

T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
HAVACILIK YÖNETİMİ ANA BİLİM DALI

TÜRK HAVA KARGO SEKTÖRÜNÜN KARBONDAN
ARINDIRILMASINA YÖNELİK STRATEJİK BİR ANALİZ

Yüksek Lisans Tezi

Hazırlayan
Cavidan Tuğçe KELEŞ

Danışman
Doç. Dr. Gökhan TANRIVERDİ

NİSAN 2026, ERZİNCAN

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

“Türk Hava Kargo Sektörünün Karbondan Arındırılmasına Yönelik Stratejik Bir Analiz “Yüksek Lisans” tezim tarafımda incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim. Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim.

Cavidan Tuğçe KELEŞ

T.C.
ERZİNCAN BİNALI YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü

Ana Bilim Dalı : Havacılık Yönetimi

Program Adı :Tezli Yüksek Lisans

Tez Başlığı :Türk Hava Kargo Sektörünün Karbondan Arındırılmasına Yönelik Stratejik Bir Analiz

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının a) Giriş b) Ana bölümler ve c) Sonuç kısımlarından oluşan (Kapak, Ön söz, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) toplam 117 sayfalık kısmına ilişkin 07/04/2026 tarihinde Turnitin intihal programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre tezin benzerlik oranı %9'dur.

Filtrelemeye tırnak içerisindeki alıntılar dahil edilmiştir. Filtrelemede yedi (7) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç tutulmuştur.

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez İntihal Raporu Uygulama Esaslarını inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmasının herhangi bir intihal içermediğini, aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim. 21/04/2026

Danışman: Doç. Dr. Gökhan TANRIVERDİ

Öğrenci: Cavidan Tuğçe KELEŞ

KILAVUZA UYGUNLUK

“Türk Hava Kargo Sektörünün Karbondan Arındırılmasına Yönelik Stratejik Bir Analiz” başlıklı Yüksek Lisans Tezi Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Cavidan Tuğçe KELEŞ

Danışman

Doç. Dr. Gökhan TANRIVERDİ

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Doç. Dr. Gökhan TANRIVERDİ danışmanlığında **Cavidan Tuğçe KELEŞ** tarafından hazırlanan “**Türk Hava Kargo Sektörünün Karbondan Arındırılmasına Yönelik Stratejik Bir Analiz**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Havacılık Yönetimi Ana Bilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

21/04/2026

JÜRİ:

Danışman : **Doç. Dr. Gökhan TANRIVERDİ** (İmza)
Üye : **Dr. Öğr. Üyesi Ümit DOĞAN** (İmza)
Üye : **Dr. Öğr. Üyesi Mustafa UZGÖR** (İmza)

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulu'nun /.../2026 tarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

..... /.../2026

Doç. Dr. Müge MANGA
Enstitü Müdürü

ÖN SÖZ

Bu tez çalışması, yüksek lisans eğitimim süresince edindiğim bilgi ve deneyimlerin bir ürünü olarak hazırlanmıştır. Akademik gelişimime önemli katkılar sağlayan bu süreçte, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak yol gösteren, her aşamada desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Doç. Dr. Gökhan TANRIVERDİ'ye içtenlikle teşekkür ederim. Yoğun çalışma sürecim boyunca sabır ve anlayışla yanımda olan, desteği ve motivasyonu ile bu süreci benim için daha anlamlı kılan eşim İlhan Semih KELEŞ'e; sevgisiyle hayatıma neşe katan ve varlığıyla en büyük motivasyon kaynağım olan kızım Defne Yaren KELEŞ'e teşekkür borçluyum. Ayrıca beni bugünlere getiren, hayatımın her döneminde maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, daima yanımda olan aile büyüklerime şükranlarımı sunarım. Özellikle her zaman bana inanan, daha iyi yerlere gelebileceğimi hissettiren, başarabileceğim konusunda beni sürekli motive eden ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen babam Hacı Osman ÇOLAK ve annem Şadiye ÇOLAK'a teşekkür ederim.

Bu çalışmanın hazırlanmasında dolaylı ya da doğrudan emeği geçen herkese teşekkür eder, tezin ilgili alana katkı sağlamasını temenni ederim.

Cavidan Tuğçe KELEŞ, Erzincan, 2026

TÜRK HAVA KARGO SEKTÖRÜNÜN KARBONDAN ARINDIRILMASINA YÖNELİK STRATEJİK BİR ANALİZ

Cavidan Tuğçe KELEŞ

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi,

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Nisan 2026

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gökhan TANRIVERDİ

ÖZET

Turizm ve ekonomi için katalizör rolü üstlenen havacılık sektörü, yüksek karbon emisyonları nedeniyle çevresel etkileri en fazla olan sektörlerden biridir. Nitekim insan kaynaklı CO₂ emisyonlarının yaklaşık %2–3'ünün havacılıktan kaynaklanması ve hava kargo taşımacılığının bu yapı içerisindeki yeri, sektörün karbondan arındırılmasını kritik hale getirmiştir. Bu doğrultuda, havacılıkta emisyonların azaltılması için yapılan çalışmaların, sektörün tüm alanlarını kapsayacak şekilde ele alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Literatürde çalışmaların çoğu yolcu taşımacılığına odaklanırken, hava kargo sektörüne yönelik araştırmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu doğrultuda çalışma, Türk hava kargo sektörünün Türkiye'nin 2053 net sıfır karbon hedefi kapsamında izlemesi gereken uygun karbondan arındırma stratejilerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda, SWOT temelli BWM yöntemi ile sektörün mevcut durumu analiz edilmiş, SWOT faktörlerine dayanarak belirlenen stratejiler bulanık VIKOR yöntemi ile önceliklendirilmiştir. Bulgular, İGA'nın yeşil lojistik hub olarak konumlandırılması, SAF kullanımının yaygınlaştırılması ve yeşil dijital kargo yönetim sistemlerinin geliştirilmesinin öncelikli stratejiler olduğunu göstermektedir. Bu stratejilerin filo modernizasyonu ve operasyonel verimlilikle desteklenmesi, sektörün karbon ayak izini azaltarak sürdürülebilir dönüşümüne katkı sağlayacaktır. Sonuç olarak çalışma, Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik uygulanabilir ve önceliklendirilmiş bir stratejik yol haritası sunmakta olup hem akademik literatüre hem de sektörel uygulamalara önemli katkılar sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hava Kargo, Karbondan Arındırma, Stratejik Analiz, Best Worst Method (BWM), Bulanık VIKOR

A STRATEGIC ANALYSIS OF DECARBONIZING THE TURKISH AIR CARGO SECTOR

Cavidan Tuğçe KELEŞ

Erzincan Binali Yıldırım University

Graduate School of Social Sciences

Master Thesis, April 2026

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Gökhan TANRIVERDİ

ABSTRACT

The aviation sector, which acts as a catalyst for tourism and the economy, is one of the sectors with the greatest environmental impact due to its high carbon emissions. Indeed, the fact that approximately 2-3% of human-caused CO₂ emissions originate from aviation, and the place of air cargo transportation within this structure, makes decarbonization of the sector critical. Accordingly, it is evident that efforts to reduce emissions in aviation should be addressed in a way that encompasses all areas of the sector. While most studies in the literature focus on passenger transportation, research on the air cargo sector is limited. Therefore, this study aims to determine the appropriate decarbonization strategies that the Turkish air cargo sector should follow within the scope of Turkey's 2053 net-zero carbon target. In this context, the current state of the sector was analyzed using the SWOT-based BWM method, and the strategies determined based on SWOT factors were prioritized using the fuzzy VIKOR method. The findings show that positioning IGA (Istanbul Grand Airport) as a green logistics hub, widespread adoption of SAF (Supplementary Air Frequency), and the development of green digital cargo management systems are priority strategies. Supporting these strategies with fleet modernization and operational efficiency will contribute to the sustainable transformation of the sector by reducing its carbon footprint. Consequently, this study presents a feasible and prioritized strategic roadmap for decarbonizing the Turkish air cargo sector, making significant contributions to both academic literature and industry practice.

Keywords: Air Cargo, Decarbonization, Strategic Analysis, Best Worst Method (BWM), Fuzzy VIKOR

İÇİNDEKİLER

TÜRK HAVA KARGO SEKTÖRÜNÜN KARBONDAN ARINDIRILMASINA YÖNELİK STRATEJİK BİR ANALİZİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
TEZ ÖZGÜNLÜK SAYFASI.....	ii
KILAVUZA UYGUNLUK	iii
KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	iv
ÖN SÖZ	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
KISALTMALAR LİSTESİ	xiv
TABLOLAR LİSTESİ	xvi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xvii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM STRATEJİK YÖNETİM SÜRECİ

1. 1. Stratejik Yönetime İlişkin Temel Kavramlar	11
1.2. Strateji Yönetim Süreci	12
1.2.1. Stratejik Bilinç.....	13
1.2.2. Stratejik Analiz.....	14
1.2.2.1. Dış Çevre Analizi	14
1.2.2.2. İç Çevre Analizi.....	15
1.2.3. Stratejik Yönlendirme	16

1.2.3.1. Misyon ve Vizyon	17
1.2.3.2. Amaç ve Hedefler	17
1.2.4. Strateji Oluşturma	18
1.2.5. Stratejik Uygulama.....	18
1.2.6. Stratejik Kontrol.....	19
1.3. Stratejik Yönetim Araçları.....	20
1.3.1. Beyin Fırtınası Tekniği	20
1.3.2. Dengeli Puan Kartı Tekniği.....	21
1.3.3. Balık Kılçığı Diyagramı Analizi	22
1.3.4. Dış Kaynaklardan Yararlanmak	22
1.3.5. Benchmarking (Stratejik Kıyaslama).....	23
1.3.6. Stratejik Toplam Kalite Yönetimi	24
1.3.7. Portföy Analizi Tekniği.....	25
1.3.8. PESTLE Analizi	25
1.3.9. SWOT (FÜTZ) İşletme Analizi	26

İKİNCİ BÖLÜM

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SİVİL HAVA TAŞIMACILIĞI

2.1. İklim Değişikliğine İlişkin Temel Kavramlar	28
2.1.1. İklim Değişikliği	28
2.1.2. Küresel Isınma.....	29
2.1.3. Sera Gazları	30
2.1.4. Çevresel Sürdürülebilirlik	31
2.2. Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Etkileri.....	32
2.3.Çevresel Kalite Standartları.....	33

2.3.1. ISO 14001	33
2.3.2. ISO 50001	34
2.3.3. ISO 46001	34
2.3.4. ISO 14064	35
2.4. Mevcut Durum ve Olası Senaryolar	36
2.5. Sivil Hava Taşımacılığı Sektörü ve Paydaşları	38
2.5.1. Sivil Hava Taşımacılığı Otoriteleri	39
2.5.1.1. Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu (ICAO)	39
2.5.1.2. Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA).....	40
2.5.1.3. Uluslararası Havalimanları Konseyi (ACI)	41
2.5.1.4. Avrupa Sivil Havacılık Emniyet Ajansı (EASA)	41
2.5.1.5. Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyet Teşkilatı (EUROCONTROL).....	42
2.5.1.6. Avrupa Sivil Havacılık Konferansı (ECAC).....	42
2.5.2. Havayolu İşletmeleri	43
2.5.3. Havaalanı Hizmetleri.....	44
2.5.4. Hava Seyrüsefer Hizmet Sağlayıcıları	44
2.5.5. Hava Trafik Kontrol Hizmetleri	45
2.5.6. Çevreci Kuruluşlar	45
2.5.7. Hava Aracı Bakım Hizmetleri.....	46
2.6. Sivil Havacılık Sektöründe Mevcut Durum	47
2.7. Sivil Havacılık Sektörünün İklim Değişikliğine Etkisi	48
2.7.1. Hava Taşımacılığı Emisyonlarının Kaynakları	48
2.7.2. Havacılık Sektörünü Karbondan Arındırma Girişimleri.....	49
2.7.2.1. ICAO ve CORSIA	50
2.7.2.2. IATA'nın Hedefleri.....	51

2.7.2.3. AB Emisyon Ticaret Sistemi ve Ticari Havacılığa Yönelik Emisyon Azaltma Planı	52
2.7.2.4. Federal Havacılık İdaresi (FAA) Tarafından Yapılan Çalışmalar.....	52
2.7.2.5. Uluslararası Hava Kargo Birliği (TIACA)	54
2.7.2.6. Uluslararası Taşımacılık Acente Birlikleri Federasyonu (FIATA)	55
2.7.2.7. Hava Taşımacılığı Eylem Grubu (ATAG)	55
2.7.2.8. Birleşik Krallık Jet Zero Stratejisi	56

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TÜRK HAVA KARGO TAŞIMACILIĞI VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

3.1. Hava Kargo Taşımacılığının Özellikleri ve Yolcu Taşımacılığından Farkları.....	58
3.2. Hava Kargo Taşımacılığına Konu Olan Yükler	59
3.3. Hava Kargo Tedarik Zincirinde Faaliyette Bulunan İşletmeler	60
3.3.1. Hava Kargo Tedarik Zinciri	60
3.3.2. Tedarik Zincirinde Faaliyette Bulunan İşletmeler	61
3.3.2.1. Gönderici (Shipper)	61
3.3.2.2. Aracı Hava Kargo Acenteleri (Freight Forwarder)	62
3.3.2.3. Havaalanları.....	62
3.3.2.4. Hava Kargo İşletmeleri.....	63
3.4. Hava Kargo Taşımacılığında Kullanılan Uçak Tipleri.....	65
3.4.1. Kargo Uçakları	65
3.4.2. Yolcu Uçakları	65
3.5. Hava Kargo Pazarındaki Güncel Gelişmeler.....	66
3.5.1. E-Ticaret.....	67
3.5.2. E-Lojistik.....	68

3.5.3. Kapıdan Kapıya Taşımacılık Eğilimleri.....	68
3.5.4. Hava Kargo ve Lojistik İş Birlikleri.....	69
3.5.5. Uçak Teknolojilerindeki Gelişmeler	72
3.6. Türkiye’de Hava Kargo Taşımacılığı	73
3.6.1. Türkiye ve İstanbul’un Stratejik Konumu ve Hava Kargo Taşımacılığının Önemi	74
3.6.2. Hava Kargo Taşımacılığına Yönelik Yatırımlar	74
3.6.3. Hava Kargo Taşımacılığı Yapan Kuruluşlar	75
3.6.3.1. Turkish Cargo	75
3.6.3.2. MNG Kargo Yurt İçi ve Yurt Dışı Taşımacılık Anonim Şirketi.....	75
3.6.3.3. ULS Havayolları Kargo Taşımacılık.....	76
3.6.3.4. ACT Havayolları A.Ş.	76
3.7. Türk Hava Kargo Taşımacılığında Mevcut Çevre Dostu Uygulamalar	76
3.8. Konu ile İlgili Önceki Çalışmalar.....	78
3.8.1. Havacılık Sektöründe Karbondan Arındırma Üzerine Yapılan Araştırmalar	79
3.8.2. Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Alanında Karbondan Arındırma Üzerine Yapılan Araştırmalar	83
3.8.3. Türk Sivil Hava Taşımacılığını Karbondan Arındırma Üzerine Yapılan Araştırmalar.....	85
3.8.3.1. Havayolu Yolcu Taşımacılığını Karbondan Arındırma Üzerine Yapılan Araştırmalar	85
3.8.3.2. Hava Kargo Taşımacılığını Karbondan Arındırma Üzerine Yapılan Araştırmalar	86

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

YÖNTEM

4.1. Araştırma Modeli.....	90
4.1.1. BestWorst Method (BWM).....	93
4.1.2. Bulanık VIKOR Yöntemi	98
4.2. Veri Toplama Aşaması	102
4.3. Bulgular ve Yorum	105
4.3.1. Türk Hava Kargo Sektörünün Karbondan Arındırılmasına Yönelik SWOT Analizi	105
4.3.2. SWOT faktörlerinin BWM Yöntemiyle Değerlendirilmesi.....	107
4.3.3. Stratejilerin Bulanık VIKOR Yöntemiyle Değerlendirilmesi.....	111
TARTIŞMA.....	116
SONUÇ ve ÖNERİLER.....	120
KAYNAKÇA.....	123
EKLER.....	146
ÖZ GEÇMİŞ.....	147

KISALTMALAR LİSTESİ

ACI	: Airport Council International: Havalimanları Konseyi Uluslararası
ANS	: Air Navigation Services: Navigasyon Hizmetleri
ANSP	: Air Navigation Service Provider: Hava Seyrüsefer Hizmet Sağlayıcıları
ATAG	: Air Transport Action Group: Hava Taşımacılığı Eylem Grubu
ATC	: Air Traffic Control: Hava Trafik Kontrol
ATM	: Air Traffic Management- Hava Trafik Yönetimi
BWM	: Best Worst Yöntemi: En İyi En Kötü Yöntem
CORSIA	: Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation: Uluslararası Havacılık için Karbon Dengeleme ve Azaltma Planı
CTK	: Capacity Tonne Kilometre: Kapasite Ton Kilometre
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri
DTÖ	: Dünya Ticaret Örgütü
EASA	: European Aviation Safety Agency: Avrupa Havacılık Emniyet Ajansı
ECAC	: European Civil Aviation Conference: Avrupa Sivil Havacılık Konferansı
EMS	: Environment Management Systems: Çevre Yönetim Sistemleri
EPA	: United States Environmental Protection Agency: Çevre Koruma Ajansı
EQS	: Çevresel Kalite Standardı- Environmental Quality Standards
ETS	: Emisyon Ticareti Planları
FAA	: Federal Aviation Administration: Federal Havacılık İdaresi
FIATA	: International Federation Of Freight Forwarders Association: Uluslararası Taşımacılık Acente Birlikleri Federasyonu
FTK	: Freight Tonne-Kilometres: Yük Ton-Kilometre
GHG	: Küresel Sera Gazı
GSYİH	: Gayrisafi Yurt İçi Hasıla

- IATA** : International Air Transport Association: Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği
- ICAO** : International Civil Aviation Organization: Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü
- IEA** : International Energy Agency: Uluslararası Enerji Ajansı
- IPCC** : The Intergovernmental Panel on Climate Change: Uluslararası İklim Değişikliği Paneli
- ISO** : International Standart of Organization- Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu
- NASA** : National Aeronautics and Space Administration: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
- NOAA** : National Oceanic and Atmospheric Administration: Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi
- OECD** : Organisation for Economic Co-Operation and Development, Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü
- RPK** : Revenue Passenger Kilometers: Ücretli Yolcu Kilometre
- SAF** : Sustainable Aviation Fuel: Sürdürülebilir Havacılık Yakıtı
- SHGM** : Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
- TIACA** : The International Air Cargo Association: Uluslararası Hava Kargo Birliği
- TSE** : Türk Standardları Enstitüsü
- ULD** : Birim Yük Cihazları
- WCO** : The World Customs Organization: Dünya Gümrük Örgütü
- WECD** : World Commission on Environment and Development: Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu
- WMO** : World Meteorological Organization: Dünya Meteoroloji Örgütü

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1: Hava Kargo İş Birliği Anlaşmaları	70
Tablo 3.2: Sürdürülebilirlik Kapsamında İş Birlikleri.....	71
Tablo 3.3: Havacılık Sektörünün Karbondan Arındırılmasına Yönelik Yapılan Çalışmalar.....	87
Tablo 4.1: Tutarlılık Endeks Değerleri.....	97
Tablo 4.2: Karşılaştırmalarda Kullanılacak Dilsel Değerler ve Bulanık Sayı Karşılığı.....	101
Tablo 4.3: Birinci Aşamada Yer Alan Katılımcılara ait Demografik Bilgiler.....	103
Tablo 4.4: İkinci Aşamada Yer Alan Katılımcılara ait Demografik Bilgiler	104
Tablo 4.5: SWOT Faktörleri.....	105
Tablo 4.6: SWOT Faktörlerinin Karar Vericilere Göre En İyi ve En Kötü Değerlendirme Sonuçları.....	108
Tablo 4.7: Sektöre Ait Güçlü Yönlerin BWM ile Değerlendirilmesi.....	109
Tablo 4.8: Sektöre Ait Zayıf Yönlerin BWM ile Değerlendirilmesi.....	109
Tablo 4.9: Sektöre Ait Fırsatların BWM ile Değerlendirilmesi	110
Tablo 4.10: Sektöre Ait Tehditlerin BWM ile Değerlendirilmesi.....	111
Tablo 4.11: Kriter Ağırlıkları ve Stratejilerin Bulanık Değerlendirilmesi	112
Tablo 4.12: Tüm Faktör Derecelendirmelerinin En İyi ve En Kötü Değerleri.....	113
Tablo 4.13: Bulanık Karar Matrisi	113
Tablo 4.14: Stratejilerin S, R ve Q Kullanımı	114

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1: Önerilen Metodolojinin Adımları	92
--	----

GİRİŞ

Değişmekte ve gelişmekte olan dünyada rekabet avantajı kazanma isteği doğal ve kıt kaynakların hızlı tüketimine, bazı bireysel ve toplumsal taleplerin karşılanamaması sorununa yol açmaktadır. Bu nedenle günümüzde işletmeler sürdürülebilirliklerini sağlayabilmek adına ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan hedefler belirleyerek raporlar hazırlamaktadır (Schaltegger, Bennett & Buritt, 2006). İlgili sürdürülebilirlik çalışmaları arasında yer alan çevrenin korunmasına yönelik çabalar, insanların yaşamlarını doğal kaynakları tüketmeden ve çevreye zarar vermeden devam ettirmeleri üzerine kuruludur. Çevresel sürdürülebilirlik olarak adlandırılan ilgili çabalar kapsamında kaynak tüketiminin azaltılması, geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı, atık yönetimi, yenilebilir enerji kullanımı gibi çevrenin geliştirilmesinde stratejiler uygulanmaktadır (Oto, 2011: s.16-17). İşletmeler tarafından bu stratejiler belirlenirken iş yaptıkları sektörlerin faaliyet alanları göz önünde bulundurulmaktadır.

Sahip olduğu karakteristik özellikler nedeniyle turizm, ekonomi ve diğer önde gelen sektörler için bir katalizör görevi gören havacılık sektörü, diğer yandan çevreye en çok zararı veren sektörlerden biri olarak ifade edilmektedir (Temel, 2022: 27). Özellikle, uçaklarda kullanılan geleneksel jet yakıtı aracılığıyla çevreye salınan karbon emisyonları hava kirliliğini ve iklim değişikliğini hızlandırmaktadır. Uçakların sebep olduğu karbon emisyonlarının yanı sıra havacılık operasyonları aracılığıyla gürültü kirliliği, toprak ve su kirliliği gibi diğer çevresel sorunlar da ortaya çıkmaktadır. Artan emisyonlar ve iklim değişikliğiyle ilgili endişeler, havacılığın karbondan arındırılması gerekliliğini gündeme getirmiştir. Karbondan arındırma terimi, karbondioksit emisyonlarının kademeli olarak ortadan kaldırılmasını tanımlamak için kullanılmaktadır (Pereira, 2021).

Karbondan arındırma kapsamında sürdürülebilir yakıt üretiminde temel sorumluluğa sahip olan enerji sektörünün karbondan arındırmaya odaklanması giderek artmış ve birçok enerji şirketi iklim etkilerini hesaba katarak stratejilerini revize etmiştir (Fang, vd., 2023). Aynı durum havacılık sektöründe de söz konusu olup işletmeler tarafından çevresel etkiyi azaltmak için çeşitli önlemler alınmaktadır. Sektörün başlıca paydaşı olarak havayolu işletmeleri, çevre dostu operasyonlar için karbon emisyonlarının azaltılması, enerji verimliliği, atık yönetimi, su tasarrufu, biyokütle kullanımı gibi çeşitli konularda stratejiler geliştirmektedir (Tłoczyński, Martín-Rojas, & Czerepko, 2023).

Küresel havacılık endüstrisi, insan kaynaklı tüm CO₂ emisyonlarının yaklaşık %2-3' ünü üretmektedir. Bu havacılık kaynaklı CO₂ emisyonlarının yaklaşık %80'i, pratik bir alternatif ulaşım modunun olmadığı 1.500 kilometreden uzun uçuşlarda yayılmaktadır (ATAG, 2020). Ancak hava trafiği yoğunlaştıkça bu payın önümüzdeki yıllarda önemli ölçüde artması beklenmektedir (Klöwer, vd., 2021). Ek olarak, jet yakıtı pazarının büyüklüğünün 2025'te 195,21 milyar ABD doları, 2026'da 216,59 milyar ABD doları ve 2031'de 354,41 milyar ABD dolarına ulaşması ve 2026-2031 yılları arasında %10,35'lik bir yıllık bileşik büyüme oranı (CAGR) ile büyümesi öngörülmektedir (Modor Intelligence, 2025). Bu gelişmeler sonucunda, küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda artan endişelerin bir sonucu olarak hükümetler, kurumlar ve uluslararası kuruluşlar karbon emisyonlarını azaltmak için stratejiler, girişimler ve politikalar oluştururken bu çabaların küresel düzeyde ele alınması amacıyla iklim değişikliğiyle mücadelede Paris Anlaşması imzalanarak küresel bir iş birliği gerçekleştirilmiştir. 2015 yılında yaklaşık 200 ülke tarafından kabul edilen Paris Anlaşması ile birlikte devletler, havacılık sektöründen kaynaklanan karbon emisyon salınımını 2050 yılına kadar net sıfır emisyona ulaştırmayı taahhüt etmiştir (Gürçam, 2022).

Bu gelişmeler ışığında Uluslararası Sivil Havacılık Otoritesi (ICAO) ise Uluslararası Havacılık için Karbon Dengeleme ve Azaltma Programını (CORSIA) ortaya koymuştur. CORSIA programı, teknolojik ve operasyonel iyileştirmelerin yanı sıra, sürdürülebilir havacılık yakıtlarının (SAF) kullanımına rağmen azaltılamayan CO₂ emisyonlarını, karbon piyasasından sağlanan emisyon birimleri aracılığıyla telafi ederek diğer önlemleri tamamlamaktadır. CORSIA programının amacı, uluslararası havacılık ağı aracılığıyla karbon emisyonlarının azaltılmasına ilişkin uygulanan tedbirlere katkıda bulunmaktır (Chiaramonti, Talluri, Testa, Prussi, & Scarlat, 2021). CORSIA kapsamında, yıllık emisyonları 10.000 tondan fazla CO₂ olan tüm havayolu operatörlerinin, 1 Ocak 2019 tarihinden itibaren uluslararası uçuşlarından kaynaklanan emisyonlarını yıllık bazda bildirmeleri gerekmektedir.

