret (ithalat, ihracat) ve taşımacılık modları zelineki veriler ile taşımacılık modları kaynaklı evre (CO₂ emisyonu, fosil yakıt tüketimi) verilerinin kriter ağırlıkları LOPCOW Yöntemi aracılığıyla ayrı ayrı hesaplanmıştır. Analiz sonucunda elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

4.8.1. LOPCOW Yöntemi Karayolu Taşımacılık Modu Bulguları

Türkiye zeline 2013-2022 yılları arasındaki karayolu taşımacılığı kapsamında; ithalat, ihracat, yk, yolcu, araç sayısı, CO₂ emisyonu ve fosil yakıt tüketimi kriterleri Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Karayolu Taşımacılığına Ait Değerlendirme Kriterleri

Kriter Kodu	Kriter Adı	Kriter Yönü
Karayolu1	İthalat	Maks
Karayolu2	İhracat	Maks
Karayolu3	Yük	Maks
Karayolu4	Yolcu	Maks
Karayolu5	Araç Sayısı	Maks
Karayolu6	CO ₂ Emisyonu	Min
Karayolu7	Fosil Yakıt Tüketimi	Min

Tablo 4.2’de yer alan kriterlere ait veriler Formül (4.1) kullanılarak Tablo 4.3’de yer alan karar matrisini oluşturmuştur.

Tablo 4.3. Karayolu Taşımacılık Modu Karar Matrisi

Kriterler	Karayolu1	Karayolu2	Karayolu3	Karayolu4	Karayolu5	Karayolu6	Karayolu7
Yıllar							
2013	43544972	57804104	224048	268178	17939447	62889	17677
2014	40577283	61133176	234492	276073	18828721	66967	18497
2015	37840932	51946113	244329	290734	19994472	69309	21525
2016	36716500	49537436	253139	300852	21090424	75595	23478
2017	40374083	50988408	262739	314734	22218945	78706	24731
2018	39129380	52222468	266502	329363	22865921	78907	24795
2019	37177012	54461860	267579	339601	23156975	76720	24109
2020	41883477	53127588	272913	228992	24144857	76601	24071
2021	48896681	68749376	311818	336188	25249119	86499	27166
2022	59447025	78837775	323512	348489	26482847	86408	27164

Karayolu taşımacılık modu karar matrisi incelendiğinde tüm kriterlerde 2022'ye doğru bir artış olduğu gözlenmiştir. Karayolu1, Karayolu2, Karayolu3, Karayolu4 ve Karayolu5 kriterlerinin maksimum yönlü, Karayolu6 ve Karayolu7 kriterlerinin ise minimum yönlü olduğu belirlenmiştir. Karar matrisinin normalizasyonu Formül (4.2) kullanılarak hesaplanmıştır. Söz konusu hesaplamada karar matrisinde maksimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.3) ve minimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.4) kullanılarak normalize karar matrisi oluşturulmuş ve Tablo 4.4'te sunulmuştur.

Tablo 4.4. Karayolu Taşımacılık Modu Karar Matrisinin Normalizasyonu

Kriterler	Karayolu1	Karayolu2	Karayolu3	Karayolu4	Karayolu5	Karayolu6	Karayolu7
Yıllar							
2013	0,30041	0,28214	0,00000	0,32792	0,00000	1,00000	1,00000
2014	0,16985	0,39575	0,10500	0,39399	0,10409	0,82728	0,91359
2015	0,04947	0,08221	0,20390	0,51668	0,24054	0,72808	0,59450
2016	0,00000	0,00000	0,29248	0,60135	0,36882	0,46184	0,38867
2017	0,16091	0,04952	0,38900	0,71752	0,50091	0,33007	0,25667
2018	0,10615	0,09164	0,42683	0,83995	0,57664	0,32156	0,24987
2019	0,02026	0,16807	0,43766	0,92562	0,61071	0,41419	0,32218
2020	0,22731	0,12253	0,49128	0,00000	0,72634	0,41923	0,32617
2021	0,53585	0,65569	0,88243	0,89706	0,85559	0,00000	0,00000
2022	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	0,00385	0,00026

Formül (4.5)'ten yararlanılarak tüm kriterlerin yüzde değerleri hesaplanmıştır. Hesaplama sürecinde normalize matrisinde yer alan tüm değerlerin karesi alınmış olup, PV_{ij} değerleri elde edilmiştir. Hesaplanan PV_{ij} değerleri Tablo 4.5'te sunulmuştur.

Tablo 4.5. Karayolu Taşımacılık Modu Kriterlerinin Yüzde Değerleri (PV_{ij})

Kriterler	Karayolu1	Karayolu2	Karayolu3	Karayolu4	Karayolu5	Karayolu6	Karayolu7
Yıllar							
2013	0,09025	0,07960	0,00000	0,10753	0,00000	1,00000	1,00000
2014	0,02885	0,15662	0,01103	0,15523	0,01083	0,68439	0,83464
2015	0,00245	0,00676	0,04158	0,26696	0,05786	0,53010	0,35343
2016	0,00000	0,00000	0,08554	0,36163	0,13603	0,21329	0,15107
2017	0,02589	0,00245	0,15132	0,51484	0,25091	0,10895	0,06588
2018	0,01127	0,00840	0,18218	0,70551	0,33251	0,10340	0,06243
2019	0,00041	0,02825	0,19154	0,85678	0,37297	0,17155	0,10380
2020	0,05167	0,01501	0,24136	0,00000	0,52757	0,17575	0,10639
2021	0,28714	0,42993	0,77868	0,80472	0,73204	0,00000	0,00000
2022	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	0,00001	0,00000
PV	23,81330	26,42950	49,62156	77,91673	59,47532	51,65235	42,21802

Son aşamada Formül (4.6) yardımıyla kriterlerin objektif önem ağırlıkları tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular Tablo 4.6'da sunulmuştur.

Tablo 4.6. Karayolu Taşımacılık Modu Kriterlerinin Objektif Önem Ağırlıkları

Kriterler	Karayolu1	Karayolu2	Karayolu3	Karayolu4	Karayolu5	Karayolu6	Karayolu7
Yıllar							
w_j	0,07192	0,07982	0,14986	0,23531	0,17961	0,15599	0,12750

Türkiye özelinde 2013-2022 yılları arasında karayolu taşımacılık modu kriterleri ile çevresel kriterlerin önem ağırlıkları LOPCOW Yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre en yüksek önem derecesine sahip kriter %23,53 ile Karayolu4 (karayolu taşımacılığında yolcu) olduğu tespit edilmiştir. Bu kriteri sırasıyla %17,96 önem ağırlığı ile Karayolu5 (karayolu taşımacılığında araç sayısı), %15,60 önem ağırlığı ile Karayolu6 (karayolu taşımacılığında CO₂ emisyonu) kriterlerinin takip ettiği tespit edilmiştir. En düşük önem derecesine sahip kriter ise %7,19 ile Karayolu1 (karayolu taşımacılığında ithalat) olduğu elde edilmiştir.

4.8.2. LOPCOW Yöntemi Havayolu Taşımacılık Modu Bulguları

Türkiye özelinde 2013-2022 yılları arasındaki havayolu taşımacılığı kapsamında; ithalat, ihracat, yük, yolcu, uçak trafiği, CO₂ emisyonu ve fosil yakıt tüketimi kriterleri Tablo 4.7’de gösterilmiştir.

Tablo 4.7. Havayolu Taşımacılığına Ait Değerlendirme Kriterleri

Kriter Kodu	Kriter Adı	Kriter Yönü
Havayolu1	İthalat	Maks
Havayolu2	İhracat	Maks
Havayolu3	Yük	Maks
Havayolu4	Yolcu	Maks
Havayolu5	Uçak Trafiği	Maks
Havayolu6	CO2 Emisyonu	Min
Havayolu7	Fosil Yakıt Tüketimi	Min

Tablo 4.7’de yer alan kriterlere ait veriler Formül (4.1) kullanılarak Tablo 4.8’de yer alan karar matrisini oluşturmuştur.

Tablo 4.8. Havayolu Taşımacılık Modu Karar Matrisi

Kriterler	Havayolu1	Havayolu2	Havayolu3	Havayolu4	Havayolu5	Havayolu6	Havayolu7
Yıllar							
2013	32759358	13200118	2595317	149995868	1504973	3754	1177
2014	24889608	14388661	2893000	166181339	1678971	4090	1284
2015	20159751	17400190	3072831	181437004	1814958	4205	1319
2016	23107208	17908782	3076914	174153146	1829908	4281	1343
2017	34439948	17217240	3481211	193576844	1914017	3838	1194
2018	28756745	14127905	3855231	210947639	2017220	3688	1171
2019	29238406	14849231	4090168	208911338	2034430	3509	1102
2020	39260478	12732561	2490521	81703685	1055168	2164	678
2021	26057025	18735586	3432517	128350222	1466860	2856	895
2022	38582413	20687774	4163142	182225531	1883471	3367	1057

Havayolu taşımacılık modu karar matrisi incelendiğinde Havayolu6 ve Havayolu7 kriterleri hariç tüm kriterlerde 2022’ye doğru bir artış olduğu bulgulanmıştır. Havayolu1, Havayolu2, Havayolu3, Havayolu4 ve Havayolu5 kriterlerinin maksimum yönlü, Havayolu6 ve Havayolu7 kriterlerinin ise minimum yönlü olduğu belirlenmiştir. Karar matrisinin normalizasyonu Formül (4.2) kullanılarak hesaplanmıştır. Söz konusu hesaplamada karar matrisinde maksimizasyon yönlü

kriterler için Formül (4.3) ve minimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.4) kullanılarak normalize karar matrisi oluşturulmuş ve Tablo 4.9’da sunulmuştur.

Tablo 4.9. Havayolu Taşımacılık Modu Karar Matrisinin Normalizasyonu

Kriterler	Havayolu1	Havayolu2	Havayolu3	Havayolu4	Havayolu5	Havayolu6	Havayolu7
Yıllar							
2013	0,65964	0,05877	0,06265	0,52840	0,45933	0,24894	0,24964
2014	0,24763	0,20818	0,24063	0,65363	0,63701	0,09022	0,08873
2015	0,00000	0,58674	0,34814	0,77167	0,77588	0,03590	0,03573
2016	0,15431	0,65067	0,35058	0,71531	0,79115	0,00000	0,00000
2017	0,74763	0,56374	0,59230	0,86560	0,87704	0,20926	0,22344
2018	0,45009	0,17540	0,81591	1,00000	0,98243	0,28011	0,25855
2019	0,47530	0,26607	0,95637	0,98424	1,00000	0,36467	0,36233
2020	1,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	1,00000	1,00000
2021	0,30875	0,75460	0,56319	0,36092	0,42041	0,67312	0,67310
2022	0,96450	1,00000	1,00000	0,77777	0,84584	0,43179	0,42979

Formül (4.5)’ten yararlanılarak tüm kriterlerin yüzde değerleri hesaplanmıştır. Hesaplama sürecinde normalize matrisinde yer alan tüm değerlerin karesi alınmış olup, PV_{ij} değerleri elde edilmiştir. Hesaplanan PV_{ij} değerleri Tablo 4.10’da sunulmuştur.

Tablo 4.10. Havayolu Taşımacılık Modu Kriterlerinin Yüzde Değerleri (PV_{ij})

Kriterler	Havayolu1	Havayolu2	Havayolu3	Havayolu4	Havayolu5	Havayolu6	Havayolu7
Yıllar							
2013	0,43513	0,00345	0,00393	0,27920	0,21098	0,06197	0,06232
2014	0,06132	0,04334	0,05790	0,42723	0,40579	0,00814	0,00787
2015	0,00000	0,34426	0,12120	0,59547	0,60199	0,00129	0,00128
2016	0,02381	0,42337	0,12291	0,51167	0,62591	0,00000	0,00000
2017	0,55894	0,31780	0,35082	0,74926	0,76919	0,04379	0,04992
2018	0,20258	0,03077	0,66571	1,00000	0,96516	0,07846	0,06685
2019	0,22591	0,07080	0,91465	0,96874	1,00000	0,13298	0,13128
2020	1,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	1,00000	1,00000
2021	0,09532	0,56943	0,31718	0,13026	0,17674	0,45309	0,45307
2022	0,93026	1,00000	1,00000	0,60492	0,71545	0,18644	0,18472
PV	56,58768	47,03136	52,29396	86,84994	87,12901	36,39199	36,18986

Son aşamada Formül (4.6) yardımıyla kriterlerin objektif önem ağırlıkları tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular Tablo 4.11’de sunulmuştur.

Tablo 4.11. Havayolu Taşımacılık Modu Kriterlerinin Objektif Önem Ağırlıkları

Kriterler	Havayolu1	Havayolu2	Havayolu3	Havayolu4	Havayolu5	Havayolu6	Havayolu7
Yıllar							
w_j	0,14060	0,11686	0,12993	0,21579	0,21648	0,09042	0,08992

Türkiye özelinde 2013-2022 yılları arasında havayolu taşımacılık modu kriterleri ile çevresel kriterlerin önem ağırlıkları LOPCOW Yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre en önemli kriter %21,65 ile Havayolu5 (havayolu taşımacılığında uçak trafiği) olduğu tespit edilmiştir. Bu kriteri sırasıyla %21,58 önem ağırlığı ile Havayolu4 (havayolu taşımacılığında yolcu), %14,06 önem ağırlığı ile Havayolu1 (havayolu taşımacılığında ithalat) kriterlerinin takip ettiği gözlenmiştir. En düşük önem derecesine sahip kriter ise %8,99 ile Havayolu7 (havayolu taşımacılığında fosil yakıt tüketimi) olduğu elde edilmiştir.

4.8.3. LOPCOW Yöntemi Denizyolu Taşımacılık Modu Bulguları

Türkiye özelinde 2013-2022 yılları arasındaki denizyolu taşımacılığı kapsamında; ithalat, ihracat, yük, yolcu, araç sayısı, CO₂ emisyonu ve fosil yakıt tüketimi kriterleri Tablo 4.12’de gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Denizyolu Taşımacılığına Ait Değerlendirme Kriterleri

Kriter Kodu	Kriter Adı	Kriter Yönü
Denizyolu1	İthalat	Maks
Denizyolu2	İhracat	Maks
Denizyolu3	Yük	Maks
Denizyolu4	Yolcu	Maks
Denizyolu5	Araç Sayısı	Maks
Denizyolu6	CO2 Emisyonu	Min
Denizyolu7	Fosil Yakıt Tüketimi	Min

Tablo 4.12’de yer alan kriterlere ait veriler Formül (4.1) kullanılarak Tablo 4.13’de yer alan karar matrisini oluşturmuştur.

Tablo 4.13. Denizyolu Taşımacılık Modu Karar Matrisi

Kriterler	Denizyolu1	Denizyolu2	Denizyolu3	Denizyolu4	Denizyolu5	Denizyolu6	Denizyolu7
Yıllar							
2013	146444550	88197732	384930758	1317586	1909	1154	384
2014	147778523	88900953	383120619	1425747	1888	1348	417
2015	126868187	79762173	416036695	1440691	1895	1147	183
2016	121013276	80139270	430201162	1078110	1951	970	46
2017	138596809	93378625	471173896	1239255	1999	944	380
2018	136737402	108802681	460153560	1217642	2025	931	383
2019	112967845	109114264	484168412	1439403	2024	1217	383
2020	114838355	100907927	496642652	177483	2053	1264	398
2021	157390931	133714269	526306784	158013	2100	1128	357
2022	193796320	150294432	542610283	1325639	2102	1147	360

Denizyolu taşımacılık modu karar matrisi incelendiğinde Denizyolu6 ve Denizyolu7 kriterleri hariç tüm kriterlerde 2022'ye doğru bir artış olduğu bulgulanmıştır. Denizyolu1, Denizyolu2, Denizyolu3, Denizyolu4 ve Denizyolu5 kriterlerinin maksimum yönlü, Denizyolu6 ve Denizyolu7 kriterlerinin ise minimum yönlü olduğu belirlenmiştir. Karar matrisinin normalizasyonu Formül (4.2) kullanılarak hesaplanmıştır. Söz konusu hesaplamada karar matrisinde maksimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.3) ve minimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.4) kullanılarak normalize karar matrisi oluşturulmuş ve Tablo 4.14'te sunulmuştur.

Tablo 4.14. Denizyolu Taşımacılık Modu Karar Matrisinin Normalizasyonu

Kriterler	Denizyolu1	Denizyolu2	Denizyolu3	Denizyolu4	Denizyolu5	Denizyolu6	Denizyolu7
Yıllar							
2013	0,41417	0,11960	0,01135	0,90403	0,09813	0,46523	0,08895
2014	0,43067	0,12957	0,00000	0,98835	0,00000	0,00000	0,00000
2015	0,17197	0,00000	0,20638	1,00000	0,03271	0,48201	0,63153
2016	0,09954	0,00535	0,29519	0,71733	0,29439	0,90647	1,00000
2017	0,31708	0,19305	0,55209	0,84296	0,51869	0,96882	0,09977
2018	0,29407	0,41173	0,48300	0,82611	0,64019	1,00000	0,09136
2019	0,00000	0,41615	0,63357	0,99900	0,63551	0,31415	0,09266
2020	0,02314	0,29980	0,71178	0,01518	0,77103	0,20144	0,05004
2021	0,54960	0,76493	0,89778	0,00000	0,99065	0,52758	0,16305
2022	1,00000	1,00000	1,00000	0,91030	1,00000	0,48221	0,15284

Formül (4.5)'ten yararlanılarak tüm kriterlerin yüzde değerleri hesaplanmıştır. Hesaplama sürecinde normalize matrisinde yer alan tüm değerlerin karesi alınmış

olup, PV_{ij} değerleri elde edilmiştir. Hesaplanan PV_{ij} değerleri Tablo 4.15'te sunulmuştur.