Dünyanın insan kaynaklı karbon emisyonlarının yaklaşık %2-3'ü havacılıktan kaynaklanırken hava kargo taşımacılığı, ticari havacılığın CO₂ emisyonlarının yaklaşık %15'inden sorumludur (IATA, 2024). Ancak kargo uçaklarının daha uzun ömürlü ve filo yenileme hızının yolcu uçak filosuna göre daha yavaş olması sebebiyle daha az yakıt verimliliğine sebep olarak küresel karbon üretimi üzerinde önemli bir etkiye sahip hale

gelmiştir (Wang, vd., 2023). Hava kargonun son yıllardaki gelişimine bakıldığında hava kargo talebi 2023'ün ikinci yarısında yukarı yönlü bir yörüngeye girmiş 2021'deki dikkat çekici performansın ardından, hava kargo 2022'de birden fazla ekonomik ve jeopolitik çeşitli engellerle karşılaşmıştır. Enflasyon, Rusya-Ukrayna savaşı, Çin'in sıfır COVID politikası ve tedarik zinciri kesintileri, talebin yumuşamasına katkıda bulunmuştur. Bu zorlukların çoğu 2023 yılında da devam etmiştir. Ticaret kısıtlayıcı önlemlerdeki genel artışla birlikte, sektör genelindeki Kargo Ton Kilometre (CTK) 2023'te yıllık bazda %1,9 daha azalmış ve hava kargo trafiği 2023'e 2020 ilkbaharından bu yana en düşük seviyesinden başlangıç yapmıştır. Ancak, hava kargo talebinde pozitif ve artan yıllık büyüme Ağustos 2023'te geri dönmüştür. Mart 2024'te, küresel CTK'ler Mart 2023'e kıyasla etkileyici bir şekilde %10,3 büyümüştür. Daha da önemlisi, Orta Doğu, Asya Pasifik ve Afrika'nın sırasıyla %19,9, %14,3 ve %14,2 büyüme ile liderlik ettiği tüm bölgeler yıllık bazda pozitif evrimler sergilemiştir (IATA, 2024, s. 16).

Eurocontrol (2022), önümüzdeki 30 yıl boyunca Türkiye'de yıllık ortalama trafik artışının %2,4 olacağını ve Doğu Avrupa ülkelerindeki büyümenin Batı Avrupa'ya kıyasla daha yüksek seyredeceğini belirtmektedir. Söz konusu büyüme tahmininin 2050 yılında günlük 4.660 ilave uçuşa denk geldiği ve toplam uçuş sayısının iki katına çıkacağı (+%109) raporda ifade edilmektedir. Aynı zamanda, 2050 yılında karbon salınımının, SAF kullanımı, filo ve operasyonel gelişmeler sayesinde 2005 yılına kıyasla %41 oranında azalmasının beklendiği öngörülmektedir. Paris Anlaşmasını imzalayan ülkeler arasında yer alan ve CORSIA gönüllü üyesi olan Türkiye, havacılık sektörünün karbondan arındırılması için konulan hedef doğrultusunda havacılıkta karbon emisyonu azaltımı konusunu 2024-2028 stratejik planlamasında dikkatle ele almıştır. Bu stratejik planlama içerisinde kısa, orta ve uzun vadeli olarak karbon salınımının azaltılması için stratejiler geliştirilmiştir. Türkiye yerel havacılık otoritesi Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) ise havacılık sektöründeki belirlemiş olduğu stratejik planlar doğrultusunda paydaşlardan operasyonlarına yönelik net sıfır karbon hedefinin benimsenmesi, emisyon ticaret hacminin yönetilmesi, emisyon ticaretinden doğacak vergi yükünün hafifletilmesi, iklim değişikliği nedeniyle dünyaya zarar vermeyen uçuş yollarının seçilmesi, otoritenin kendisi tarafından Türk havacılık ekosistemi özelinde bir düzenleme yapılmasını, SAF'a yönelik destek ve teşvik mekanizmalarının kurgulanması, bakım yapılan kuruluşun karbon ayak izinin takip edilmesini beklemektedir (SHGM,

2023, s. 83). Bunların yanı sıra, Türk bayrak taşıyıcısı olan havayolu Türk Hava Yolları, 2024 yılında yayınlamış olduğu sürdürülebilirlik raporunda artan uçuş operasyonlarına paralel olarak toplam sera gazı emisyonları da artmakta olduğunu ve buna göre 2024 yılında şirket operasyonları genelinde toplam 31,2 milyon ton CO₂' e sera gazı emisyonu olduğunu bildirmiştir. Ayrıca 2050'ye kadar "Karbon Nötr Havayolu" olma taahhüdü doğrultusunda, operasyonlarından kaynaklanan sera gazı emisyonlarını dengelemek için çeşitli karbon dengeleme projelerini desteklemekte ve bölgesel emisyon ticareti sistemleri kapsamında karbon emisyonlarını dengelemeye devam etmekte olduğunu belirtmiştir. Bu bağlamda dengeledikleri karbon miktarı 2025'te 7.480.176 ton'dur (THY, 2026).

Hava kargo taşımacılığında küresel pazarda önemli bir yere sahip Türkiye'de hava kargo taşımacılığı çeşitli havayolu işletmeleri tarafından yapılmaktadır. Bu hava kargo işletmeleri arasında THY'nın alt markası olan Turkish Cargo, MNG Havayolları, UPS, DHL, FEDEX, ULS, ACT Havayolları yer almaktadır. Bu işletmeler arasından en fazla taşımacılığı sağlayan Türk Hava Yolları'na ait 24'ü kargo uçağı olan 492 uçaklık filoyla operasyonlarını yürüten Turkish Cargo, dünya genelinde 352'den fazla destinasyona hava kargo hizmeti sağlamaktadır. Hava kargo trafiğinin kesişme noktası olan İstanbul'u, dünyanın lojistik merkezi haline getirmeyi amaçlayan Turkish Cargo, 2033 yılında 150 destinasyona direkt olarak uçuş gerçekleştirmeyi ve taşınan tonaj miktarını iki kat arttırmayı hedeflemektedir. Şirket, son 10 yılda hava kargo pazarındaki pazar payını üç katına çıkararak, IATA'nın 2023 verilerine göre dünyanın en büyük hava kargo taşıyıcıları arasında dördüncü sıraya yerleşmiş ve başarısını perçinlemiştir. Ayrıca filo genişlemesi nedeniyle kargo ton km'nin 2019 yılına kıyasla %16 arttırmıştır (Brett, 2024).

Havacılık sektörünün karbondan arındırılması üzerine olan çalışmalar incelendiğinde ilgili çalışmaların büyük oranda yolcu taşımacılığı üzerine odaklandığı, hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmüştür. Türk hava kargo sektöründe son yıllarda yaşanan yükseliş ve büyümeye yönelik yatırımlar devam ederken sektörün karbondan arındırılmasına ne ölçüde katkı sağladığı merak konusudur. Bunun da ötesinde, Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik hangi stratejilerin izlenebileceği ve öncelikli stratejilerin neler olması gerektiğine yönelik sorular, bu çalışmanın motivasyonunu oluşturmaktadır. Bu doğrultuda bu çalışma, 2050 net sıfır karbon salınımı hedefi ile paralel bir şekilde operasyonlarını karbondan arındırmayı hedefleyen Türk hava kargo

sektörünü entegre SWOT tabanlı Best Worst Method (BWM) ve Bulanık VIKOR (Fuzzy VlseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) metodolojisi aracılığıyla analiz etmektedir. Bu kapsamda çalışmanın Türk hava kargo sektörünün konuya ilişkin stratejik bir fotoğrafını ortaya koyması ve önceliklendirilecek stratejiler aracılığıyla sektöre bir yol haritası sunması beklenmektedir.

Bu tez çalışması, Türkiye’de hava kargo taşımacılığının sürdürülebilirlik çerçevesinde değerlendirilmesini ve sektörün karbondan arındırılmasına yönelik stratejilerin belirlenmesini amaçlamaktadır. Bu doğrultuda çalışma, hem akademik literatüre katkı sunmayı hem de uygulayıcılar ve karar vericiler için yol gösterici bulgular ortaya koymayı hedeflemektedir.

Çalışmanın birinci bölümünde stratejik yönetim süreci ele alınarak kavramsal bir çerçeve sunulmaktadır. İkinci bölümde iklim değişikliği ile sivil hava taşımacılığı arasındaki ilişki incelenmekte ve havacılık sektörünün çevresel etkileri tartışılmaktadır. Üçüncü bölümde Türk hava kargo taşımacılığı sektörü detaylı biçimde analiz edilerek çevresel etkileri ortaya konulmaktadır. Dördüncü bölümde ise araştırmada kullanılan yöntemler olan SWOT temelli BWM ve bulanık VIKOR yaklaşımları ayrıntılı şekilde açıklanmaktadır. Devamında, elde edilen bulgular değerlendirilerek yorumlanmakta ve son bölümde çalışma sonuçları özetlenerek gelecekte yapılacak araştırmalar için öneriler sunulmaktadır.

Amaç

Son yıllarda havacılık sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik küresel çabalar artış göstermekte olup bu kapsamda gerçekleştirilen çalışmaların büyük bir kısmının yolcu taşımacılığına odaklanıldığı görülmektedir. Buna karşın, hava kargo taşımacılığına yönelik karbondan arındırılma stratejilerinin sınırlı sayıda incelendiği dikkat çekmektedir (Blings, 2003; Howitt, Michael, Smith & Rodger, 2011; Öçal, 2022; Macit, 2024). Özellikle Türk hava kargo sektöründe son dönemde gözlemlenen hızlı büyüme ve artan yatırımlar, sektörün sürdürülebilirlik perspektifiyle değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda, Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılması sürecinde mevcut durumunun ve stratejik önceliklerinin tespit edilmesi önemli bir araştırma konusu olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu doğrultuda gerçekleştirilen mevcut tez çalışmasının temel amacı, ülkemizin 2053 yılı net sıfır karbon salınımı hedefi doğrultusunda Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik sektörün güçlü yönlerinin, zayıf yönlerinin, fırsatlarının ve tehditlerinin analiz edilmesi ve sektörün bu hedefe ulaşmasına katkı sağlayacak stratejilerin belirlenerek önceliklendirilmesidir. Bu kapsamda, sektörün karşı karşıya olduğu içsel ve dışsal faktörleri ortaya koymak amacıyla SWOT analizi yapılmıştır. SWOT faktörlerinin ağırlıklandırılması için BWM yöntemi kullanılmış ve nihai stratejilerin karar verme sürecine entegrasyonu için bulanık VIKOR yöntemi uygulanmıştır. Dolayısıyla çalışmanın, Türk hava kargo sektörüne ilişkin stratejik bir yol haritası sunması ve karar vericilere somut politika önerileri geliştirmeleri konusunda katkı sağlaması hedeflenmektedir.

Bu çerçevede, çalışmanın yanıt aradığı temel araştırma soruları şunlardır:

- Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılması bakımından güçlü ve zayıf yönleri ile bu süreçte karşılaşılabileceği potansiyel fırsatlar ve tehditler nelerdir?
- Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasında ortaya koyulan güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditlerden hangileri daha önemlidir?
- Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılması sürecinde izlenmesi gereken potansiyel stratejiler nelerdir?
- Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılması sürecinde izlenmesi gereken öncelikli stratejiler hangileridir?

Önem

Küresel ısınma dolayısıyla dünyayı etkileyen ısının belirli bir derecede tutulması çabası, günümüzde çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması ve düşük karbonlu ekonomilere geçiş yönündeki küresel eğilimler aracılığıyla çevresel, sosyal ve politik baskıların artmasına neden olmaktadır. Bu çerçevede, sera gazı emisyonlarının önemli bir kaynağı olan ulaştırma sektörü, iklim değişikliği ile mücadelede kritik bir rol oynamaktadır. Ulaştırma sektörü, yıllar içinde emisyon artışında en yüksek büyümeyi gösteren sektörlerden biri olmuş ve küresel düzeyde yaklaşık 240 Mt ek karbon

salınımına neden olmuştur (Agency, 2023, s. 19). Bu durum, sektörel bazda emisyonların azaltılmasına yönelik bütüncül stratejiler ve politikaların geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Karbon emisyonları farklı taşıma modları arasında büyük ölçüde farklılık göstermekte olup hava taşımacılığının diğer modlara kıyasla taşınan birim başına daha fazla karbon emisyonu yaydığı konusunda yaygın bir fikir birliği bulunmaktadır (Zhou & Zhang, 2017). Literatürde havayolu taşımacılığındaki emisyonlara ilişkin çok sayıda çalışma bulunmasına karşın karbondan arındırma çalışmalarının sınırlı olduğu, özellikle hava kargo sektörünün ise ihmal edildiği görülmektedir. Bu bağlamda, mevcut çalışma, 2050 yılı net sıfır karbon emisyonu hedefi doğrultusunda Türk hava kargo sektörünün mevcut durumunu değerlendirmek ve karbondan arındırılma sürecine yönelik stratejileri sistematik bir biçimde belirlemek amacıyla önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Çalışmada, SWOT analizine entegre edilen BWM ve bulanık VIKOR metodolojileri sayesinde sektörün güçlü ve zayıf yönleri ile dış çevredeki fırsat ve tehditler ortaya konmakta; ardından ise stratejiler önceliklendirilerek karar vericilere somut yönlendirmeler sunulmaktadır. Bu çalışma ile birlikte Türk hava kargo sektöründeki işletmeler için sektörün karbondan arındırılması konusundaki güçlü yönler ve olası fırsatların ortaya çıkarılmasının rekabet avantajı sağlaması beklenirken; sektöre dair zayıf yönlerin ve tehditlerin tespit edilmesiyle rekabet avantajını olumsuz etkileyecek unsurların ortaya çıkarılması, zayıf yanların güçlendirilmesi ve sektörün ilgili tehditlerden korunması adına önlemler alması öngörülmektedir.

Çalışmanın özgünlüğü, Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik mevcut durumunu SWOT analizi aracılığıyla ortaya koymakla kalmayıp aynı zamanda bu amaç doğrultusunda uygulanabilecek olası stratejileri ortaya koyarak, bu stratejileri sistematik, çok kriterli ve karar destek temelli bir yaklaşımla değerlendirmesinden ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, Türk hava kargo sektöründeki işletmelere sektörel rekabet gücü kazandıracak stratejik öngörüler sunması, uygulayıcılar için de önemli bir katma değer yaratmaktadır. Sonuç olarak bu çalışma özgün yaklaşımıyla akademik literatüre katkı sunmanın yanı sıra, sektörel uygulamalara da rehberlik ederek Türk hava kargo sektörünün operasyonel süreçlerinin çevresel açıdan sürdürülebilir dönüşümüne ışık tutmayı amaçlamaktadır.

Sorunsal

İklim değişikliği, yaşam döngüsü değerlendirmelerinde sıklıkla ele alınan çevresel etkilerden biri olup, özellikle sera gazı emisyonları bu bağlamda ön plandadır (Jungbluth & Meili, 2019). Artan sera gazı emisyonları, iklim krizinin ciddiyetini daha da artırmaktadır. IPCC (Uluslararası İklim Değişikliği Paneli) verilerine dayanan Barman ve Dutta (2024), küresel sıcaklığın sanayi öncesi seviyelere göre 1,1 °C arttığını ve 2035 yılına kadar 1,5 °C'lik kritik eşiğe ulaşılacağını veya aşılacağını tahmin etmektedir. 2025 Küresel Karbon Bütçesi'ne göre, küresel fosil yakıt kaynaklı karbon emisyonlarının 2025 yılında rekor seviyeye ulaşarak 38,1 milyar ton düzeyine çıkması ve bu değerin 2024 yılına kıyasla %1,1 oranında artış göstermesi beklenmektedir. Paris Anlaşması kapsamında öngörülen derin emisyon azaltım hedeflerine rağmen, kömür, petrol ve doğalgaz kullanımından kaynaklanan emisyon artış eğiliminin sürdüğü; özellikle ABD ve Hindistan'da belirgin artışlar gözlenirken, Çin'de ise daha sınırlı bir artışın gerçekleşeceği tahmin edilmektedir (Global Carbon Project, 2025). Bu sorunun azaltılmasına yönelik olarak, hükümetler, uluslararası kuruluşlar ve özel sektör tarafından 2050 yılına kadar net sıfır emisyona ulaşmayı hedefleyen düşük karbonlu teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanmasına yönelik çalışmalar yürütülmektedir (Robert, Ravey, Perey, & Hissel, 2024). Bu süreçte ise ulaşım sektörü, malların ve insanların hareketinde kritik bir rol oynamakla birlikte, sera gazı emisyonlarının başlıca kaynaklarından biri olduğu görülmektedir. Ekonomik büyüme ve kalkınma için gerekli olan ulaşım, hava kirliliği dahil olmak üzere çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir (Ahmadi & Akgunduz, 2023). Artan hava taşımacılığı, küresel ekonomi ve insan yaşamına önemli katkılar sağlarken, aynı zamanda sera gazı emisyonlarının yükselmesine neden olmaktadır. Son yıllarda uçakların enerji verimliliğinde kayda değer gelişmeler sağlanmasına rağmen, havacılık sektörü küresel sera gazı emisyonlarındaki payını artırmaya devam etmektedir (Robert, Ravey, Perey, & Hissel, 2024).

Küresel ölçekte iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında havacılık sektörünün karbondan arındırılması konusu, son yıllarda stratejik bir politika alanı hâline gelmiştir. Ancak bu alandaki akademik çalışmalar ve sektörel uygulamalar incelendiğinde, ağırlıklı olarak yolcu taşımacılığına odaklanıldığı; hava kargo taşımacılığının ise karbon emisyonları ve sürdürülebilir dönüşüm potansiyeli açısından yeterince ele alınmadığı

görülmektedir. Bu durum, sektörün karbondan arındırılmasını kritik ancak ihmal edilmiş bir problem alanı hâline getirmektedir.

2024 yılında Türkiye'nin hava kargo sektörü, küresel trendleri önemli ölçüde geride bırakarak büyük bir büyüme kaydetmiştir. Türkiye'deki toplam hava kargo taşımacılığı %11,1 artarak 4,94 milyon tonun üzerine çıkmıştır (Türkiye İletişim Başkanlığı, 2025). Türk hava kargo sektörü, hızlı sektör büyümesinden faydalanarak ve bu büyümeye katkı sunarak küresel konumunu daha da güçlendirirken, ülkenin 2053 net sıfır karbon emisyonu hedefi doğrultusunda sektöre yönelik beklentiler artmaktadır. Bununla birlikte, sektörün karbondan arındırılması sürecine ilişkin kapsamlı ve sistematik analizlerin sınırlı olduğu görülmektedir. Ancak mevcut çalışmaların, sektörün içsel ve dışsal faktörlerini bütüncül biçimde ele almadığı, bu faktörlerin görece önemini ortaya koymadığı ve uygulanabilir stratejileri bilimsel yöntemlerle önceliklendirmedeği görülmektedir. Bu durum, karar vericilerin ve sektör paydaşlarının sürdürülebilirlik odaklı stratejik kararlar almasını zorlaştırmaktadır. Bu bağlamda çalışmanın temel sorunsalı; Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılması sürecinde güçlü ve zayıf yönlerinin ve karşılaşılabilecek potansiyel fırsat ve tehditlerin belirlenmesi, bu faktörlerin önem düzeylerinin değerlendirilmesi ve sektörün 2053 net sıfır karbon emisyonu hedefi doğrultusunda izleyebileceği potansiyel stratejilerin önceliklendirilmesine yönelik sade, sistematik ve uygulanabilir bir yaklaşımın eksikliğidir. Bu sorunsalın çözümü amacıyla, çalışmada SWOT analizi aracılığıyla sektörün mevcut durumu ortaya koyulmakta; BWM yöntemiyle SWOT faktörlerinin ağırlıkları belirlenmekte ve bulanık VIKOR yöntemiyle potansiyel stratejiler önceliklendirilerek karar vericilere yol gösterici bir çerçeve sunulmaktadır.

Sınırlılıklar

Bu araştırma, belirli bir metodolojik ve uygulamaya dayalı sınırlılıklar çerçevesinde yürütülmüştür. Çalışmanın ilk kısıtı, araştırmanın Türk hava kargo sektöründe faaliyette bulunan tüm paydaşlarla sınırlı olmasıdır. İkinci sınırlılık ise araştırmaya katkı sunan katılımcılara yöneliktir. Araştırma kapsamında öncelikle sektör uzmanları ve akademisyenlerden Google Form aracılığıyla Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik mevcut duruma ilişkin görüşler alınmıştır. İkinci aşamada, elde edilen SWOT faktörlerinin son halinin belirlenmesi amacıyla bu faktörler

katılımcılar arasından seçilen iki uzmana yeniden iletilmiş ve teyit alınmıştır. Son aşamada ise oluşturulan anket formu aracılığıyla katılımcıların söz konusu faktörler ve stratejilere ilişkin değerlendirmeleri toplanmıştır. İlgili anket Türkiye'deki hava kargo işletmeleri, taşıyıcı firmalar ve hava kargo aracı acentelerinde görev yapmakta olan uzmanlara yöneltilmiştir. Bu doğrultuda, çalışmada elde edilen veriler anket formunu yanıtlayan katılımcıların bilgi ve tecrübeleriyle sınırlı kalmıştır. Bu durumun temel nedenlerinden biri, karbondan arındırma süreçlerine ilişkin farkındalığın Türk havacılık sektöründe henüz yeterince yaygın olmaması; özellikle kargo tarafında bu farkındalığın daha da düşük olması, konuyla ilgili bilgi birikiminin sınırlı olması ve sektörde uzmanlaşmış kişi sayısının azlığıdır. Bu bağlamda, konuya dair derinlemesine bilgiye ve değerlendirme yapabilecek uzmanlığa sahip kişi sayısının azlığı, örneklem büyüklüğünü doğrudan etkilemiş ve çalışmanın temsil gücünü sınırlandırmıştır. Bu sınırlılıklara ek olarak çalışmanın sektörel ve bölgesel sınırlılıkları da dikkat çekmektedir. Araştırma ve elde edilen bulgular yalnızca Türkiye'deki hava kargo sektörüne özgüdür ve uluslararası ölçekteki karşılaştırmalar kapsam dışı bırakılmıştır.

Mevcut çalışma aynı zamanda, kullanılan çok kriterli karar verme yöntemleri ile sınırlıdır. Ek olarak, çalışmada kullanılan BWM ve bulanık VIKOR yöntemleri de kendilerine özgü yöntemsel sınırlılıklara sahiptir. BWM, uzmanlardan alınan en iyi ve en kötü faktörlerin karşılaştırılması esasına dayanmakta olup, katılımcıların bu karşılaştırmalarının öznel karar verme süreçlerinden etkilenebilmesi ve tutarsızlıkların söz konusu olabilmesi BWM yöntemine ilişkin önemli bir kısıt olarak ifade edilebilir. Bulanık VIKOR yöntemi ise, alternatiflerin önem derecelerinin belirlenmesinde kullanılan ve bulanık mantık üzerine temellenen bir yöntemdir. Bulanık mantığın yorumlanmasında öznellik olması ve farklı bulanıklaştırma tekniklerinin farklı sonuçlara yol açabilmesi diğer bir sınırlılıktır. Bu durum, elde edilen sonuçların objektifliğini sınırlayan bir faktördür. Ancak, tüm bu sınırlılıklara rağmen mevcut bulgular, sektörel farkındalığın artırılması ve ileride yapılacak daha kapsamlı çalışmalara zemin oluşturması açısından değerli bir başlangıç niteliği taşımaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

STRATEJİK YÖNETİM SÜRECİ

1. 1. Stratejik Yönetime İlişkin Temel Kavramlar

Stratejik yönetim, yönetim literatürüne 1960'lardan bu yana ekonomi, organizasyon, bürokrasi, çalışma bilimi ve yöneticilerin rolleri gibi çeşitli alanlarda yapılan çalışmaların neticesinde aktarılmıştır (Nag, Chen, & Hambrick, 2007). Ginter vd. (2002) stratejik yönetimin; dış çevre faktörleri ile başa çıkmak için gerekli süreç, stratejik düşünme ve analizi örgütsel eyleme bağlayan dışa dönük bir organizasyona ait yönetim felsefesi olduğunu ileri sürmektedir. Jasper ve Crossan(2012) ise stratejik yönetim faaliyetini üç belirgin unsurdan oluşan bir unsur olarak tanımlamaktadır. Bunlar; stratejik analiz, kuruluşun stratejik konumunu anlamakla ilgilidir; stratejik seçim, stratejik kararları yönlendiren temellerin ve dayanakların anlaşılmasıdır; ve stratejinin eyleme dönüştürülmesiyle ilgili strateji uygulamasıdır.

Stratejik yönetime ait temel kavramlar arasında öncelikle strateji, planlama ve yönetim yer almaktadır. Johnson ve Scholes (2002) stratejiyi "Strateji, bir organizasyonun uzun dönemdeki doğrultusu ve kapsamı olarak tanımlamaktadır. Bir başka tanıma göre strateji, bir organizasyonun bir veya daha fazla hedefine varabilmek için gerçekleştirdiği faaliyetlerdir. Strateji ayrıca organizasyon ve alt departmanları için gelecekte hedeflenen bir noktaya ulaşmak için belirlenen genel bir yön olarak da tanımlanabilmektedir (Maleka, 2014).

Stratejinin 3 türü bulunmaktadır. Bunlardan ilki olan kurumsal strateji bir şirketin büyümeye yönelik genel izlenimi ve farklı iş/ürün hatlarının yönetimi açısından genel yönünü tanımlamaktadır. İkincisi iş stratejisidir. Bu ise genellikle iş birimi veya ürün

düzeyinde gerçekleşir ve bir şirketin ürün veya hizmetlerinin belirli bir iş birimi tarafından hizmet verilen belirli endüstri veya pazar bölümündeki rekabetçi konumunun daha iyi hale getirilmesini ifade etmektedir. Sonuncusu ise işlevsel stratejidir. İşlevsel strateji, pazarlama veya araştırma ve geliştirme gibi işlevsel bir alanın, kaynak üretkenliğini en üst düzeye çıkararak kurumsal ve iş birimi hedeflerine ve stratejilerine ulaşmak için benimsediği yaklaşımdır (Hunger & Wheelen, 2014, s. 17). Bir plan oluşturulurken dikkat edilmesi gereken işletme ve işletmenin çevresi stratejinin belirlenmesi aşamasında yine dikkate alınmaktadır. Strateji dinamik bir yapı olup işletmenin hedeflemiş olduğu sonuçları etkileyebilecek rakip/rakiplerin olası hareketliliklerini de göz ardı etmemelidir (Ülgen & Mirze, 2020, s. 13-14).

Stratejik yönetimde önemli olan bir diğer kavram da planlamadır. Bir kararın esasen bir eyleme bağlı olmasından dolayı tüm karar alma süreçleri planlamaya dönüşmektedir. Yani gelecekte bir şey yapma, bir ürünü on dakikada teslim etme, on haftada üretme, on yılda tasarlama gibi sözler planlama kapsamındadır (Mintzberg, 1981). Planlama, öncelikle bir ihtiyacı belirleme ve ardından stratejik bir çerçeve içinde öncelikleri ve operasyonel prensiplerinin belirlenmesini sağlayan, bu ihtiyacı karşılamının en iyi yolunu bulmak için sistematik sürecidir. Victoria (2019)'a göre ise planlama, geleceği düşünmek ve bu konuda şimdi bir şeyler yapmak anlamına gelmektedir.

Stratejik yönetimde başka bir temel kavram olan yönetim kavramı, Türkçe dilinde sevk ve idare anlamında sıklıkla kullanılmaktadır. Literatüre bakıldığında bu kavramın farklı şekillerde tanımı olduğu anlaşılmaktadır. Yenisu, Şahin ve Öztekkeli (2019) yönetim kavramını çalışanları bir amaç doğrultusunda iş birliği yapma, ortak amaca yönlendirme, yürütme ve göstermiş oldukları gayretlerin tamamı şeklinde tanımlamaktadır. Bu kavramının başka bir tanımı ise ekonomik amaçlı kurulan kuruluşların belirledikleri politikaları ve hedefleri eyleme geçirme eylemidir (Amanawa, 2022).

1.2. Strateji Yönetim Süreci

Stratejik yönetim, yönetim çalışmalarında oldukça belirgin bir alt disiplin haline gelmiştir (Shrivastava, 1987). Bununla birlikte stratejik yönetim, bir süreç olarak

nitelendirilmektedir. Bu süreç, üç temel bileşeni içermektedir. Bu bileşenler; strateji formülasyonu/oluşturma, strateji uygulaması ve strateji değerlendirmesi/kontrolüdür (Preble, 1997). Strateji oluşturma genellikle, temel dış fırsatların ve tehditlerin belirlenmesini, işletmenin en güçlü ve zayıf yönlerinin (SWOT) denetim veya tarama şeklinde yürütülmesini içermektedir. Bu aşamaya ayrıca bir misyon ve/veya vizyon ifadelerini şekillendirmek ve uzun vadeli hedeflerin belirlenmesi de dahildir. Strateji uygulaması bileşeninde, planlanan sonuçların (yani stratejiler, uzun vadeli hedefler) elde edilmesini sağlamak için yönetim yapılarının ve süreçlerinin değiştirilmesi yer almaktadır (Lorange & Murhpy, 1984). Strateji değerlendirmesi ise öncelikle geleneksel kontrol süreçleriyle ilgilenmektedir. Bu süreçler, planların, stratejilerin ve hedeflerin elde edilip edilmediğini belirlemek için performansın gözden geçirilmesini ve geri bildirimini içerip, elde edilen bilgilerle sorunları çözmek veya düzeltmeye yönelik eylemlerde bulunmak için kullanılmaktadır (Daft & Macintosh, 1984).

1.2.1. Stratejik Bilinç

Stratejik bilinç kavramı, 1980'lerde ortaya atılmış ve son yıllarda tüm kuruluşlarda dış ve iç ortamlarıyla birlikte odaklanmak için daha da geliştirilmektedir (Al-Khatib, 2018). Kuruluşların daha stratejik ilerlemek ve stratejik bir pozisyon olarak sürdürülebilirlik yaratmak için stratejik bir plan geliştirerek stratejik yönelim/farkındalık/düşünce veya bilinç sahibi olmaları gerekmektedir (Turkay, Halis, Sariisik, & Calman, 2012). Stratejik bilinç ayrıca, özellikle yönetim ekibi olmak üzere yenilikçi strateji girişimci yönetiminin elde edilmesinin bir gereksinimi haline gelmiştir (Fadhil, Hasan, Sammari, & Qandeel, 2021).

Stratejik bilinç, işletmelerin net bir vizyon oluşturma, sorgulama, araştırma, değerlere dönüştürme, zihinsel yeteneklerini arttırma gibi konulara dayalı bir düşünce sistemi geliştirmelerini sağlayan bilişsel bir beceri olarak tanımlanmaktadır (Arnold & Wade, 2015). Stratejik bilinç iyi olduğunda esnek ve hızlı karar alma fırsatı açılmaktadır. Karar alma gücünü, olayların gerçekleştiği yere daha yakın olacak şekilde merkezden uzaklaştırmak mümkün hale gelebilmektedir. Stratejik bilinç kötü olduğunda ise her bir konu üzerinde çok temel stratejik tartışmalar yapmak gerekli hale gelmektedir (Sotarauta, 1999).

1.2.2. Stratejik Analiz

Stratejik yönetimde, genellikle stratejik kararların stratejik analiz aşamasının bir parçası olduğu düşünülmektedir. Bir başka deyişle stratejik analiz aşaması, çevre gelişiminin anlaşılması ve tahmin edilmesine dayanmaktadır. Stratejik analizler, başlangıçtaki durumun değerlendirilmesini, şirket içindeki ve dışındaki durumun değerlendirilmesi, çevredeki değişikliklere neden olacak faktörlerin ortaya çıkarılmasını sağlamaktadır (Papulova & Gazova, 2016). İşletmeler tarafından yapılan bu analizler sorunları ortaya çıkarmak, sorunların altında yatan faktörleri belirlemek ve bunların etkilerini incelemek için kullanılmaktadır (Sternberg, 2009).

Stratejik yönetim ve planlamanın çerçevesi, esas teşkil eden ve sürdüren unsur, özellikle stratejik analiz araçlarıdır. Uygun şekilde seçilmiş stratejik analiz araçları ve stratejik planlama teknikleri, stratejik planlamanın organizasyonun karar alma sürecinde basit bir şekilde uygulanmasını sağlayabilmektedir (Savanevičienė, Vaitkevičius, & Merkys, 2006).

1.2.2.1. Dış Çevre Analizi

Dinamik bir sistem olan organizasyon, ihtiyaç duyduğu kaynakları dış çevreden almakta ve bu kaynakları belirli süreçlere yerleştirmektedir. Organizasyon ile dış çevre arasındaki etkileşimler ise karşılıklı gerçekleşmektedir. Organizasyon, ürün ve hizmetleri aracılığıyla çevreyi etkilerken dış çevre de organizasyon içinde hareket ederek etkisini göstermektedir (Muscalu, Iancu, & Halmaghi, 2016). Dış çevre, şirketi etkileme potansiyeli olan şirketin dışındaki tüm olaylardır (Chuck Williams, 2001: 51). Birçok şirket artık yalnızca yerel pazarda değil, küresel bir pazarda rekabet etmektedir. Teknolojideki değişiklikler, bilgi edinme ve işleme yeteneğinin artması, uygulamanın ve rekabet eden yanıtın daha zamanında ve etkili olmasını gerektirmektedir (Indris & Primiana, 2015). Sektör ne olursa olsun, dış çevre faktörleri bir organizasyonun büyümesi ve sürdürülebilirliğini sağlamasında önemli bir etken olacaktır. İşletmelerin dış çevrelerindeki koşulların farkında olması, işletmeyi etkileyen dış çevrelerindeki en önemli tehditleri ve fırsatları belirlemesi ve anlaması gerekmektedir. Dış çevreler; genel, sektör ve rakip çevreler olmak üzere üç ana alana ayrılabilir (Pakkanen, 2012). Pearce ve Robinson (2013)'e göre ise dış çevre; uzak bir çevre, endüstriyel çevre ve

işletme ortamından oluşmaktadır. Ek olarak Dess, Lumpkin ve Taylor (2012), şirketin dış çevresinin nüfus demografisi, sosyo-kültürel, politik ve yasal, teknolojik, ekonomik olan genel çevre ile güç alıcısı, sağlayıcı (tedarikçi), yeni girenlerin tehdidi, ikame ürünlerin tehdidi ve aynı sektördeki rekabetin yoğunluğundan oluşan rekabetçi çevre olmak üzere ikiye ayrıldığını belirtmektedir.

Michael Porter ise bir işletmenin dış çevresini analiz etmek için bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntem “Beş Güç Modeli” olarak adlandırılmaktadır. Bu güçler, yeni girenlerin tehdidi, tedarikçilerin pazarlık gücü, alıcıların pazarlık gücü, ikame ürünlerin tehdidi ve rakip firmalar arasındaki rekabettir (Pakkanen, 2012). Porter'ın rekabet analizine ilişkin Beş Güç Modeli, beş rekabet gücünün bir sektöre düşük kârlılığı ve uygulanabilir girişlerini açıklamak için nasıl kullanılabileceğini gösteren bir örnektir (Indiatsy, Mwangi, Mandere, Bichanga, & George, 2014). Bu güçlerin yoğunluğu, bir sektördeki ortalama beklenen kârlılık seviyesini büyük ölçüde belirlemekte ve bunların hem ayrı ayrı hem de birlikte kapsamlı bir şekilde anlaşılması, hangi sektörlere girileceğine karar vermede ve bir işletmenin rekabetçi konumunu nasıl iyileştirebileceğini değerlendirmede faydalı olmaktadır (McGahan & Porter, 1997). Beş gücün her biri, fiyat ve kârla ters orantılıdır; bu nedenle zayıf rekabet gücü bir fırsat olarak hizmet edebilirken, güçlü bir güç bir tehdit olarak hizmet edebilmektedir (Hill ve Jones, 2007).

1.2.2.2. İç Çevre Analizi

İç çevre analizi, işletmelerin sürdürülebilir bir bakış açısıyla uzun süre devam edebilmeleri, gelişebilmeleri ve var olabilmeleri için üstlenmeleri gereken en önemli faaliyetlerden biridir. İç çevre analizi önemli olma sebebi işletmeye dair mevcut tehditleri gösterebilmekte ve ayrıca işletmenin güçlü veya potansiyel güçlü yönleri olabilecek işletmeye ait özelliklerini ortaya koyabilmektedir (Kalaycı, Duru, Akyürek, & Toygar, 2018).

İşletmelerin çoğu zaman dış çevreyi tamamen yönetemedikleri, ancak proaktif bir şekilde dış çevre ile başa çıkabilme ihtimalleri varsayılmaktadır. İç çevre bakımından ise bir işletmenin stratejik varlıklarını ancak yeteneklerine göre yönetebilmesinin mümkün olabildiği ifade edilmektedir (Bombong, Toha, & Wicaksono, 2012). İç analiz; yapılar, sistemler, personel, beceriler, kıdemli değerler ve organizasyon içindeki yönetimle

ilgilenmektedir (Hukkins, 1997). Rizal, Suhadak ve Kholid (2017) büyük ve küçük şirketlerin deneyimlerinin, derinlemesine bir çevresel anlayış ve şirket içi değerlendirmenin bir şirketin başarısını geliştirmede çok önemli olduğunu gösterdiğini ileri sürmektedir. İç çevrenin bir işletme içindeki çeşitli yönleri kapsadığı düşünüldüğünde iç çevre analizi yapılırken kurumsal stratejinin temellerini atan güçlü yönlerin dikkate alınması faydalı olabilmektedir.

1.2.3. Stratejik Yönlendirme

Stratejik yön, bir işletmenin uzun vadede hangi yöne gittiğini esas olarak belirtmektedir. Belirlenmiş olan stratejik yönün işletmenin hem iç hem de dış paydaşları üzerinde derin bir etkisi olabilmektedir. Stratejik yönlendirme ile birlikte çalışanlar; neyi başarmaya çalıştıklarını ve bu nedenle en büyük çabalarını nasıl göstermeleri gerektiğini bilmekte, müşteriler; şirketin ürün ve hizmetlerinin neyi temsil ettiğini bilmekte ve tedarikçiler; şirketle uğraşırken temel unsurların ne olduğunu anlamaktadır (Proctor, 1997). İşletmenin stratejik yönü genellikle stratejik vizyon ve misyon ifadelerine gömülüdür. İşletmenin stratejik vizyonu ve misyonu, stratejileri oluşturma ve uygulamadaki ilk adımdır. İşletmenin stratejik vizyonu, organizasyonun gelecekteki planları ve yönleri için mantıksal bir neden sağlamaktadır (Madu, 2013).

Bryson (1998), kuruluşlarda stratejik yön belirlemenin önemini ve stratejik planlamanın kamu ve kâr amacı gütmeyen kuruluşların liderlerine ve yöneticilerine stratejik olarak düşünme, öğrenme ve hareket etme konusunda yardımcı olabileceğini belirtmektedir. İşletmenin liderleri ve yöneticileri, tüm çalışanlar ve paydaşlar arasında organizasyonun gittiği yön ve organizasyonun yeni bir stratejinin uygulanmasından nasıl faydalanacağı konusunda farkındalık yaratmak için çaba göstermektedir. Bu çabaların amacıyla tüm paydaşlar arasında yeni stratejinin faydaları hakkında ortak bir vizyon yaratmak yer almaktadır. Stratejik yönlendirme adımı, strateji uygulama sürecinden önce ve uygulama esnasında oldukça önem arz etmektedir (Kihara, Bwisa, & Kihoro, 2016). Lear (2012)'a göre stratejik yön belirlemek, en az beş yıl sonrasına yönelik uzun vadeli bir vizyonla organizasyona odaklanmaktır. Bu nedenle stratejik yön seçimi, organizasyonun başarısı için hayati önemli hale gelmektedir.

1.2.3.1. Misyon ve Vizyon

Misyon ve vizyon ifadeleri, organizasyon için stratejik yönetim sürecinde önemli bir yere sahip olarak kabul görmüştür. Bu kavramlar kamu veya özel, kâr amacı güden veya gütmeyen, küçük veya orta ölçekli işletmeler gibi her türlü organizasyon için geçerlidir (Taiwo, Lawal, & Agwu, 2016). Örgütsel hedeflerin ve amaçların özeti bu iki ifadededir. İki kavram, bir örgüt için farklı amaçlara hizmet etmekte ancak bazen birbirleriyle karıştırılmaktadır (Mullane, 2002). Misyon ifadesi şirketin 'şimdi' ne yapmak istediğini açıklamakta olup kuruluşun işini yürütme biçimine ilişkin değerleri, inançları, yönergeleri, paydaşlarıyla (çalışanlar, müşteriler, hissedarlar, tedarikçiler, hükümet ve toplum) ilişkilerini belirlemektedir (Ackoff, 1987). Misyon, bir organizasyonun varoluş amacıdır ve stratejik hedeflere nasıl ulaşılabileceğine dair bir çerçeve oluşturmaktadır. Tanımlı bir misyona sahip organizasyon çalışanları nasıl ve ne için çalışacaklarını daha iyi anlamaktadır (Kalkan, Bozkurt, Oztop, & Cesmeli, 2015).

Vizyon ise, bir organizasyonun gelecekteki konumunun, onun hayal gücüne göre tanımlanması veya tasarlanmasıdır (Papulová, 2014). Vizyon, “geleceği tanımlamak için bilinmeyene doğru bir bakış, mevcut gerçekleri, umutları, hedefleri, tehditleri ve fırsatları bir araya getiren” olarak da tanımlanmaktadır. İşletme yönetiminde de, vizyon ifadesi işletmenin uzun vadeli hedeflerini ifade etmektedir (Özdem, 2011). Ayrıca bu kavram stratejik planlamanın ilk adımı olarak, organizasyonun ürün ve hizmetlerini göz önünde bulundurulmasıyla hayal edilen bir gelecek konumu biçimidir (Joachim, 2010). Vizyon, kurumsal varoluşu yönlendirmekte ve sürdürmektedir. İyi bir vizyon, çalışanları birlikte uyumlu çalışmaya teşvik ederek rehber görevi görmektedir (Ülgen & Mirze, 2020, s. 54).

1.2.3.2. Amaç ve Hedefler

Günümüzde işletmelerin temel hedefi, en iyi hizmeti ve üretimi en üretken ve etkili şekilde sunan strateji ve teknikler geliştirmektir. Bu strateji ve teknikleri geliştirebilmek için işlerini hızla değişen dünyaya adapte edebilmek, uzun vadeli bir vizyon, misyon, amaç ve hedeflere sahip olmakla mümkün hale gelebilmektedir (Durmaz & Düşün, 2016). Vizyon, misyon, hedefler ve amaçların değerlendirilmesi, ekonomik amaç güden veya gütmeyen herhangi bir kurumun vazgeçilmez bir faaliyetidir. Bir kurum, vizyon ve misyonuna ne ölçüde ulaştığını amaç ve hedeflerini değerlendirerek

bilebilmektedir. Açıkçası, vizyon, misyon, amaç ve hedefler kurumun operasyonunun başarısı için en temel ve yol gösterici ilkedir (Villanca, Binayao, & Caterial, 2020). Hedefler; elde edilecek idealler, büyük başarılar, amaçlar veya durumlardır. Hedef ve amaçlar bir yöneticinin planlamasını, stratejilerinin geliştirilmesini ve kuruluşunun faaliyetlerinin yönlendirilmesini sağlamaktadır (Barber & Taylor, 2011).

1.2.4. Strateji Oluşturma

Stratejik yönetim sürecinin ilk aşaması strateji oluşturmadır. Strateji oluşturma konusunda dikkat edilmesi gerekenler arasında öncelikle işletmenin misyon, vizyon, amaç ve hedeflerinin belirlenmiş olması gelmektedir. Sonrasındaki faaliyetler arasında ise işletmenin dışından gelebilecek fırsatlar, tehditlerin, işletmenin güçlü ve zayıf yönlerinin belirlenmesi, olası senaryolar için alternatif stratejilerin oluşturulması ve bu stratejilerin yürütülmesi yer almaktadır (AÖF, 2018, s. 28).

Strateji oluşumu, stratejik seçeneklerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi ve gelecekteki eylem yollarının seçilmesini içermektedir (Price & Newson, 2003). İyi uyum sağlayan stratejilerin oluşturulması, bir organizasyonun amaçlanan hedeflerine ulaşmasına yardımcı olmakta ve oraya ulaşmak için gerekli olan araçların sorununu ele almaktadır. Stratejinin hem amaçlanan proaktif hem de reaktif (uyarlanabilir) olması beklenmektedir. Başarılı bir stratejinin kapsamlı ve iyi entegre edilmiş olup temel başarı faktörlerini oluşturmaya odaklanması istenmektedir (Phiri, Ng'andwe, Mukutu, Moono, & Kapapi, 2019). Strateji oluşturma aşamasında faydası olmayacak bir stratejik plana sahip olmaktan kaçınmak için uygulanmakta ve/veya uygulanmak istenen stratejilerle yakından bağlantılı olunmalıdır. (Kabeyi, 2019).

1.2.5. Stratejik Uygulama

Etkili strateji oluşturmanın yanı sıra etkili strateji uygulaması, bazı işletmelerin başka işletmelerden daha iyi performans göstermesinde kritik bir bileşen olmaktadır. Bu nedenle iyi formüle edilmiş bir strateji bile etkili bir şekilde uygulanana kadar başarıyı garanti edememektedir (Tawse & Tabesh, 2021). Strateji uygulaması, stratejik hedeflere ulaşmak için stratejik planları gerçeğe dönüştürmek üzere yöneticiler ve çalışanlar tarafından gerçekleştirilen çeşitli faaliyetlerden oluşan, dinamik, yinelemeli ve karmaşık

bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Yang, Sun, & Eppler, 2010, s. 165). Buna ek olarak araştırmacılar strateji uygulamasını, yöneticilerin ve çalışanların çeşitli organizasyonel ve çevresel faktörlerden etkilenen, stratejik hedefleri gerçekleştirmek için tasarlanmış bir dizi karar ve görevi yerine getirdiği çok yönlü, değişken, tekrarlayan bir süreç olarak da tanımlayabilmektedir (Li, Guohui, & Eppler, 2008).

Stratejik yol planlandıktan sonra üst yönetimin öncelikleri, seçilen stratejik planı eylemlere ve istenen sonuçlara dönüştürmeye yönelmektir. Stratejik yönetim sürecinin çok kritik bir aşaması, stratejilerin yürürlüğe konulmasını sağlamak ve organizasyonun strateji başarısı yönünde hareket etmesini sağlamaktır (Omor,2016). Strateji uygulama; stratejiyi başarılı bir şekilde uygulanabilen, ihtiyaç duyulan kaynakları stratejinin temel faaliyetlerine tahsis edebilen, belirlenen strateji doğrultusunda politikalar geliştirebilen, programları aracılığıyla sürekli iyileştirme arayışında olan, başarıları adil bir şekilde ödüllendiren ve stratejik liderliğe sahip olan organizasyonları geliştirmektedir (Kabui, 2018).

1.2.6. Stratejik Kontrol

Stratejik kontrol, 'planların, faaliyetlerin ve sonuçların eleştirel değerlendirilmesi, böylece gelecekteki eylemler için bilgi sağlanması' olarak tanımlanabilmektedir (Preble, 1992). Stratejik bir kontrol sistemi, uzun ve ayrıntılı stratejik planlar hazırlamak için sıklıkla harcanan muazzam çabanın aslında eyleme dönüştürülmesini ve öğrenme sürecinin sağlanmasını sağlamaktadır (Bungay & Goold, 1991).

Stratejik kontrol, şu iki soruya odaklanmaktadır: (1) strateji planlandığı gibi uygulanıyor mu? ve (2) stratejinin ürettiği sonuçlar amaçlananlar mıdır? Bu soruları cevaplamak için kullanılan temel kriterler ise şunlardan türetilmektedir: (1) stratejiyi uygulamak için geliştirilen strateji ve eylem planları; (2) stratejinin üretmesi beklenen performans sonuçlarıdır. Stratejik kontrol aşamasında bir sapma meydana gelirse, geri bildirim gerçekleşmekte ve stratejik yönetim süreci geri dönüştürülebilmektedir (Imner & Larcker, 1997). Başarılı stratejik kontrolün, yönetici ekibinin ortak ve tutarlı bir yapı sistemini organizasyon içindeki diğer yöneticilere aktardığı ve organizasyon içinde yaratıcı, dinamik değişime izin veren kontrollerin yapılabildiği ölçüde etkili olması beklenmektedir (Eden & Ackermann, 1993).

1.3. Stratejik Yönetim Araçları

Stratejik yönetim araçları ve teknikleri, stratejik yönetim sürecinin önemli parçalarındandır. Stratejik yönetim aracı, strateji çalışmasını kolaylaştırmak amacıyla kullanılan herhangi bir yöntem, model, teknik, araç, teknoloji, çerçeve, metodoloji veya yaklaşım için kullanılan genel bir addır (Stenfors, Tanner, Syrjänen, Seppälä, & Haapalinna, 2007). Gunn ve Williams (2007) ise strateji araçlarını yöneticilere stratejik karar almada yardımcı olan kavramlar olarak tanımlamaktadır. Stratejik yönetim içinde karar almayı desteklemek için çok sayıda teknik, araç ve yöntem, model, çerçeve, yaklaşım ve metodoloji mevcuttur (Qehaja, Kutllovci, & Pula, 2017).

1.3.1. Beyin Fırtınası Tekniği

Beyin fırtınası, fikirlerin ve düşüncelerin üyeler arasında kendiliğinden paylaşıldığı ve sorunlarda pratik çözümlere ulaşıldığı grup yaratıcılığını teşvik etme tekniklerinden birisidir (Gogus, 2012). Beyin fırtınası tekniği, bir grup tartışma yöntemi olup bireylerde yaratıcı düşüncelerin ortaya çıkması ve problem çözme yeteneğini iyileştirmeyi hedeflemektedir (Nakiboğlu, 2003). Beyin fırtınası gruplarında yer alan çalışanlar kısmen aynı şirketin çalışanlarından oluşmakta ve diğer kısmı ise kuruluşun karşılaştığı belirli bir sorunu çözmeyi amaçlayan bir proje üzerinde birlikte çalışan çeşitli danışmanlar ve diğer paydaşlardan çalışanları içerebilmektedir (Boddy, 2008). Beyin fırtınası, diğer stratejik yönetim araçlarında sıklıkla kullanılan yarı yapılandırılmış veya yapılandırılmamış tekniklere nazaran grup tartışmalarında, gruplar doğası gereği yapılandırılmaktadır. Beyin fırtınasının amaçları ve kuralları her grubun başında grup üyelerine açıklanmaktadır. Kurallar, insanların oturuma gelmeden önce oturumun amaçlarının ne olduğunun söylenmesini içermekte ve böylece tartışılan soruna olası katkılar hakkında düşünülmektedir (Boddy,2012).