Tablo 4.15. Denizyolu Taşımacılık Modu Kriterlerinin Yüzde Değerleri (PV_{ij})

Kriterler	Denizyolu1	Denizyolu2	Denizyolu3	Denizyolu4	Denizyolu5	Denizyolu6	Denizyolu7
Yıllar							
2013	0,17154	0,01430	0,00013	0,81726	0,00963	0,21644	0,00791
2014	0,18548	0,01679	0,00000	0,97683	0,00000	0,00000	0,00000
2015	0,02957	0,00000	0,04259	1,00000	0,00107	0,23234	0,39882
2016	0,00991	0,00003	0,08714	0,51456	0,08667	0,82170	1,00000
2017	0,10054	0,03727	0,30481	0,71058	0,26904	0,93862	0,00995
2018	0,08648	0,16952	0,23329	0,68245	0,40984	1,00000	0,00835
2019	0,00000	0,17318	0,40141	0,99799	0,40388	0,09869	0,00859
2020	0,00054	0,08988	0,50664	0,00023	0,59448	0,04058	0,00250
2021	0,30206	0,58511	0,80600	0,00000	0,98140	0,27834	0,02659
2022	1,00000	1,00000	1,00000	0,82865	1,00000	0,23253	0,02336
PV	37,80609	32,99839	51,50756	73,91202	48,76573	62,29521	18,47516

Son aşamada Formül (4.6) yardımıyla kriterlerin objektif önem ağırlıkları tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular Tablo 4.16'te sunulmuştur.

Tablo 4.16. Denizyolu Taşımacılık Modu Kriterlerinin Objektif Önem Ağırlıkları

Kriterler	Denizyolu1	Denizyolu2	Denizyolu3	Denizyolu4	Denizyolu5	Denizyolu6	Denizyolu7
Yıllar							
w_j	0,11605	0,10130	0,15811	0,22689	0,14970	0,19123	0,05671

Türkiye özelinde 2013-2022 yılları arasında denizyolu taşımacılık modu kriterleri ile çevresel kriterlerin önem ağırlıkları LOPCOW Yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre en önemli kriter %22,69 ile Denizyolu4 (denizyolu taşımacılığında yolcu) olduğu bulgulanmıştır. Bu kriteri sırasıyla %19,12 önem ağırlığı ile Denizyolu6 (denizyolu taşımacılığında CO₂ emisyonu), %15,81 önem ağırlığı ile Denizyolu3 (denizyolu taşımacılığında yük) kriterlerinin takip ettiği belirlenmiştir. En düşük önem derecesine sahip kriter ise %5,67 ile Denizyolu7 (denizyolu taşımacılığında fosil yakıt tüketimi) olduğu elde edilmiştir.

4.8.4. LOPCOW Yöntemi Demiryolu Taşımacılık Modu Bulguları

Türkiye özelinde 2013-2022 yılları arasındaki demiryolu taşımacılığı kapsamında; ithalat, ihracat, yük, yolcu, demiryolu uzunluğu, CO₂ emisyonu ve fosil yakıt tüketimi kriterleri oluşturmaktadır Tablo 4.17’de gösterilmiştir.

Tablo 4.17. Demiryolu Taşımacılığına Ait Değerlendirme Kriterleri

Kriter Kodu	Kriter Adı	Kriter Yönü
Demiryolu1	İthalat	Maks
Demiryolu2	İhracat	Maks
Demiryolu3	Yük	Maks
Demiryolu4	Yolcu	Maks
Demiryolu5	Demiryolu Uzunluğu	Maks
Demiryolu6	CO2 Emisyonu	Min
Demiryolu7	Fosil Yakıt Tüketimi	Min

Tablo 4.17’de yer alan kriterlere ait veriler Formül (4.1) kullanılarak Tablo 4.18’de yer alan karar matrisini oluşturmuştur.

Tablo 4.18. Demiryolu Taşımacılık Modu Karar Matrisi

Kriterler	Demiryolu1	Demiryolu2	Demiryolu3	Demiryolu4	Demiryolu5	Demiryolu6	Demiryolu7
Yıllar							
2013	1784905	994652	26597	107645	9718	505	142
2014	1253892	964170	28747	153600	10087	562	157
2015	1434902	861740	25878	182760	10131	480	135
2016	1768602	673816	25886	176633	10131	374	105
2017	1294504	699915	28469	182671	10207	413	118
2018	1299419	753544	31673	185930	10315	435	124
2019	1447897	971021	33536	246010	10378	400	114
2020	2144863	1287765	34552	148639	10378	323	92
2021	2891134	1648442	38157	191586	10546	356	102
2022	2967903	2457286	38897	321062	10651	505	146

Demiryolu taşımacılık modu karar matrisi incelendiğinde Demiryolu6 ve Demiryolu7 kriterleri hariç tüm kriterlerde 2022’ye doğru bir artış olduğu saptanmıştır. Demiryolu1, Demiryolu2, Demiryolu3, Demiryolu4 ve Demiryolu5 kriterlerinin maksimum yönlü, Demiryolu6 ve Demiryolu7 kriterlerinin ise minimum yönlü olduğu belirlenmiştir. Karar matrisinin normalizasyonu Formül (4.2)

kullanılarak hesaplanmıştır. Söz konusu hesaplamada karar matrisinde maksimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.3) ve minimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.4) kullanılarak normalize karar matrisi oluşturulmuş ve Tablo 4.19’da sunulmuştur.

Tablo 4.19. Demiryolu Taşımacılık Modu Karar Matrisinin Normalizasyonu

Kriterler	Demiryolu1	Demiryolu2	Demiryolu3	Demiryolu4	Demiryolu5	Demiryolu6	Demiryolu7
Yıllar							
2013	0,30981	0,17989	0,05523	0,00000	0,00000	0,23849	0,23146
2014	0,00000	0,16280	0,22037	0,21533	0,39550	0,00000	0,00000
2015	0,10561	0,10537	0,00000	0,35196	0,44266	0,34310	0,34025
2016	0,30030	0,00000	0,00061	0,32325	0,44266	0,78661	0,79837
2017	0,02369	0,01463	0,19902	0,35155	0,52412	0,62343	0,60465
2018	0,02656	0,04470	0,44512	0,36682	0,63987	0,53138	0,50934
2019	0,11319	0,16664	0,58822	0,64833	0,70740	0,67782	0,66154
2020	0,51982	0,34424	0,66626	0,19208	0,70740	1,00000	1,00000
2021	0,95521	0,54648	0,94316	0,39332	0,88746	0,86192	0,85441
2022	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	0,23708	0,17251

Formül (4.5)’ten yararlanılarak tüm kriterlerin yüzde değerleri hesaplanmıştır. Hesaplama sürecinde normalize matrisinde yer alan tüm değerlerin karesi alınmış olup, PV_{ij} değerleri elde edilmiştir. Hesaplanan PV_{ij} değerleri Tablo 4.20’de sunulmuştur.

Tablo 4.20. Demiryolu Taşımacılık Modu Kriterlerinin Yüzde Değerleri (PV_{ij})

Kriterler	Demiryolu1	Demiryolu2	Demiryolu3	Demiryolu4	Demiryolu5	Demiryolu6	Demiryolu7
Yıllar							
2013	0,09598	0,03236	0,00305	0,00000	0,00000	0,05688	0,05357
2014	0,00000	0,02650	0,04856	0,04637	0,15642	0,00000	0,00000
2015	0,01115	0,01110	0,00000	0,12388	0,19595	0,11772	0,11577
2016	0,09018	0,00000	0,00000	0,10449	0,19595	0,61876	0,63739
2017	0,00056	0,00021	0,03961	0,12358	0,27470	0,38867	0,36560
2018	0,00071	0,00200	0,19813	0,13455	0,40944	0,28237	0,25943
2019	0,01281	0,02777	0,34600	0,42033	0,50041	0,45945	0,43763
2020	0,27021	0,11850	0,44390	0,03690	0,50041	1,00000	1,00000
2021	0,91243	0,29864	0,88955	0,15470	0,78758	0,74291	0,73002
2022	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	0,05621	0,02976
PV	26,47039	23,15432	37,07014	53,04171	80,87195	64,94762	61,55415

Son aşamada Formül (4.6) yardımıyla kriterlerin objektif önem ağırlıkları tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular Tablo 4.21’de sunulmuştur.

Tablo 4.21. Demiryolu Taşımacılık Modu Kriterlerinin Objektif Önem Ağırlıkları

Kriterler	Demiryolu1	Demiryolu2	Demiryolu3	Demiryolu4	Demiryolu5	Demiryolu6	Demiryolu7
Yıllar							
w_j	0,07626	0,06671	0,10680	0,15281	0,23299	0,18711	0,17733

Türkiye özelinde 2013-2022 yılları arasında demiryolu taşımacılık modu kriterleri ile çevresel kriterlerin önem ağırlıkları LOPCOW Yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre en önemli kriter %23,30 ile Demiryolu5 (demiryolu taşımacılığında demiryolu uzunluğu) olduğu tespit edilmiştir. Bu kriteri sırasıyla %18,71 önem ağırlığı ile Demiryolu6 (demiryolu taşımacılığında CO₂ emisyonu), %17,73 önem ağırlığı ile Demiryolu7 (demiryolu taşımacılığında fosil yakıt tüketimi) kriterlerinin takip ettiği gözlenmiştir. En düşük önem derecesine sahip kriter ise %6,67 ile Demiryolu2 (demiryolu taşımacılığında ihracat) olduğu elde edilmiştir.

4.8.5. LOPCOW Yöntemi Toplam Taşımacılık Modları Bulguları

Türkiye özelinde 2013-2022 yılları arasındaki toplam taşımacılık türleri kapsamında; toplam lojistik sektörü hizmet ithalatı, toplam lojistik sektörü hizmet ihracatı, toplam taşıma modları ithalatı, toplam taşıma modları ihracatı, toplam taşıma modları CO₂ emisyonu ve toplam taşıma modları fosil yakıt tüketimi kriterleri oluşturmaktadır Tablo 4.22’de gösterilmiştir.

Tablo 4.22. Değerlendirme Kriterleri

Kriter Kodu	Kriter Adı	Kriter Yönü
Toplam1	Toplam Lojistik Sektörü Hizmet İthalatı	Maks
Toplam2	Toplam Lojistik Sektörü Hizmet İhracatı	Maks
Toplam3	Toplam Taşıma Modları İthalatı	Maks
Toplam4	Toplam Taşıma Modları İhracatı	Maks
Toplam5	Toplam Taşıma Modları CO ₂ Emisyonu	Min
Toplam6	Toplam Taşıma Modları Fosil Yakıt Tüketimi	Min

Tablo 4.22’de yer alan kriterlere ait veriler Formül (4.1) kullanılarak Tablo 4.23’te yer alan karar matrisini oluşturmuştur.

Tablo 4.23. Karar Matrisi

Kriterler	Toplam1	Toplam2	Toplam3	Toplam4	Toplam5	Toplam6
Yıllar						
2013	6354000	21769000	260822803	161480915	68865	19380
2014	6268000	22835000	251142429	166504862	73559	20355
2015	5274000	19689000	213619211	150982114	75789	23162
2016	7053000	19734000	202189242	149246999	81841	24972
2017	7851000	22123000	238715128	164494619	84770	26423
2018	9452000	24342000	231152483	177168756	84617	26473
2019	9575000	23396000	210345203	180832722	82428	25708
2020	7990000	16087000	219516807	169637755	80680	25240
2021	10924000	24419000	271425553	225214458	91200	28520
2022	17852000	36696000	363710575	254169748	91866	28727

Toplam taşımacılık modları karar matrisi incelendiğinde tüm kriterlerde 2022'ye doğru bir artış olduğu gözlenmiştir. Toplam1, Toplam2, Toplam3 ve Toplam4 kriterlerinin maksimum yönlü, Toplam5 ve Toplam6 kriterlerinin ise minimum yönlü olduğu belirlenmiştir. Karar matrisinin normalizasyonu Formül (4.2) kullanılarak hesaplanmıştır. Söz konusu hesaplamada karar matrisinde maksimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.3) ve minimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.4) kullanılarak normalize karar matrisi oluşturulmuş ve Tablo 4.24'te sunulmuştur.

Tablo 4.24. Karar Matrisinin Normalizasyonu

Kriterler	Toplam1	Toplam2	Toplam3	Toplam4	Toplam5	Toplam6
Yıllar						
2013	0,08586	0,27570	0,36301	0,11660	1,00000	1,00000
2014	0,07903	0,32743	0,30308	0,16448	0,79592	0,89569
2015	0,00000	0,17478	0,07076	0,01654	0,69897	0,59541
2016	0,14144	0,17696	0,00000	0,00000	0,43585	0,40171
2017	0,20488	0,29288	0,22614	0,14532	0,30851	0,24652
2018	0,33217	0,40055	0,17932	0,26612	0,31516	0,24112
2019	0,34195	0,35465	0,05049	0,30104	0,41033	0,32302
2020	0,21593	0,00000	0,10728	0,19434	0,48633	0,37309
2021	0,44920	0,40429	0,42865	0,72403	0,02896	0,02218
2022	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	0,00000	0,00000

Formül (4.5)'ten yararlanılarak tüm kriterlerin yüzde değerleri hesaplanmıştır. Hesaplama sürecinde normalize matrisinde yer alan tüm değerlerin karesi alınmış

olup, PV_{ij} değerleri elde edilmiştir. Hesaplanan PV_{ij} değerleri Tablo 4.25'te sunulmuştur.

Tablo 4.25. Kriterlerin Yüzde Değerleri (PV_{ij})

Kriterler	Toplam1	Toplam2	Toplam3	Toplam4	Toplam5	Toplam6
Yıllar						
2013	0,00737	0,07601	0,13177	0,01360	1,00000	1,00000
2014	0,00625	0,10721	0,09185	0,02705	0,63349	0,80226
2015	0,00000	0,03055	0,00501	0,00027	0,48856	0,35451
2016	0,02000	0,03132	0,00000	0,00000	0,18997	0,16137
2017	0,04198	0,08578	0,05114	0,02112	0,09518	0,06077
2018	0,11034	0,16044	0,03215	0,07082	0,09933	0,05814
2019	0,11693	0,12578	0,00255	0,09062	0,16837	0,10434
2020	0,04663	0,00000	0,01151	0,03777	0,23652	0,13920
2021	0,20178	0,16345	0,18374	0,52422	0,00084	0,00049
2022	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	0,00000	0,00000
PV	31,82481	47,51166	28,71357	27,45872	53,15943	43,98732

Son aşamada Formül (4.6) yardımıyla kriterlerin objektif önem ağırlıkları tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular Tablo 4.26'da sunulmuştur.

Tablo 4.26. Kriterlerin Objektif Önem Ağırlıkları

Kriterler	Toplam1	Toplam2	Toplam3	Toplam4	Toplam5	Toplam6
Yıllar						
w_j	0,13679	0,20421	0,12342	0,11802	0,22849	0,18907

Türkiye özelinde 2013-2022 yılları arasında toplam taşımacılık modlarının kriterleri ile çevresel kriterlerin önem ağırlıkları LOPCOW Yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre en önemli kriter %22,85 ile Toplam5 (Toplam Taşıma Modları CO2 Emisyonu) olduğu bulgulanmıştır. Bu kriteri sırasıyla %20,42 önem ağırlığı ile Toplam2 (Toplam Lojistik Sektörü Hizmet İhracatı), %18,91 önem ağırlığı ile Toplam6 (Toplam Taşıma Modları Fosil Yakıt Tüketimi) kriterlerinin takip ettiği tespit edilmiştir. En düşük önem derecesine sahip kriter ise %11,80 ile Toplam4 (toplam taşıma modları ihracat) olduğu elde edilmiştir.

4.9. MARCOS Yöntemi Bulguları

Bu kısımda, 2013-2022 yılları arasındaki taşımacılık türlerine (karayolu taşımacılığı, havayolu taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı, demiryolu taşımacılığı ve toplam taşımacılık modları) dayalı çevresel performansın belirlenmesi için MARCOS Yöntemiyle analiz yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

4.9.1. MARCOS Yöntemi Karayolu Taşımacılık Modu Bulguları

Türkiye özelinde 2013-2022 yılları arasındaki karayolu taşımacılığı kapsamında; ithalat, ihracat, yük, yolcu, araç sayısı, CO₂ emisyonu ve fosil yakıt tüketimi kriterleri oluşturmaktadır. 10 yıllık periyot ise karar alternatiflerini oluşturmaktadır. Bu bağlamda formül (4.7) kullanılarak oluşturulan karar matrisi Tablo 4.27’de sunulmuştur.

Tablo 4.27. Karayolu Taşımacılık Modu Karar Matrisi

Kriterler	Karayolu1	Karayolu2	Karayolu3	Karayolu4	Karayolu5	Karayolu6	Karayolu7
Yıllar							
2013	43544972	57804104	224048	268178	17939447	62889	17677
2014	40577283	61133176	234492	276073	18828721	66967	18497
2015	37840932	51946113	244329	290734	19994472	69309	21525
2016	36716500	49537436	253139	300852	21090424	75595	23478
2017	40374083	50988408	262739	314734	22218945	78706	24731
2018	39129380	52222468	266502	329363	22865921	78907	24795
2019	37177012	54461860	267579	339601	23156975	76720	24109
2020	41883477	53127588	272913	228992	24144857	76601	24071
2021	48896681	68749376	311818	336188	25249119	86499	27166
2022	59447025	78837775	323512	348489	26482847	86408	27164

Formül (4.8) kullanılarak oluşturulan genişletilmiş karar matrisi, ideal (AI) ve anti-ideal (AAI) çözüm değerlerinin karar matrisine eklenmesiyle elde edilmiştir. İdeal ve anti-ideal değerler; maksimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.9)’dan, minimizasyon yönlü kriterler için ise Formül (4.10)’dan yararlanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Karayolu Taşımacılık Modu Genişletilmiş Karar Matrisi Tablo 4.28’de sunulmuştur.

Tablo 4.28. Karayolu Taşımacılık Modu Genişletilmiş Karar Matrisi

Kriterler	Karayolu1	Karayolu2	Karayolu3	Karayolu4	Karayolu5	Karayolu6	Karayolu7
Yıllar							
2013	43544972	57804104	224048	268178	17939447	62889	17677
2014	40577283	61133176	234492	276073	18828721	66967	18497
2015	37840932	51946113	244329	290734	19994472	69309	21525
2016	36716500	49537436	253139	300852	21090424	75595	23478
2017	40374083	50988408	262739	314734	22218945	78706	24731
2018	39129380	52222468	266502	329363	22865921	78907	24795
2019	37177012	54461860	267579	339601	23156975	76720	24109
2020	41883477	53127588	272913	228992	24144857	76601	24071
2021	48896681	68749376	311818	336188	25249119	86499	27166
2022	59447025	78837775	323512	348489	26482847	86408	27164
AAI	36716500	49537436	224048	228992	17939447	86499	27166
AI	59447025	78837775	323512	348489	26482847	62889	17677

Formül (4.11) kullanılarak oluşturulan genişletilmiş karar matrisinin normalizasyonunda; maksimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.12)'den, minimizasyon yönlü kriterler için ise Formül (4.13)'ten yararlanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Karayolu Taşımacılık Modu Normalize Genişletilmiş Karar Matrisi Tablo 4.29'da sunulmuştur.