Beyin fırtınasının amacı, bireyleri engellemelerden, kendini eleştirmekten ve başkalarının eleştirilerinden kurtarmak böylece belirli bir soruna yanıt olarak mümkün olduğunca çok sayıda farklı fikir üretebilmesini sağlamaktır. Beyin fırtınasında üretilen fikir sayısı ne kadar fazlaysa, etkili bir çözüme ulaşma olasılığının da o kadar yüksek olduğu varsayılmaktadır (Taylor, Berry, & Block, 1958). Beyin fırtınası tekniğinin uygulaması çeşitli alanlara ve ortamlara, özellikle de fikir, açıklama ve çözümler üretmek

için yaygın olarak kullanılan alanlara kadar genişletilmektedir (Al-Samarraie & Hurmuzan, 2018). Çeşitli alanlarda kullanılan beyin fırtınası tekniğinin en temel avantajı ise, birden fazla uzmanlık alanına sahip kişilerin bir araya gelerek bütünün, bireysel parçaların toplamından daha büyük bir etki yaratmasına olanak sağlamasıdır. Aynı sorunlar üzerinde çözüm odaklı tek başına çalışan bireyler için çözüm belirgin olmayacak bir ortamda kendilerini gösterebilme imkânı sağlamaktadır (Eckerson, 1988).

1.3.2. Dengeli Puan Kartı Tekniği

Kaplan ve Norton (1996) tarafından oluşturulan Dengeli Puan Kartı (BSC) kavramı, şirketlerin performans düzeylerini ölçmek için kullandıkları çeşitli performans ölçüm araçlarından biridir (Karpagam & Suganthi, 2013). Kaplan ve Norton tarafından 1996 yılında önerilen yeni bir performans ölçüm yaklaşımı olan Dengeli Puan Kartı, şirketin dört ana perspektifine odaklanmaktadır. Bu perspektifler: Finansal, Müşteriler, İç Süreç, Yenilik ve Öğrenmedir. Denge Puan Kartı, strateji ve finansal yön arasında denge kurmak için bu şekilde bir çerçeve sunmaktadır (Saroha, Garg, & Luthra, 2022). Bu dört bakış açısı kuruluşların performans ölçümüne dair bütünsel bir bakış açısı kazanmasını sağlamaktadır. Finansal bakış açısı ölçümleri; bir şirketin stratejisinin, uygulamasının ve yürütmesinin net gelir artışına katkıda bulunup bulunmadığını göstermektedir. Müşteri bakış açısı; yöneticilere iş biriminin rekabet edeceği müşteri ve pazar bölümlerini ve iş biriminin performans ölçümlerini belirlemeleri için bir olanak sağlamaktadır. İç süreç perspektifinde, yöneticiler kuruluşun mükemmel olması gereken kritik dahili süreçleri belirlemektedir. Bu süreçler, işletmenin değer teklifini sunmasını ve hissedarların mükemmel finansal getiri beklentilerini karşılamasını sağlamaktadır. Son olarak, öğrenme ve büyüme, kuruluşun uzun vadeli iyileştirme yaratmak için inşa etmesi gereken altyapıyı belirlemektedir (Sainaghi, Paul, & Corti, 2013).

Denge Puan Kartları, kuruluşların stratejiyi uygulama ve performanslarını artırma yeteneklerini, tamamen finansal gösterge sistemlerinin sınırlamalarını aşarak, değer yaratma süreçlerini ve maddi olmayan varlıkların kritik rollerini açıkça tasvir ederek artırmaktadır. Yani bir kuruluşun maddi olmayan varlıklardaki iyileştirmelerini, müşterilerin ve stratejinin finansal yönlerini somut sonuçlarla bağlamak için gerekli olan çok sayıda dolaylı bağlantıyı açıklayabilmektedir (Quesado, Guzmán, & Rodrigues, 2018). Denge Puan Kartı tekniğinin kuruluşları performans ölçümüne ilişkin geleneksel

görüŖe meydan okumaya ve somut olmayan, daha soyut varlıklar dahil olmak üzere ölçmek istedikleri her Ŗeyi ölçebilecekleri bir sürece doğru ilerlemeye teŖvik ettiğini iddia edilmektedir (Kaplan & Norton, 2004). KuruluŖlar bu tekniği kullanmaya baŖladıkça, mevcut çerçevenin eksikliklerini fark ederek puan kartını kendi amaçlarına daha uyumlu Ŗekilde ayarlamaya çalıŖmaktadır.

1.3.3. Balık Kılıçđı Diyagramı Analizi

Balık Kılıçđı diyagramı; zihinsel olarak fikirlerin, bakıŖ açılarının ve sonuçların iŖlenmesine ve organize edilmesine yardımcı olan, sorunların formüle edilmesine ve nedenlerinin belirlenmesine yardımcı olan ve her türlü aktivitede kullanılabilen grafiksel bir gösterimdir (Loredana, 2017). Balık Kılıçđı diyagramının amacı nedeniyle, neden-sonuç diyagramı olarak da adlandırılmaktadır. Balık Kılıçđı (Ishikawa) diyagramları, esas olarak bir olay (etki) ve onun çoklu nedenleri arasındaki korelasyonlar için bir öneri sunumu modelini temsil etmektedir. Diyagramların sađladđı yapı, ekip üyelerinin çok sistematik bir Ŗekilde düşünmelerine yardımcı olmaktadır (Shinde, Ahirrao, & Prasad, 2018).

Balık kılıçđı diyagramının altı klasik kategorisi bulunmaktadır. Bu kategoriler, iŖ süreçlerinin herhangi bir sorununun ana nedenleri olarak kategorize edilmektedir. Bunlar insanlar, ekipman, malzemeler, çevre, yönetim ve süreçtir. Bu altı deđiŖkenin analizi, bir sorunun nedenlerini, türünden veya Ŗiddetinden bağımsız olarak ortaya koymaktadır (Bose, 2012). Ishikawa diyagramının kullanılmasının faydaları arasında ise bir süreç veya ekipmanın daha iyi anlaşılması, bir yenilik sürecinin baŖlatılması, öğrenme sürecinin ve fikir deđiŖiminin kolaylaştırılması, daha az elveriŖli etkiler yaratabilen faktörlerin daha iyi yönetilmesi, sonunda teknik normların geliŖtirilmesinin gerekliliğinin ortaya konulması yer almaktadır (Botezatu, vd., 2019).

1.3.4. DıŖ Kaynaklardan Yararlanmak

KüreselleŖmeyle birlikte birçok iŖletme her Ŗeyi kendi baŖına üretmek zorunda kalmamaktadır. DıŖ kaynak kullanımı, birçok iŖletmenin en iyi yaptıkları iŖe odaklanmasını ve baŖkalarının daha iyi, daha hızlı, daha ucuz ve daha kaliteli yapabileceği Ŗeyleri dıŖ kaynak kullanarak yapmasını sağlayan en iyi fikirlerden birisidir.

Dış kaynak kullanımı, giderek daha popüler hale gelmekte ve başarılı bir iş konsepti olan yönetim organizasyon stratejisidir (Koszevska, 2004). Bir iş stratejisi olarak dış kaynak kullanımı, hizmetlerin veya ürünlerin dış kaynaklardan tedarik edilmesini veya belirli görevlerin işletme içinde ele alınması yerine üçüncü taraf şirketlere devredilmesini içermektedir. Kökleri tarihi uygulamalara dayanan bu kavram, zamanla modern iş operasyonlarında yaygın bir uygulama haline gelmiştir (Namadi, 2023). Dış kaynak kullanımının amaçları arasında işletme için rekabet avantajı elde etmek yer almaktadır. İşletmeler, dış çevrede yer alan iş ortaklarıyla iş birliği yaparak iş performansı yeterliliklerinde yeni seviyelere ulaşabilmekte ve bu da onların birincil iş misyonlarına odaklanmalarını sağlamaktadır (Fjermestad & Saitta, 2014).

Dış kaynak kullanımının en önemli nedenleri arasında ise işletmelerin temel faaliyetlere odaklanmasını sağlamak, maliyetleri düşürmek, kısa vadeli finansal faydalar sağlamak ve bilanço iyileştirmeleri bulunmaktadır. Dış kaynak kullanımı, işletmelerin işlevselliklerini ayrı departmanlar ve iş birimleri ile aralarındaki engelleri kaldırmasına olanak tanımaktadır (Harland, Knight, Lamming, & Walker, 2005). Dış kaynak kullanımının avantajlarının aksine tedarikçi seçiminin zayıf olması, tedarikçiyle uyumsuz süreç ve kalite standartları, gizlilik ve ticari sırlarla ilgili güvenlik açığı, yasal ve düzenleyicilerden doğacak riskler dezavantaj olabilmektedir (Dinu, 2015).

1.3.5. Benchmarking (Stratejik Kıyaslama)

Stratejik kıyaslama, her işletme tarafından kasıtlı veya kasıtsız birçok biçimde kullanılan çok genel bir iş kavramıdır. Bu nedenle, kıyaslamanın birçok tanımı bulunmaktadır. Stratejik kıyaslama, ilk olarak üretim şirketlerinde kullanılmıştır. Bu nedenle üretim, geliştirme ve kalite ile yakından bağlantılıdır. Bu kavram basit bir şekilde tanımlandığında kıyaslama, iş performansını iyileştirmek için en iyi ürün, hizmet ve süreçlerin özelliklerinin karşılaştırılmasını içeren sistematik ve sürekli bir süreçtir (Dahlgaard, Kristensen, & Kristensen, 1998). Prasnikar vd. (2005) göre kıyaslama, karar alma kalitesini iyileştirme amacıyla diğer şirketler hakkındaki iş bilgilerini karşılaştırarak ve analiz ederek iş bilgisi oluşturma sürecidir (Prasnikar, Debeljak, & Ahčan, 2005). Bu tanımın, normalde kıyaslama çerçevesinde gerçekleştirilen tüm hedefleri ve faaliyetleri kapsadığı görülmektedir. Kıyaslamanın nihai hedefi, yeni iş bilgisinin iş karar alma sürecine uygulanmasıdır. İş kararlarının iş kalitesini iyileştirilmesiyle birlikte işletmelerin

iş performansı da arttıracak ve bununla birlikte rekabet avantajları daha da güçlenecektir (Shahin & Zairi, 2006).

İşletmelerin stratejik yönetim aracı olarak uyguladığı kıyaslama yöntemi; işletmenin arz, talep ve piyasa koşullarındaki değişikliklere bağlı olarak güçlü ve zayıf yönlerini tanımlamasına, yeni standartlar ve amaçlar oluşturarak kalite, fiyat, mal ve hizmetlere ilişkin tüketici sorularını daha iyi karşılamaya, çalışanları yeni standartlara ulaşmaya ve ilgili faaliyet alanlarında yeni gelişimlere yönelik istek duymaya teşvik etmektedir. Bunlara ek olarak, personelin motivasyonunu arttırmada, işletmenin hangi verimlilik düzeyinin gerçekten elde edilebilir olduğunu ve iyileştirmelere nasıl ulaşabileceğini fark etmesini sağlaması gibi konularında da işletmelere yardımcı olmaktadır (Goncharuk, Lazareva, & Alsharf, 2015). İşletmeler belirlemiş olduğu stratejileri yürüttüğü süreçlerinin verimliliğini arttırmaya hedeflemekte ve stratejik yönetim sürecinde kıyaslama tekniği ile sıklıkla uygulamaktadır. Bu yürütülen süreçlerin ve faaliyetlerin sonucu, performans kıyaslamasının odaklandığı işletmenin performansı olup kıyaslama, işletmeye bütünsel olarak dahil edilirse stratejik yönetimin yararlı bir aracı haline gelebilmektedir (Shahin & Zairi, 2006).

1.3.6. Stratejik Toplam Kalite Yönetimi

Kalite yönetimi, genel organizasyon stratejisinde yer almaktadır. Küresel organizasyonlar için en büyük zorluk, giderek daha rekabetçi hale gelen bu küresel pazarda hayatta kalmaktır (Zakuan, Yusof, Laosirihongthong, & Shaharoun, 2010). Toplam kalite yönetimini benimseyen ve ürün kalitesini takip eden organizasyonlar, rekabetçi konumlarını, iş başarılarını iyileştirecek ve ürünlerini farklılaştırmaktadır (Fernández & Gutierrez, 2013). Toplam kalite yönetimi, müşteri memnuniyetini sağlamak için ürün ve süreçlerin kalitesini sürekli iyileştirmeyi amaçlayan bütünlendirici bir yönetim felsefesidir. Basitçe ifade etmek gerekirse bu stratejik yönetim aracı, kalitenin ürün ve süreçlere dahil edilmesi ve kalitenin organizasyondaki herkes için bir endişe ve sorumluluk haline getirilmesidir (Ahire, Landeros, & Golhar, 1995).

Toplam kalite yönetimi, firmaların yüksek derecede farklılaşma elde etmelerine ve maliyetleri düşürmelerine olanak tanımaktadır (Tarı', 2005). Haupt ve Whiteman (2004) ise toplam kalite yönetiminin iş sonuçlarını iyileştirme, müşteri odaklılığı,

memnuniyet, ekip çalışması ve şirketlerdeki çalışanların daha iyi yönetilmesi gibi potansiyellere sahip olduğunu savunmaktadır. Bu stratejik yönetim aracı, daha büyük müşteri değeri sağlamak ve müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için kuruluşlar içinde sürekli süreç geliştirmeye odaklanmaktadır (Wang, Chen, & Chen, 2012).

1.3.7. Portföy Analizi Tekniği

Stratejik yönetim için portföy seçimi, birçok organizasyonda önemli bir faaliyettir ve birçok karar alma durumunu içeren karmaşık bir süreçle ilgilidir. Önerilen projelerden hangisinin nihai proje portföyünde tutulacağına karar vermek için çok sayıda kriter dikkate alınmaktadır. Bu kriterlere ekonomik, personel gelişimi ve kurumsal imaj örnek verilebilir (Lin & Hsieh, 2003). Stratejik yönetimde portföy analizinin geleneksel araçları genellikle pazarlama açısından pazar ve/veya ürün faktörlerine dayanmaktadır. Farklı pazar bölümlerine hitap eden bir işletme için portföy analizinin, her biri genel kurumsal performansa farklı bir katkıda bulunan bir işletme koleksiyonu olduğu kabul edilmektedir (Haspeslagh, 1982). Portföy analizi, çeşitlendirilmiş işletmenin portföyündeki iş dengesini değerlendirmesine ve aralarındaki kaynak tahsisini yönlendirmesine yardımcı olmaktadır (Udo-Imeh, Edet, & Anani, 2012). Ayrıca portföy analizinin strateji ve yatırım aşamalarında uygulanması, bu ilişkileri analiz etmek için disiplinli ve sistematik bir yöntem sağlamaktadır. Etkili portföy analizi; şu anda hangi varlıklara sahip olunabilir, hangileri satın alınabilir, hangi hisseler edinilebilir veya yakın gelecekte hangi hisseler geliştirilebilir? gibi soruları ele alan yüksek kaliteli veriler gerektirmektedir (Howell & Tyler, 2001). Portföy analizi, bir işletmenin aktif yeni ürün ve geliştirme projelerinin listesinin sürekli olarak revize edildiği dinamik bir karar sürecidir. Bu süreçte, yeni projeler değerlendirilmekte, seçilmekte ve önceliğine göre sıralanmaktadır. Mevcut projeler hızlandırılabilen, sonlandırılabilen veya öncelikleri değiştirilebilen, kaynaklar aktif projelere yeniden tahsis edilebilmektedir (Cooper, Edgett, & Kleinschmidt, 2001).

1.3.8. PESTLE Analizi

PESTLE analizi, bir işletme veya diğer bir varlık biçimi üzerindeki dış etkileri anlamak için stratejik bir çerçeve sağlayan için analitik bir araçtır. Kuruluşlar tarafından dış çevrenin bir proje üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Birçok

işletme PESTLE analizini şirkette yeni bir ürün, hizmet veya inovasyon başlatmayı planladıkları çevrede uygulanabilirliği ve etkiyi analiz etmek için kullanmaktadır (Casañ, Marc, & Llorens, 2021). PESTLE analizinin amacı kuruluşun operasyonlarını, stratejisini ve karar alma süreçlerini etkileyebilecek dış etkenlere ilişkin iç görüşler elde etmektir. Ayrıca dinamik dış ortama uyum sağlarken yararlanılacak fırsatları ve azaltılacak tehditleri belirlemeye yardımcı olmaktadır. Dış parametrelerinde ise Politik, Ekonomik, Sosyal, Teknolojik, Yasal ve Çevresel (PESTLE) değerlendirmeler gibi geniş başlıklar altında çeşitli kategoriler yer almaktadır (Christodoulou & Cullinane, 2019).

PESTLE modelinin uygulanmasının birçok avantajı ve dezavantajı yıllardır belirtilmektedir. PESTLE analizinin anlaşılmasının basit ve kullanımının kolay olması, iş ortamını daha iyi anlamaya yardımcı olması, stratejik düşüncenin gelişimini teşvik etmesi, gelecekteki iş tehditlerinin etkisini azaltmaya yardımcı olması avantajları arasında yer almaktadır (Akman, 2020). Bu analizin olası dezavantajı ise dış çevredeki belirsizliklerle sınırlı olmasıdır. Çünkü dış faktörler değişmektedir ve bu nedenle düzenli inceleme gerektirmektedir. Bu da maliyetli olmaktadır. Analizi gerçekleştirmek için yeterli zamana ve uzmanlara ihtiyaç bulunmaktadır. Analiz tarafından üretilen çok sayıda bilgi, kurumsal personel, iç ve politika yapıcılar tarafından anlaşılmasını zorlaştırmaktadır (Buye, 2021). PESTLE analizinin faydasını en üst düzeye çıkarmak için ise bir organizasyon içinde düzenli olarak kullanılmalı ve kontrol dışında dış risklere dönüşebilecek veya fark edilmeyebilecek eğilimlerin belirlenmesi sağlanmalıdır (Rastogi & Trivedi, 2016).

1.3.9. SWOT (FÜTZ) İşletme Analizi

Stratejik planlama için yaygın olarak kullanılan diğer bir araç olan SWOT analizi, geleneksel olarak bir beyin fırtınası biçimidir (Phadermrod, Crowder, & Wills, 2019). SWOT analizi, bir organizasyonun ortamındaki içsel güçlü ve zayıf yönleri, dış fırsatları ve tehditleri değerlendirmektedir. İç analiz, organizasyonun doğasında bulunan kaynakları, yetenekleri, temel yeterlilikleri ve rekabet avantajlarını belirlemek için kullanılmaktadır. Dış analiz, rakiplerin kaynaklarına, sektör ortamına ve genel ortama bakarak pazar fırsatlarını ve tehditlerini belirlemektedir (Sammur & Galea, 2015). SWOT analizi, bir grup paydaşın (a) performansın iç ve dış engelleyicilerini ve güçlendiricilerini belirlediği, (b) bu faktörleri net değere katkılarına ilişkin tahminlere ve kontrol

edilebilirliklerine ilişkin yaklaşık tahminlere dayanarak analiz ettiği ve (c) bu faktörlerle ilgili olarak gelecekte hangi eylemin gerçekleştirileceğine karar verdiği bir süreçtir (Leigh, 2009). SWOT analizi, organizasyonun temel yetkinliklerini ortaya koyarak güçlü yönlerini belirlemeye, fırsatları değerlendirmeye ve tehditleri azaltmaya yardımcı olurken; aynı zamanda zayıf yönlerin tespit edilip iyileştirilmesine de katkı sağlamaktadır (Ayub, Razzaq, Aslam, & Iftekhar, 2013). Genel olarak, dinamik ve korelatif olan SWOT analizi, organizasyona stratejik "kalelerini" geçerli bir şekilde tespit etme; rakipler tarafından kolayca meydan okunamayacağı, yenilemeyeceği veya yerinden edilemeyeceği dinamik iç ve dış çevrede rekabetçi rollerini bulmasının fırsatını vermektedir (Vlados, 2019).

Glaister ve Falshaw (1999), SWOT analizinin stratejik planlamanın en saygın ve yaygın araçlarından biri olduğu konusunda hemfikirdir. SWOT analizini, İngiltere'deki şirketlerde stratejik planlamada kullanılan en yüksek sıralı araç ve analiz tekniklerinden biri olduğunu tespit etmiştir. Dickson (2002), geleneksel SWOT analizinin, pazarın hâlen değiştirilebileceği yön ve ivme açısından yeniden kavramsallaştırılabileceği konusunda fikir birliğinde bulunmaktadır. Valentin (2001) SWOT analizini, ticari bir girişim ile çevresi arasında kazançlı bir uyum oluşturma ve sürdürme yollarına ilişkin iç görüşler aramanın geleneksel yolu olarak savunmaktadır. SWOT analizi, kültürel engelleri, avantajları ve harici hükümet rollerinin yanı sıra işletme içi sorunları belirlemek için de kullanılmaktadır. Panagiotou (2003), SWOT analizinin diğer tüm stratejik planlama araçlarından daha fazla kullanıldığını ileri sürmektedir. Bu yapılandırılmış analiz, iş stratejilerinin pazar dinamikleri ve organizasyonel yeteneklerle uyumlu hale getirilmesini sağlayarak uzun vadeli başarıya ve rekabet avantajı elde edilmesine önemli katkı sunmaktadır. Ancak, öznel yargıya güvenmesi ve karmaşık stratejik konuların potansiyel olarak aşırı basitleştirilmesi gibi SWOT analizinin sınırlamaları, daha ayrıntılı ve entegre bir yaklaşıma olan ihtiyacı da ortaya çıkarmaktadır (Ghaleb, 2024). Phadermrod, Crowder ve Wills (2019)'e göre nicel araçları ve veri analitiğini birleştirmek, SWOT analizinin güvenilirliğini ve doğruluğunu daha da artırabilir. Analitik kullanımı, analiz sırasında yapılan öznel yargılar için ampirik destek sağlayabilir, önyargıları azaltabilir ve genel stratejik planlama sürecini iyileştirebilecektir.

İKİNCİ BÖLÜM

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SİVİL HAVA TAŞIMACILIĞI

2.1. İklim Değişikliğine İlişkin Temel Kavramlar

Dünya genelinde iklim değişikliği; sağlık, ekonomi, doğal kaynaklar, altyapı ve gıda güvenliği gibi çeşitli boyutlarda sürdürülebilir kalkınmaya yönelik ciddi tehditlerden biri olarak kabul edilmektedir (Salehi, vd., 2019). Son 20 yıldır doğal tehlikeler artmaktadır ve bunların arasında en önemlileri meteorolojik tehlikeler ile hidrolojik tehlikelerdir (Birkmann & Teichman, 2010). İklim değişikliği işletmeler için bir sürü yeni stratejik meydan okuma ve fırsat oluşturmaktadır (Winn, Kirchgeorg, ths, Linnenluecke, & Günther, 2011). Herhangi bir belirli olayı iklim değişikliğine bağlamak zor olabilmektedir, ancak geçen yüzyılda gözlemlenen ısınma üzerine yapılan çalışmalar, sıcak hava dalgaları gibi aşırı olayların olasılığının iklim değişikliği nedeniyle arttığını göstermektedir (Hegerl, vd., 2007). İklim değişkenliğinde görülen bu tür artışlar genellikle bölgesel düzeyde ortaya çıkarken; küresel ısınma, deniz seviyesinin yükselmesi ve okyanus asitliğinin artması gibi daha yavaş ilerleyen süreçler ise en az onlar kadar yıkıcı olup küresel ölçekte etkisini göstermektedir (Scheffer, Steve, Foley, Folke, & Walker, 2001). İklim değişikliği hem öngörülebilir bir sürpriz hem de kötü bir sorun olarak tanımlanmaktadır. Çünkü açık, karmaşık ve tam olarak anlaşılammış sistemleri içermektedir (Prins ve Rayner, 2007). Uzun vadeli iklim değişikliklerinin oluşumu ve ortaya çıkan etkiler hakkında önemli bir kesinlik bulunmaktadır. Ancak bu etkilerin türü, şiddeti veya başlangıç zamanı hakkında belirsizlikler bulunmaktadır. (Bazerman, 2005; Gifford vd., 2009).

2.1.1. İklim Değişikliği

İklim değişikliği, Dünya'nın yerel, bölgesel ve küresel iklimlerini tanımlayan ortalama hava olaylarında uzun vadeli bir değişikliktir. Bu değişikliklerin, terimle eş

anlamalı olan geniş bir yelpazede gözlemlenen etkileri bulunmaktadır. 20. yüzyılın ortalarından bu yana Dünya ikliminde değişiklikler gözlemlenmektedir (NASA, 2018). İklim değişiklikleri büyük ölçüde Dünya atmosferinin bileşimindeki değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Fosil yakıtların yakılmasından, tarım ve ormancılıktan kaynaklanan sera gazlarının, özellikle karbondioksit ve metan emisyonlarının büyük ölçüde artması, bu gazların atmosferde daha yüksek konsantrasyonlara ulaşmasına yol açmaktadır (Bernauer, 2013). İklim değişikliğinin kanıtları deniz seviyelerinin yükselmesi, buzulların çekilmesi, yağış düzenlerinin değişmesi ve dünyanın ısınmasıdır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'ne göre mevcut sera gazı emisyon oranı, ortalama sıcaklıkların on yılda 0,2°C artmasına ve 2050'ye kadar sanayi öncesi seviyelerin 2°C üzerindeki eşige ulaşmasına neden olması muhtemeldir (Adedeji, Reuben, & Olatoye, 2014). İnsan faaliyetleri, esas olarak sera gazı emisyonları yoluyla, küresel yüzey sıcaklığının 2011-2020'de 1,1°C üzerine çıkması sonucunda küresel ısınmaya açıkça neden olmuştur. Küresel sera gazı emisyonları; sürdürülemez enerji kullanımı, arazi kullanımı ve arazi kullanımındaki değişikliklerin yanı sıra, yaşam tarzları ile bölgeler, ülkeler ve bireyler arasındaki eşitsiz tüketim ve üretim kalıplarından kaynaklanan tarihsel ve süregelen katkılar nedeniyle artmaya devam etmektedir (IPCC, 2023).

2.1.2. Küresel Isınma

Küresel ısınma, güneş ışığının Dünya'ya çarpmasıyla başlamaktadır. Bulutlar, atmosferik parçacıklar, yansıtıcı yüzeyler ve okyanus yüzeyleri daha sonra güneş enerjisinin yaklaşık %30'unu uzaya geri döndürürken; havanın, denizlerin ve karaların geri kalanı güneş enerjisini emmektedir. Sonuç olarak, yer ve atmosfer ısınmakta ve yaşamın gelişmesine izin vermektedir. Dünya ısındığında, güneş enerjisi termal radyasyon ve kızılötesi ışınlar yoluyla yayılmakta, bu da uzaya gitmekte ve Dünya'yı soğutmaktadır. Ancak, dışarı çıkan radyasyonun bir kısmı atmosfer tarafından emilmekte ve karbondioksit, su buharı, ozon, metan ve diğer gazlar aracılığıyla Dünya'nın yüzeyine geri yansıtılmaktadır (Bhatia, Wadhawa, Gurtu, Gaur, & Gupta, 2019; Kaur, 2022). Küresel ısınma, özellikle fosil yakıtların (kömür, petrol ve gaz) yakılması ve atmosfere büyük miktarda sera gazı emisyonuna neden olan büyük ölçekli ormansızlaşma olmak üzere insan faaliyetlerinin iklim üzerindeki etkisini ifade eden bir ifadedir; bunların en önemlisi karbondioksittir. Bu tür gazlar, Dünya'nın yüzeyinden yayılan kızılötesi

radasyonu emer ve yüzeyi normalde olduğundan daha sıcak tutarak battaniye görevi görür. Bu ısınmayla ilişkili olan olaylar iklim değişiklikleridir (Houghton, 2005).

NASA (National Aeronautics and Space Administration) verilerine göre Haziran, Temmuz ve Ağustos 2024'ün birleşimi, NASA'nın kaydındaki diğer tüm yazlardan küresel olarak yaklaşık 0,2 derece Fahrenheit (yaklaşık 0,1 derece Santigrat) daha sıcak olmuştur. Bu sıcaklık 2023'te kırılan rekoru az bir farkla geride bırakmıştır (NASA, 2024). İklim sistemindeki büyük ölçekli değişimler, geri döndürülemez etkilerin ortaya çıkma riskini giderek artırmaktadır. Bu durum, okyanus mercanları, su kuşları, deniz kaplumbağaları ve amfibiler gibi hassas türlerin yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmasına yol açmaktadır. Aynı zamanda, birçok Doğu Afrika ülkesinde mahsul kayıpları yaşanmakta ve bu durum kıtlık riskini artırmaktadır. Buna ek olarak, Akdeniz ve Güney Afrika bölgelerinde içme suyu kaynakları azalmaktadır. Öte yandan, orman yangınları, sel, fırtına, kuraklık ve ölümcül sıcak hava dalgaları gibi aşırı hava olaylarının sıklığı ve şiddeti de dünyanın pek çok yerinde artış göstermektedir (Sivaramanan, 2015).

2.1.3. Sera Gazları

Dünya, sera gazı emisyonları nedeniyle küresel ısınmanın sürekli arttığını fark etmiştir. Tüm ulusların çevre uzmanları için karbondioksit ve diğer sera gazları emisyonları küresel ısınmaya yol açmaktadır (Mohajan, 2017). Dünyayı ısıtan ve dışarıya doğru giden radyasyon hareketi genellikle sera etkisi olarak adlandırılmaktadır, çünkü bir sera da hemen hemen aynı şekilde çalışmaktadır (Kweku, vd., 2017). Son araştırmalar, teknolojiye gelişme nedeniyle atmosferdeki karbondioksit (CO₂) emisyonunun konsantrasyonunun geçen yüzyıla kıyasla önemli ölçüde arttığını tespit etmiştir (George, vd., 2021).

İnsan nüfusunun artış eğilimi, daha yüksek enerji ihtiyaçlarına yol açmaktadır. Günümüzde, enerji talebinin çoğu, büyük miktarda sera gazı yayan fosil yakıtların yakılmasıyla karşılanmaktadır (Ideris, vd., 2021). IPCC (2023) raporuna göre; 2010-2019 yılları arasındaki ortalama yıllık sera gazı emisyonları, kayıtlardaki önceki on yıldan daha yüksekti; 2010 ile 2019 yılları arasındaki büyüme oranı (%1,3 yıl⁻¹) ise 2000 ile 2009 yılları arasındaki büyüme oranından (%2,1 yıl⁻¹) daha düşüktü. 2019 yılında, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %79'u enerji, sanayi, ulaştırma ve inşaat sektörlerinden ve %22'si tarım, ormancılık ve diğer arazi kullanımından kaynaklandığı tespit edilmiştir.

2.1.4. Çevresel Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik, “bugünün ihtiyaçlarını, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılamaktır” (WCED, 1987). Çevresel sürdürülebilirlik kavramının temel yaklaşımı, insan faaliyetlerine ilişkin ortak algıyı ekolojik karşılıklı bağımlılık çerçevesinde daha açık ve kapsamlı biçimde ele alacak şekilde genişletmektedir. Çevresel sürdürülebilirlik ekolojik sürdürülebilirlikle sınırlıdır ve aslında onun bir alt kümesi haline gelmiştir (Morelli, 2011). Çevresel sürdürülebilirlik gelecek kuşakların ihtiyacı olacak kaynakları ve bu kaynakların kalitesini riske atmadan hem şimdinin hem de geleceğin çevresel değerlerini fiziki, ekonomik, sosyal, kurumsal vb. alanlarda korunması, iyileştirilmesi ve geliştirilmesi süreci olarak tanımlanabilmektedir (Şenocak ve Bursalı, 2018). Rahman vd. (2012), çevresel sürdürülebilirliği atığı azaltan, enerji tasarrufu sağlayan ve çevre sağlığını destekleyen bir şekilde iş yapmak, yani doğal çevreye verilen zararı önlemek olarak tanımlamaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik altı alana odaklanmaktadır. Bu alanlar; iklim sistemleri, insan yerleşimleri ve yaşam alanları, enerji sistemleri, karasal sistemler, karbon ve azot döngüleri, su sistemleridir (Moldan, Janousková, & Hák, 2012).

1997’de kabul edilen Kyoto Protokolü, beraber sanayileşmiş ülkelerin iklim değişikliğindeki temel rolünün altını çizmekte ve şirketlerin doğal çevreye karşı sorumluluğunu vurgulamaktadır. OECD (2024) sürdürülebilirlik raporuna göre, düşük sera gazı emisyonlarına ve yüksek inovasyon düzeyine sahip ilk 100 halka açık şirketin bölgesel dağılımı incelendiğinde; Çin ve Japonya hariç tutulduğunda ABD ve Asya’nın en yüksek paya sahip olduğu ve her birinin %26 oranını temsil ettiği görülmektedir. Buna karşılık Japonya %13, Çin %17 ve Avrupa %17 oranında temsil edilmektedir. Çevresel kaygıları iş faaliyetlerine ve paydaşlarıyla etkileşimlerine entegre etmeyi amaçlayan giderek artmakta olan birçok şirket, çevresel sürdürülebilirliği iş stratejilerine dahil etmeye başlamış ve devam etmektedir (Dyllick & Hockerts, 2002). Şirketleri bu ‘yeşil’ olmaya iten nedenler çok farklı olabilmekte ve çeşitli yaklaşımlara dayanabilmektedir (González-Benito & González-Benito, 2006). Bansal ve Roth (2000) şirketlerin çevresel sürdürülebilirliklerindeki üç ana motivasyon kategorisi olarak meşruiyet, rekabet gücü ve sosyal sorumluluğu belirlemiştir. Ayrıca kuruluşların, çevresel sürdürülebilirlik sorununa çözümü için çabalarında üç aşamalı bir modeli takip ettiği düşünülmektedir (Jabbour & Santos, 2006). İlk aşama, kuruluşun çevre mevzuatına ve ürün

gereksinimlerine tepki vermesini içermektedir. Bu ilk aşamada, şirket düzenlemelere uymaya veya düzenleyici ortamını etkilemek için ekonomik/politik gücünü kullanmaya çalışmaktadır. İkinci aşama, çevresel zararların oluşmasını engellemeye odaklanmakta; bu kapsamda kirliliğin önlenmesi ve atıkların uygun şekilde bertaraf edilmesi gibi uygulamaları içermektedir. Üçüncü aşama, kuruluşun uzun vadeli çevresel sürdürülebilirliği sağlamak için gönüllü proaktif eylemler ve değişimle karakterize edilmesidir (Ones & Dilchert, 2012).

2.2. Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Etkileri

Bilimsel çevrelerde, insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının, sanayi devriminin başladığı 1800'lerin sonlarından günümüze kadar gözlemlenen küresel ısınmaya (iklim değişikliğine) önemli ölçüde katkı sağladığı konusunda neredeyse hiçbir şüphe bulunmamaktadır. (Santer, vd., 2023). Ortalama küresel sıcaklık 1970'ten 2023'e kadar yaklaşık 1,7°F artmıştır. Gezegenin ortalama sıcaklığındaki bir veya iki derecelik değişiklikler iklim ve hava koşullarında potansiyel olarak tehlikeli değişimlere neden olabilmektedir. Bu gerçek ve gözlemlenebilir değişikliklere küresel ısınma ve iklim değişikliği etkileri denilmektedir (EPA, 2024). WMO'nun (World Meteorological Organization) 2024'te yayımlanan Sera Gazı Bülteni'ne göre, üç ana sera gazının karbondioksit, metan ve azot oksit atmosferik seviyeleri 2023'te yeni rekor seviyelere ulaşmıştır. Atmosferik karbondioksit, 2023'te sanayi öncesi seviyenin %151'ine ulaşmış ve bu durum öncelikle fosil yakıtların yanması ve çimento üretimi kaynaklı emisyonlar nedeniyle gerçekleşmiştir. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan CO₂ 'nin yaklaşık yarısı ise atmosferde kalırken, diğer yarısı kara ve okyanus tarafından emilmiştir.

İklim değişikliği toplumumuzu birçok farklı şekilde etkilemektedir. Bu etkiler arasında yer alan kuraklık gıda üretimine ve insan sağlığına zarar verebilmektedir. Su taşkınları; hastalıkların yayılmasına, can kayıplarına ve ekosistemler ile altyapının zarar görmesine yol açabilmektedir. Kuraklık, taşkın ve diğer hava koşullarından kaynaklanan insan sağlığı sorunları ölüm oranını arttırmakta, gıda bulunabilirliğini değiştirmekte ve bir işçinin ne kadar iş yapabileceğini ve nihayetinde ekonomimizin üretkenliğini dahi sınırlandırmaktadır (NOAA, 2024). Özetle; iklim değişikliği ve küresel ısınma sağlığımızı, çevremizi ve ekonomimizi etkilemektedir. Daha yüksek sıcaklıklar, sıcak hava dalgalarının sıklığını, yoğunluğunu ve süresini arttırmaktadır (Hayden, vd., 2023).

Küresel ısınmayla birlikte yükselen deniz seviyesi kıyı topluluklarını ve ekosistemlerini tehdit etmektedir (Carter, 2023). Yağış desenlerindeki ve miktarındaki değişiklikler, ayrıca akarsu akışının zamanlaması ve miktarındaki değişiklikler su kaynaklarını, su kalitesini ve hidroelektrik üretimini etkileyebilmektedir (Lall, vd., 2018). Değişen ekosistemler birçok bitki ve hayvan türünün coğrafi aralıklarını, göç ve üreme gibi yaşam döngüsü olaylarının zamanlamasını etkilemektedir (EPA, 2024).

2.3.Çevresel Kalite Standartları

Çevresel Kalite Standartları (EQS- Enviromental Quality Standards), dünya çapındaki yasal sistemlerde tek tip bir tanımlı olmayan bir kavramdır. EQS terimi Avrupa’da yaygın olarak kullanılırken, Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada’da sırasıyla Ortam Suyu Kalite Kriterleri ve Su Kalitesi Kılavuzları terimleri tercih edilmektedir (Whitehouse, 2001). Çevre kalite standartları, belirli maddeler için çevrede bulunmasına izin verilen en yüksek konsantrasyon seviyelerini belirleyen ölçütlerdir. Bu standartlar, çevreye zarar vermeyecek sınır değerleri tanımlar ve farklı deşarj noktalarındaki seyreltme etkisini de dikkate alır. Aynı zamanda çevresel kalite standartları emisyon kaynaklarına herhangi bir atıfta bulunmadan çevresel ortamı ilgilendirmekte ve belirli yerel çevre koşullarını hesaba katmaktadır (Inglezakis, Pouloupoulos, Arkhangelsky, Zorpas, & Menegaki, 2016).

2.3.1. ISO 14001

ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemleri (EMS), şirket düzeyinde çevresel bozulmayı ele almak için önde gelen bir yönetim aracı olarak ortaya çıkmıştır ve standarda yönelik küresel kayıtların katlanarak artmasıyla kanıtlandığı üzere dünya çapında hızla benimsenmektedir. Standardın benimsenme nedenleri, uyumluluk ve tüketici baskısından maliyet tasarrufu potansiyeline ve daha sağlıklı bir çevreye kadar uzanmaktadır (MacDonald, 2005). Bu Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO)’nun amacı, kuruluşlara çevreyi korumak ve sosyo-ekonomik ihtiyaçlarla denge içinde değişen çevre koşullarına yanıt vermek için bir çerçeve sağlamaktır. Bir kuruluşun çevre yönetim sistemi için belirlediği amaçlanan çıktıları elde etmesini sağlayan gereklilikleri belirtmektedir (ISO, 2015). Diğer ISO yönetim sistemi standartlarında olduğu gibi, ISO 14001 de kuruluşların sistemlerini ve çevresel konulara yönelik yaklaşımlarını sürekli olarak geliştirmesini gerektirmektedir. Standart içerisinde organizasyonun stratejik

planlama süreçleri içinde çevre yönetiminin artan önemi, liderlikten daha fazla girdi ve çevresel performansı artıran proaktif girişimlere daha güçlü bir bağlılık gibi önemli iyileştirmeler yer almaktadır (TSE, 2015).

2.3.2. ISO 50001

ISO 50001 (Enerji Yönetim Sistemi), ISO 9001 (Kalite Yönetimi) ve ISO 14001 (Çevre Yönetimi) standartları gibi, büyüklüğü, faaliyet alanı veya coğrafi konumu ne olursa olsun tüm kuruluşlar tarafından uygulanabilecek şekilde tasarlanmıştır. Enerji performansını iyileştirmek için herhangi bir sabit hedef koymamaktadır. Stratejik ve operasyonel enerji hedefleri daha çok organizasyonun kendisine bağlıdır. Başka bir deyişle, mevcut enerji yönetimi seviyesinden bağımsız olarak herhangi bir organizasyon, bir temel oluşturmak ve ardından bunu kısa vadede ve uzun vadede iyileştirmek için ISO 50001 standardını uygulayabilmektedir (Fiedler & Mircea, 2012). Bu standard, enerji performansını yönetim uygulamalarına entegre etmek için tanınmış bir çerçeve sağlamayı amaçlamaktadır. Bu sistemin etkili bir şekilde uygulanabilmesi için bir enerji yönetim ekibi kurulması gerekmektedir. Ayrıca, enerji incelemesi yapılarak enerji performansını iyileştirme fırsatlarının belirlenmesi ve analiz edilmesi hedeflenmektedir. İlerlemeyi izlemek amacıyla ise bir temel çizgi ve enerji performans göstergeleri oluşturulması da önemlidir. Bunlara ek olarak, enerji performansını iyileştirmeye yönelik hedeflerin belirlenmesi ve bu hedeflere ulaşmak için gerekli rehberliğin sağlanması amaçlanmaktadır (Lokanath, 2016). Enerji yönetimi ve enerji tasarrufu genellikle birbirinin yerine kullanılabilir. ISO 50001 standardı kapsamında enerji yönetimi, enerji verimliliği, kullanımı ve tüketimiyle ilgili ölçülebilir sonuçlar olarak tanımlanan enerji performansının sürekli iyileştirilmesine odaklanmaktadır (Gopalakrishnan, Ramamoorthy, Crowe, Chaudhari, & Latif, 2014). Birçok önemli etkinliğin incelenmesini ve optimize edilmesini sağlamak için enerji yönetimine yönelik bütünsel bir sistem bakış açısı gerekmektedir (Brown & Key, 2009).

2.3.3. ISO 46001

Verimli su yönetiminde, her şirket için tasarlanmış su tasarrufu teknolojileri ve özelleştirilmiş prosedürler aracılığıyla su kaynaklarının akıllı kullanımı yer almaktadır. Bu durum, bir ürünü üretmek ve kalitesini etkilemeden bir hizmet sunmak için gereken kesin miktarda suyun kullanımıyla su israfının azaltılmasını sağlamaktadır. Uluslararası

düzenleyici çerçevede, ISO tarafından desteklenen standart 46001, her kuruluş türünün süreçlerinde ve hizmetlerinde kullanılan su miktarından bağımsız olarak bir su verimliliği yönetim sistemi kurma, uygulama ve sürdürme gerekliliklerini de belirtmektedir. Özellikle ISO 46001, bir şirketin süreçlerinde ve hizmetlerinde kullandığı suyun azaltılmasını, yeniden kullanılmasını ve değiştirilmesini öngörmektedir. Azaltma eylemi, suyun verimli kullanımına izin veren kullanımların ve olası sızıntıların izlenmesine izin veren ekipman ve aksesuarların benimsenmesini gerektirmektedir (Owen, 2020; Dong, Zhang, Chen, & Fang, 2019). ISO 46001 (su verimliliği yönetim sistemleri) kılavuzu, her tür ve büyüklükteki kuruluşun suyu daha verimli kullanmasına yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Bu standard, su verimliliği yönetimi konusunda net bir çerçeve ve kılavuz sunarak, su kullanımını değerlendirme ve hesaplama yönelik yöntem ve araçları sağlamaktadır. Ayrıca, su kullanımını optimize etmeye ve bu süreçleri sürekli olarak iyileştirmeye yönelik önlem ve uygulama yollarını da içermektedir (Cvelihárová & Pauliková, 2021).

2.3.4. ISO 14064

İklim değişikliği, önümüzdeki yıllarda ulusların, hükümetlerin, işletmelerin ve vatandaşların karşı karşıya kalacağı en büyük zorluklardan biri olarak tanımlanmaktadır. İklim değişikliğinin hem insan hem de doğal sistemler üzerinde etkileri vardır ve kaynak kullanımında, üretimde ve ekonomik faaliyetlerde önemli değişikliklere yol açabilir. Buna karşılık, Dünya atmosferindeki sera gazı (GHG) konsantrasyonlarını sınırlamak için uluslararası, bölgesel, ulusal ve yerel girişimler geliştirilmekte ve uygulanmaktadır. Bunlardan biri olan ISO 14064 Sera Gazları Standardı, bir kuruluşun sera gazı (GHG) emisyon sınırlarını belirleme, bunları nicelleştirme ve GHG yönetimini iyileştirmeye yönelik faaliyetleri tanımlama gerekliliklerini içerirken; aynı zamanda envanter kalite yönetimi, raporlama, iç denetim ve doğrulama süreçlerine ilişkin sorumluluklar hakkında da gereksinim ve rehberlik sunmaktadır.

Özellikle ISO 14064 kullanımı;

- Sera gazı nicelleştirmenin çevresel bütünlüğünü artırmak,
- Sera gazı proje emisyon azaltımları ve iyileştirmeleri de dahil olmak üzere sera gazı nicelleştirme, izleme ve raporlamanın güvenilirliğini, tutarlılığını ve şeffaflığını artırmak,

- Bir kuruluşun sera gazı yönetim stratejilerinin ve planlarının geliştirilmesini ve uygulanmasını kolaylaştırmak,
- Sera gazı projelerinin geliştirilmesini ve uygulanmasını kolaylaştırmak,
- Sera gazı emisyonlarının azaltılmasında ve/veya sera gazı uzaklaştırmalarında performansı ve ilerlemeyi izleme yeteneğini kolaylaştırmak ve
- Sera gazı emisyon azaltımlarının veya uzaklaştırma iyileştirmelerinin kredilendirilmesini ve ticaretini kolaylaştırmak gibi faydalar sağlamaktadır.

ISO 14064-2, temel değerlerin belirlenmesi, proje emisyonlarının izlenmesi, nicelleştirilmesi ve raporlanması için ilkeleri ve gereklilikleri detaylandırırken ISO 14064-3, sera gazı envanterleri, sera gazı projeleri ve ürünlerin karbon ayak izleriyle ilgili sera gazı beyanlarının doğrulanması için gereklilikleri detaylandırmaktadır (ISO, 2018).

2.4. Mevcut Durum ve Olası Senaryolar

Ticari havacılık endüstrisi, Küresel Sera Gazı (GHG) emisyonlarına kritik bir katkıda bulunmaktadır ve dönüşümlü olarak küresel ısınmaya neden olan çevre üzerinde olumsuz bir etki yaratmaktadır (Forsyth, 2011). Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkileri nedeniyle havayolu şirketleri, küresel çevre koruma konusundaki endişelerini çeşitli politika ve teknolojik gelişmelerle azaltma çabası içindedir. Bu çabalar arasında karbon ayak izini azaltma, daha yeni uçakların alternatif biyo-yakıt verimliliğini test etme, yenilenebilir enerji kullanma ve uçak bakımı sırasında yakıtları geri dönüştürme yer almaktadır (Mair, 2010). Havayollarının çevre dostu hizmetlerinin nitelikleri, saygın havayollarının web sitelerinden ve uluslararası havayollarının yıllık sürdürülebilirlik raporlarında sunulmaktadır. Havayollarının çevre dostu uygulamalarının genellikle yolcu hizmetleriyle alakalı olduğu görülmektedir (Vongtharawat, Jeambua, & Pooripakdee, 2019). Örneğin; çoğu havayolu otomatik biletleme ve self-check-in kiosklarını tanıtmıştır. Yolcular, mobil uygulama veya resmi havayollarının web sitesi üzerinden tamamen check-in yapabilmekte, e-biniş kartını ve e-bagaj etiketini seçili kalkış uçuşundan önce yazdırabilmektedir. Bu çevrimiçi hizmet ile yolcuların havaalanında sırada beklemekten tasarruf etmesini sağlarken kâğıt tasarrufu faaliyetlerini de teşvik etmektedir. Ayrıca yakıt tüketimini ve emisyonları en aza indirmek için hibrit-elektrikli modeller ve ağırlık tasarrufu önlemleri gibi çevre dostu uçaklar geliştirmeye yönelik önemli bir endüstri odağı bulunmaktadır. Filo açısından, endüstri hibrit-elektrikli

modeller ve ağırlık azaltmaya odaklanan girişimler gibi çevre dostu uçakları geliştirmeye önemli bir vurgu yapmaktadır. Daha hafif uçaklar daha az yakıt gerektirdikleri ve daha düşük emisyon ürettikleri için net avantajlar sunmaktadır (Calvet, 2024). Uçuş planlamasını hem havayolu hem de hava trafiği yönetimi seviyelerinde optimize etme potansiyeli, daha fazla uçuşun gerçekleştirilmesine ve uçuş başına emisyonların azaltılmasına olanak tanıyabilmektedir. Ücretli yolcu kilometre oranlarında yakıt tüketimini azaltmak için verimli doluluk oranları hem ekonomik hem de çevresel açılardan istenmektedir. Ayrıca Hava Trafik Yönetimi (ATM) seviyesinde, istenmeyen bekleme uçuş aşamalarını en aza indirerek gecikmeleri ve dolayısıyla emisyonları potansiyel olarak azaltan birçok yenilik planlanmaktadır (Afonso, vd., 2023).

2050'ye kadar net sıfır emisyon senaryosu birçok uluslararası havacılık kuruluşu tarafından öngörülmektedir. Bu öngörülen senaryo, küresel havacılık sektörünün 2050'ye kadar net sıfır CO₂ emisyonuna ulaşması için bir yol gösteren normatif bir senaryodur. Bu senaryo ayrıca, özellikle 2030'a kadar evrensel enerji erişimi ve hava kalitesinde önemli iyileştirmeler öngörmektedir. IPCC Altıncı Değerlendirme Raporu'nda değerlendirilen emisyon azaltımlarıyla uyumlu olarak, küresel sıcaklık artışını 1,5 °C ile sınırlamanın (en az %50 olasılıkla) mümkün olabileceğini tahmin edilmektedir (IEA, 2024). Yeni uçak teknolojilerinin tanıtımı, daha verimli operasyonlar ve altyapı iyileştirmeleri sayesinde, endüstri kısa vadeli iklim eylem hedefini aşmıştır. RPK (Ücretli Yolcu- Kilometre) başına yakıt kullanımı ve CO₂ emisyonları 1990'dan bu yana %54 oranında azalmıştır. Endüstri, şu ana kadar elde ettiği verimlilik iyileştirmelerini ve CO₂ emisyonu azaltımlarını sürdürmeye ve hızlandırmaya kararlıdır (ICAO, 2022). IATA'nın net sıfır emisyon yol haritasına göre ne Sürdürülebilir Havacılık Yakıtı (SAF) ne de hidrojenin kullanılmadığı bir senaryoda bile, 2050 yılına kadar sektörün daha fazla uçağa, daha fazla üretim tesisine, yeni ekipmana, daha fazla petrol rafinerisine, havaalanlarına ve yakıt tedarik zincirlerine ihtiyacı olacaktır. Havaalanlarındaki yakıt çiftliği kapasitesinin artırılması, belki de yeni yakıt depoları inşa edilmesi gerekecektir. Dünya fosil yakıtlardan uzaklaşmayı hedeflerken uçak üreticileri, operatörler, havaalanları, enerji sağlayıcıları, hükümetler ve diğer paydaşları kapsayan havacılık ekosisteminin, yeni bir enerji dönüşüm süreci oluşturmak için yakın iş birliği içinde çalışması gerekmektedir (IATA, 2024).

2.5. Sivil Hava Taşımacılığı Sektörü ve Paydaşları

Uluslararası havacılık endüstrisi, sürekli gelişen teknoloji ve uluslararası seyahate yönelik artan yolcu talebi ile desteklenen, son yüzyılda istikrarlı bir büyüme kaydetmektedir. Devam eden küreselleşme ile birlikte uluslararası havacılık sisteminin önemi daha da pekişmiş ve 21. yüzyılda uluslararası havacılık, küresel ekonominin temel bir bileşeni haline gelmiştir (Spence & Leib, 2024). Sivil havacılık, sivil uçakların tasarımı, geliştirilmesi ve üretimini kapsamanın yanı sıra, hava yoluyla ulaşımı sağlayan uçaklar ile ilgili tüm faaliyetlerin ve tesislerin kullanımını ifade etmektedir (Sengur & Vasigh, 2012).