Tablo 4.29. Karayolu Taşımacılık Modu Normalize Genişletilmiş Karar Matrisi

Kriterler	Karayolu1	Karayolu2	Karayolu3	Karayolu4	Karayolu5	Karayolu6	Karayolu7
Yıllar							
2013	0,73250	0,73320	0,69255	0,76955	0,67740	1,00000	1,00000
2014	0,68258	0,77543	0,72483	0,79220	0,71098	0,93910	0,95567
2015	0,63655	0,65890	0,75524	0,83427	0,75500	0,90737	0,82124
2016	0,61763	0,62835	0,78247	0,86330	0,79638	0,83192	0,75292
2017	0,67916	0,64675	0,81215	0,90314	0,83899	0,79904	0,71478
2018	0,65822	0,66240	0,82378	0,94512	0,86342	0,79700	0,71292
2019	0,62538	0,69081	0,82711	0,97450	0,87441	0,81972	0,73321
2020	0,70455	0,67388	0,84359	0,65710	0,91172	0,82099	0,73437
2021	0,82253	0,87204	0,96385	0,96470	0,95341	0,72705	0,65070
2022	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	0,72781	0,65076
AAI	0,61763	0,62835	0,69255	0,65710	0,67740	0,72705	0,65070
AI	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000

Ağırlıklandırılmış matris; bir önceki aşamada normalize edilen genişletilmiş karar matrisinin, Formül (4.14)'den yararlanılarak ağırlıklandırılmasıyla elde edilmiştir. Kriterlerin ağırlıkları (w_j) ise önceki kısımda belirlenmiştir (Bkz. Tablo 4.6).

Hesaplamalar sonucu oluşan Karayolu Taşımacılık Modu Ağırlıklandırılmış Matrisi Tablo 4.30'da sunulmuştur.

Tablo 4.30. Karayolu Taşımacılık Modu Ağırlıklandırılmış Matrisi

Kriterler	Karayolu1	Karayolu2	Karayolu3	Karayolu4	Karayolu5	Karayolu6	Karayolu7
Yıllar							
2013	0,05268	0,05852	0,10378	0,18108	0,12167	0,15599	0,12750
2014	0,04909	0,06189	0,10862	0,18641	0,12770	0,14649	0,12185
2015	0,04578	0,05259	0,11318	0,19631	0,13561	0,14154	0,10471
2016	0,04442	0,05015	0,11726	0,20314	0,14304	0,12977	0,09600
2017	0,04884	0,05162	0,12171	0,21252	0,15070	0,12464	0,09113
2018	0,04734	0,05287	0,12345	0,22239	0,15508	0,12432	0,09090
2019	0,04497	0,05514	0,12395	0,22931	0,15706	0,12787	0,09348
2020	0,05067	0,05379	0,12642	0,15462	0,16376	0,12807	0,09363
2021	0,05915	0,06960	0,14444	0,22700	0,17125	0,11341	0,08296
2022	0,07192	0,07982	0,14986	0,23531	0,17961	0,11353	0,08297
AAI	0,04442	0,05015	0,10378	0,15462	0,12167	0,11341	0,08296
AI	0,07192	0,07982	0,14986	0,23531	0,17961	0,15599	0,12750
w_j	0,07192	0,07982	0,14986	0,23531	0,17961	0,15599	0,12750

Bu aşamada öncelikle ağırlıklandırılmış karar matris elemanlarının toplamaları Formül (18)'den yararlanılarak belirlenmiştir. Devamında alternatiflerin ideal ve anti-ideal çözüme göre fayda dereceleri sırasıyla Formül (16) ve Formül (17)'den yararlanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Karayolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Dereceleri (K_i) Tablo 4.31'de sunulmuştur.

Tablo 4.31. Karayolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Dereceleri (K_i)

	S_i	K_i^+	K_i^-
2013	0,80122	0,80122	1,19404
2014	0,80205	0,80205	1,19527
2015	0,78971	0,78971	1,17688
2016	0,78378	0,78378	1,16804
2017	0,80116	0,80116	1,19394
2018	0,81635	0,81635	1,21659
2019	0,83178	0,83178	1,23957
2020	0,77095	0,77095	1,14892
2021	0,86782	0,86782	1,29328
2022	0,91301	0,91301	1,36064
AAI	0,67102		
AI	1,00000		

Bu aşamada öncelikle ideal ve anti-ideal fonksiyona göre fayda fonksiyonları sırasıyla Formül (4.20) ve Formül (4.21)'den yararlanılarak hesaplanmıştır. Sonrasında Formül (4.19)'dan yararlanılarak alternatiflerin fayda fonksiyonları hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Karayolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Fonksiyonları Tablo 4.32'de sunulmuştur.

Tablo 4.32. Karayolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Fonksiyonları

	S_i	K_i^+	K_i^-	$f(K_i^+)$	$f(K_i^-)$	$f(K_i)$
2013	0,80122	0,80122	1,19404	0,59844	0,40156	0,63115
2014	0,80205	0,80205	1,19527	0,59844	0,40156	0,63181
2015	0,78971	0,78971	1,17688	0,59844	0,40156	0,62209
2016	0,78378	0,78378	1,16804	0,59844	0,40156	0,61741
2017	0,80116	0,80116	1,19394	0,59844	0,40156	0,63110
2018	0,81635	0,81635	1,21659	0,59844	0,40156	0,64307
2019	0,83178	0,83178	1,23957	0,59844	0,40156	0,65522
2020	0,77095	0,77095	1,14892	0,59844	0,40156	0,60731
2021	0,86782	0,86782	1,29328	0,59844	0,40156	0,68362
2022	0,91301	0,91301	1,36064	0,59844	0,40156	0,71922
AAI	0,67102					
AI	1,00000					

Son aşamada, bir önceki aşamada hesaplanan alternatiflerin fayda fonksiyon değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Bu şekilde alternatiflerin nihai sıralaması tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular Tablo 4.33'de sunulmuştur.

Tablo 4.33. Karayolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Sıralaması

	S_i	K_i^+	K_i^-	$f(K_i^+)$	$f(K_i^-)$	$f(K_i)$	Sıralama
2013	0,80122	0,80122	1,19404	0,59844	0,40156	0,63115	6
2014	0,80205	0,80205	1,19527	0,59844	0,40156	0,63181	5
2015	0,78971	0,78971	1,17688	0,59844	0,40156	0,62209	8
2016	0,78378	0,78378	1,16804	0,59844	0,40156	0,61741	9
2017	0,80116	0,80116	1,19394	0,59844	0,40156	0,63110	7
2018	0,81635	0,81635	1,21659	0,59844	0,40156	0,64307	4
2019	0,83178	0,83178	1,23957	0,59844	0,40156	0,65522	3
2020	0,77095	0,77095	1,14892	0,59844	0,40156	0,60731	10
2021	0,86782	0,86782	1,29328	0,59844	0,40156	0,68362	2
2022	0,91301	0,91301	1,36064	0,59844	0,40156	0,71922	1
AAI	0,67102						
AI	1,00000						

Türkiye özelinde karayolu taşımacılık modunun 2013-2022 yılları arasındaki taşımacılık türlerine dayalı çevresel performansı MARCOS Yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre 10 yıllık periyodun nihai sıralamaları Tablo 4.33'de

yer almaktadır. Buna göre performansı en yüksek yılın 2022 olduğu tespit edilmiştir. 2022'yi sırasıyla 2021 ve 2019 yıllarının takip ettiği gözlenmiştir. Performansı en düşük yılın ise 2020 olduğu elde edilmiştir.

4.9.2. MARCOS Yöntemi Havayolu Taşımacılık Modu Bulguları

Türkiye özelinde 2013-2022 yılları arasındaki havayolu taşımacılığı kapsamında; ithalat, ihracat, yük, yolcu, uçak trafiği, CO₂ emisyonu ve fosil yakıt tüketimi kriterleri oluşturmaktadır. 10 yıllık periyot ise karar alternatiflerini oluşturmaktadır. Bu bağlamda formül (4.7) kullanılarak oluşturulan karar matrisi Tablo 4.34'da sunulmuştur.

Tablo 4.34. Havayolu Taşımacılık Modu Karar Matrisi

Kriterler	Havayolu1	Havayolu2	Havayolu3	Havayolu4	Havayolu5	Havayolu6	Havayolu7
Yıllar							
2013	32759358	13200118	2595317	149995868	1504973	3754	1177
2014	24889608	14388661	2893000	166181339	1678971	4090	1284
2015	20159751	17400190	3072831	181437004	1814958	4205	1319
2016	23107208	17908782	3076914	174153146	1829908	4281	1343
2017	34439948	17217240	3481211	193576844	1914017	3838	1194
2018	28756745	14127905	3855231	210947639	2017220	3688	1171
2019	29238406	14849231	4090168	208911338	2034430	3509	1102
2020	39260478	12732561	2490521	81703685	1055168	2164	678
2021	26057025	18735586	3432517	128350222	1466860	2856	895
2022	38582413	20687774	4163142	182225531	1883471	3367	1057

Formül (4.8) kullanılarak oluşturulan genişletilmiş karar matrisi, ideal (AI) ve anti-ideal (AAI) çözüm değerlerinin karar matrisine eklenmesiyle elde edilmiştir. İdeal ve anti-ideal değerler; maksimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.9)'dan, minimizasyon yönlü kriterler için ise Formül (4.10)'dan yararlanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Havayolu Taşımacılık Modu Genişletilmiş Karar Matrisi Tablo 4.35'te sunulmuştur.

Tablo 4.35. Havayolu Taşımacılık Modu Genişletilmiş Karar Matrisi

Kriterler	Havayolu1	Havayolu2	Havayolu3	Havayolu4	Havayolu5	Havayolu6	Havayolu7
Yıllar							
2013	32759358	13200118	2595317	149995868	1504973	3754	1177
2014	24889608	14388661	2893000	166181339	1678971	4090	1284
2015	20159751	17400190	3072831	181437004	1814958	4205	1319
2016	23107208	17908782	3076914	174153146	1829908	4281	1343
2017	34439948	17217240	3481211	193576844	1914017	3838	1194
2018	28756745	14127905	3855231	210947639	2017220	3688	1171
2019	29238406	14849231	4090168	208911338	2034430	3509	1102
2020	39260478	12732561	2490521	81703685	1055168	2164	678
2021	26057025	18735586	3432517	128350222	1466860	2856	895
2022	38582413	20687774	4163142	182225531	1883471	3367	1057
AAI	20159751	12732561	2490521	81703685	1055168	4281	1343
AI	39260478	20687774	4163142	210947639	2034430	2164	678

Formül (4.11) kullanılarak oluşturulan genişletilmiş karar matrisinin normalizasyonunda; maksimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.12)'den, minimizasyon yönlü kriterler için ise Formül (4.13)'ten yararlanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Havayolu Taşımacılık Modu Normalize Genişletilmiş Karar Matrisi Tablo 4.36'da sunulmuştur.

Tablo 4.36. Havayolu Taşımacılık Modu Normalize Genişletilmiş Karar Matrisi

Kriterler	Havayolu1	Havayolu2	Havayolu3	Havayolu4	Havayolu5	Havayolu6	Havayolu7
Yıllar							
2013	0,83441	0,63806	0,62340	0,71106	0,73975	0,57645	0,57607
2014	0,63396	0,69552	0,69491	0,78778	0,82528	0,52910	0,52806
2015	0,51349	0,84109	0,73810	0,86010	0,89212	0,51463	0,51396
2016	0,58856	0,86567	0,73908	0,82558	0,89947	0,50549	0,50486
2017	0,87722	0,83224	0,83620	0,91765	0,94081	0,56384	0,56766
2018	0,73246	0,68291	0,92604	1,00000	0,99154	0,58677	0,57898
2019	0,74473	0,71778	0,98247	0,99035	1,00000	0,61670	0,61524
2020	1,00000	0,61546	0,59823	0,38732	0,51866	1,00000	1,00000
2021	0,66370	0,90564	0,82450	0,60845	0,72102	0,75770	0,75723
2022	0,98273	1,00000	1,00000	0,86384	0,92580	0,64273	0,64134
AAI	0,51349	0,61546	0,59823	0,38732	0,51866	0,50549	0,50486
AI	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000

Ağırlıklandırılmış matris; bir önceki aşamada normalize edilen genişletilmiş karar matrisinin, Formül (4.14)'den yararlanılarak ağırlıklandırılmasıyla elde edilmiştir. Kriterlerin ağırlıkları (w_j) ise önceki kısımda belirlenmiştir (Bkz. Tablo 4.11).

Hesaplamalar sonucu oluşan Havayolu Taşımacılık Modu Ağırlıklandırılmış Matrisi Tablo 4.37’de sunulmuştur.

Tablo 4.37. Havayolu Taşımacılık Modu Ağırlıklandırılmış Matrisi

Kriterler	Havayolu1	Havayolu2	Havayolu3	Havayolu4	Havayolu5	Havayolu6	Havayolu7
Yıllar							
2013	0,11732	0,07456	0,08100	0,15344	0,16014	0,05212	0,05180
2014	0,08913	0,08127	0,09029	0,17000	0,17866	0,04784	0,04748
2015	0,07220	0,09829	0,09590	0,18560	0,19313	0,04653	0,04621
2016	0,08275	0,10116	0,09603	0,17815	0,19472	0,04571	0,04540
2017	0,12334	0,09725	0,10865	0,19802	0,20367	0,05098	0,05104
2018	0,10298	0,07980	0,12032	0,21579	0,21465	0,05306	0,05206
2019	0,10471	0,08388	0,12765	0,21371	0,21648	0,05576	0,05532
2020	0,14060	0,07192	0,07773	0,08358	0,11228	0,09042	0,08992
2021	0,09332	0,10583	0,10713	0,13130	0,15609	0,06851	0,06809
2022	0,13817	0,11686	0,12993	0,18641	0,20042	0,05812	0,05767
AAI	0,07220	0,07192	0,07773	0,08358	0,11228	0,04571	0,04540
AI	0,14060	0,11686	0,12993	0,21579	0,21648	0,09042	0,08992
w_j	0,14060	0,11686	0,12993	0,21579	0,21648	0,09042	0,08992

Bu aşamada öncelikle ağırlıklandırılmış karar matris elemanlarının toplamaları Formül (18)’den yararlanılarak belirlenmiştir. Devamında alternatiflerin ideal ve anti-ideal çözüme göre fayda dereceleri sırasıyla Formül (16) ve Formül (17)’den yararlanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Havayolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Dereceleri (K_i) Tablo 4.38’de sunulmuştur.

Tablo 4.38. Havayolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Dereceleri (K_i)

	S_i	K_i^+	K_i^-
2013	0,69038	0,69038	1,35687
2014	0,70468	0,70468	1,38496
2015	0,73786	0,73786	1,45018
2016	0,74392	0,74392	1,46207
2017	0,83295	0,83295	1,63707
2018	0,83867	0,83867	1,64830
2019	0,85751	0,85751	1,68534
2020	0,66645	0,66645	1,30982
2021	0,73026	0,73026	1,43523
2022	0,88757	0,88757	1,74441
AAI	0,50881		
AI	1,00000		

Bu aşamada öncelikle ideal ve anti-ideal fonksiyona göre fayda fonksiyonları sırasıyla Formül (4.20) ve Formül (4.21)'den yararlanılarak hesaplanmıştır. Sonrasında Formül (4.19)'dan yararlanılarak alternatiflerin fayda fonksiyonları hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Havayolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Fonksiyonları Tablo 4.39'da sunulmuştur.

Tablo 4.39. Havayolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Fonksiyonları

	S_i	K_i^+	K_i^-	$f(K_i^+)$	$f(K_i^-)$	$f(K_i)$
2013	0,69038	0,69038	1,35687	0,66277	0,33723	0,58927
2014	0,70468	0,70468	1,38496	0,66277	0,33723	0,60148
2015	0,73786	0,73786	1,45018	0,66277	0,33723	0,62980
2016	0,74392	0,74392	1,46207	0,66277	0,33723	0,63497
2017	0,83295	0,83295	1,63707	0,66277	0,33723	0,71096
2018	0,83867	0,83867	1,64830	0,66277	0,33723	0,71584
2019	0,85751	0,85751	1,68534	0,66277	0,33723	0,73193
2020	0,66645	0,66645	1,30982	0,66277	0,33723	0,56884
2021	0,73026	0,73026	1,43523	0,66277	0,33723	0,62331
2022	0,88757	0,88757	1,74441	0,66277	0,33723	0,75758
AAI	0,50881					
AI	1,00000					

Son aşamada, bir önceki aşamada hesaplanan alternatiflerin fayda fonksiyon değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Bu şekilde alternatiflerin nihai sıralaması tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular Tablo 4.40'da sunulmuştur.

Tablo 4.40. Havayolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Sıralaması

	S_i	K_i^+	K_i^-	$f(K_i^+)$	$f(K_i^-)$	$f(K_i)$	Sıralama
2013	0,69038	0,69038	1,35687	0,66277	0,33723	0,58927	9
2014	0,70468	0,70468	1,38496	0,66277	0,33723	0,60148	8
2015	0,73786	0,73786	1,45018	0,66277	0,33723	0,62980	6
2016	0,74392	0,74392	1,46207	0,66277	0,33723	0,63497	5
2017	0,83295	0,83295	1,63707	0,66277	0,33723	0,71096	4
2018	0,83867	0,83867	1,64830	0,66277	0,33723	0,71584	3
2019	0,85751	0,85751	1,68534	0,66277	0,33723	0,73193	2
2020	0,66645	0,66645	1,30982	0,66277	0,33723	0,56884	10
2021	0,73026	0,73026	1,43523	0,66277	0,33723	0,62331	7
2022	0,88757	0,88757	1,74441	0,66277	0,33723	0,75758	1
AAI	0,50881						
AI	1,00000						

Türkiye özelinde havayolu taşımacılık modunun 2013-2022 yılları arasındaki taşımacılık türlerine dayalı çevresel performansı MARCOS Yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre 10 yıllık periyodun nihai sıralamaları Tablo 4.40'da

yer almaktadır. Buna göre performansı en yüksek yılın 2022 olduğu tespit edilmiştir. 2022'yi sırasıyla 2019 ve 2018 yıllarının takip ettiği gözlenmiştir. Performansı en düşük yılın ise 2020 olduğu elde edilmiştir.