Bu sektör, tüm dünyada önemli bir ekonomik rol oynamaktadır. Sektörün önemi ihmal edilemez, çünkü birçok alanda önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle seyahat süresinde sağlanan tasarruflar, üretken zamanın artmasına ve iş seyahatlerinde gece konaklamalarının azalmasına yol açmaktadır. Ayrıca, seyahat konforunu artırmakta ve bölgeler arasındaki bağlantının güçlenmesine katkı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, toplumsal açıdan da önemli bir rol üstlenmektedir. Uzak bölgelerdeki tıbbi tahliye hizmetleri, itfaiye ve kurtarma operasyonları ile planlı havayolu hizmeti bulunmayan bölgeler için ulaşım çözümleri sunarak hayat kurtarıcı hizmetler sağlamaktadır (Pantelaki & Papatheodorou, 2022). Sarrah, Ajmal, ve Mertzanis'e (2020) göre ise, bunun nedeni bu sektörün ticaret ağlarının sağlanması, turizmin teşviki ve istihdam fırsatlarının yaratılması yoluyla ekonomik büyümeye ve kalkınmaya da katkıda bulunmasıdır. Bu kapsamda, sivil havacılık sektörü ulusal ve uluslararası ulaşım politikasının temel bir unsurudur.

Hava taşımacılığı, küresel ölçekte ticaret ve turizmi güçlendirerek ekonomide büyümenin ve yaşam kalitesinin hayati bir destekleyicisidir (Schäfer & Waitz, 2014). Tüm bunların yanı sıra sektörün insan ve mal hareketini kolaylaştırmadaki küresel kritik rolüne bakılmaksızın sektörün ekonomik gerilemeler, doğal afetler, siyasi istikrarsızlık ve pandemi gibi streslere karşı hassas olduğunu da göstermektedir (Dube, Nhamo, & Chikodzi, 2021). Tüm bu sistem süreçlerinde hizmet veren sektörün paydaşları yer almaktadır. Bu sivil hava taşımacılığı sistemindeki paydaşlar arasında ise; düzenleyici ve denetleyici kurumlar, çevreci kuruluşlar, üreticiler, havayolları, havaalanları, hava trafik ve seyrüsefer hizmeti sağlayıcılar, satıcılar, halk, rakipler gibi paydaşlar yer almaktadır

(Gerede, 2015, s. 25). Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO), Hava Taşımacılığı Eylem Grubu (ATAG), Havalimanları Konseyi Uluslararası (ACI), Sivil Hava Seyrüsefer Hizmetleri Örgütü, Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA) hükümetler ve düzenleyici kurumlar havacılık endüstrisinde politika yapımında belirleyici bir rol oynamaktadır (Grote, Williams, & Preston, 2014). Uçak üreticileri, havayolları, havaalanı yetkilileri, hava trafik kontrol hizmetleri havacılık endüstrisindeki ön saflardaki aktörlerdir (Singh, Rana, Hamid, & Gupta, 2022).

2.5.1. Sivil Hava Taşımacılığı Otoriteleri

Uluslararası havacılık hukukunun karmaşıklığı, ülkelerin farklı yasaları, kültürel değerleri ve uygulamaları olmasına rağmen aynı kuralları ve politikaları takip etmeyi nasıl kabul ettiği konusu tartışılmaktadır. Ancak büyük ölçekli uluslararası bir anlaşma olmadan güvenli ve verimli bir havacılık sistemi imkânsız olurdu. Örneğin; bir ülkede eğitim almış bir havacılık profesyoneli, standartlar ve uygulamalar değişeceğinden başka bir ülkede asla çalışamayabilir. Havacılık topluluğunun güvenli ve verimli bir şekilde işlev görebilmesi için uluslararası düzenlemelerin standartlaştırılması gerekmektedir (Kearns, 2018, s. 3-4). Uluslararası hava hukukunu kapsayan küresel hava taşımacılığını etkileyen kuralların, düzenlemelerin ve sivil havacılığın birleştirici bir unsuru olan uluslararası ve ulusal sivil hava taşımacılığı otoriteleri bulunmaktadır. Bu otoriteler arasında ICAO, IATA, ACI, EASA, Eurocontrol vb. otoriteler ile her ülkeye ait ulusal sivil havacılık otoriteleri yer almaktadır.

2.5.1.1. Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu (ICAO)

ICAO, 193 ülkenin birlikte iş birliği yapmasına ve semalarını karşılıklı yararlarına paylaşmasına yardımcı olan bir Birleşmiş Milletler kuruluşudur. Uluslararası düzeydeki modern Uluslararası Hava Taşımacılığı politikası, Aralık 1944'teki Chicago Sözleşmesi'ne (Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi) kadar doğrudan izlenebilmektedir. 1944 öncesi havacılık güvenliği, varsa, ülkeler arasındaki özel anlaşmalar kapsamında ele alınma eğilimindeydi. Savaş sonrası koşullarda sivil kullanıma kolay bir şekilde uyarlanabilen uzun menzilli uçakların hızla geliştirilmesi ve nispeten bol miktarda tedarik edilmesi, uluslararası hava ticaretinin yürütülmesi için daha düzenli bir yapıya ihtiyaç duyulmuştur (Button, Clarke, Palubinskas, Stough, & Thibault, 2004). Ayrıca havacılık güvenliği ile insanlığın temel düşünceleri arasındaki ilişki

bağlantı göz önüne alındığında, güvenlik gözetimi sağlama yükümlülüğünün tartışmasız bir şekilde tüm devletlerin yasal bir çıkarı olduğu söylenebilmektedir (Huang, 2009). Örneğin, bir havayolu dünyanın herhangi bir yerinde, özellikle can kaybının yaşandığı bir kaza geçirdiğinde, bu durum tüm havacılık endüstrisini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, sürekli uzlaşma ve müzakere yoluyla ICAO'daki katılımcı üye devletler, daha güvenli bir havacılık sektörü oluşturmayı amaçlayan çeşitli uygulamalar geliştirmektedir (Spence, Fanjoy, Lu, & Schreckengast, 2015).

ICAO'nun belirlemiş olduğu misyonu, uluslararası sivil havacılık için devletlerin küresel forumu olarak hizmet etmek iken vizyonu küresel sivil havacılık sisteminin sürdürülebilir büyümesini sağlamaktır (ICAO , 2025). Vizyon ve misyon doğrultusunda ICAO'nun belirlemiş olduğu beş stratejik hedefi bulunmaktadır. Bu hedefler; küresel sivil havacılığın emniyetini artırmak ve sistemin kapasitesini artırmak, verimliliğini iyileştirmek, küresel sivil havacılık güvenliğini geliştirmek, sağlam ve ekonomik olarak sürdürülebilir bir sivil havacılık sisteminin geliştirilmesini teşvik etmek, sivil havacılık faaliyetlerinin olumsuz çevresel etkilerini en aza indirmektir (ICAO, 2024). ICAO ayrıca politikalar ve standartlar geliştirmekte, uyumluluk denetimleri yapmakta, çalışmalar ve analizler yürütmekte, yardım sağlamak ve üye devletler ile paydaşlarının iş birliği yoluyla havacılık kapasitesinin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

2.5.1.2. Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA)

IATA, küresel hava trafiğinin %80'inden fazlasını temsil eden 124 ülkeden 340 havayollarının bulunduğu bir ticaret birliğidir. Bu birlik havacılık faaliyetlerinin birçok alanını desteklemekte ve kritik havacılık sorunlarıyla ilgili sektör politikalarının oluşturulmasına yardımcı olmaktadır. IATA'nın misyonu, havayolu sektörünü temsil etmek, yönetmek ve hizmet etmek iken vizyonu ise dünyayı birbirine bağlayan ve zenginleştiren güvenli, emniyetli ve sürdürülebilir bir hava taşımacılığı sektörünün gelecekteki büyümesini şekillendirmektir. Bu kuruluşun misyon ve vizyonunu dikkate alarak belirledikleri öncelikler bulunmaktadır. Bu öncelikler arasında endüstrinin dijital dönüşümü, perakendecilik ve müşteri odaklılık, güvenlik, emniyetli operasyonlar, sürdürülebilirlik ve güçlü bir birlik olabilme yer almaktadır (IATA, 2024). IATA her ne kadar öncelikli olarak havacılık sektörüne odaklansa da, etkisi yalnızca havayollarıyla sınırlı değildir. Nitekim IATA, kargo elleçleme, tehlikeli madde taşımacılığı, yolcu

güvenliği ve operasyonel prosedürler gibi hava taşımacılığının farklı alanlarını kapsayan yönergeler ve düzenlemeler belirleyerek sektörün genel işleyişine yön vermektedir (Boggs, 2024).

2.5.1.3. Uluslararası Havalimanları Konseyi (ACI)

ACI, kendisini "dünya havalimanlarının sesi" olarak tanımlayan küresel, kâr amacı gütmeyen bir üyelik derneğidir. 1991'de kurulan ACI, üye havalimanları ile hükümet organları, havayolları ve üretim kuruluşları da dahil olmak üzere havacılık sektöründeki diğer önemli paydaşları arasındaki iş birliğini teşvik etmek için çalışmaktadır (Brouder, 2010). ACI World, havalimanlarının ve hizmet verdikleri toplulukların ortak çıkarlarını ilerletmek, havalimanı yönetimi ve operasyonlarında mükemmelliği teşvik etmek suretiyle küresel havacılık sektörünün emniyetine, güvenliğine ve sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır (Airport Industry News, 2024).

Amaçları arasında; üye havalimanlarına yenilikçi araçlar ve uzmanlık sağlayarak sektör mükemmelliğini teşvik etmek yer almaktadır. Ayrıca, havalimanlarının güvenli ve emniyetli hava taşımacılığı sağlama kapasitesini desteklemek ve çıkarlarını uluslararası ile ulusal politika yapıcılar nezdinde temsil etmek de bu amaçlar arasındadır. Bunun yanı sıra, havalimanları, hükümetler, sektör paydaşları ve uluslararası kuruluşlar arasında iş birliğini teşvik etmek ve havalimanları arasındaki dayanışma ile yardımı en üst düzeye çıkarmak hedeflenmektedir. Son olarak, havalimanlarının sosyal ve ekonomik önemi konusunda kamuoyunun farkındalığını artırmak da önemli amaçlar arasında yer almaktadır (ACI, 2025).

2.5.1.4. Avrupa Sivil Havacılık Emniyet Ajansı (EASA)

EASA, havacılık emniyeti alanında belirli düzenleyici ve yürütme görevleri verilen bir Avrupa Birliği ajansıdır. Ajans, Avrupa Birliği'nin Avrupa'da yüksek düzeyde tekdüze bir sivil havacılık emniyeti kurma ve sürdürme stratejisinin önemli bir parçasını oluşturmaktadır (Europa Nu, 2024). Avrupa düzeyinde bir havacılık emniyet otoritesi fikri 1996'ya dayanmaktadır, ancak kurum yasal olarak ancak 15 Temmuz 2002'de Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı olarak kurulmuş olup çalışmalarına 2003'te başlamıştır. 2008'de ise tam işlevselliğine ulaşmıştır (ICAO, 2024). EASA, Avrupa Birliği'nin (AB) sivil havacılık emniyeti ve sürdürülebilirliğinden sorumludur; aynı

zamanda havacılık endüstrisi için dünya çapında eşit rekabet koşullarının sağlanmasını teşvik etmektedir.

EASA; düzenlemeleri ve sertifikasyonları uyumlu hale getirmek, AB havacılık pazarını geliştirmek, teknik havacılık kurallarını hazırlamak, uçak ve bileşenlerin tip sertifikasyonunu hazırlamak, havacılık ürünlerini tasarlayan, üreten ve bakımını yapan şirketleri onaylamak, AB ülkelerine güvenlik denetimi ve desteği sağlamak (örneğin hava operasyonları, hava trafiği yönetimi), Avrupa ve küresel güvenlik standartlarını teşvik etmek, Avrupa'daki güvenliği iyileştirmek için uluslararası paydaşlarla çalışmak rollerini üstlenmektedir (EASA, 2024).

2.5.1.5. Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyet Teşkilatı (EUROCONTROL)

Hava Seyrüsefer Emniyeti İşbirliğine İlişkin Eurocontrol Uluslararası Sözleşmesi ilk olarak 13 Aralık 1960'ta Brüksel'de Belçika, Fransa, Federal Almanya Cumhuriyeti, Lüksemburg, Hollanda ve Birleşik Krallık temsilcileri tarafından imzalanmıştır. Eurocontrol, Tek Avrupa Gökyüzü kavramının somutlaştırılması, tek tip bir pan-Avrupa Hava Trafik Yönetimi (ATM) sisteminin geliştirilmesidir. Eurocontrol, tam entegre bir hava trafik yönetim sistemiyle Avrupa havacılığının daha güvenli, daha emniyetli ve daha çevre dostu olmasına da katkıda bulunmaktadır. (DHMI, 2024).

Eurocontrol'ün birincil hedefi, kesintisiz Avrupa hava trafiği yönetim sisteminin geliştirilmesidir. Bu hedefe ulaşmak, tüm havacılık topluluğunun karşı karşıya olduğu mevcut ve gelecekteki zorluklara tek çözümdür. Bunlar, yüksek düzeyde havacılık emniyetini korurken hava trafiğindeki sürekli büyümeyle başa çıkmak, maliyetleri düşürmek ve çevreye saygı göstermektir. Ajans, ulusal düzenleyici otoriteler, hava navigasyon hizmeti sağlayıcıları, sivil ve askeri hava sahası kullanıcıları, endüstri ve diğer Avrupa kurumlarını içeren kolektif bir çabayla kısa ve uzun vadeli Avrupa ATM stratejilerinin ve bunlarla ilişkili eylem planlarının uygulanmasını geliştirmekte, koordine etmekte ve planlamaktadır (EUROCONTROL, 2008).

2.5.1.6. Avrupa Sivil Havacılık Konferansı (ECAC)

Avrupa Sivil Havacılık Konferansı (ECAC), ICAO ve Avrupa Konseyi tarafından kurulan bir uluslararası örgüttür. 1955 yılında 19 üye devletle kurulan ECAC, günümüzde 44 üyeye sahiptir ve kapsamını önemli ölçüde genişletmiştir (Wikipedia, 2024). ECAC, üye devletleri arasında sivil havacılık politikalarını ve uygulamalarını uyumlu hale

getirmektedir. Üye devletleri ile dünyanın diğer bölgeleri arasında politika konularına ilişkin anlayışı teşvik etmektedir. Ayrıca güvenli, verimli ve sürdürülebilir bir Avrupa hava taşımacılığı sisteminin sürekli gelişimini teşvik etmek amaçlamaktadır. Ayrıca, ECAC, üye devletleri tarafından yürürlüğe konulan kararları, önerileri ve politika açıklamalarını kabul etmekte ve yayınlamaktadır (Skybrary, 2024).

Her ECAC üye devleti şunları yapmalıdır: Ortak sorunlarına çözümler bulmak için hava hizmetlerine sahip olduğu sivil havacılık idareleri aracılığıyla devletlerle özellikle diğer üye devletlerle iş birliği yaparak çözümler üretmeli, göç sorunları da dahil olmak üzere tüm soruların iletileceği idarelerindeki ofisin ayrıntılarını periyodik olarak dağıtılacak ve güncellenecek bir listeye dahil etmeli, güvenlik programları arasında koşullara uyarlanmış yakın bir koordinasyon sağlamalıdır (ECAC, 2009).

2.5.2. Havayolu İşletmeleri

Havayolu endüstrisi dünyadaki en hızlı yükselen endüstrilerden biridir ve uluslararası ticaretteki payı son yıllarda istikrarlı bir şekilde artmaktadır. Gelişmiş bir ağ olan hava taşımacılığı, dünya çapında bireylerin ve kargoların taşınmasında en hızlı tek sağlayıcı ağıdır (Dinçer & Yirmibeşoğlu, 2024). Bu nedenle, küreselleşmenin son döneminde, lojistik ve taşımacılık gibi uluslararası ticaretin bazı dallarının önemli bir endüstrisi haline gelmiştir. Uluslararası ticaret alanındaki başlıca bileşenlerden biri olan hava taşımacılığı, özellikle ticari havayolları, küreselleşmiş dünyanın dev şirketlerinin başlıca örneklerinden biridir (Fayed & Westlake, 2002). Havayolu taşımacılığı sektörü, 1978'de Amerika Birleşik Devletleri'nde ve 1990'larda AB ülkelerinde yapılan yasal değişiklikler ve düzenlemelerin kaldırılması nedeniyle önemli ölçüde gelişmiştir. Düzenlemelerin kaldırılması ile birlikte piyasa yapısının tekelci yapıdan oligopolcü yapıya dönüşümü sağlanmış ve piyasadaki özel sektör havayollarının faaliyetine yönelik yasal engeller ya tamamen kaldırılmış ya da önemli ölçüde esnetilmiştir. Bu durum, zamanla hava taşımacılığı sektöründe faaliyet gösteren havayolu sayısında önemli bir artışa, havayolu filosunun genişlemesine ve faaliyetlerin daha büyük uçaklar kullanılarak yürütülmesine yol açmıştır (Kiracı & Vasigh, 2024). Artan rekabetle artış gösteren havayolu taşımacılığına dair talep aynı zamanda bir ülkenin ekonomik durumuyla da yakından ilişkilidir. Örneğin, dünyadaki birçok ülkedeki hızlı sanayileşme nedeniyle, hava yolculuğu talebi son zamanlarda çok hızlı bir şekilde artmaktadır (Wu & Cheng,

2013). Chen'e (2008) göre, yolculara yüksek kalitede hizmet sunmak, bir havayolunun kârlılığı ve son derece rekabetçi koşullarda sürdürülebilir gelişimi için temel rekabet avantajı sağlamaktadır.

Havayolu endüstrisi ekonomi için hayati öneme sahiptir bununla birlikte sektörler arası temel bağlantı sağlamakta, işleri korumakta ve ilgili sektörleri desteklemektedir. Havacılık sektörü tek başına her ekonomide Gayrisafi Yurt İçi Hasıla (GSYİH)'nın yalnızca küçük bir payını oluşturmaktadır. Ancak havacılık, geniş bir ekonomik faaliyet yelpazesinin temel bir kolaylaştırıcısıdır (Lee & Yoon, 2024).

2.5.3. Havaalanı Hizmetleri

Yolcular ve gökyüzü arasındaki bağlantı olarak havaalanları hava ulaşım ağının vazgeçilmez bir bileşenidir (Barakat, Yeniterzi, & Martín-Domingo, 2021). Havaalanları, yolcular, nakliyeciler ve havayolları dahil olmak üzere müşterilerinin ihtiyaçlarını karşılamaya çalışmaktadır. Günümüz yolcuları daha olağanüstü havaalanı hizmeti talep etmekte ve tatmin olmadıklarında alternatif ulaşım türlerini seçmeye meyilli olmaktadır (Halpern & Mwesiumo, 2021). Havaalanı işletmelerinin sağlamış oldukları hizmetler arasında yolcu hizmetleri, operasyonlar, ramp ve yük hizmetleri, bilet satışı, güvenlik ve de-icing gibi destek hizmetleri yer almaktadır. Havaalanları, yolculara sunulan havalimanı alternatiflerinin ve bu havalimanlarının sunmuş oldukları hizmetlerin sayısının artması sonucu son derece rekabetçi bir ortamda faaliyet göstermektedir. Bu nedenle, bazı havaalanları diğerlerinden daha fazla rekabetle karşı karşıyadır (Bakır, Ozdemir, Akan, & Atalık, 2022). Havaalanları, yolcuları çekmek için çeşitli seviyelerde rekabet eden oldukça rekabetçi markalar haline gelmektedir (Gitto & Mancuso, 2017).

2.5.4. Hava Seyrüsefer Hizmet Sağlayıcıları

Hava taşımacılığı büyüyen bir sektördür ve öngörülebilir gelecekte büyümeye devam etmesi beklenmektedir. Bu sektörün önemli bir paydaşı olan hava seyrüsefer hizmet sağlayıcıları (ANSP) ise havacılık sektöründeki bileşenlerden birisidir ve hava seyrüsefer hizmetleri sağlayarak operasyonların güvenliğini ve verimli trafik akışlarının teşvikini sağlamaktadır. Hava seyrüsefer sağlayıcıları, hem hava trafik kontrolü (ATC) hem de hava seyrüsefer hizmetleri sağlayan kuruluşlardır (Oster & Strong, 2017). ANSP'ler rota, yaklaşma ve havaalanı kontrolü olarak hava trafiği hizmetleri sunmaktadır. ATC ve navigasyon hizmetleri (ANS'ler) sistemleri, hava taşımacılığı

hizmetlerinin güvenli ve sosyal olarak verimli bir şekilde sağlanmasını garantilemek için tasarlanmış yönlendirme ve bilgileri kapsamaktadır (Button & McDougall, 2006). Hava sahası güvenliğinin yönetimi ICAO tarafından üye devletlere devredilmiştir ve ANSP'ler bundan sorumlu kuruluştur. Bu yetki genellikle hava seyrüsefer hizmeti sağlayıcılarının yönetim yapısında temsil edilmektedir. ANSP'ler bazen doğrudan devletler bazen de ilgili özel kuruluşlar tarafından kontrol edilmektedir (Blondiau, Delhaye, Proost, & Adler, 2016). Bunlara ek olarak ANSP'lerin yılın herhangi bir zamanında hava sahası kullanıcıları için yeterli kapasiteye sahip olması beklenmektedir. Bunu başarmak için çalışma yöntemlerini, teknik tesislerini, hava trafik kontrolörlerini ve çalışma teknolojilerini sürekli olarak talepteki artan eğilimleri karşılayacak şekilde yükseltmeleri gerekmektedir (Grebensek & Magister, 2012).

2.5.5. Hava Trafik Kontrol Hizmetleri

Hava seyrüsefer hizmeti sağlama alanı karmaşık ve çok katmanlıdır. ATC kuruluşları çeşitli operasyonel birimlerden ve ilgili karar vericilerden oluşmaktadır (Standfuss, Hirte, Schultz, & Fricke, 2024). ATC sisteminin rolü, hava sahasında faaliyet göstermek isteyen tüm kullanıcıların güvenliğini ve verimliliğini sağlamaktır (Gallego, Comendador, Nieto, & Martinez, 2018). Ancak bu sisteminin üstlenmiş olduğu görev, yoğunluğu nedeniyle giderek zorlaşmaktadır (Pandey & Shukla, 2019). Hava trafiği talebi son on yılda artmıştır ve COVID-19'un etkilerinden kurtulduktan sonra, hava trafiği talebinin önümüzdeki yıllarda da artmaya devam etmesi beklenmektedir. Hava trafiği talebindeki bu artışın, Avrupa'da olduğu gibi karmaşık hava trafiği ağlarıyla birlikte ele alınması gerekmektedir (Samolej, Dec, Rzonca, Majka, & Rogalsk, 2021). Bu nedenle, Avrupa Hava Trafik Yönetimi'nin karşı karşıya olduğu en acil sorun, bu artan hava trafiği talebini karşılamak için yeterli kapasite sağlamak ve aynı zamanda hava yolculuğunun güvenlik seviyesinin korunması ve hatta iyileştirilmesi olacaktır. Bununla birlikte hava trafiği talebinin gerisinde kalan hava sahası kapasitesi kaçınılmaz olarak uçuş gecikmelerine yol açmakta ve bu da havayolları için ekonomik bir kayıp anlamına gelmektedir (Djokic, Lorenz, & Fricke, 2010).

2.5.6. Çevreci Kuruluşlar

Çevreci kuruluş, çevreyi insan güçlerinin kötüye kullanımından veya bozulmasından korumak, analiz etmek veya izlemek isteyen koruma veya çevre

hareketlerinden meydana gelen bir kuruluştur. Kuruluş bir hayır kurumu, bir vakıf, bir sivil toplum örgütü, bir hükümet kuruluşu veya uluslararası bir kuruluş olabilmektedir (Wikipedia, 2024). Çevre örgütlerinin odaklandığı bazı çevre sorunları arasında kirlilik, plastik kirliliği, atık, kaynak tükenmesi, hızlı nüfus artışı ve iklim değişikliği yer almaktadır. Birçok ulusal çevreci kuruluş olmakla beraber belirli sayıda uluslararası çevreci kuruluş bulunmaktadır. Bu kuruluşlar arasında ise; Sağlık ve Kirlilik Küresel İttifakı (GAHP), Küresel Biyoçeşitlilik Bilgi Tesisi (GBIF), Küresel Yeşil Büyüme Enstitüsü (GGGI), İklim Değişikliği Uluslararası Paneli (IPCC), Doğa Koruma Uluslararası Birliği (IUCN), Kesişimsel Ekolojik Kurtuluş Hareketi (IELM), Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), Avrupa Çevre Ajansı (EEA), Doğu Asya Denizleri için Çevre Yönetimi Ortaklıkları (PEMSEA), Doğal Hayatı Koruma Vakfı (WWF) yer almaktadır (University of San Francisco, 2024). Türkiye’de ise belli başlı çevreci sivil toplum kuruluşları bulunmaktadır. Bunlar arasında Ekolojik Araştırmalar Derneği (EKAD), Fethiye Turizm Tanıtım Eğitim ve Çevre Vakfı (FETAV), Doğa Araştırmaları Derneği, Sualtı Araştırmalar Derneği (SAD), Tarımsal Kalkınma Vakfı (TAKVA), Doğa Derneği, Türkiye Çevre Koruma Vakfı vb. kuruluşlar yer almaktadır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024).

2.5.7. Hava Aracı Bakım Hizmetleri

Daha geniş bir perspektiften bakıldığında havacılık endüstrisi iki endüstri üzerine kuruludur, birincisi imalat ve ikincisi hizmet endüstrisidir. Her ikisinin de toplamda ürettiği gelir miktarı çok büyüktür ve her yıl milyonlarca iş yaratmaktadır (Jilian, Kangming, & Lintong, 2011). Benzer şekilde hizmet endüstrisi de tüm operasyonel uçakların uçuşa elverişliliğini ve hizmete elverişliliğini korumasını sağlamaktadır. İkinci kısmı yapmak için ise uçak bakım kuruluşları devreye girmekte ve bunda önemli bir rol oynamaktadır (Kála, Žember, & Lališ, 2020). Uçak bakım sektöründe, uçak bakım organizasyonu tarafından alınan uçak veya parçalarının, kılavuzda verilen tanımlanmış iş kapsamı ve onaylı bakım çalışma talimatı uyarınca bakım çalışması yapılması, servise verilmesi ve müşteriye teslim edilmesi yer almaktadır. Ancak, teslim alınmasından teslimata kadar geçen toplam süreyi en aza indirmek için kalite, güvenlik, uçuşa elverişlilik ve güvenilirlik standartları gibi parametrelerinden de ödün verilmemelidir (Chandola, Jaiswal, Verma, & Singh, 2022).

2.6. Sivil Havacılık Sektöründe Mevcut Durum

Havacılık endüstrisi, ülkeye sağladığı ekonomik ve sosyal fayda nedeniyle herhangi bir ülkenin en önemli endüstrilerinden biridir. Havacılık endüstrisi yalnızca ülkenin GSYİH'sına katkıda bulunmakla kalmaz aynı zamanda hem istihdam istatistiklerini iyileştirmekte hem de yurtiçi ve uluslararası ticarete yardımcı olmaktadır. Sosyal olarak endüstri, insanları insanlara bağlayarak kültürel değişime ve gelişmeye yol açmaktadır (Srivastava & Chaurasia, 2015). Hava taşımacılığı, faaliyet gösterdiği makro çevreye duyarlı döngüsel bir endüstri olarak kabul edilmektedir (Itani, O'Connell, & Mason, 2014). Nitekim bu doğrultuda, IATA verilerine göre 2025 yılında toplam yıllık talep (RPK) bir önceki yıla göre %5,3 artarken, kapasitenin (ASK) %5,2 yükselmesi ve yolcu doluluk oranının (PLF) %83,6 ile rekor seviyeye ulaşması, sektörün çevresel ve ekonomik koşullara paralel olarak büyüme eğilimini sürdürdüğünü göstermektedir (IATA, 2026). Bu gelişmeler, pandemi sonrası toparlanma sürecinin büyük ölçüde tamamlandığını ortaya koymakta; nitekim Şubat 2023 itibarıyla iç pazarların pandemi şokundan tamamen kurtulduğu, uzun mesafeli pazarların ise yıl sonuna kadar büyük ölçüde toparlandığı ifade edilmektedir.

Genel olarak havayollarının pandemi nedeniyle yaklaşık dört yıllık yolcu büyümesini kaybettiği belirtilirken, 2024 yılında seyahat talebinin 2019 seviyelerini aşması ve 2043'e kadar yıllık ortalama %3,8 oranında büyümesinin beklenmesi, sektörün uzun vadeli güçlü bir büyüme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Öte yandan kargo taşımacılığı 2023 yılında daha normal bir faaliyet düzeyine geçiş yapmış; 2021'deki olağanüstü talebin ardından 2022'de yaşanan keskin düşüşü takiben 2023 boyunca kademeli bir toparlanma süreci gözlemlenmiştir. Buna paralel olarak kargo fiyatları da pandemi dönemindeki benzeri görülmemiş zirvelerden sonra aşağı yönlü bir düzeltme sürecine girerek daha dengeli bir yapıya doğru evrilmektedir. (IATA, 2024). ACI verilerine göre, 2025 yılı sonunda küresel yolcu trafiği 9,8 milyar yolcuya ulaşarak 2019 seviyesinin %107'sine karşılık gelmiş ve yıllık %3,6'lık bir büyüme kaydetmiştir (Temmuz 2026'da teyit edilmesi beklenmektedir). Bu büyüme hızının, 2018-2019 döneminde gözlemlenen %3,5'lik tarihsel artışla büyük ölçüde uyumlu olması, küresel havacılık pazarının pandemi sonrası toparlanma sürecini tamamlayarak yeniden yapısal ve uzun vadeli büyüme dinamiklerine geçtiğini göstermektedir. Bununla birlikte, söz konusu genel toparlanma eğilimine rağmen, bölgesel ve pazar bazlı büyüme

performanslarının önemli ölçüde farklılaştığı ve bu farklılıkların bazı durumlarda pandemi öncesi döneme kıyasla daha belirgin hale geldiği görülmektedir (ACI, 2025).

2.7. Sivil Havacılık Sektörünün İklim Değişikliğine Etkisi

Küresel havacılık, özellikle uçak motorlarında fosil yakıtların yerde veya üst troposferde yakılmasından kaynaklanan uçak operasyonları olmak üzere çeşitli faaliyetler yoluyla iklim değişikliğine katkıda bulunmaktadır. Bu seviyelerde doğrudan yayılan karbondioksit (CO₂), azot oksitler (NO_x), is, sülfat aerosolleri gibi gazlar ve parçacıklar atmosferin kimyasal bileşimini değiştirmekte, dolayısıyla artan radyoaktif iklim değişikliğine katkıda bulunmaktadır (Lee, vd., 2021). Uçak operasyonlarının iklim değişikliğine katkısının yanı sıra havacılık sektörü; havaalanı hizmetleri, yakıt üretimi gibi destekleyici sistemler ile uçak üretimi ve bertarafı gibi değer zincirinin diğer aşamaları aracılığıyla da çeşitli çevresel sorunlara yol açmaktadır. Bu kapsamda gürültü kirliliği, kobalt ve krom gibi nadir metallerin kullanımına bağlı etkiler ile salınan kimyasalların neden olduğu toksik etkiler; insan sağlığı, ekosistemler ve doğal kaynakların sürdürülebilirliği üzerinde olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir (Rupcic, vd., 2022). Tüm bu etkiler doğrultusunda, hava taşımacılığına artan talep; söz konusu çevresel sorunları kapsamlı bir şekilde ölçebilen ve sektörde çevresel olarak sürdürülebilir büyümeyi mümkün kılacak çözümlerin tasarlanmasına katkı sağlayacak etkili araçlara duyulan ihtiyacı ortaya koymaktadır (Rupcic, vd., 2023). İklim değişikliğinin azaltılabilmesi için tüm sektörlerde sera gazı (GHG) emisyonlarının sınırlandırılması ve azaltılması gerekmektedir. Ancak havacılık kaynaklı emisyonların kontrol altına alınması; düşük karbonlu alternatiflerin sınırlı olması gibi teknik nedenler ile uluslararası havacılığın tek bir devletin yargı yetkisine kolayca tabi olmaması gibi hukuki nedenler nedeniyle oldukça zorlu bir süreçtir (Hasan, vd., 2021). Gelecek yüzyılda, hava yolculuğunun çevre üzerindeki etkisi uçak tasarımının giderek daha güçlü bir etkiye sahip olması beklenmektedir. Yolcu kilometresi başına etki, günümüz seviyelerine göre önemli ölçüde azaltılmazsa, çevresel faktörler hava yolculuğunun genişlemesini ve getirdiği sosyal faydayı giderek daha fazla sınırlayacaktır (Green, 2016).

2.7.1. Hava Taşımacılığı Emisyonlarının Kaynakları

İklim değişikliğini azaltmak ve sıcaklık artışını kontrol etmek için birincil emisyon yapan sektörlerin fosil yakıtlardan kaynaklanan CO₂ emisyonlarını azaltması

gerekmektedir. Ulaştırma sektörü, toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık %15'ini oluşturan temel bir sektördür (IEA, 2022). Ulaştırma sektörünün temel bir bileşeni olan uluslararası havacılık sektörü, sera gazı emisyonları açısından en hızlı büyüyen sektörlerden biridir (Hu, vd., 2022). Ticari havacılıktan kaynaklanan sera gazı emisyonları hızla artmakta olup aynı şekilde havayolu yolcuları arasında karbon ayak izlerini azaltmaya yönelik ilgi de artmaktadır. ICAO, öngörülen gidişatla havacılık emisyonlarının 2050 yılına kadar yaklaşık üç katına çıkmasını beklemektedir. Bu beklenen emisyon hacminde uçaklar küresel karbonun %25'ini oluşturabilir (Graver, Zhang, & Rutherford, 2019). Havacılık sektörü, küresel CO₂ emisyonlarının yaklaşık %2,5'ini oluştururken, iklim değişikliğine genel katkısı daha yüksektir. Uçakların yakıt yakarak CO₂ yaymanın yanı sıra diğer atmosferik gazların ve kirleticilerin konsantrasyonunu da etkilemektedir. Emisyon denilince akla ilk gelen en çok CO₂ olsa da, bu gaz emisyonların yarısından daha azını oluşturmaktadır. Emisyon içerisinde uçak egzozlarından çıkan su buharı olan is, en büyük paya sahiptir (Ritchie & Roser, 2023). Ayrıca emisyon kaynakları arasında karbondioksit (CO₂) haricinde metan (CH₄), nitröz oksit (N₂O), hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler), kükürt hekzaflorür (SF₆) ve sodyum triflorür (NF₃) gibi sera gazlarının iklim değişikliğine katkıda bulunduğu bilinmektedir (Fan, Perry, Kleme, & Lee, 2018). Hava emisyonunun azaltılması sürdürülebilir kalkınmayı desteklemede önemli bir rol oynamaktadır.

2.7.2. Havacılık Sektörünü Karbondan Arındırma Girişimleri

Taşımacılık sektörünün karbondan arındırılması; daha temiz ve verimli taşıma modlarına geçiş ve net sıfır emisyona giden yolu açmak için yeni enerji kaynaklarının büyük ölçekte kullanımı gibi radikal değişiklikler anlamına gelmektedir (IPCC, 2023). Taşımacılık emisyonlarını azaltmak için hem talep hem de arz azaltma seçeneklerine ihtiyaç bulunmaktadır çünkü karbondan arındırma için tek bir çözüm yeterli değildir. Bu durum, özellikle teknik çözümlerin sınırlı olduğu ve ülkelerin ticarileşme süreçlerinde yoğun olarak başvurulan havacılık ve taşımacılık sektörlerinde daha belirgin hale gelmekte; söz konusu sektörlerin karbondan arındırılması ise oldukça zorlu bir süreç olarak öne çıkmaktadır (Fragkos, 2022). İklim değişikliğinin hafifletilmesi, tüm sektörlerde sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması ve azaltılması için uluslararası ve ulusal alanda birçok girişimlerde bulunmaktadır (Mayer & Ding, 2023).

2.7.2.1. ICAO ve CORSIA

Havacılık sektörü büyük miktarda sera gazı yayarak iklim değişikliğini hızlandırmaktadır. Küresel ısınma konusundaki endişelerle, politika yapıcılar CO₂ emisyonlarını azaltmak için önlemler almaya başlamıştır (Anger & Köhler, 2010; Liao & Wang, 2021). ICAO, havacılığın çevresel etkilerini ele almak için önlemler geliştirmek amacıyla bilimsel ve veri odaklı karar almayı tercih etmektedir. Örneğin, yeni uçaklar için yakıt verimliliğini düzenleyen küresel bir CO₂ standardı 2020'de yürürlüğe girmiştir ve ICAO üye devletlerinin yıllık %2 yakıt verimliliği iyileştirme gibi iddialı bir hedefi bulunmaktadır (Prussi, vd., 2021). Havacılığın CO₂ emisyonlarını sınırlamak ve azaltmak için ise, 2016 yılında 39. Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü Meclisi'nde, 2020 yılından itibaren uluslararası havacılıkta karbon nötr büyüme hedefini desteklemek için önemli bir dayanak olarak 'Uluslararası Havacılık için Karbon Dengeleme ve Azaltma Planı' (CORSIA) kabul edilmiştir. CORSIA, hava taşımacılığının CO₂ emisyonlarının sınırlandırılması için ilk küresel plandır ve ICAO düzeyinde yıllardır süren zorlu müzakerelerin sonucudur (Scheelhaase & Maertens, 2020). ICAO'nun CORSIA kapsamında almış olduğu A39-3 kararına göre, CORSIA'nın temel ilkeleri ve işleyişi aşağıdaki gibi özetlenebilir:

(a) CORSIA bir dengeleme planıdır, yani hava taşımacılığı sektörünün emisyonları, karbon kredileri satın alarak veya diğer sektörlerde CO₂ ve GHG emisyonlarını azaltmaya yardımcı olan projelere yatırım yaparak taşıyıcı düzeyinde dengelenecektir.

(b) CORSIA 2020'den itibaren başlar ve üç aşamadan oluşmaktadır: Pilot Aşama (2021'den 2023'e), Aşama 1 (2024-2026) ve Aşama 2 (2027-2035).

(c) Dengeleme gereksinimleri, uçulan rotalara göre tanımlanmaktadır. Yalnızca katılımcı devletler (CORSIA Devletleri) arasındaki rotalar bu gereksinimlere tabidir. Bu rotalara "CORSIA rotaları", bu rotalardan kaynaklanan emisyonlara ise "CORSIA emisyonları" adı verilmektedir (Scheelhaase, Maertens, Grimme, & Jung, 2018).

2021 yılında havayolları 2050'ye kadar net sıfır karbon emisyonuna ulaşmayı taahhüt etmiştir. Devletler, havacılık sektörüne yönelik uzun vadeli hedef odaklı yaklaşımı benimseyerek ICAO'nun 41. Genel Kurulu'ndan itibaren bu doğrultuda hareket etmektedir. Bu iddialı hedefe ulaşılması; yeni teknolojilere sürekli yatırım

yapılması ve sürdürülebilir havacılık yakıtlarının yaygınlaştırılmasına yönelik güçlü destek mekanizmalarının oluşturulması gibi sektör içi önlemlerin yanı sıra, karbon dengeleme ve giderme uygulamaları gibi sektör dışı araçların devreye alınmasını ve hükümetler tarafından destekleyici politikaların uygulanmasını gerektirmektedir (IATA, 2024).

2.7.2.2. IATA'nın Hedefleri

Havacılığın çevresel etkisi temel olarak şu şekilde ayrılmaktadır. Birincisi uçak gürültüsüyle ilgili etkiler, ikincisi egzoz gazı emisyonlarından kaynaklanan etkilerdir. Uçak motorlarından yayılan farklı kirleticiler yerel hava kalitesini, küresel atmosferini ve atmosferin radyasyon dengesini etkilemektedir. Atmosferde uzun bir ömre sahip olan karbondioksitin (CO₂) doğrudan emisyonları iklim değişikliğinde önemli bir rol oynamaktadır (Kousoulidou & Lonza, 2016). 2008 yılında, küresel iklim değişikliğiyle mücadele amacıyla tüm küresel havacılık paydaşları, 2009–2050 dönemini kapsayan üç önemli kalkınma hedefi benimsemiştir. Bu hedefler: 1) 2020'den itibaren net havacılık CO₂ emisyonlarına bir sınır (karbon nötr büyüme); 2) 2050'ye kadar CO₂ emisyonlarında 2005 seviyelerine kıyasla %50'lik bir azalma; 3) 2009'dan 2020'ye kadar yakıt verimliliğinde yılda ortalama %1,5'lik bir iyileştirme (IATA), bu hedeflere ulaşmaya yardımcı olmak için olası bir strateji de sunmaktadır. Tüm paydaşlar, iyileştirilmiş teknoloji, daha verimli uçak operasyonları, altyapı iyileştirmeleri ve olumlu ekonomik önlemlerden oluşan "dört sütunlu stratejiyi" takip etmeyi kabul etmiştir (Abrantes, Ferreira, Silva, & Costa, 2021).

Havacılık sektörü, 2021 IATA Yıllık Genel Kurulu'nda oy birliğiyle kararlaştırılan Net Sıfır taahhüdünün arkasında birleşmektedir. Bu nedenle IATA'nın sektörün net sıfır hedefine doğru ilerlemesini izlemede lider rol üstlenmiştir. Sektör uzmanları tarafından geliştirilen ve IATA aracılığıyla uygulanan TrackZero Metodolojisi, sektörün karbondan arındırılması yolunda nerede durduğunu anlamak için bir referans noktası görevi görecek ve ayrıca havayollarının çevresel performanslarını genel kamuoyuna, yatırımcılara ve diğer paydaşlara bildirmeleri için bir rehber görevi üstlenecektir (IATA, 2024). IATA (2021) tarafından özetlenen net sıfır emisyonuna ulaşmaya yönelik küresel yaklaşıma ek olarak, filo yenileme ve karbon dengeleme gibi

geleneksel yöntemleri de içeren devlet, havayolları ve havaalanları arasındaki küresel ve yerel iş birliğine yönelik artan ilgi de bulunmaktadır (Becken, 2019).

2.7.2.3. AB Emisyon Ticaret Sistemi ve Ticari Havacılığa Yönelik Emisyon Azaltma Planı

ICAO, 2004 yılında havacılık sera gazı emisyonlarının küresel iklim üzerindeki etkisini sınırlama veya azaltma hedefini belirlemiştir. Dahası, çevre kirliliğiyle mücadele etmek için dünya çapında çeşitli Emisyon Ticareti Planları (ETS) geliştirilmiştir (Efthymiou & Papatheodorou, 2019). En önemli ve kapsamlı ETS, AB tarafından tanıtılmıştır ve Kyoto Protokolü gerekliliklerine dayanmaktadır. AB ETS, AB'nin sera gazı emisyonlarının yasal azaltılmasına ulaşmak için kullandığı ana araçlardan biridir. Havacılık sektöründeki AB emisyon ticaret sistemi yalnızca CO₂ uçak emisyonlarını ilgilendirmektedir (Kantareva, Angelova, Iliev, & Efthymiou, 2016). 2022'de havacılıktan kaynaklanan doğrudan emisyonlar, toplam AB sera gazı emisyonlarının %3,8 ila %4'ünü oluşturmuştur. Havacılık, ulaştırma emisyonlarının %13,9'unu oluşturarak, karayolu taşımacılığında sonra ulaştırma sektöründeki en büyük ikinci sera gazı emisyonu kaynağı haline gelmiştir (European Commission, 2025).

Avrupa ülkeleri arasındaki enerji yükümlülükleri şemalarına göre, enerji yoğunluklarını azaltmak ve enerji verimliliği politikalarına ulaşmak için iddialı hedefler belirlemiştir (Düzgün, 2014). Bu enerji yükümlülükleri şemalarına 1 Ocak 2012'den itibaren AB-ETS havacılık emisyonları da eklenmiştir. Başta AB ülkesindeki havayolları, 2019 Ocak ayından itibaren tüm rotalardaki emisyon değerlerini göstermeleri gerekmekte ve diğer sektörlerden (örneğin yenilenebilir enerji) uygun miktarda emisyon satın alarak emisyonları dengelemek için bazı eylemlerde bulunması istenmektedir (Kaya & Kayalica, 2022). AB ETS, bir "üst sınır ve ticaret" ilkesine dayanmaktadır. Üst sınır, sistem kapsamındaki tesisler ve operatörler tarafından salınabilecek toplam sera gazı miktarına konulan sınırı ifade etmektedir. Bu üst sınır, AB'nin iklim hedefi doğrultusunda yıllık olarak azaltılmakta ve böylece genel AB emisyonlarının zamanla azalması beklenmektedir (EU Commission, 2024).

2.7.2.4. Federal Havacılık İdaresi (FAA) Tarafından Yapılan Çalışmalar

2021 yılında ABD Hükümeti, 2030'a kadar toplam ekonomi genelinde sera gazı (GHG) emisyonlarını 2005 seviyelerine kıyasla %50–52 oranında azaltmayı ve 2050

yılına kadar net sıfır emisyon hedefine ulaşmayı amaçlayan hedeflerini açıklamıştır (The White House, 2021). Son tahminler, ABD ticari havacılık trafiğinin 2050 yılına kadar %82 (yılıda %2,0) daha fazla artabileceğini göstermektedir (FAA, 2022). Aynı dönemde havacılık sektörü, CO₂ emisyonlarının azaltılması için iddialı hedeflere ulaşma zorluğuyla karşı karşıyadır.

FAA, Kasım 2021'de emisyonları ve küresel iklim değişikliğini azaltmak için hükümetin tamamını kapsayan bir yaklaşımı tanımlayan Amerika Birleşik Devletleri Havacılık İklim Eylem Planı'nı (CAP) yayınlamıştır. CAP, ABD ticari havacılık sektöründen 2050 yılına kadar net sıfır sera gazı emisyonuna ulaşma hedefini özetlemektedir. Bu hedefe ulaşmak için büyüyen havacılık faaliyetleri kapsamında emisyon yoğunluğu iyileştirmelerini trafik büyümesinden tamamen ayırmak gerekecektir (Jensen, Bonnefoy, Hileman, & Fitzgerald, 2023). Havacılık sektöründe düşük emisyonlu veya sıfır emisyonlu operasyonlara geçiş, diğer sektörlerdeki benzer değişikliklerden daha fazla teknoloji yatırımı, politika desteği ve zaman gerektirebilmektedir. Bu nedenle, ABD havacılık sektörü küresel iklim krizine ve belirtilen emisyon azaltma hedeflerine yanıt vermede benzersiz bir zorlukla karşı karşıyadır (Afonso, vd., 2023). ABD hükümeti ve ABD paydaşları, havacılık sektörünün iklim üzerindeki etkilerini ortadan kaldırmanın zorluğunun farkındadır. Bu bağlamda havacılık, yenilikçi bir sektör olarak gelecekte de sürekli yenilikler gerektirmekte; teknoloji, operasyonlar, yakıtlar ve altyapı alanlarında gerçekleştirilecek bu yeniliklerin ise sektörün karbondan arındırılmasına önemli ölçüde katkı sağlaması beklenmektedir. ABD hükümeti paydaşları desteklemeye ve kaynaklarını yenilikçi potansiyeli en üst düzeye çıkarmak ve havacılık sektöründen iklim eylemine olan bağlılığını sürdürmek için kullanmaktadır. Sektörle birlikte çalışarak, ABD'nin 2050 hedefine ulaşma zorluğunun üstesinden geleceği öngörülmektedir (FAA, 2024). Federal Aviation Administration, CAP dışı uçak verimliliğini artırmaya yönelik olarak CLEEN (Continuous Lower Energy, Emissions and Noise) ve ASCENT gibi programlar kapsamında, emisyonların azaltılması ve uçak operasyon verimliliğinin artırılmasına yönelik çeşitli unsurların nicelendirilmesine odaklanan çalışmalar yürütmektedir (FAA, 2022; ASCENT, 2022). Bu kapsamda, hava sahası ve alt sistemlerin modernize edilmesiyle verimliliğin artırılması ve emisyonların azaltılması hedeflenmekte; yeni nesil hava sahası sistemleri doğrultusunda havalimanlarında iletişim, gözetim ve yönlendirme süreçlerinde iyileştirmeler gerçekleştirilmektedir. Ayrıca FAA'nın Next Generation Air

Transportation System stratejisi sayesinde, 2010–2019 yılları arasında %5 kazanç sağlanmış; bunun yanı sıra %17 yakıt tasarrufu, %21 uçak işletme maliyetlerinde azalma ve %57 yolcu seyahat süresi tasarrufu elde edilerek milyarlarca dolarlık ekonomik katkı sağlanmıştır (Oakleaf, vd., 2022).

2.7.2.5. Uluslararası Hava Kargo Birliği (TIACA)

Uluslararası Hava Kargo Birliği (TIACA), hava kargo sektörünün sürdürülebilirlik dönüşümünü hızlandırmak için devam eden bir programın parçası olarak İklim Eylemine Yatırım'ı destekleyen bir platform başlatmıştır. TIACA, yerleşik BlueSky programına emisyon takibi ve azaltımı konusunda en iyi uygulamaları paylaşmaya yönelik devam eden girişimlere ek olarak, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'ni (SKH) ele almakta olup sektörü birleştirmeyi, desteklemeyi ve yerel topluluklar için gerçek faydalar sağlamayı amaçlamaktadır (TIACA, 2024). TIACA'nın 2021 tarihli ilk sürdürülebilirlik raporuna göre, hava kargo şirketlerinin temel çevresel odak noktaları karbon azaltımı, atık yönetimi ve enerji verimliliğidir; ayrıca katılımcıların %50'sinden fazlasının bu alanlarda somut iyileştirme eylem planlarına sahip olduğu belirtilmektedir. Ayrıca bu raporda CO₂ ve sera gazı emisyonları için çoğu hava kargo şirketin "akıllı" hedefleri olduğu görülmektedir. Bu hedefler belirli, ölçülebilir, ulaşılabilir, gerçekçi ve zamanında, endüstri liderliğindeki girişimler ve mevcut küresel çerçevelerle uyumludur. Örnek hedefler şunlardır:

- "2025'e kadar operasyonel GHG emisyonlarında %55 azalma"
- "2030'a kadar %30 GHG azaltımı"
- "2030'a kadar %30 azalma. 2050'ye kadar net sıfır".

TIACA'nın Genel Müdürü Hughes, havacılık sektörünün 2050 net sıfır hedefini benimsemiş olmasının cesaret verici olduğunu ve bu hedefe ulaşmak için hava kargo sektöründeki birçok işletmenin filo yenilemelerine, gelişmiş teknolojiye ve SAF kullanımını artırma taahhütlerinde bulunduğunu belirtmiştir. SAF, günümüzde arz açısından sınırlı olup jet keroseni (Jet A-1) ile karşılaştırıldığında daha yüksek maliyetlidir; bu nedenle, devletlerin araştırma ve üretim süreçlerine yatırım yaparak destek sağlamasının büyük önem taşıdığı ifade etmiştir. (Schradin, 2024).