4.9.3. MARCOS Yöntemi Denizyolu Taşımacılık Modu Bulguları

Türkiye özelinde 2013-2022 yılları arasındaki denizyolu taşımacılığı kapsamında; ithalat, ihracat, yük, yolcu, araç sayısı, CO₂ emisyonu ve fosil yakıt tüketimi kriterleri oluşturmaktadır. 10 yıllık periyot ise karar alternatiflerini oluşturmaktadır. Bu bağlamda formül (4.7) kullanılarak oluşturulan karar matrisi Tablo 4.41'de sunulmuştur.

Tablo 4.41. Denizyolu Taşımacılık Modu Karar Matrisi

Kriterler	Denizyolu1	Denizyolu2	Denizyolu3	Denizyolu4	Denizyolu5	Denizyolu6	Denizyolu7
Yıllar							
2013	146444550	88197732	384930758	1317586	1909	1154	384
2014	147778523	88900953	383120619	1425747	1888	1348	417
2015	126868187	79762173	416036695	1440691	1895	1147	183
2016	121013276	80139270	430201162	1078110	1951	970	46
2017	138596809	93378625	471173896	1239255	1999	944	380
2018	136737402	108802681	460153560	1217642	2025	931	383
2019	112967845	109114264	484168412	1439403	2024	1217	383
2020	114838355	100907927	496642652	177483	2053	1264	398
2021	157390931	133714269	526306784	158013	2100	1128	357
2022	193796320	150294432	542610283	1325639	2102	1147	360

Formül (4.8) kullanılarak oluşturulan genişletilmiş karar matrisi, ideal (AI) ve anti-ideal (AAI) çözüm değerlerinin karar matrisine eklenmesiyle elde edilmiştir. İdeal ve anti-ideal değerler; maksimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.9)'dan, minimizasyon yönlü kriterler için ise Formül (4.10)'dan yararlanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Denizyolu Taşımacılık Modu Genişletilmiş Karar Matrisi Tablo 4.42'de sunulmuştur.

Tablo 4.42. Denizyolu Taşımacılık Modu Genişletilmiş Karar Matrisi

Kriterler	Denizyolu1	Denizyolu2	Denizyolu3	Denizyolu4	Denizyolu5	Denizyolu6	Denizyolu7
Yıllar							
2013	146444550	88197732	384930758	1317586	1909	1154	384
2014	147778523	88900953	383120619	1425747	1888	1348	417
2015	126868187	79762173	416036695	1440691	1895	1147	183
2016	121013276	80139270	430201162	1078110	1951	970	46
2017	138596809	93378625	471173896	1239255	1999	944	380
2018	136737402	108802681	460153560	1217642	2025	931	383
2019	112967845	109114264	484168412	1439403	2024	1217	383
2020	114838355	100907927	496642652	177483	2053	1264	398
2021	157390931	133714269	526306784	158013	2100	1128	357
2022	193796320	150294432	542610283	1325639	2102	1147	360
AAI	112967845	79762173	383120619	158013	1888	1348	417
AI	193796320	150294432	542610283	1440691	2102	931	46

Formül (4.11) kullanılarak oluşturulan genişletilmiş karar matrisinin normalizasyonunda; maksimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.12)'den, minimizasyon yönlü kriterler için ise Formül (4.13)'ten yararlanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Denizyolu Taşımacılık Modu Normalize Genişletilmiş Karar Matrisi Tablo 4.43'te sunulmuştur.

Tablo 4.43. Denizyolu Taşımacılık Modu Normalize Genişletilmiş Karar Matrisi

Kriterler	Denizyolu1	Denizyolu2	Denizyolu3	Denizyolu4	Denizyolu5	Denizyolu6	Denizyolu7
Yıllar							
2013	0,75566	0,58683	0,70941	0,91455	0,90818	0,80676	0,11979
2014	0,76255	0,59151	0,70607	0,98963	0,89819	0,69065	0,11031
2015	0,65465	0,53071	0,76673	1,00000	0,90152	0,81168	0,25177
2016	0,62444	0,53322	0,79284	0,74833	0,92816	0,95979	1,00000
2017	0,71517	0,62130	0,86835	0,86018	0,95100	0,98623	0,12106
2018	0,70557	0,72393	0,84804	0,84518	0,96337	1,00000	0,12007
2019	0,58292	0,72600	0,89229	0,99911	0,96289	0,76500	0,12022
2020	0,59257	0,67140	0,91528	0,12319	0,97669	0,73655	0,11545
2021	0,81215	0,88968	0,96995	0,10968	0,99905	0,82535	0,12903
2022	1,00000	1,00000	1,00000	0,92014	1,00000	0,81174	0,12767
AAI	0,58292	0,53071	0,70607	0,10968	0,89819	0,69065	0,11031
AI	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000

Ağırlıklandırılmış matris; bir önceki aşamada normalize edilen genişletilmiş karar matrisinin, Formül (4.14)'den yararlanılarak ağırlıklandırılmasıyla elde edilmiştir. Kriterlerin ağırlıkları (w_j) ise önceki kısımda belirlenmiştir (Bkz. Tablo 4.16). Hesaplamalar sonucu oluşan Denizyolu Taşımacılık Modu Ağırlıklandırılmış Matrisi Tablo 4.44'te sunulmuştur.

Tablo 4.44. Denizyolu Taşımacılık Modu Ağırlıklandırılmış Matrisi

Kriterler	Denizyolu1	Denizyolu2	Denizyolu3	Denizyolu4	Denizyolu5	Denizyolu6	Denizyolu7
Yıllar							
2013	0,08770	0,05944	0,11217	0,20750	0,13595	0,15428	0,00679
2014	0,08850	0,05992	0,11164	0,22454	0,13446	0,13207	0,00626
2015	0,07598	0,05376	0,12123	0,22689	0,13496	0,15522	0,01428
2016	0,07247	0,05401	0,12536	0,16979	0,13894	0,18354	0,05671
2017	0,08300	0,06294	0,13730	0,19517	0,14236	0,18860	0,00687
2018	0,08189	0,07333	0,13409	0,19176	0,14421	0,19123	0,00681
2019	0,06765	0,07354	0,14109	0,22669	0,14414	0,14629	0,00682
2020	0,06877	0,06801	0,14472	0,02795	0,14621	0,14085	0,00655
2021	0,09425	0,09012	0,15336	0,02489	0,14956	0,15783	0,00732
2022	0,11605	0,10130	0,15811	0,20877	0,14970	0,15523	0,00724
AAI	0,06765	0,05376	0,11164	0,02489	0,13446	0,13207	0,00626
AI	0,11605	0,10130	0,15811	0,22689	0,14970	0,19123	0,05671
w_j	0,11605	0,10130	0,15811	0,22689	0,14970	0,19123	0,05671

Bu aşamada öncelikle ağırlıklandırılmış karar matris elemanlarının toplamaları Formül (18)'den yararlanılarak belirlenmiştir. Devamında alternatiflerin ideal ve anti-ideal çözüme göre fayda dereceleri sırasıyla Formül (16) ve Formül (17)'den yararlanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Denizyolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Dereceleri (K_i) Tablo 4.45'te sunulmuştur.

Tablo 4.45. Denizyolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Dereceleri (K_i)

	S_i	K_i^+	K_i^-
2013	0,76384	0,76384	1,43924
2014	0,75738	0,75738	1,42707
2015	0,78231	0,78231	1,47405
2016	0,80083	0,80083	1,50894
2017	0,81623	0,81623	1,53795
2018	0,82332	0,82332	1,55132
2019	0,80622	0,80622	1,51909
2020	0,60306	0,60306	1,13630
2021	0,67733	0,67733	1,27624
2022	0,89641	0,89641	1,68903
AAI	0,53072		
AI	1,00000		

Bu aşamada öncelikle ideal ve anti-ideal fonksiyona göre fayda fonksiyonları sırasıyla Formül (4.20) ve Formül (4.21)'den yararlanılarak hesaplanmıştır. Sonrasında Formül (4.19)'dan yararlanılarak alternatiflerin fayda fonksiyonları

hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Denizyolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Fonksiyonları Tablo 4.46’da sunulmuştur.

Tablo 4.46. Denizyolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Fonksiyonları

	S_i	K_i^+	K_i^-	$f(K_i^+)$	$f(K_i^-)$	$f(K_i)$
2013	0,76384	0,76384	1,43924	0,65329	0,34671	0,64513
2014	0,75738	0,75738	1,42707	0,65329	0,34671	0,63967
2015	0,78231	0,78231	1,47405	0,65329	0,34671	0,66073
2016	0,80083	0,80083	1,50894	0,65329	0,34671	0,67637
2017	0,81623	0,81623	1,53795	0,65329	0,34671	0,68937
2018	0,82332	0,82332	1,55132	0,65329	0,34671	0,69537
2019	0,80622	0,80622	1,51909	0,65329	0,34671	0,68092
2020	0,60306	0,60306	1,13630	0,65329	0,34671	0,50934
2021	0,67733	0,67733	1,27624	0,65329	0,34671	0,57207
2022	0,89641	0,89641	1,68903	0,65329	0,34671	0,75709
AAI	0,53072					
AI	1,00000					

Son aşamada, bir önceki aşamada hesaplanan alternatiflerin fayda fonksiyon değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Bu şekilde alternatiflerin nihai sıralaması tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular Tablo 4.47’de sunulmuştur.

Tablo 4.47. Denizyolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Sıralaması

	S_i	K_i^+	K_i^-	$f(K_i^+)$	$f(K_i^-)$	$f(K_i)$	Sıralama
2013	0,76384	0,76384	1,43924	0,65329	0,34671	0,64513	7
2014	0,75738	0,75738	1,42707	0,65329	0,34671	0,63967	8
2015	0,78231	0,78231	1,47405	0,65329	0,34671	0,66073	6
2016	0,80083	0,80083	1,50894	0,65329	0,34671	0,67637	5
2017	0,81623	0,81623	1,53795	0,65329	0,34671	0,68937	3
2018	0,82332	0,82332	1,55132	0,65329	0,34671	0,69537	2
2019	0,80622	0,80622	1,51909	0,65329	0,34671	0,68092	4
2020	0,60306	0,60306	1,13630	0,65329	0,34671	0,50934	10
2021	0,67733	0,67733	1,27624	0,65329	0,34671	0,57207	9
2022	0,89641	0,89641	1,68903	0,65329	0,34671	0,75709	1
AAI	0,53072						
AI	1,00000						

Türkiye özelinde denizyolu taşımacılık modunun 2013-2022 yılları arasındaki taşımacılık türlerine dayalı çevresel performansı MARCOS Yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre 10 yıllık periyodun nihai sıralamaları Tablo 4.47’da yer almaktadır. Buna göre performansı en yüksek yılın 2022 olduğu tespit edilmiştir.

2022'yi sırasıyla 2018 ve 2017 yıllarının takip ettiği gözlenmiştir. Performansı en düşük yılın ise 2020 olduğu elde edilmiştir.

4.9.4. MARCOS Yöntemi Demiryolu Taşımacılık Modu Bulguları

Türkiye özelinde 2013-2022 yılları arasındaki demiryolu taşımacılığı kapsamında; ithalat, ihracat, yük, yolcu, demiryolu uzunluğu, CO₂ emisyonu ve fosil yakıt tüketimi kriterleri oluşturmaktadır. 10 yıllık periyot ise karar alternatiflerini oluşturmaktadır. Bu bağlamda formül (4.7) kullanılarak oluşturulan karar matrisi Tablo 4.48'de sunulmuştur.

Tablo 4.48. Demiryolu Taşımacılık Modu Karar Matrisi

Kriterler	Demiryolu1	Demiryolu2	Demiryolu3	Demiryolu4	Demiryolu5	Demiryolu6	Demiryolu7
Yıllar							
2013	1784905	994652	26597	107645	9718	505	142
2014	1253892	964170	28747	153600	10087	562	157
2015	1434902	861740	25878	182760	10131	480	135
2016	1768602	673816	25886	176633	10131	374	105
2017	1294504	699915	28469	182671	10207	413	118
2018	1299419	753544	31673	185930	10315	435	124
2019	1447897	971021	33536	246010	10378	400	114
2020	2144863	1287765	34552	148639	10378	323	92
2021	2891134	1648442	38157	191586	10546	356	102
2022	2967903	2457286	38897	321062	10651	505	146

Formül (4.8) kullanılarak oluşturulan genişletilmiş karar matrisi, ideal (AI) ve anti-ideal (AAI) çözüm değerlerinin karar matrisine eklenmesiyle elde edilmiştir. İdeal ve anti-ideal değerler; maksimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.9)'dan, minimizasyon yönlü kriterler için ise Formül (4.10)'dan yararlanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Demiryolu Taşımacılık Modu Genişletilmiş Karar Matrisi Tablo 4.49'da sunulmuştur.

Tablo 4.49. Demiryolu Taşımacılık Modu Genişletilmiş Karar Matrisi

Kriterler	Demiryolu1	Demiryolu2	Demiryolu3	Demiryolu4	Demiryolu5	Demiryolu6	Demiryolu7
Yıllar							
2013	1784905	994652	26597	107645	9718	505	142
2014	1253892	964170	28747	153600	10087	562	157
2015	1434902	861740	25878	182760	10131	480	135
2016	1768602	673816	25886	176633	10131	374	105
2017	1294504	699915	28469	182671	10207	413	118
2018	1299419	753544	31673	185930	10315	435	124
2019	1447897	971021	33536	246010	10378	400	114
2020	2144863	1287765	34552	148639	10378	323	92
2021	2891134	1648442	38157	191586	10546	356	102
2022	2967903	2457286	38897	321062	10651	505	146
AAI	1253892	673816	25878	107645	9718	562	157
AI	2967903	2457286	38897	321062	10651	323	92

Formül (4.11) kullanılarak oluşturulan genişletilmiş karar matrisinin normalizasyonunda; maksimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.12)'den, minimizasyon yönlü kriterler için ise Formül (4.13)'ten yararlanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Demiryolu Taşımacılık Modu Normalize Genişletilmiş Karar Matrisi Tablo 4.50'de sunulmuştur.

Tablo 4.50. Demiryolu Taşımacılık Modu Normalize Genişletilmiş Karar Matrisi

Kriterler	Demiryolu1	Demiryolu2	Demiryolu3	Demiryolu4	Demiryolu5	Demiryolu6	Demiryolu7
Yıllar							
2013	0,60140	0,40478	0,68378	0,33528	0,91240	0,63960	0,64925
2014	0,42248	0,39237	0,73905	0,47841	0,94705	0,57473	0,58722
2015	0,48347	0,35069	0,66530	0,56924	0,95118	0,67292	0,68317
2016	0,59591	0,27421	0,66550	0,55015	0,95118	0,86364	0,87586
2017	0,43617	0,28483	0,73191	0,56896	0,95831	0,78208	0,78253
2018	0,43782	0,30666	0,81428	0,57911	0,96845	0,74253	0,74355
2019	0,48785	0,39516	0,86217	0,76624	0,97437	0,80750	0,80781
2020	0,72269	0,52406	0,88829	0,46296	0,97437	1,00000	1,00000
2021	0,97413	0,67084	0,98098	0,59673	0,99014	0,90730	0,90716
2022	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	0,63918	0,63224
AAI	0,42248	0,27421	0,66530	0,33528	0,91240	0,57473	0,58722
AI	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000

Ağırlıklandırılmış matris; bir önceki aşamada normalize edilen genişletilmiş karar matrisinin, Formül (4.14)'den yararlanılarak ağırlıklandırılmasıyla elde edilmiştir. Kriterlerin ağırlıkları (w_j) ise önceki kısımda belirlenmiştir (Bkz. Tablo 4.21).

Hesaplamalar sonucu oluşan Demiryolu Taşımacılık Modu Ağırlıklandırılmış Matrisi Tablo 4.51’de sunulmuştur.

Tablo 4.51. Demiryolu Taşımacılık Modu Ağırlıklandırılmış Matrisi

Kriterler	Demiryolu1	Demiryolu2	Demiryolu3	Demiryolu4	Demiryolu5	Demiryolu6	Demiryolu7
Yıllar							
2013	0,04586	0,02700	0,07303	0,05123	0,21258	0,11968	0,11513
2014	0,03222	0,02617	0,07893	0,07311	0,22065	0,10754	0,10413
2015	0,03687	0,02339	0,07105	0,08698	0,22161	0,12591	0,12115
2016	0,04544	0,01829	0,07107	0,08407	0,22161	0,16159	0,15532
2017	0,03326	0,01900	0,07817	0,08694	0,22327	0,14634	0,13877
2018	0,03339	0,02046	0,08696	0,08849	0,22564	0,13893	0,13186
2019	0,03720	0,02636	0,09208	0,11709	0,22701	0,15109	0,14325
2020	0,05511	0,03496	0,09487	0,07074	0,22701	0,18711	0,17733
2021	0,07429	0,04475	0,10476	0,09119	0,23069	0,16977	0,16087
2022	0,07626	0,06671	0,10680	0,15281	0,23299	0,11960	0,11212
AAI	0,03222	0,01829	0,07105	0,05123	0,21258	0,10754	0,10413
AI	0,07626	0,06671	0,10680	0,15281	0,23299	0,18711	0,17733
w_j	0,07626	0,06671	0,10680	0,15281	0,23299	0,18711	0,17733

Bu aşamada öncelikle ağırlıklandırılmış karar matris elemanlarının toplamaları Formül (18)’den yararlanılarak belirlenmiştir. Devamında alternatiflerin ideal ve anti-ideal çözüme göre fayda dereceleri sırasıyla Formül (16) ve Formül (17)’den yararlanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Demiryolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Dereceleri (K_i) Tablo 4.52’de sunulmuştur.

Tablo 4.52. Demiryolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Dereceleri (K_i)

	S_i	K_i^+	K_i^-
2013	0,64451	0,64451	1,07950
2014	0,64275	0,64275	1,07655
2015	0,68697	0,68697	1,15061
2016	0,75740	0,75740	1,26859
2017	0,72575	0,72575	1,21557
2018	0,72573	0,72573	1,21553
2019	0,79409	0,79409	1,33003
2020	0,84714	0,84714	1,41889
2021	0,87631	0,87631	1,46775
2022	0,86727	0,86727	1,45261
AAI	0,59704		
AI	1,00000		

Bu aşamada öncelikle ideal ve anti-ideal fonksiyona göre fayda fonksiyonları sırasıyla Formül (4.20) ve Formül (4.21)'den yararlanılarak hesaplanmıştır. Sonrasında Formül (4.19)'dan yararlanılarak alternatiflerin fayda fonksiyonları hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Demiryolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Fonksiyonları Tablo 4.53'de sunulmuştur.

Tablo 4.53. Demiryolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Fayda Fonksiyonları

	S_i	K_i^+	K_i^-	$f(K_i^+)$	$f(K_i^-)$	$f(K_i)$
2013	0,64451	0,64451	1,07950	0,62616	0,37384	0,52690
2014	0,64275	0,64275	1,07655	0,62616	0,37384	0,52546
2015	0,68697	0,68697	1,15061	0,62616	0,37384	0,56161
2016	0,75740	0,75740	1,26859	0,62616	0,37384	0,61920
2017	0,72575	0,72575	1,21557	0,62616	0,37384	0,59332
2018	0,72573	0,72573	1,21553	0,62616	0,37384	0,59330
2019	0,79409	0,79409	1,33003	0,62616	0,37384	0,64919
2020	0,84714	0,84714	1,41889	0,62616	0,37384	0,69256
2021	0,87631	0,87631	1,46775	0,62616	0,37384	0,71641
2022	0,86727	0,86727	1,45261	0,62616	0,37384	0,70902
AAI	0,59704					
AI	1,00000					

Son aşamada, bir önceki aşamada hesaplanan alternatiflerin fayda fonksiyon değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Bu şekilde alternatiflerin nihai sıralaması tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular Tablo 4.54'te sunulmuştur.

Tablo 4.54. Demiryolu Taşımacılık Modu Alternatiflerin Sıralaması

	S_i	K_i^+	K_i^-	$f(K_i^+)$	$f(K_i^-)$	$f(K_i)$	Sıralama
2013	0,64451	0,64451	1,07950	0,62616	0,37384	0,52690	9
2014	0,64275	0,64275	1,07655	0,62616	0,37384	0,52546	10
2015	0,68697	0,68697	1,15061	0,62616	0,37384	0,56161	8
2016	0,75740	0,75740	1,26859	0,62616	0,37384	0,61920	5
2017	0,72575	0,72575	1,21557	0,62616	0,37384	0,59332	6
2018	0,72573	0,72573	1,21553	0,62616	0,37384	0,59330	7
2019	0,79409	0,79409	1,33003	0,62616	0,37384	0,64919	4
2020	0,84714	0,84714	1,41889	0,62616	0,37384	0,69256	3
2021	0,87631	0,87631	1,46775	0,62616	0,37384	0,71641	1
2022	0,86727	0,86727	1,45261	0,62616	0,37384	0,70902	2
AAI	0,59704						
AI	1,00000						

Türkiye özelinde demiryolu taşımacılık modunun 2013-2022 yılları arasındaki taşımacılık türlerine dayalı çevresel performansı MARCOS Yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre 10 yıllık periyodun nihai sıralamaları Tablo 4.54’te yer almaktadır. Buna göre performansı en yüksek yılın 2021 olduğu tespit edilmiştir. 2021’yi sırasıyla 2022 ve 2020 yıllarının takip ettiği gözlenmiştir. Performansı en düşük yılın ise 2014 olduğu elde edilmiştir.

4.9.5. MARCOS Yöntemi Toplam Taşımacılık Modları Bulguları

Türkiye özelinde 2013-2022 yılları arasındaki toplam taşımacılık modları kapsamında; toplam lojistik sektörü hizmet ithalatı, toplam lojistik sektörü hizmet ihracatı, toplam taşıma modları ithalatı, toplam taşıma modları ihracatı, toplam taşıma modları CO₂ emisyonu ve toplam taşıma modları fosil yakıt tüketimi kriterleri oluşturmaktadır. 10 yıllık periyot ise karar alternatiflerini oluşturmaktadır. Bu bağlamda formül (4.7) kullanılarak oluşturulan karar matrisi Tablo 4.55’te sunulmuştur.

Tablo 4.55. Karar Matrisi

Kriterler	Toplam1	Toplam2	Toplam3	Toplam4	Toplam5	Toplam6
Yıllar						
2013	6354000	21769000	260822803	161480915	68865	19380
2014	6268000	22835000	251142429	166504862	73559	20355
2015	5274000	19689000	213619211	150982114	75789	23162
2016	7053000	19734000	202189242	149246999	81841	24972
2017	7851000	22123000	238715128	164494619	84770	26423
2018	9452000	24342000	231152483	177168756	84617	26473
2019	9575000	23396000	210345203	180832722	82428	25708
2020	7990000	16087000	219516807	169637755	80680	25240
2021	10924000	24419000	271425553	225214458	91200	28520
2022	17852000	36696000	363710575	254169748	91866	28727

Formül (4.8) kullanılarak oluşturulan genişletilmiş karar matrisi, ideal (AI) ve anti-ideal (AAI) çözüm değerlerinin karar matrisine eklenmesiyle elde edilmiştir. İdeal ve anti-ideal değerler; maksimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.9)’dan, minimizasyon yönlü kriterler için ise Formül (4.10)’dan yararlanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Toplam Taşımacılık Modları Genişletilmiş Karar Matrisi Tablo 4.56’da sunulmuştur.

Tablo 4.56. Genişletilmiş Karar Matrisi

Kriterler	Toplam1	Toplam2	Toplam3	Toplam4	Toplam5	Toplam6
Yıllar						
2013	6354000	21769000	260822803	161480915	68865	19380
2014	6268000	22835000	251142429	166504862	73559	20355
2015	5274000	19689000	213619211	150982114	75789	23162
2016	7053000	19734000	202189242	149246999	81841	24972
2017	7851000	22123000	238715128	164494619	84770	26423
2018	9452000	24342000	231152483	177168756	84617	26473
2019	9575000	23396000	210345203	180832722	82428	25708
2020	7990000	16087000	219516807	169637755	80680	25240
2021	10924000	24419000	271425553	225214458	91200	28520
2022	17852000	36696000	363710575	254169748	91866	28727
AAI	5274000	16087000	202189242	149246999	91866	28727
AI	17852000	36696000	363710575	254169748	68865	19380

Formül (4.11) kullanılarak oluşturulan genişletilmiş karar matrisinin normalizasyonunda; maksimizasyon yönlü kriterler için Formül (4.12)'den, minimizasyon yönlü kriterler için ise Formül (4.13)'ten yararlanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Toplam Taşımacılık Modları Normalize Genişletilmiş Karar Matrisi Tablo 4.57'de sunulmuştur.

Tablo 4.57. Normalize Genişletilmiş Karar Matrisi

Kriterler	Toplam1	Toplam2	Toplam3	Toplam4	Toplam5	Toplam6
Yıllar						
2013	0,35593	0,59323	0,71712	0,63533	1,00000	1,00000
2014	0,35111	0,62227	0,69050	0,65509	0,93619	0,95210
2015	0,29543	0,53654	0,58733	0,59402	0,90864	0,83672
2016	0,39508	0,53777	0,55591	0,58719	0,84145	0,77606
2017	0,43978	0,60287	0,65633	0,64718	0,81237	0,73346
2018	0,52946	0,66334	0,63554	0,69705	0,81384	0,73206
2019	0,53635	0,63756	0,57833	0,71146	0,83546	0,75386
2020	0,44757	0,43839	0,60355	0,66742	0,85356	0,76784
2021	0,61192	0,66544	0,74627	0,88608	0,75510	0,67953
2022	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	0,74962	0,67462
AAI	0,29543	0,43839	0,55591	0,58719	0,74962	0,67462
AI	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000

Ağırlıklandırılmış matris; bir önceki aşamada normalize edilen genişletilmiş karar matrisinin, Formül (4.14)'den yararlanılarak ağırlıklandırılmasıyla elde edilmiştir. Kriterlerin ağırlıkları (w_j) ise önceki kısımda belirlenmiştir (Bkz. Tablo 4.26).

Hesaplamalar sonucu oluşan Toplam Taşımacılık Modları Ağırlıklandırılmış Matrisi Tablo 4.58’de sunulmuştur.

Tablo 4.58. Ağırlıklandırılmış Matris

Kriterler	Toplam1	Toplam2	Toplam3	Toplam4	Toplam5	Toplam6
Yıllar						
2013	0,04869	0,12115	0,08850	0,07498	0,22849	0,18907
2014	0,04803	0,12708	0,08522	0,07732	0,21391	0,18001
2015	0,04041	0,10957	0,07249	0,07011	0,20762	0,15820
2016	0,05404	0,10982	0,06861	0,06930	0,19226	0,14673
2017	0,06016	0,12312	0,08100	0,07638	0,18562	0,13867
2018	0,07243	0,13546	0,07844	0,08227	0,18596	0,13841
2019	0,07337	0,13020	0,07138	0,08397	0,19089	0,14253
2020	0,06122	0,08952	0,07449	0,07877	0,19503	0,14517
2021	0,08370	0,13589	0,09210	0,10458	0,17253	0,12848
2022	0,13679	0,20421	0,12342	0,11802	0,17128	0,12755
AAI	0,04041	0,08952	0,06861	0,06930	0,17128	0,12755
AI	0,13679	0,20421	0,12342	0,11802	0,22849	0,18907
w_j	0,13679	0,20421	0,12342	0,11802	0,22849	0,18907

Bu aşamada öncelikle ağırlıklandırılmış karar matris elemanlarının toplamaları Formül (18)’den yararlanılarak belirlenmiştir. Devamında alternatiflerin ideal ve anti-ideal çözüme göre fayda dereceleri sırasıyla Formül (16) ve Formül (17)’den yararlanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Toplam Taşımacılık Modları Alternatiflerin Fayda Dereceleri (K_i) Tablo 4.59’de sunulmuştur.

Tablo 4.59. Alternatiflerin Fayda Dereceleri (K_i)

	S_i	K_i^+	K_i^-
2013	0,75088	0,75088	1,32505
2014	0,73156	0,73156	1,29096
2015	0,65839	0,65839	1,16184
2016	0,64076	0,64076	1,13074
2017	0,66495	0,66495	1,17342
2018	0,69296	0,69296	1,22284
2019	0,69233	0,69233	1,22174
2020	0,64421	0,64421	1,13682
2021	0,71729	0,71729	1,26577
2022	0,88127	0,88127	1,55516
AAI	0,56668		
AI	1,00000		

Bu aşamada öncelikle ideal ve anti-ideal fonksiyona göre fayda fonksiyonları sırasıyla Formül (4.20) ve Formül (4.21)'den yararlanılarak hesaplanmıştır. Sonrasında Formül (4.19)'dan yararlanılarak alternatiflerin fayda fonksiyonları hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşan Toplam Taşımacılık Modları Alternatiflerin Fayda Fonksiyonları Tablo 4.60'da sunulmuştur.

Tablo 4.60. Alternatiflerin Fayda Fonksiyonları

	S_i	K_i^+	K_i^-	$f(K_i^+)$	$f(K_i^-)$	$f(K_i)$
2013	0,75088	0,75088	1,32505	0,63829	0,36171	0,62315
2014	0,73156	0,73156	1,29096	0,63829	0,36171	0,60712
2015	0,65839	0,65839	1,16184	0,63829	0,36171	0,54639
2016	0,64076	0,64076	1,13074	0,63829	0,36171	0,53177
2017	0,66495	0,66495	1,17342	0,63829	0,36171	0,55184
2018	0,69296	0,69296	1,22284	0,63829	0,36171	0,57508
2019	0,69233	0,69233	1,22174	0,63829	0,36171	0,57457
2020	0,64421	0,64421	1,13682	0,63829	0,36171	0,53462
2021	0,71729	0,71729	1,26577	0,63829	0,36171	0,59527
2022	0,88127	0,88127	1,55516	0,63829	0,36171	0,73137
AAI	0,56668					
AI	1,00000					

Son aşamada, bir önceki aşamada hesaplanan alternatiflerin fayda fonksiyon değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Bu şekilde alternatiflerin nihai sıralaması tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular Tablo 4.61'de sunulmuştur.

Tablo 4.61. Alternatiflerin Sıralaması

	S_i	K_i^+	K_i^-	$f(K_i^+)$	$f(K_i^-)$	$f(K_i)$	Sıralama
2013	0,75088	0,75088	1,32505	0,63829	0,36171	0,62315	2
2014	0,73156	0,73156	1,29096	0,63829	0,36171	0,60712	3
2015	0,65839	0,65839	1,16184	0,63829	0,36171	0,54639	8
2016	0,64076	0,64076	1,13074	0,63829	0,36171	0,53177	10
2017	0,66495	0,66495	1,17342	0,63829	0,36171	0,55184	7
2018	0,69296	0,69296	1,22284	0,63829	0,36171	0,57508	5
2019	0,69233	0,69233	1,22174	0,63829	0,36171	0,57457	6
2020	0,64421	0,64421	1,13682	0,63829	0,36171	0,53462	9
2021	0,71729	0,71729	1,26577	0,63829	0,36171	0,59527	4
2022	0,88127	0,88127	1,55516	0,63829	0,36171	0,73137	1
AAI	0,56668						
AI	1,00000						

Türkiye özelinde toplam taşımacılık modlarının 2013-2022 yılları arasındaki taşımacılık türlerine dayalı çevresel performansı MARCOS Yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre 10 yıllık periyodun nihai sıralamaları Tablo 4.61’de yer almaktadır. Buna göre performansı en yüksek yılın 2022 olduğu tespit edilmiştir. 2022’yi sırasıyla 2013 ve 2014 yıllarının takip ettiği gözlenmiştir. Performansı en düşük yılın ise 2016 olduğu elde edilmiştir.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkelerin lojistik sektörü üzerinden küresel rekabet gücü elde ettikleri bilinmektedir. Bu durumun temelinde ise uluslararası ticaretin var olduğu kabul görmektedir. Üretilen ürün ve hizmetlerin alışverişi şeklinde ifade edilen ticaretin küreselleşmesi uluslararası ticareti ortaya çıkarmaktadır. İnsanoğlunun, tarih boyunca kıt kaynaklarla sınırsız ihtiyaçlarını karşılama çabası bulunmaktadır. Bu perspektiften bakıldığında, her ülke ihtiyaç duyduğu ürünü veya hizmeti üretememektedir. Dolayısıyla ihtiyaç duyduğu ürün veya hizmeti farklı ülkelere tedarik (ithal) etme yoluna gitmektedir. Ürün veya hizmeti üretebilen ülkeler ise daha fazla kazanç elde etmek ve diğer pazarlarda yer edinmek için farklı ülkelere satma (ihracat) girişiminde bulunmaktadır. Bu anlayışla ülkeler arasında sınırların kalkması, ticareti küreselleştirmektedir. Başka bir ifadeyle uluslararası ticareti ortaya çıkarmaktadır. Lojistik, uluslararası ticaret için ürün veya hizmeti ulaştırma eyleminden dolayı vazgeçilmez bir sektördür. Ülkeler bulundukları rekabetçi ortamda küresel rekabet güçleri üzerinden kıyaslanmaktadır. Küresel rekabet gücünü elde etmede ülkeler yer ve zaman faydasını gözetmektedirler. Bu durum ise lojistik faaliyetlerin temelini işaret etmektedir. Dolayısıyla ülkeler, performanslarını belirlemede kilit rol oynayan lojistik sektörü ile tarih boyunca var olmuş ve olacaktır.

Ulaştırmanın gelişimine bağlı olarak lojistik yönetimi ve tedarik zinciri yönetimi kavramları da alanyazına dahil olmuştur. Ürün veya insanın belirli bir amaç doğrultusunda yer değiştirmesi “*ulaşım*”, bu yer değiştirmenin gerçekleştirilmesi ise “*ulaştırma*” şekline ifade edilmektedir. Ulaştırma geniş bir kapsama sahiptir. Bu sebeple insan veya ürünün bir yerden farklı bir yere götürülmesi (sevkinin sağlanması) “*taşıma*” olarak adlandırılmaktadır. Bu faaliyetin gerçekleştirilmesi, diğer bir ifadeyle ürün veya insanın bir yerden farklı bir yere taşınması ya da nakil işi “*taşımacılık*” olarak ifade edilmektedir. Taşımacılık faaliyetine ek olarak bilgi, para vb. akışının planlanması ve uygulanması sürecinin yönetilmesi ise *lojistik yönetimidir*. Tedarik zinciri yönetimi ise lojistik sürecini de kapsayan, hammadde temininden üretime, depolamadan nihai müşteriye teslimata kadar tüm sürecin yönetimi olarak ifade edilmektedir. Ayrıca “*ulaştırma sistemleri*”, “*taşımacılık türleri*” ve “*taşımacılık modları*” alanyazında birbirinin yerine kullanıldığı da bilinmektedir. Lojistiğin temel faaliyetlerinden olan taşıma faaliyetini

gerçekleştirmek dikkat isteyen ve önemli bir karar alma sürecidir. Çünkü bu faaliyeti gerçekleştirirken; hız, zaman yönetimi, maliyetler, taşıma kapasitesi, taşıma modunun ürüne uygunluğu, taşıma modunun ilgili coğrafyaya uygunluğu gibi faktörler göz önünde tutulması gerekmektedir. Taşımacılık türlerini; karayolu taşımacılığı, havayolu taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı, demiryolu taşımacılığı ve diğer modlar oluşturmaktadır.

Taşımacılık faaliyetlerinin güvenli, çevreye duyarlı ve ekonomik olması sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Taşımacılık operasyonları ve tüm süreçlerinin eksiksiz hayata geçmesi için enerji gerekmektedir. Bu enerji ise genellikle fosil yakıt tüketimiyle sağlanmaktadır. Bu noktada lojistik ve çevre ilişkisi gündeme gelmektedir. Lojistik süreçleri başlıca hava kirliliği olmak üzere, toprak kirliliği, su kirliliği, gürültü kirliliği gibi ekosisteme zarar verici çevresel sorunlara sebep olmaktadır (Mohsin vd., 2022: 2). Hava kirliliğine; sera gazı emisyonları neden olmakta, bunların başında ise karbondioksit (CO₂) emisyonu gelmektedir.

Ülkelerin, uluslararası ticaret alanında lojistik sektörü sayesinde elde ettikleri küresel rekabet gücü, uluslararası ticaret ve lojistik ilişkisini ortaya çıkarmaktadır. Bu ilişkinin baş rolünü ise ulaştırma sistemleri üstlenmektedir. Çevresel bozulma kapsamında ulaştırmanın CO₂ emisyonu salınımında ikinci sırada olduğu bilinmektedir (Bkz. Şekil 3.1). Her taşıma türü daha sürdürülebilir olma ve çevreye olan zararı azaltma noktasında farklı politikalar izlemektedir. Ülkeler arası yapılan anlaşmalar ve iş protokolleriyle belirlenen çevre dostu politikaların çoğunluğu taşımacılık türlerini kapsamaktadır (IPCC, 2023; WD, 2024a). Bu bağlamda mikro düzeyde işletmelerin makro düzeyde ise ülkelerin yenilikçi teknolojiler ve yeşil lojistik uygulamalarını benimsenmesi büyük önem arz etmektedir.

Nitekim, Türkiye'nin taşımacılık türlerine dayalı çevresel performans analizinin yapılması önem arz etmektedir. Bu doğrultuda 2013-2022 periyodunda Türkiye'nin karayolu, havayolu, denizyolu, demiryolu taşımacılığı ve toplam taşımacılık modlarında belirlenen kriterler ile her taşımacılık türü özelinde CO₂ emisyonu ve fosil yakıt tüketimi kriterleri nicel bir araştırma modeli kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada ilgili taşımacılık türlerine ait 10 yıllık periyottaki ithalat, ihracat, taşınan yük, taşınan yolcu, araç sayısı, uçak trafiği, demiryolu uzunluğu, CO₂ emisyonu ve fosil yakıt tüketimi verilerine ulaşılmıştır (Bkz. Tablo 4.1). Analiz için *Çok Kriterli*

Karar Verme Yöntemlerinden LOPCOW ve MARCOS Yöntemlerine ait hesaplamalar kullanılarak, araştırma sorularına yönelik sonuçlar tespit edilmiştir.

Araştırmanın ilk aşamasında, taşımacılık türlerinin kriterlerine ait önem ağırlıklarını belirlemek için ilgili taşımacılık türlerine ait veriler kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplamalar için Ecer ve Pamucar'ın (2022) alanyazına kazandırdığı LOPCOW Yöntemine ait formüller kullanılmıştır. LOPCOW Yöntemiyle karar probleminde bulunan kriterlerin önem ağırlıkları ya da diğer bir ifadeyle önem dereceleri hesaplanabilmektedir. Hesaplama sonucu en yüksek önem derecesine sahip kriterlerin; karayolu taşımacılığında yolcu kriteri (%23,53), havayolu taşımacılığında uçak trafiği kriteri (%21,65), denizyolu taşımacılığında yolcu kriteri (%22,69), demiryolu taşımacılığında demiryolu uzunluğu kriteri (%23,30) ve toplam taşımacılık modlarında CO₂ emisyonu kriteri (%22,85) olduğu saptanmıştır. En düşük önem derecesine sahip kriterler ise karayolu taşımacılığında ithalat kriteri (%7,19), havayolu taşımacılığında fosil yakıt tüketimi kriteri (%8,99), denizyolu taşımacılığında fosil yakıt tüketimi kriteri (%5,67), demiryolu taşımacılığında ihracat kriteri (%6,67) ve toplam taşımacılık modlarında toplam taşıma modları ihracat kriteri (%11,80) olduğu elde edilmiştir.

İkinci aşamada ise ilgili taşımacılık türlerine ait kriter verileri ile bu kriterlerin ağırlıklandırılmış değerleri kullanılarak yıl bazlı performans skor puanları hesaplanmıştır ve performans sıralamaları yapılmıştır. Bu hesaplama için Stevic ve diğerlerinin (2020) geliştirmiş oldukları MARCOS Yöntemine ait formüller kullanılmıştır. Bu yöntem sayesinde alternatifler ölçülebilmektedir ve bununla birlikte uzlaşık bir çözüme göre performans sıralamaları elde edilmektedir. Yapılan analiz sonucunda performans sıralamasında; karayolu taşımacılığı, havayolu taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı ve Türkiye'nin toplam taşımacılık modlarında performansı en yüksek yılın 2022, demiryolu taşımacılığında ise 2021 yılı olduğu tespit edilmiştir. Performansı en düşük yıllar ise karayolu taşımacılığında 2020, havayolu taşımacılığında 2020, denizyolu taşımacılığında 2020, demiryolu taşımacılığında 2014 ve toplam taşımacılık modlarında 2016 yılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yazın incelendiğinde, daha önceden gerçekleştirilen çalışmaların bulgularının, yapılan tez çalışmasının araştırma sorularına yönelik gerçekleştirilen analizlerin

bulgularını destekler nitelikte olduğu görülmektedir. Örneğin, Shamout (2023) tarafınca gerçekleştirilen çalışmada lojistik performansın çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi tespit edilmiştir. Lojistik süreçlerin iyileştirilmesinin, çevresel sağlığı artırdığı ve ekosistem canlılığını koruduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla Shamout'un çalışmasında ortaya çıkan sonuç, bu çalışmanın gerekçesi neticesinde ortaya çıkan sonuçla paralellik göstermektedir. Toplam taşımacılık modlarında en yüksek ağırlığa sahip olan kriterin, diğer bir ifadeyle en yüksek öneme sahip kriterin CO₂ emisyonu olması, taşımacılık türlerinin çevresel performansta belirleyici kriteri olduğu anlamına gelmektedir. Garcia-Rodriguez vd. (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışma sonucunda lojistik alanındaki çevresel uygulamaların (yeşil lojistik uygulamaları) yüksek önemi tespit edilmiştir. Diğer yandan Gechevski vd. (2016) çalışmalarında lojistik ve tedarik zinciri yönetiminin çevresel sürdürülebilirlik ile entegrasyonunun önemini vurgulamaktadır. Ekonomik büyüme, CO₂ emisyonlarını ve buna bağlı olarak çevresel endişeleri artırmaktadır. Bu endişelerin giderilmesi için işletmelerin ve dolayısıyla ülkelerin çevre dostu uygulamaları içeren politikaları benimsemesi gerekmektedir. Can vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışma sonucunda; *Çevresel Kuznet Eğrisi'nin* geçerliliği doğrulanmış olup, ihracat ürün çeşitliliğinin, geniş kapsamlı marjın ve dar kapsamlı marjın CO₂ emisyonları üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada taşımacılık türlerine ait kriterler arasında ithalat ve ihracat verilerinin de yer almasının doğruluğu ortaya çıkmaktadır.

Karayolu taşımacılığı, havayolu taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı ile toplam taşımacılık modlarında en yüksek performansın 2022 yılında ve demiryolu taşımacılığında 2021 yılında olmasının; Türkiye'nin çevre dostu politikalar ve uygulamaları izlemesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. 2019 yılında yayımlanan "Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Değerlendirme Raporu'nun" bu düşünce ve çalışmanın sonucuyla tutarlı olduğu görülmektedir (TCCSBB, 2024). Her taşımacılık türünde kriterler (ithalat, ihracat, yolcu, yük, araç sayısı, araç trafiği, yol uzunluğu, CO₂ emisyonu ve fosil yakıt tüketimi) yıldan yıla artış göstermektedir. Ancak CO₂ emisyonu (en önemli kriter) ve fosil yakıt tüketimin diğer kriterlere oranla daha az artış gösterdiği gözlenmiştir. Dolayısıyla Türkiye'nin lojistik sektörü kapsamında ve taşımacılık modları özelinde çevre dostu politikalar ve uygulamalar izlediği

söylenbilir. Bu sebeple ileride yapılacak olan çalışmalar bu durumun; arka plandaki çevre dostu politikalar, yenilikçi uygulamalar, yeşil lojistik uygulamaları ile ekonomik kalkınmanın Türkiye özelinde test edilmesi önerilmektedir. Bunun yanı sıra, araştırmanın sınırlılığına (2023 ve sonrası) ait verilerin elde edilerek tekrar test edilmesi önerilmektedir. Bu sayede araştırmanın sürekliliği ve güncel durumu sağlanmış olacaktır.

Öçal (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışma sonucunda; Covid-19 pandemisinin etkisiyle Türkiye'nin ihracatının 2020'de net bir şekilde daraldığı tespit edilmiştir. Bu sonuca ek olarak 2020'de taşımacılık modları kapsamında; karayolu, havayolu ve denizyolu taşımacılığının olumsuz etkilendiği ve bu durumun tam tersi şekilde demiryolu taşımacılığının ise görece şekilde güçlendiği belirtilmiştir. Dolayısıyla yapılan tez çalışmasının sonucunun desteklendiği görülmektedir. Tez çalışmasının sonucunda karayolu, havayolu ve denizyolu taşımacılığında performansın en düşük olduğu yılın ortak şekilde 2020 yılı olduğu daha önce belirtilmiştir. Öte yandan TCDD (2014) faaliyet raporunda görüldüğü üzere; Türkiye, demiryolu taşımacılığı için 2014 yılında altyapı, demiryolu, Yüksek Hızlı Tren (YHT) ve YHT garı projeleri kapsamında en yoğun dönemini yaşamıştır. Bu projelere; Ankara-İstanbul YHT, İzmir-Ankara YHT, Ankara-Sivas ve Sivas-Erzincan Demiryolu, Konya YHT Garı ve Bandırma-Bursa-Ayazma-Osmaneli Yüksek Hızlı Demiryolu Projesi örnek olarak sayılabilir. Dolayısıyla tez çalışmasının sonucunda, demiryolu taşımacılığında performansı en düşük yılın 2014 olarak tespit edilmesi, o dönemde Türkiye'deki yüksek oranda demiryolu yatırımlarından kaynaklandığı söylenebilir. Toplam taşımacılık modlarında performansı en düşük yılın 2016 olarak tespit edilmesi ise 2016 yılında Türkiye'de yaşanan siyasi istikrarsızlık sebebiyle olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple Türkiye'nin uluslararası ticaret ve dolayısıyla lojistik sektörü kapsamında küresel rekabet gücünün siyasi istikrarın da önemli olduğu söylenebilir. Sürdürülebilir ekonomik politikalar oluşturulurken beklenmedik olumsuz durumların da dikkate alınmasının istikrarlı bir politika öneriminde etkili olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla Türkiye'nin uluslararası ticaret ve lojistik kapsamında hedeflerinin ve izleyeceği politikalarının net şekilde belirlenmesi politika yapıcılara önerilmektedir.

Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma amaçlarına yönelik stratejik planlar hazırladığı ve uyguladığı bilinmektedir. Buna ek olarak Türkiye, jeopolitik ve jeostratejik konumu gereği bölgede lojistik ve enerji üssü olma hedefleri neticesinde ne derece başarılı olduğu, bu hedefler doğrultusunda hazırlanan stratejik lojistik planların çevre dostu performanslarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda gelecekte yapılacak olan çalışmalarla birlikte, Türkiye'nin bölgedeki konumu ve küresel rekabet gücünü belirlemede önemli bir katkı sağlayacağı öngörülmektedir.



KAYNAKÇA

- Abukhader, S.M. ve Jönson, G. (2004). “Logistics and the environment: is it an established subject?” *International Journal of Logistics Research and Applications*, 7(2), 137-149.
- Aldakhil, A.M., Nassani, A.A., Awan, U., Abro, M.M.Q. ve Zaman, K. (2018). “Determinants of green logistics in BRICS countries: An integrated supply chain model for green business.”, *Journal of Cleaner Production*, 195, pp. 861-686.
- Alexander, M.W. ve Violet, W. (2012). “Trade and traders of Mesopotamian Ur.”, *ASBBS Proceedings*, 19(1), 12.
- Ali, S., Dogan, E., Chen, F. ve Khan, Z. (2021). “International trade and environmental performance in top ten-emitters countries: the role of eco-innovation and renewable energy consumption.”, *Sustainable Development*, 29(2), 378-387.
- Andelmin, J. ve Bartolini, E. (2017). “An exact algorithm for the green vehicle routing problem.”, *Transportation Science*, 51(4), 1288-1303.
- Appiah, M.O. (2018). “Investigating the multivariate Granger causality between energy consumption, economic growth and CO2 emissions in Ghana.”, *Energy Policy*, 112, 198-208.
- Appleyard, D.R., Field, A.J. ve Cobb, S.J. Jr., (2010). *International Economics*. 7.Edition, Mass: McGraw-Hill/Irwin.
- Aronsson, H., ve Huge Brodin, M. (2006). “The environmental impact of changing logistics structures.”, *The international journal of logistics management*, 17(3), 394-415.
- Arvis, J.F., Saslavsky, D., Ojala, L., Shepherd, B., Busch, C., Raj, A. ve Naula, T. (2016). *Connecting to Compete 2016: Trade Logistics in the Global Economy-The Logistics Performance Index and Its Indicators*. World Bank.
- Ayçin, E. (2023). *Çok Kriterli Karar Verme: Bilgisayar Uygulamalı Çözümler*. Nobel Akademik Yayıncılık, Genişletilmiş ve Güncellenmiş 3.Basım, Yayın No:2307 Ankara.

- Babacan, M. (2003). “Lojistik Sektörünün Ülkemizdeki Gelişimi ve Rekabet Vizyonu”, *Ege Akademik Bakış Dergisi*, 3(1), ss. 08-15.
- Baki, B. (2004). *Lojistik Yönetimi ve Lojistik Sektör Analizi*, Trabzon, Volkan Matbaacılık.
- Barbanova, K., (2016). “Türkiye ihracatında multimodal taşımacılık”. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, (41), 1-12.
- Barkenbus, J.N. (2010). “Eco-driving: An overlooked climate change initiative.”, *Energy policy*, 38(2), 762-769.
- Bektaş, S. (2022). “Türk Sigorta Sektörünün 2002-2021 Dönemi İçin MEREC, LOPCOW, CoCoSo, EDAS ÇKKV Yöntemleri ile Performansının Değerlendirilmesi.”, *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi*, 16(2), 247-283.
- Bellino, E. ve Fratinii, S. M. (2019). “Absolute Advantages and Capital Mobility in International Trade Theory”, (No. CSWP38) *Centro di Ricerche e Documentazione “Piero Sraffa”*, ss. 1-29.
- Belton, V. ve Stewart, T. (2002). “Multiple criteria decision analysis: an integrated approach.”, *Springer Science & Business Media*.
- Blanco, E.E. ve Sheffi, Y. (2017). “Green logistics.”, *Sustainable Supply Chains: A Research-Based Textbook On Operations And Strategy*, 147-187.
- Bose, D.C. (2006). *Inventory Management*. New Delphi: Prentice Hall of India.
- Bozkurt, N. (2002). “Ticaretin felsefesi, tarihçesi ve etikle olan sıkı bağına ilişkin bazı saptamalar.”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Dergisi*, 153-179.
- Bulut, Ö. (2007). *Türkiye’de Taşımacılık Sektörünün Lojistik Olgusu İçerisinde İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Kadir Has Üniversitesi S.B.E., İstanbul.
- Can, M., Dogan, B. ve Saboori, B. (2020). “Does Trade Matter For Environmental Degradation In Developing Countries? New Evidence In The Context Of Export Product Diversification.”, *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 14702-14710.

- Cho, D.S. ve Moon, H.C. (2000). *From Adam Smith to Michael Porter: Evolution of Competitiveness Theory*, 2.bs., London, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Choo, E.U. ve Wedley, W.C. (1985). "Optimal CriterionWeights in Repetitive Multicriteria DecisionMaking", *Journal of Operational Research Society*, 36 (11):983-992.
- Chopra, S. ve Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management Strategy, Planning, and Operation*, 6.Edition, Global Edition, Pearson, Essex.
- Chu, A.W., Kalaba, R.E. ve Spingarn, K. (1979). "A Comparison of Two Methodsfor Determining The Weights of Belonging to Fuzzy Sets", *Journal of Optimization Theoryand Applications*, 27(4):531-538.
- Colicchia, C., Marchet, G., Melacini, M. ve Perotti, S. (2013). "Building environmental sustainability: Empirical evidence from Logistics Service Providers.", *Journal of Cleaner Production*, 59, 197-209.
- Cooper, R.N. (1972). "Trade policy is foreign policy.", *Foreign Policy*, (9), 18-36.
- Crainic, T.G., ve Kim, K.H. (2007). "Intermodal transportation.", *Handbooks in operations research and management science*, 14, 467-537.
- CSCMP (2024). Councul of Supply Chain Management Professionals, "Çevrimiçi" <https://cscmp.org/>, Erişim Tarihi: 15/10/2024.
- Çamlıbel, F.N. ve Çağlar, B.K. (1933). 10. Yıl Marşı, "Çevrimiçi" <https://www.ktb.gov.tr/TR-96293/10-yil-marsi.html>, Erişim Tarihi: 01/10/2024.
- De Souza, T.A.Z., Pinto, G.M., Julio, A.A.V., Coronado, C.J.R., Perez-Herrera, R., Siqueira, B.O.P.S., Da Costa, R.B.R., Roberts, J.J. ve Palacio, J.C.E. (2022). "Biodiesel in South American countries: A review on policies, stages of development and imminent competition with hydrotreated vegetable oil.", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 153, 111755.
- Dekker, R., Bloemhof, J. ve I. Mallidis (2012). "Operations Researchfor GreenLogistics- An Overview of Aspects, Issues, Contributionsand Challenges", *Eoruepan Journal of Operational Research*, 219, (671-679)

- Deviren, N., (2003). *Yeni Dış Ticaret Teorileri ve Türkiye-Ab Ülkeleri Arasındaki Endüstri-İç Ticaretin Analizi*. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Deviren, N.V. (2004). “Yeni dış ticaret teorileri.”, *Mevzuat Dergisi*, 7(81), 1.
- DHMI (2024). *Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü, "Çevrimiçi"*
<https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/AnaSayfa.aspx>, Erişim Tarihi: 01/11/2024.
- Dhruva, S., Krishankumar, R., Zavadskas, E.K., Ravichandran, K.S. ve Gandomi, A.H. (2024). “Selection of suitable cloud vendors for health centre: a personalized decision framework with fermatean fuzzy set, LOPCOW, and CoCoSo.”, *Informatica*, 35(1), 65-98.
- Diakoulaki D., Mavrotas G. ve Papayannakis, L. (1995). “Determining Objective Weights in Multiple Criteria Problems: The Critic Method”, *Computers & Operations Research*, 22:763-770. IN
- Dieckheuer, G. (2001). *Internationale Wirtschaftsbeziehungen.*, R. Oldenbourg Verlag.
- Dilek, E.Ö. (2018). *Yeşil Ekonomi ile Sürdürülebilir Büyüme; Türkiye Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Çankaya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı, Ankara
- Diğer, M.Z. (2019). *Uluslararası İktisat Teorisi ve Politikası*. İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi İktisat Lisans Programı.
- Dinda, S. (2004). “Environmental Kuznets Curve Hypothesis: a Survey.”, *Ecological Economics*, 49(4), 431-455.
- Dreher, A. (2006). “Does globalization affect growth? Evidence from a new index of globalization”, *Applied Economics*, 38(10), 1091–1110.
- Dunn, R.M., Mutti J.H., (2004). *International Economics*. 6. Edition, Routledge.
- Ecer, F. ve Pamucar, D. (2022). “A Novel LOPCOW- DOBI Multi- Criteria Sustainability Performance Assessment Methodology: an Application in Developing Country Banking Sector.”, *Omega*, 112, 102690.

- Ellison, O., Nuerthey, D., Poku, E., Agbemude, S. ve Owusu, F. (2024). "Environmental Pressure, Green Logistics Strategy And Sustainability Performance: The Moderating Role Of Competitive Intensity.", *Benchmarking: An International Journal*.
- ENERGY (2024). *Energy Institute*, "Çevrimiçi" <https://www.energyinst.org/>, Erişim Tarihi: 01/12/2024.
- ENERJİ (2024). *Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*, "Çevrimiçi" <https://enerji.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 01/12/2024.
- Essandoh, O.K., Islam, M. ve Kakinaka, M. (2020). "Linking International Trade And Foreign Direct Investment To CO2 Emissions: Any Differences Between Developed And Developing Countries?", *Science of the Total Environment*, 712, 136437.
- Fan, Z.P., Ma, J. ve Zhang, Q. (2002). "An Approach to Multiple Attribute Decision Making Based on Fuzzy Preference Information on Alternatives", *Fuzzy Sets and Systems*, 131:101-106
- Farahani, R.Z., Rezapour, S. ve Kardar, L. (Dü). (2011). *Logistics Operations and Management; Concepts and Models*. London: Elsevier.
- Fedorenko, V. (2013). *The new silk road initiatives in Central Asia* (Vol. 10). Washington, DC: Rethink Institute.
- Feenstra, R.C. ve Taylor, A.M. (2014). *International Economics*. 3. Edition, Worth Publisher, United States of America.
- Fouda, R.A.N. (2012). "Protectionism & free trade: a country's glory or doom?", *International Journal of Trade, Economics and Finance*, 3(5), 351-355.
- Frazelle, E. (2002). *Supply chain strategy: The logistics of supply chain management.*, New York: McGraw-Hill Education.
- Gandolfo, G., (2014). *International Trade Theory And Policy*, 2. Edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Garcia-Rodriguez, D., Carril-Verastegui, B., Lujan-Minaya, J., Vega, Y.C., Lipa, R. C., Puma, M.T.V., Camacho-Delgado, F., Cornelio-Airo R. ve De La Paz-

- Ramos, J. (2023). "Environmental Practices In Logistics And Their Effectiveness In Organizations.", *Russian Law Journal*, 11(8S), 842-853.
- Gaston, N., ve Khalid, A.M. (2010). *Globalization and economic integration: Winners and losers in the Asia-Pacific*. Edward Elgar Publishing.
- Gechevski, D., Kochov, A., Popovska-Vasilevska, S., Polenakovik, R., ve Donev, V. (2016). "Reverse Logistics And Green Logistics Way To Improving The Environmental Sustainability.", *Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering*, 9(1), 63.
- Gergin, R.E., ve Peker, İ. (2019). "Literature Review On Success Factors And Methods Used In Warehouse Location Selection.", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(9), 1062-1070.
- Gözübüyük, H.Ş. (2015). *Satın Alma Davranışı Üzerinde Ambalajın Etkisi.*, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bartın.
- Grant, D.B, (2012). *Logistics Management*. Pearson, 1. Edition, Pearson, Ashford Colour Press Ltd, Gosport.
- Grant, D.B., Wong, C.Y. ve Trautrim, A. (2017). "Sustainable Logistics And Supply Chain Management: Principles And Practices For Sustainable Operations And Management.", *Kogan Page Publishers*.
- Grossman, G.M. ve Krueger, A.B. (1991). "Environmental Impacts Of A North American Free Trade Agreement.", *Social Science Electronic Publishing*, 8(2), 223-250.
- Guarnieri, P., e Silva, L.C. ve Levino, N.A. (2016). "Analysis of electronic waste reverse logistics decisions using strategic options development analysis methodology: a brazilian case.", *Journal of Cleaner Production*, 133, 1105-1117.
- Gudehus, T. ve Kotzab, H. (2009). *Logistic Units and Master Data*. In *Comprehensive Logistics* (pp. 329-363). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Gulistan, A., Tariq, Y.B. ve Bashir, M.F. (2020). "Dynamic Relationship Among Economic Growth, Energy, Trade Openness, Tourism, And Environmental

- Degradation: Fresh Global Evidence.”, *Environmental Science and Pollution Research*, 27(12), 13477-13487.
- Gundlach, G.T., Bolumole, Y.A., Eltantawy, R.A., ve Frankel, R. (2006). “The Changing Landscape Of Supply Chain Management, Marketing Channels Ofdistribution, Logistics And Purchasing.”, *Journal of Business & Industrial Marketing*, 21(7), 428-438.
- Gül, E. (2015). “Gatt/Wto Çerçevesinde Uluslararası Ticaret ve Çevre İlişkisi.”, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (9).
- Gülen, K.G. (2011). *Lojistik Sektöründe Durum Analizi ve Rekabetçi Stratejiler*, Yayın No: 2010-70, İstanbul, İTO Yayınları.
- Gültekin, S. (2011). “Küreselleşme Çağında Dış Ticarete Rekabet İçin Kümelenme Stratejisi: Türkiye’nin Tarım Kümelenmesi Gerekliliği.”, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (22), 29-40.
- Güneş, M. ve Umarusman, N. (2003). “Bir Karar Destek Aracı Bulanık Hedef Programlama ve Yerel Yönetimlerde Vergi Optimizasyonu Uygulaması.”, *Review of Social, Economic & Business Studies*, 2, 242-255.
- Gürdal, S. (2006) *Türkiye Lojistik Sektörü Altyapı Analizi*, İstanbul, İTO Yayınları.
- Hallam, C. ve Contreras, C. (2016). “Integrating Lean And Green Management.”. *Management Decision*, 54(9), 2157-2187.
- Hill, C. (2007). *Global Business Today*. 5. Edition. New York.
- Ho, W. ve Lee, C.K.M. (2006). “Demand Forecasting in Logistics: Analytic Hierarchy Process and Genetic Algorithm-Based Multiple Regression Analysis,” (G.D Taylor editor). *Logistics Engineering Handbook*. CRC Press, United States of America.
- Hodd, M. (1967). “An Empirical Investigation of The Heckscher-Ohlin Theory”. *Economica*, Vol. 34, No. 133, ss. 20-29.
- Husted, S. ve Melvin, M., (2013). *International Economics*. Pearson Education, Inc., Publishing As Addison-Wesley, United States of America.

- Hüseyinova, K., (2006). *Uluslararası Ticarette Kültürel Farklılıklar ve Etkileri*, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Hwang, C.L., ve Lin, M.J. (1987). *Group Decision Making Under Multiple Criteria: Methods and Application*, New York, Springer-Verlag
- IPCC (2023). *Intergovernmental Panel on Climate Change, AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023, "Çevrimiçi"* <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>, Erişim Tarihi: 20/11/2024.
- IPCC (2024). *Intergovernmental Panel on Climate Change, "Çevrimiçi"* <https://www.ipcc.ch/about/>, Erişim Tarihi: 01/11/2024.
- Işıldar, P. (2011). *Türkiye’de Dış Ticaretin Çevre Üzerine Etkisi Ve Kirlilik Sığınakları Hipotezi: Çevre Yönetim Sistemi (İSO 14001) Ve Ekonometrik Bulgular*, Yüksek Lisans Tezi, DEÜ, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- ITC (2024). *International Trade Centre, Trademap, "Çevrimiçi"* <https://www.trademap.org/Index.aspx>, Erişim Tarihi: 01/11/2024.
- Jiang, M., Wang, B., Hao, Y., Chen, S., Wen, Y. ve Yang, Z. (2024). “Quantification of CO2 Emissions In Transportation: An Empirical Analysis By Modal Shift From Road To Waterway Transport In Zhejiang,” *China.Transport Policy*, 145 177–186.
- Jones, R.W. (2008). “Heckscher-Ohlin Trade Flows: A re-appraisal”. *Trade and Development Review*, 1(1), ss. 1-6.
- Kayabaşı, A. (2010). *Rekabet Gücü Perspektifinde Lojistik Faaliyetlerde Performans Geliştirme*, Yayın No: 2010-40, İstanbul, İTO Yayınları.
- Keesing, D.B. (1968). “Labor Skills on the Structure of Trade in Manufactures”, *The Open Economy Essays on International Trade and Finance*, Peter B. Kenen ve Roger Lawrence (ed), Columbia University Press, (5-6).
- Keleş, R., Hamamcı, C. ve Çoban, A. (2015). *Çevre Politikası*, 8. Baskı, İmge Kitabevi: Ankara.
- Keskin, H. (2012). *Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi*. 5. Baskı. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık. 25-86.

- Keskin, H. (2015). Lojistik, kavramlar, prensipler, uygulamalar Lojistik el kitabı Küresel aktörlerin lojistik pratikleri (3. Baskı). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- KGM (2024). *Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü*, "Çevrimiçi" <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Root/default.aspx>, Erişim Tarihi: 01/11/2024.
- Khan, H., Weili, L., Khan, I., ve Khamphengxay, S. (2021). "Renewable energy consumption, trade openness, and environmental degradation: a panel data analysis of developing and developed countries". *Mathematical Problems in Engineering*, 2021(1), 6691046.
- Khan, H., Weili, L., ve Khan, I. (2022). "Environmental innovation, trade openness and quality institutions: an integrated investigation about environmental sustainability". *Environment, Development and Sustainability*, 1-31.
- Khan, S.A.R. (2019). *The Effect of Green logistics on Economic growth, Social and Environmental sustainability: An Empirical study of Developing countries in Asia*. Preprints.
- Khan, S.A.R. ve Dong, Q. (2017). "Does national scale economic and environmental indicators spur logistics performance? Evidence from UK". *Environmental Science and Pollution Research*, 24(34), 26692-26705.
- Khan, S.A.R., Zhang, Y., Anees, M., Golpîra, H., Lahmar, A. ve Qianli, D. (2018). "Green supply chain management, economic growth and environment: A GMM based evidence". *Journal of Cleaner Production*, 185, 588-599.
- Khooban, Z. (2011). *"Transportation", Logistics Operations and Management*, Ed.: Reza Zanjirani Farahani, Shabnam Rezapour, Laleh Kardar, Elsevier Insights, 2011, ss. 109-126.
- Kim, H.G., Choi, C.Y., Woo, J.W., Choi, Y., Kim, K. ve Wu, D.D. (2011). "Efficiency of the modal shift and environmental policy on the Korean railroad". *Stochastic environmental research and risk assessment*, 25, 305-322.

- Koban, E. ve Keser H.Y. (2015). *Dış Ticarete Lojistik*, 6.bs., Bursa, Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- Korpela, J., Tuominen, M. ve Valoaho, M. (1998). "An analytic hierarchy process-based approach to the strategic management of logistic service: An empirical study in the mechanical forest industry". *International Journal of Production Economics*, 56, 303-318.
- Kristiansen, S. (2005). *Maritime Transportation Safety Management and Risk Analysis*. Burlington: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Krugman, P. (1979). "Increasing Returns, Monopolistic Competition and International Trade", *Journal of International Economics*, 9(4), ss. 469-479.
- Krugman, P. (1980). "Scale Economies, Product Differentiation, and The Pattern of Trade", *The American Economic Review*, 70(5), ss. 950-959.
- Krugman, P.R. ve Obstfeld M. (2003). *International Economics: Theory and Policy*, 6.bs., Boston, Addison Wesley.
- Kubasáková, I., Kampf, R. ve Stopka, O. (2014). "Logistics information and communication technology". *Communications-Scientific letters of the University of Zilina*, 16(2), 9-13.
- Kurland, N.B. ve Zell, D. (2011). "Green Management". *Organizational Dynamics*, 40(1), 49.
- Kuşular, H.B. (2020). *Gelişmekte Olan Ülkelerin Lojistik Sektörünün Küresel Rekabet Gücü Açısından Karşılaştırılması*, Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Badırma, Balıkesir.
- Kuznets, S. (1955). "Economic Growth and Income Inequality". *The American Economic Review*. Sayı:45. No:1. ss.1-28.
- Lai, K.H. ve Cheng, T.C.E. (2009). *Just-in-Time Logistics*. Gower Publishing, London.
- Lang, J., Cheng, S., Zhou, Y., Zhao, B., Wang, H. ve Zhang, S. (2013). "Energy and environmental implications of hybrid and electric vehicles in China". *Energies*, 6(5), 2663-2685.

- Leontief, W. (1953). "Domestic Production and Foreign Trade: The American Capital Position Re-examined", *Proceedings of the American Philosophical Society*, Vol. 97, No. 4, ss. 332-349.
- Lewis, C. (2012). *Demand Forecasting and Inventory Control*. Routledge.
- Liu, J., Gu, B. ve Chen, J. (2023). "Enablers for maritime supply chain resilience during pandemic: An integrated MCDM approach". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 175, 103777.
- Long, D. (2004). *International logistics: Global supply chain management* (2nd edn). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers Group.
- Long, D. (2012). *Uluslararası Lojistik Küresel Tedarik Zinciri Yönetimi* (Çev. Düzgün M., Tanyaş, M) İstanbul: Nobel Yayıncılık.
- LPI (2024). *The Logistics Performance Index and Its Indicators*, "Çevrimiçi" <https://lpi.worldbank.org/>, Erişim Tarihi: 15.10.2024.
- Ma, J., Fan, Z.P. ve Huang, L.H. (1999). "A Subjective And Objective Integrated Approach to Determine Attribute Weights". *European Journal of Operational Research*, 112:397-404.
- Mahmoud, M.A., Tsetse, E.K.K., Tulasi, E.E. ve Muddey, D.K. (2022). "Green packaging, environmental awareness, willingness to pay and consumers' purchase decisions". *Sustainability*, 14(23), 16091.
- Maneschi, A. (1992). "Ricardo's International Trade Theory: Beyond The Comparative Cost Example", *Cambridge Journal of Economics*, 16(4), ss. 421-437.
- Martel, A. ve Klibi, W. (2016). "Supply chains: issues and opportunities. In: Designing Value-creating Supply Chain Networks". *Springer International Publishing*, pp. 1-43.
- Martí, L., Puertas, R. ve García, L. (2014). "The importance of the Logistics Performance Index in international trade". *Applied economics*, 46(24), 2982-2992.

- Mckinnon, A., Browne, M., Whiteing, A. ve Piecyk, M. (Eds.). (2015). *Green logistics: improving the environmental sustainability of logistics*. Kogan Page Publishers.
- Megep (2009). T.C. M.E.B. “Ulaştırma Hizmetleri-Karayolu Taşımacılığı-I” Ders Notları Modülü, Ankara, s. 4-10
- Mena, C., Christopher, M., Johnson, M. ve Jia, F. (2007). *Innovation in Logistics Services*, Cranfield School of Management, Bedford.
- Meng, Y., Wu, H., Wang, Y. ve Duan, Y. (2022). “International trade diversification, green innovation, and consumption-based carbon emissions: the role of renewable energy for sustainable development in BRICST countries”. *Renewable Energy*, 198, 1243-1253.
- Mentzer, J.T., Stank, T.P. ve Esper, T.L. (2008). “Supply chain management and its relationship to logistics, marketing, production, and operations management”. *Journal of business logistics*, 29(1), 31-46.
- Mirzayev, M. ve Ceviz, A.Y. (2024). *Yeşil Ekonomi Üzerine Yapılan Lisansüstü Tezlerinin İçerik Analizi Yöntemiyle İncelenmesi*. VI. Uluslararası Ekonomi ve Yönetim Alanındaki Araştırmacılar Bilimsel Konferansı, 121.
- Mohsin, A.K.M., Tushar, H., Hossain, S.F.A., Chisty, K.K.S., Iqbal, M.M., Kamruzzaman, M. ve Rahman, S. (2022). “Green logistics and environment, economic growth in the context of the Belt and Road Initiative”. *Heliyon*, 8(6).
- Molina-Azorín, J.F., Claver-Cortés, E., López-Gamero, M.D. ve Tarí, J.J. (2009). “Green management and financial performance: a literature review”. *Management decision*, 47(7), 1080-1100.
- Monczka, R.M., Handfield, R.B., Giunipero, L.C. ve Patterson, J.L. (2009). *Purchasing And Supply Chain Management*. USA: South-Western Cengage Learning.
- Murphy, P.R. ve Knemeyer, A.M. (2018). *Contemporary logistics* (12th ed.). Harlow, England: Pearson.

- Neeraja, B., Mehta, M. ve Chandani, A. (2014). “Supply Chain and Logistics for the Present Day Business”. *Procedia Economics and Finance*, Volume 11, pp.665 – 675.
- Nobelprize (2008). *International Trade and Economic Geography*, Paul Krugman, "Çevrimiçi" <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2008/pressrelease/>, Erişim Tarihi: 15/10/2024.
- Novitasari, M. ve Agustia, D. (2021). “Green supply chain management and firm performance: The mediating effect of green innovation”. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(2), 391-403.
- Omrak Özdemir, Ö. (2019). *Uluslararası Ticarete Türkiye-Çin İlişkileri ve Taşımacılık*. Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- On Birinci Kalkınma Planı (2024) *On Birinci Kalkınma Planı 2019-2023*, Ankara, DPT Yayını, "Çevrimiçi" https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/On_Birinci_Kalkinma_Plani-2019-2023.pdf, Erişim Tarihi: 17/10/2024.
- On İkinci Kalkınma Planı (2024) *On İkinci Kalkınma Planı 2024-2028*, Ankara, DPT Yayını, "Çevrimiçi" https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/12/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028_11122023.pdf, Erişim Tarihi: 17/10/2024.
- Owusu Kwateng, K., Manso, J.F., ve Osei-Mensah, R. (2014). “Outbound logistics management in manufacturing companies in Ghana”. *Review of Business & Finance Studies*, 5(1), 83-92.
- Öçal, B. (2022). “Covid-19’un Türkiye’nin Dış Ticaret Taşıma Türlerine Etkisinin İncelenmesi”. *JINENIS*, 1(2), 65-77.
- Özdemir, G. (2018). *Uluslararası Ticaret, Türkiye-Avrupa İlişkileri ve Gümrük Birliği*. Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Panayides, P.M. (2006). “Maritime Logistics and Global Supply Chains: Towards a Research Agenda”. *Denizcilik Ekonomisi & Lojistik*, 8(1), 3–18.

- Panda, R., Sethi M. ve Chaudhuri S. (2016). "Changing Paradigm in Trade Theories: A Review and Future Research Agenda", *Indian Journal of Science and Technology*, 9(46), ss. 1-6.
- Parasız, M.İ. (1995) *İktisada Giriş: Prensipler ve Politika*, 3.bs., Bursa, Ezgi Kitabevi.
- Paraskevopoulou, C. ve Tsalıki P. ve Tsoulfidis L. (2016). "Revisiting Leontief's Paradox", *International Review of Applied Economics*, 30(6), ss. 693-713.
- Pearce, D., Markandya, A. ve Barbier, E.B. (1989). *Blueprint For A Green Economy*. Londra: Earthscan.
- Qian, Y., Yin, X., Sun, P., Ren, Z. ve Lv, Z. (2009). "Long-Distance Gas Medium Pipeline Transportation Coal as an Example". *The Fifth Advanced Forum on Transportation of China*, 26-29.
- Ramaa, A., Subramanya, K.N. ve Rangaswamy, T.M. (2012). "Impact of Warehouse Management System in a Supply Chain". *International Journal of Computer Applications*, 54(1), 14-20.
- Regattieri, A., Santarelli, G. ve Piana, S. (2019). *Packaging Logistics*. (H. Zijm, M. Klumpp, A. Regattieri, S. Heragu, editors), Operations, Logistics and Supply Chain Management, 1. Edition, Springer International Publishing, Switzerland.
- Robertson, G.L. (1990). "Good and Bad Packaging: Who Decides?", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 20(8), 37-40.
- Rodrigues, A.M., Bowersox, D.J. ve Calantone R.J. (2005) "Estimation of Global and National Logistics Expenditures: 2002 Data Update", *Journal of Business Logistics*, 26(2), ss. 1-16.
- Rodrigue, J.P., Slack, B. ve Comtois, C. (2017). "Green Logistics". *In Handbook of Logistics and Supply-Chain Management* (Vol. 2, pp. 339-350). Emerald Group Publishing Limited.
- Rogers, D.S. ve Tibben-Lembke, R.S. (1998). *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*. Reverse Logistics Executive Council.

- Rokka, J. ve Uusitalo, L. (2008). "Preference for Green Packaging in Consumer Product Choices–Do Consumers Care?". *International Journal of Consumer Studies*, 32(5), 516-525.
- Rong, Y., Yu, L., Liu, Y., Simic, V. ve Garg, H. (2024). "The FMEA Model Based on LOPCOW-ARAS Methods With Interval-Valued Fermatean Fuzzy Information for Risk Assessment of R&D Projects in Industrial Robot Offline Programming Systems". *Computational and Applied Mathematics*, 43(1), 25.
- Rushton A., Croucher P. ve Baker P. (2014). *The Handbook of Logistics and Distribution Management*, 5. Edition, Kogan Page, India.
- Saatçi, M. ve Dumrul, Y. (2011). "Çevre Kirliliği ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisinin Türk Ekonomisi İçin Yapısal Kirilmali Eş-Bütünleşme Yöntemiyle Tahmini". *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (37), 65-86.
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, New York, McGraw-Hill
- Sadjady, H. (2011). *Physical Flows. Logistics Operations and Management: Concepts and Models*. Eds. (Farahani, R., Rezapour, S. and Kardar, L.). Elsevier Inc. UK: London
- Sahoo, S.K. ve Goswami, S.S. (2023). "A Comprehensive Review of Multiple Criteria Decision-Making (MCDM) Methods: Advancements, Applications, and Future Directions". *Decision Making Advances*, 1(1), 25-48.
- Sar, K. ve Ghadimi, P. (2022). "Designing Reverse Logistics Network for a Case Study of Home-Care Health Medical Device Waste Management: Implications for Industry 4.0 Supply Chains". *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 3148-3153.
- Savrul, B.K., Özel, H.A. ve KILIÇ, C. (2013). "Osmanlı'nın Son Döneminden Günümüze Türkiye'de Dış Ticaretin Gelişimi", *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 8(1), 56-73.
- Schmidt, T. ve Ten Hompel, M. (2007). *Warehouse Management*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Schumacher, R. (2012). "Adam Smith's Theory of Absolute Advantage and the Use of Doxography in the History of Economics". *Erasmus Journal for Philosophy and Economics*, 5(2), 54-80.
- SDR (2024). *Sustainable Development Report*, "Çevrimiçi" <https://dashboards.sdindex.org/>, Erişim Tarihi: 01/12/2024.
- Servantie, D. (2016). "TRACECA Projesi: Yeni İpek Yolu". *İktisadi Kalkınma Vakfı Dergisi*, 1(176), 1-10.
- Seyidoğlu, H. (1996). *Uluslararası İktisat-Teori, Politika ve Uygulama*, İstanbul, Gizem Yayınları No:11.
- Seyidoğlu, H. (2011). *Uluslararası İktisat*, 9.bs., Eskişehir, Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Seyidoğlu, H. (2013). *Uluslararası İktisat: Teori Politika ve Uygulama*. 19. Baskı, Kurtiş Matbaası, İstanbul.
- Shamout, M. D. (2024). "Towards a Cleaner and Sustainable Europe and Central Asia: an Investigation of the Logistics-Environment Nexus". *Sustainable Development*, 32(6), 6629-6642.
- Shannon, C.E. (1948). "A Mathematical Theory of Communication". *Bell Systems and Technology Journal*, 27: 379-423.
- Shapiro, R.D. ve Heskett J. L. (1985). *Logistics Strategy: Cases and Concepts*, Minnesota, West Publishing Company.
- Shi, J., Hu, Z. ve Jing, Z. (2019). "Research on Debon Logistics Transportation Management". *Transportation Management*, 2(1).
- Simic, V., Dabic-Miletic, S., Tirkolae, E. B., Stević, Ž., Ala, A. ve Amirteimoori, A. (2023). "Neutrosophic Lopcow-Aras Model for Prioritizing Industry 4.0-Based Material Handling Technologies in Smart and Sustainable Warehouse Management Systems". *Applied Soft Computing*, 143, 110400.
- Sivak, M. ve Schoettle, B. (2012). "Eco-Driving: Strategic, Tactical, and Operational Decisions of the Driver That Influence Vehicle Fuel Economy". *Transport Policy*, 22, 96-99.

- Soytas, U., Sari, R. ve Ewing, B.T. (2007). "Energy Consumption, Income, and Carbon Emissions in The United States". *Ecological Economics*, 62(3-4), 482-489.
- Srinivasan, V. ve Shocker, A.D. (1973) "A Composite Criterion Using Pairwise Judgments". *Psychometrika*, 38(4):473-493
- Stanković, M., Stević, Ž., Das, D.K., Subotić, M. ve Pamučar, D. (2020). "A New Fuzzy Marcos Method for Road Traffic Risk Analysis". *Mathematics*, 8(3), 457.
- Stevens, G.C. (1989). "Integrating the Supply Chain". *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, 19(8), 3-8.
- Stević, Ž. ve Brković, N. (2020). "A Novel Integrated Fucom-Marcos Model for Evaluation of Human Resources in a Transport Company". *Logistics*, 4(1), 4.
- Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A. ve Chatterjee, P. (2020). "Sustainable Supplier Selection in Healthcare Industries Using a New Mcdm Method: Measurement of Alternatives and Ranking According to Compromise Solution (MARCOS)". *Computers & Industrial Engineering*, 140, 106231.
- Stock, J.R. ve Lambert, D. M. (2001). *Strategic Logistics Management* (Vol. 4). Boston, MA: McGraw-Hill/Irwin.
- Stock, J.R. ve Lambert, D.M. (2001). *Strategic Logistics Management* (4. Baskı). New York: McGraw Hill.
- Stokey, N.L. (1998). "Are There Limits to Growth?". *International Economic Review*, 39(1), 1–31.
- Sugözü, İ.H. (2010). *Devlet Borçları, IMF-Dünya Bankası ve Türkiye*. Nobel Yayın Dağıtım.
- Sureeyatanapas, P., Poophiukhok, P. ve Pathumnakul, S. (2018). "Green Initiatives for Logistics Service Providers: an Investigation of Antecedent Factors and the Contributions to Corporate Goals". *Journal of Cleaner Production*, 191, 1-14.
- Szymonik, A. (2016). "Packaging in Logistics". *Technical University of Lodz*, 1-12.

- Şentürk, C. (2007). *Dış Ticaret-Büyüme İlişkisi Üzerine Bir İnceleme: Türkiye ve Gelişmekte Olan Ülkelerde İhracata Dayalı Büyüme Hipotezinin Testi*. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- T.C. ENERJİ BAKANLIĞI, (2024). *Boru Hatları ve Projeleri*, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, "Çevrimiçi" <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-transit-boru-hatlari>, Erişim Tarihi: 01/10/2024.
- Tanyaş, M. ve Düzgün, M., (2016). *Uluslararası Lojistik Küresel Tedarik Zinciri Yönetimi*. 2. Baskı, Öz-gem Matbaacılık. Ankara.
- Tanyaş, M., Erdal, M., Zorlu, F., Gürlesel, F. ve Filik, F. (2011). *Türkiye Lojistik Master Planı İçin Strateji Belgesi*. TİM Lojistik Konseyi Yayınları.
- TCCSBB (2024). *Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Değerlendirme Raporu*, "Çevrimiçi" <https://www.sbb.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 01/12/2024.
- TCDD (2014). *Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, 2014 Faaliyet Raporu*, "Çevrimiçi" <https://static.tcdd.gov.tr/webfiles/userfiles/files/2014faaliyetraporu.pdf>, Erişim Tarihi: 06/12/2024.
- TCDD (2024). *Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü*, "Çevrimiçi" <https://www.tcdd.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 01/11/2024.
- TDK (2019). *Türk Dil Kurumu Sözlükleri/Lojistik*, "Çevrimiçi" <https://sozluk.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 12/10/2024.
- Topcu, E. (2017). *İhracata Dayalı Büyüme Hipotezine Yeni Bir Yaklaşım: Türkiye Ekonomisi Üzerine Sektörel Bir Uygulama*. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Nevşehir.
- Trace, K. (2008). *Bulk Commodity Logistics* (A.M., Brewer, K.J., Button, D.A., Hensher Editor). Handbook of Logistics and Supply Chain Management, Emerald, Inc, Great Britain.

- Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-Criteria Decision Making Methods* (pp. 5-21). Springer Us.
- Tseng, Y., Yue, W.L. ve Taylor, M.A.P. (2005). "The role of transportation in logistics chain". *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, 1657-1672
- Tunca, H. Ö. (2022). "Stratejik Planlama Kapsamında Türkiye'de Lojistik ve Havayolu Lojistiği". *Türk Hava Kurumu Üniversitesi Havacılık ve Uzay Çalışmaları Dergisi*, 3(1), 41-61.
- TÜİK (2024). *Türkiye İstatistik Kurumu*, "Çevrimiçi" <https://www.tuik.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 01/11/2024.
- Türkoğlu, M. ve Duran, G. (2023). "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Bölgesel Kapsamlı Ekonomik Ortaklık (Rcep) Ülkelerinin Lojistik Performanslarının Değerlendirilmesi". *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 15(1), 45-69.
- UAB (2024). *Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı*, "Çevrimiçi" <https://www.uab.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 01/11/2024.
- Ubeda, S., Arcelus, F.J. ve Faulin, J. (2011). "Green Logistics at Eroski: A Case Study". *International Journal of Production Economics*, 131(1), 44-51.
- UNFCCC (2024). *United Nations Framework Convention on Climate Change*, "Çevrimiçi" <https://unfccc.int/>, Erişim Tarihi: 01/12/2024.
- Usta, B. (2019). *Uluslararası Ticaret, Türkiye-İran İlişkileri ve Taşımacılık*, Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Ülker, Ç. (2016). "Havayolu Taşımacılığı Piyasasının Teorik Analizi". *Kafkas Üniversitesi İktisadi Bilimler Fakültesi Dergisi*. 7(14), 711-725.
- Van Wassenhove, L. N. (2006). "Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear". *Journal of the Operational research Society*, 57(5), 475-489.
- Van Weele, A. J. (2018). *Purchasing and Supply Chain Management*. Cengage Learning, Inc.

- Vonderembse, M., Tracey, M., Tan, C. L. ve Bardi, E. J. (1995). "Current purchasing practices and JIT: some of the effects on inbound logistics". *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 25(3), 33-48.
- Walther, T. (2002). *The World Economy*. Ünal Çağlar (Çev.). İstanbul: Alfa Yayınevi.
- Wandosell, G., Parra-Meroño, M. C., Alcayde, A. ve Baños, R. (2021). "Green packaging from consumer and business perspectives". *Sustainability*, 13(3), 1356.
- Wang, Y.M. ve Luo, Y. (2010). "Integration of Correlations with Standard Deviations for Determining Attribute Weights in Multiple Attribute Decision Making". *Mathematical and Computer Modeling*, 51(1-2):1-12.
- Wang, Y.M. ve Parkan, C. (2006). "A General Multiple Attribute Decision-Making Approach For Integrating Subjective Preferences and Objective Information". *Fuzzy Sets and Systems*, 157:1333-1345.
- Waters, D. (2003). *Logistics: An Introduction to Supply Chain Management*. London: Palgrave Macmillan.
- WD (2024a). Our World in Data, *Greenhouse gas emissions by gas, World, 1850 to 2023*, "Çevrimiçi" <https://ourworldindata.org/greenhouse-gas-emissions>, Erişim Tarihi: 20/11/2024.
- WD (2024b). Our World in Data, *Greenhouse gas emissions by sector, World*, "Çevrimiçi" <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>, Erişim Tarihi: 20/11/2024.
- Wild, T. (2017). *Best Practice in Inventory Management*. Routledge.
- Woźniak, D., Kukielka, L. ve Woźniak, J. (2013). "Some Aspects of Transport Logistics. Autobusy: Technika, Eksploatacja". *Systemy Transportowe*, 1(14), 282-285.
- WTO (2024) *World Trade Organization*, "Çevrimiçi" https://www.wto.org/english/thewto_e/history_e/history_e.htm, Erişim Tarihi: 09.10.2024.

- Yakacı, S. (2019). *Türkiye ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Dış Ticaretin Çevresel Etkilerinin Çevresel Kuznets Eğrisi Çerçevesinde Analizi*, Şırnak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şırnak.
- Yandle, B., Vijayaraghavan, M. ve Bhattarai, M. (2002). "The environmental Kuznets curve". *A Primer, PERC Research Study*, 2(1), 1-38.
- Yazıcıoğlu, Y. ve S. Erdoğan (2004). *SPSS Uygulamalı Bilimsel Araştırma Yöntemleri*, Ankara, Detay Yayıncılık.
- Yenipazarlı, A. ve Erdal, F. (2010). "Dış Ticaretin Serbestleşmesi ve Ekonomik Büyüme". *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 2(1), s. 18.
- Yıldırım, B. F. (2015). "Çok kriterli karar verme problemlerinde ARAS Yöntemi". *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(9), 285-296.
- Yıldız, D. ve Wolff, R. A., (2018). "Türkiye’de lojistik yönetimindeki gelişmeler: stratejik bir bakış açısı". *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 7(3), 187-198.
- YILDIZTEKİN, A. (2007) "Lojistiğin 7 Doğrusu", *Dergi L*, "Çevrimiçi" <http://www.atillayildiztekin.com/Dergi/lojistigin-7-dogrusu.html>, Erişim Tarihi: 10/10/2024.
- Yüksel, E. ve Sarıdoğan, E., (2011). "Uluslararası ticaret teorileri ve Paul R. Krugman’ın katkıları". *Öneri Dergisi*, 9(35), 199-206.
- Zaman, K. ve Shamsuddin, S. (2017). "Green logistics and national scale economic indicators: Evidence from a panel of selected European countries". *Journal of Cleaner Production*, 143, 51-63.
- Zeybek, H. (2007). *Ulaşım Sektöründe İntermodalite ve Lojistik Alanındaki Gelişmeler ve Türkiye'ye Yansımaları*, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Zhang, Y., Thompson, R. G., Bao, X., ve Jiang, Y. (2014). "Analyzing the Promoting Factors for Adopting Green Logistics Practices: A Case Study of Road Freight Industry in Nanjing, China". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 125, 432-444.

Zheng, Y. ve Mesghouni, K. (2011). “Application of postponement strategy in distribution period for treating uncertain demand in supply chain management”. *Engineering Letters*, 19(3), 240-248.