2.7.2.6. Uluslararası Taşımacılık Acente Birlikleri Federasyonu (FIATA)

Sürdürülebilirlik, günümüz dünyasının karşı karşıya olduğu kritik bir konudur ve işletmelerin bu zorluğun üstesinden gelmede önemli bir rol oynaması gerektiği giderek daha da netleşmektedir. Bu bağlamda nakliye sektörünün çevre üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Ancak bu sektör, karbon emisyonlarını azaltan ve çevresel sorumluluğu teşvik eden sürdürülebilir uygulamaları benimseyerek önemli bir olumlu etki yaratma potansiyeline de sahiptir. FIATA, çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğe katkıda bulunmayı önceliklerinden biri haline getirmiş ve daha sürdürülebilir olmak için üç sütunlu bir yaklaşım başlatmıştır (FIATA, 2024). Sürdürülebilir kalkınma hedefleri üzerindeki çalışmalarının bir parçası olarak, insanlar, gezegen ve refah üzerine olan bu üç sütunlu strateji, Sürdürülebilirlik Evi yaklaşımında 'İnsanlar' yönü ile FIATA Taşımacılık Diploması, Genç Lojistik Uzmanı ve ICAO-FIATA Tehlikeli Maddeler Eğitim programları dahil olmak üzere eğitim fırsatlarının iyileştirilmesine odaklanmaktadır. 'Gezegen' bilgi paylaşımı, CO₂ en iyi uygulamalar deposu ve emisyon hesaplayıcısı gibi uygulamalarla ve ayrıca dijitalleştirme projeleriyle sektörün sürdürülebilirliğini iyileştirmeyi hedeflemektedir. 'Refah' ise ticareti kolaylaştırmayı, tüm üyelerin yararına destekleyici politikalar ve stratejiler teşvik etmeyi, FIATA Dünya Kongresi dahil olmak üzere etkinlikler düzenlemeyi ve bu süreci geliştirmek için IATA, Dünya Gümrük Örgütü (WCO) ve Dünya Ticaret Örgütü (DTÖ) gibi ortaklarla birlikte çalışmayı planlamaktadır (FIATA, 2022).

2.7.2.7. Hava Taşımacılığı Eylem Grubu (ATAG)

Hava taşımacılığı önemli düzeyde CO₂ emisyonuna sahip, hızla büyüyen bir sektördür. Hava Taşımacılığı Eylem Grubu (ATAG) tarafından kullanılan merkezi trafik büyüme projeksiyona göre, 2050 yılına kadar her yıl yaklaşık 10 milyar yolcunun 22 trilyon gelir yolcu kilometresi mesafe uçacağını göstermektedir. Herhangi bir müdahale olmadan mevcut filoyu ve mevcut operasyonel verimlilik seviyesini koruyarak, bu faaliyet yaklaşık 2.800 milyon ton CO₂ üretecek ve 620 Mt'den fazla yakıt gerektirecektir (ATAG, 2021). ATAG çatısı altında bir araya gelen sektörün başlıca aktörler ile iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve COVID-19 krizinden sonra yeşil bir iyileşme için küresel, sektör çapında bir strateji olan Waypoint 2050'yi yayınlamıştır (ATAG, 2020). Waypoint 2050, ATAG'ın bir proje parçası olarak hazırlanmıştır. Waypoint 2050, küresel

ekonomide hava taşımacılığının önemini haklı çıkarmayı amaçlayan ‘Aviation Beyond Borders’ gibi belgelerle birlikte COVID-19 krizinin ortasında hazırlanmıştır. Sürdürülebilirlik açısından, belge küresel CO₂ emisyonlarının azaltılmasına odaklanmakta ve diğer sürdürülebilirlik unsurlarına yalnızca yüzeysel olarak değinmektedir. Belgede kullanılan emisyon azaltma hedefi, 2005’i temel alarak 2050’ye kadar emisyonları yarıya indirmektir (Köves & Bajmocy, 2022). 2008 yılında, ATAG kapsamındaki tüm küresel havacılık paydaşları, iklim değişikliğinin küresel zorluğunu karşılamak için 2009 ile 2050 arasındaki dönem için üç önemli kalkınma hedefi benimsemiştir:

- 2020’den itibaren net havacılık CO₂ emisyonlarına bir sınır (karbon nötr büyüme),
- 2050 yılına kadar 2005 seviyelerine kıyasla CO₂ emisyonlarında %50’lik bir azalma,
- 2009’dan 2020’ye kadar yakıt verimliliğinde (CO₂/Gelir Ton Kilometre) yılda ortalama %1,5’lik bir iyileştirmedir (Pereira, 2021).

Havacılığın bu hedefleri karşılamak için gereken teknoloji, enerji sistemi ve operasyonel önlemlere doğru ilerlemesine yardımcı olabilecek bir dizi önlem vardır. Bu önlemlerin çoğunluğu zorlu bir sürece sahiptir, ancak hepsi doğru politika ortamı ve gerekli kaynak odağıyla başarılabilir (ATAG, 2021).

2.7.2.8. Birleşik Krallık Jet Zero Stratejisi

Jet Zero, sektör COVID-19 sonrası önemli bir fırsat sunmaktadır. COVID-19’un orta ila uzun vadeli etkisi henüz tam olarak anlaşılmamış olsada, Ekim 2021’de yayınlanan Hükümetin Net Sıfır Stratejisi, havacılığın 2050’de İngiltere havacılık sektörünün en az emisyon yayan sektörlerinden biri olacağını hedeflemektedir. Dünyanın en iddialı iklim değişikliği hedeflerinden biri doğrultusunda, İngiltere’nin altıncı karbon bütçe dönemi (2033–2037) kapsamında 2050’ye kadar net sıfıra ulaşma taahhüdü, bütçenin dörtte üçünden fazlasının bu hedefe ayrılmasını öngörmektedir. Bu çerçevede, havacılık sektörünün emisyonlarını azaltmak için şimdiden adım atması ve önümüzdeki yıllarda önemli dönüşümler gerçekleştirmesi hayati önem taşımaktadır (United Kingdom Department of Transport, 2022, s. 7). Jet Zero Stratejisi, emisyon kesintilerinin yaklaşık dörtte birini yakıt verimliliği iyileştirmeleri yoluyla sektörden, diğer dörtte birini

SAF'lardan ve küçük bir miktarını da sıfır emisyonlu uçaklardan elde etmeyi planlamaktadır (Lo, 2024). Bu strateji, Birleşik Krallık'ın 2050 yılına kadar net sıfır havacılığa nasıl ulaşılacağını ortaya koymaktadır. Hava yolculuğunun faydalarını korurken karbondan arındırmanın Birleşik Krallık'a getirebileceği fırsatları en üst düzeye çıkaracak şekilde teknolojilerin hızla geliştirilmesine odaklanmaktadır (Sustainability West Midlands, 2022).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TÜRK HAVA KARGO TAŞIMACILIĞI SEKTÖRÜ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

3.1. Hava Kargo Taşımacılığının Özellikleri ve Yolcu Taşımacılığından Farkları

Artan küreselleşmeyle birlikte, hava kargo sektörü dünya ticaretinin temel kolaylaştırıcısı olarak hizmet vermeye devam etmekte olup 1970'ten bu yana her 10 yılda bir hacmi iki katına çıkmaktadır (Feng, Li, & Shen, 2015). Uluslararası hava kargo, birçok katılımcıyı ve farklı özel operasyonları içeren yoğun bir sektördür (Chao, Lirn, & Shang, 2011). Hava kargo taşımacılığı; kargoyu bir nakliyeciyi, bir komisyoncu, bir karayolu nakliyecisi, bir havayolu (veya taşıyıcı) ve bir alıcı aracılığıyla taşımak için başlangıç noktalarından varış noktalarına kadar bir dizi hizmet içermektedir (Derigs, Friederichs, & Schäfer, 2009).

Bu taşımacılık türü, yolcu taşımacılığından daha karmaşıktır çünkü hava kargo, yolcu taşımacılığına göre daha fazla oyuncu, daha karmaşık süreçler, ağırlık ve hacim kombinasyonu, çeşitli öncelikli hizmetler, entegrasyon ve konsolidasyon stratejileri ve bir ağırdan birden fazla güzergahını içermektedir (Leung, Cheung, & Hui, 2009). Ayrıca hava kargo taşımacılığı, kapasite kullanılabilirliği açısından yolcu taşımacılığına göre daha yüksek belirsizliğe sahiptir. Yolcu taşımacılığında, yolcular rezervasyonlarını iptal edebilir veya belirli sayıda yolcu gelmeyebilir. Ancak, hava kargo için kapasite rezervasyonunda, yük iletilenleri on iki (veya altı) ay öncesinden belirli uçuşlarda kargo kapasitesinin kullanımını taahhüt etmek zorundadır (Amaruchkul & Lorchorchoonkul, 2011). Kargo kapasitesi tahmini, yolcu uçağı kapasite tahmininden daha karışıktır. Bir yolcu uçağının kapasitesi koltuk sayısına göre sabitlenirken, kargo kapasitesi kullanılan konteyner türlerine, yani birim yük cihazlarına (ULD) bağlıdır. Örneğin, ağır bir kargo

geldiğinde kapasite hacim açısından yeterli olabilir ancak ağırlık açısından yeterli olmayabilir. Çoklu boyutlar, hava kargo kapasitesi yönetimine hem karmaşıklık hem de belirsizlik getiren yükün temel bir özelliğidir (Leung, Hui, Wang, & Chen, 2009). Bunların tersine kargo taşımacılığı için bir başlangıç ve varış noktası çifti arasındaki aktarma güzergahları, yolcu taşımacılığından daha çok havayoluna fayda sağlamaktadır. Genel olarak, tüm büyük havayolları topla-dağıt (hub and spoke) ağları işletmektedir. Hem yolcular hem de kargo, yolcuların ve kargonun konsolide edildiği ve daha sonra geniş gövdeli uçakların kullanımıyla çok sayıda farklı başlangıç noktasından az sayıda hub'a taşınmaktadır. Yolcu taşımacılığı için çok fazla transit geçiş kabul edilemezken, hava kargo teslimat süresini karşılamak için başlangıç noktasından varış noktasına birkaç ara havalimanından aktarılabilir (Amaruchkul & Lorchirachoonkul, 2011). Havayolunun sadece başlangıç noktasını, duraklama (transit) havaalanlarını ve varış noktasını ileticilere bildirmesi ve ağ kapasitesinin kullanımını optimize etmek için aktarma güzergahı planları yapması gerekmektedir (Feng, Li, & Shen, 2015).

3.2. Hava Kargo Taşımacılığına Konu Olan Yükler

Hava kargo hizmetleri, özel olarak özelleştirilmiş ulaşım gerektiren, hassas malları taşıyan veya sınırlı rotalara sahip uzak yerlere hizmet veren kuruluşlar için özel olarak tasarlanmıştır (Mesquita & Sanches, 2024). Hava kargo taşımacılığı hızlı ve güvenli bir ulaşım yoludur ve öncelikle bu özelliklerden faydalanan gönderileri taşımaktadır. Bu taşımacılık türü, genellikle aşağıdaki dört özellikten en az birine sahip mallar için seçilmektedir (Brandt & Nickel, 2019):

- **Acil:** Malların kısa bir süre içinde uzak bir yere ulaştırılması gerekmektedir. Tipik mallar arasında yedek parçalar veya canlı hayvanlar bulunmaktadır.
- **Bozulabilir:** Mallar düzgün bir şekilde işlenmediğinde, örneğin soğutulduğunda bozulmaktadır. Bu nedenle, kontrollü bir ortamda olmalıdırlar. Tipik mallar arasında çiçekler, ilaçlar veya taze yiyecekler bulunmaktadır.
- **Değerli:** Mallar yüksek değerdedir ve güvenli bir şekilde taşınmalıdır. Bu mallar arasında yarı iletkenler, banknotlar, mücevherler veya sanat eserleri bulunmaktadır.

- Tehlikeli: Mallar uygun şekilde işlenmediğinde çevrelerine zarar verebilmekte; bu durum da eğilme, aşırı yüksek çevre sıcaklığına maruz kalma veya şok gibi olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Tipik mallar arasında kimyasallar, piller veya radyoaktif maddeler bulunmaktadır.

3.3. Hava Kargo Tedarik Zincirinde Faaliyette Bulunan İşletmeler

Hava kargo taşımacılığında, malların taşınması ve depolanması açısından havadan ziyade yerde daha fazla zaman harcanmaktadır. Bu nedenle, yerdeki verimlilik ve kalite çok önemlidir. Hava kargo taşımacılığında tedarik zinciri faaliyetleri belirli bir ülkedeki bir nakliyecinin başka bir ülkeden belirli bir ürünü ihraç etmek veya ithal etmek istemesiyle başlamaktadır. Değer yoğunluğu ve hız ihtiyacı göz önüne alındığında, nakliyeciler diğer yöntemler yerine hava kargo taşımacılığını tercih etmektedir (Sales & Scholte, 2023). Bu gibi etkenlerin yanı sıra son yıllarda, hava kargo tedarik zinciri daha fazla güvenli ve hızlı teslimat sunma kabiliyetine sahip olması ve kapsamlı envanter bulundurma gerekliliğini en aza indirmesi nedeniyle öne çıkmıştır (Yıldız, Savelsbergh, & Dogru, 2023). Öne çıkan bu hava kargo sektöründe, malların taşınmasında yer alan çeşitli işletmeler bulunmaktadır. Hava kargo tedarik zinciri olarak adlandırılan bu işletmeler arasında gönderici, aracı hava kargo acenteleri, havaalanları, havayolu işletmeleri vb. bulunmaktadır.

3.3.1. Hava Kargo Tedarik Zinciri

Talepkâr tüketici yaşam tarzlarındaki artış ve toplumsal sürdürülebilirlik arayışının güçlenmesi, lojistik hizmet sağlayıcılarının verimliliğini artırmasını zorunlu kılmaktadır (Alebeek & Bombelli, 2021). Bu bağlamda, lojistik sektöründe diğer taşımacılık türlerine kıyasla daha yüksek hat taşıma maliyetlerinin, daha düşük envanter, depolama ve paketleme maliyetleriyle dengelenebileceğinin farkına varılması, hava taşımacılığının birçok şirketin dağıtım sistemlerinde önemli bir rol üstlenmesine yol açmıştır (Low, Yuan, & Tang, 2008). Bu işlevi sayesinde hava kargo taşımacılığı, küreselleşen ve giderek daha karmaşık hale gelen tedarik zincirlerinde ve küresel ekonomide önemli bir kolaylaştırıcı olarak rolünü sürdürmektedir (Luangpituksa, 2022). Hava kargo tedarik zinciri, kargonun göndericiden alıcıya taşınmasını sağlayan tüm teknik ve organizasyonel süreçleri içermektedir (Pfohl & Köhler, 2010). Ancak hava kargo, IATA taşıma koşulları altında taşınan yüküdür ve posta bu tanıma dahil değildir.

Hava kargo tedarik zinciri, üç bölümden oluşan çok seviyeli, çok modlu bir tedarik zinciridir. Bu bölümler ön taşıma, ana taşıma ve son taşımadır. Sadece ana taşıma bir uçak kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Ön ve son taşımalar genellikle kara tabanlı araçlarla karayolunda gerçekleştirilmektedir. Ön taşımada, hava kargo farklı göndericilerden toplanmakta ve bir konsolidasyon noktasına taşınmaktadır. Ana taşıma, birkaç havaalanı arasında birkaç uçuştan oluşabilmektedir (Pfohl & Kurnaz, 2015). Kargo, ileticilerin veya sevk edenlerin kendilerinin konteynerlerdeki karayolu araçlarıyla menşe havaalanı kargo terminaline teslim edilmesiyle başlamaktadır. Kargo, varış noktasına ve nakliye belgelerindeki ağırlık, boyutlar, parça sayısı ve yük türü gibi diğer bilgilere göre boşaltılmakta ve sıralanmaktadır. Havayolu, tarifeleri hesaplamakta ve sonraki elleçlemede öğeleri doğrulamak için kullanılan bir irsaliye hazırlamaktadır. Toplu kargo bir konteynere konsolide edilmekte veya bir ağ ve kayışlarla kaplı bir palete istiflenmektedir. Her varış noktası için her zaman direkt uçuşlar mevcut değildir, bu nedenle kargo bir merkez havaalanına gönderilebilmekte ve ardından varış havaalanına gönderilmeden önce yük terminalinde boşaltılabilmekte, sıralanabilmekte ve yeniden yüklenebilmektedir. Varış havaalanına ulaştığında, doğrulanmakta ve yerel yük ileticileri tarafından teslim alınmak veya alıcılar tarafından alınmak üzere bir depoya taşınmaktadır (Feng, Li, & Shen, 2015). Son aşamada ise kargo, güvenli ve düzenli bir süreç sonunda alıcısına ulaştırılmaktadır.

3.3.2. Tedarik Zincirinde Faaliyette Bulunan İşletmeler

3.3.2.1. Gönderici (Shipper)

Kargo taşımacılığı, gönderici ile başlamaktadır. Gönderici bir nakliyeciyile sözleşme yaptığında, iletilen kapıdan kapıya (ileticiden alıcıya) tüm nakliye zincirini düzenlemektedir. Nakliye şirketi, tüm nakliye aşamalarını (hava, kara, deniz veya demir yolu) düzenlemekten, tüm yasal ve gümrük gerekliliklerine uyumu sağlamak için gerekli belgeleri işlemekten ve hazırlamaktan ayrıca nakliyecilere taşınan malların paketlenmesi konusunda tavsiyelerde bulunmaktan veya bunları düzenlemekten sorumludur. Nakliyeciyile havaalanı arasında yükü taşımak için karayolu besleyici hizmetleri için kamyon şirketleriyle sözleşme yapabilmektedir (Leung, Hui, Wang, & Chen, 2009).

3.3.2.2. Aracı Hava Kargo Acenteleri (Freight Forwarder)

Dünya çapındaki hava kargosunun neredeyse üçte ikisini taşıyan yolcu havayolları (taşıyıcılar), kargo alanlarının önemli bir kısmını acenteler aracılığıyla yapmaktadır. Hava kargo acenteleri hava kargo taşımacılığı sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu acenteler, tedarik zincirindeki paydaşlar arasında iletişim sağlayarak hizmet vermektedir (Gupta, 2007). IATA üyesi olan acenteler, havayolu adına belge düzenleyebilen, yükleme ve boşaltmayı koordine edebilen, navlun belirleyebilen ve gümrük gerekliliklerini yerine getirebilen IATA tarafından yetkilendirilmiş kuruluşlardır. Bu acenteler, havayolu şirketleriyle doğrudan iletişime geçebilmekte ve ürünleri göndermek için doğrudan havayolu rezervasyonları talep edebilmektedir (Mızrak & Akkartal, 2023). Aslında, hava kargoyla ihracat yapacak olan nakliyecilerin havayolu şirketleriyle doğrudan iletişime geçmesi mümkün değildir. Taşıyıcılar, nakliyecileri bu aracı hava kargo acentelerine yönlendirmektedir. IATA üyesi acenteler, tüm üye havayollarıyla yapılacak kargo hizmetlerinde havayolu şirketini temsil etme yetkisine sahiptir (Zhu, Wu, Smith, & Luo, 2022). Özetle; aracı hava kargo acenteleri paketlerin üreticilerden alınmasını, ardından toplu olarak konteynerlere konsolide edilmesini ve hava yoluyla varış noktalarına taşınmasını ayarlamaktadır. Kolaylık olması açısından, göndericiler genellikle doğrudan havayolu şirketleriyle iletişime geçmek yerine acenteleri kullanmayı tercih etmektedir.

3.3.2.3. Havaalanları

Havaalanları, bir lojistik merkezinin önemli bir ayağı olmasının yanı sıra, bir ülkedeki hayati ekonomik varlıklar ve artan ekonomik faaliyetin yaratıcılarıdır. Havaalanları; tam zamanlı üretim uygulamalarının artması, küreselleşme, e-ticaret ve ürün ömrünün kısalmasıyla birlikte tedarik zincirinin ayrılmaz bir parçasıdır (Low, Yuan, & Tang, 2008). Bu tedarik zincirindeki hava kargo operasyonları yolcu operasyonlarından daha yoğun olmaktadır. Yolcular genellikle başlangıç veya varış noktalarından 1 saatlik yarıçap içindeki havaalanlarını seçerken, hava kargo taşımacılığı için toplama alanı 12 saatlik bir yarıçapa kadar uzanmaktadır (Boonekamp & Burghouwt, 2017). Ek olarak, kargo elleçleme ve konsolidasyon, tüm havaalanlarında bulunmayan özel depolar ve yer hizmetleri, bozulabilir ürünler için özel sıcaklık kontrollü odalar vb.

içeren ek bir lojistik katmanına ihtiyaç duymaktadır (Bombelli, Santos, & Tavasszy, 2020).

3.3.2.4. Hava Kargo İşletmeleri

Havayolları (veya taşıyıcılar) danışmanlık, kapasite rezervasyonu, teslim alma, paketleme, sıralama, yükleme, taşıma, sevk etme ve kargo takibi ile izleme gibi hizmetlerle yük ileticilerine /sevk edenlere hizmet sağlamaktadır. Hava kargo hizmeti, sevk edenin ihtiyaç duyduğu öncelik seviyesine (örneğin hız ve güvenilirlik) göre farklı seviyelerde sınıflandırılmaktadır. Oranlar; tehlikeli maddeler, canlı hayvanlar, bozulabilir gıdalar ve yüksek değerli ürünler gibi hizmet önceliğine ve kargo türüne göre değişmektedir (Feng, Li, & Shen, 2015).

Havayolunun taşıma sağlayıcısı (şirket içi veya dış kaynaklı) malları ve belgeleri almaktadır. Yükü denetledikten ve hava taşımacılığına hazır olduğunu doğruladıktan sonra, taşıma şirketi konteynerleri yüklemekte ve paletler oluşturmaktadır. Sonraki süreçte konteynerleri ve paletleri uçağa teslim etmekte ve uçağa yüklemektedir. Hava kargo taşıyıcısı yani havayolu/ hava kargo işletmeleri havaalanından havaalanına taşımadan sorumludur. Taşıyıcılar, sadece kargo taşıyan hava kargo işletmeleri, kombine taşımacılık yapan hava kargo işletmeleri veya kapıdan kapıya taşımacılık yapan hava kargo işletmeleri olabilmektedir. Varış noktasında, taşıyıcı hava kargosunu, malların nihai alıcısı olan alıcıya karayolu besleyici hizmeti ile ileticinin temsilcisine sunmaktadır. Paket alıcıya başarıyla teslim edildiğinde, tedarik zinciri süreci tamamlanmaktadır (Popescu, Keskinocak, & Mutawaly, 2016).

3.3.2.4.1. Kombine Taşımacılık Yapan Hava Kargo İşletmeleri

Kombine taşıyıcılar hem yolcu hem de kargo uçağı işletmektedir bununla birlikte ana iş faaliyetleri yolcu taşımacılığıdır. Tüm kargo taşıyıcıları gibi, kombine taşıyıcılar da ileticilerle iş birliği yapmaktadır. Kombine taşıyıcıların iki temel iş modeli bulunmaktadır. Bunlardan ilki kargoyu kendi havayoluna bağlı alt bir şirketle taşımak ve ikincisi ise yolcu uçağına yüklemektir (Kováčiková, Materna, Sedláčková, & Kováčiková, 2023). Havayolları, kargo uçağı filosu işleten ve yalnızca hava kargo taşımacılığına adanmış ana şirket markası altında ayrı bir bağlı şirket kurarak kargo

taşımacılığı da gerçekleştirebilmektedir. Bağlı şirket ekonomik olarak bağımsızdır ve operasyonel faaliyetleri için kendi ekipman ve tesislerini kullanmaktadır (Merkert, Voorde, & Wit, 2017).

Kombine taşımacılık yapan havayolları, yolcu uçaklarının gövde boşluğunda hava kargo, ekspres paketler, posta taşıyabilmekte ve özel yük uçakları işletebilmektedir. Bazı kombine havayolları, kargo kapasitesini yolcu koltuklarının çıkarılması veya eklenmesiyle ayarlanabilen "kombi" uçaklar da işletebilmektedir (Lin, Lin, & Chen, 2012). Kombine taşımacılık yapan hava kargo işletmelerinin hava kargo kapasitesini, arzını ve talebini dengelemek için aracı hava kargo acenteleri ve diğer tedarik zinciri hizmet sağlayıcılarıyla iş birliği gerektirmektedir. Bu tür havayolu işletmeleri, hava kargo tedarik zincirinde önemli bir rol oynamaktadır (Hong, Kim, & Niranjana, 2023). Kombine taşımacılık yapan havayolları arasında THY, Cathay Pacific, Emirates, Qatar Airways, Singapur Havayolları, Lufthansa gibi seçkin işletmeler yer almaktadır.

3.3.2.4.2. Sadece Kargo Taşıyan Hava Kargo İşletmeleri

Sadece kargo taşıyan hava kargo işletmelerinin uçak filolarında yalnızca kargo uçakları yer almaktadır. Sadece kargo taşıyıcıları genellikle kargo operasyonları için değiştirilmiş yolcu uçakları olan kargo uçaklarını da kullanabilmektedir. Bu taşıyıcılar genellikle geniş gövdeli uçakları tercih etmektedir. Dünya hava kargo trafiğinin yaklaşık %10 ila %15'i, öncelikle uzun mesafeli uluslararası veya kıtalararası rotalarda, sadece kargo taşıyıcıları tarafından taşınmaktadır (Popescu, Keskinocak, & Mutawaly, 2016). Bu işletmelere Cargolux, Nippon, Cargojet gibi örnekler verilebilmektedir.

3.3.2.4.3. Kapıdan Kapıya Taşımacılık Yapan Hava Kargo İşletmeleri

Modern tedarik zinciri yönetimindeki hız ve güvenilirlik gereksinimleri, genel olarak hava taşımacılığını ve özellikle hava kargo ekspresini, dinamik kargo sektöründeki en hızlı büyüyen alan haline getirmiştir. Hava kargo taşımacılığının ilk yıllarında olduğu gibi sadece "havaalanından havaalanına" hizmet yerine "kapıdan kapıya" hizmet talebi arttıkça, entegratörler yani, kapsamlı bir kapıdan kapıya hizmet sağlayan hava ekspres taşıyıcıları son yıllarda hızla artmıştır (Park, Choi, & Zhang, 2009).

Entegre/kurye/ekspres operatörleri, gönderileri kapıdan kapıya, kesin zamanlı teslimat hizmetleriyle (ör. UPS; Federal Express; TNT; DHL) taşımaktadır. Bu entegre taşıyıcılar, müşteri taleplerini karşılamak için hava hizmetlerini kapsamlı kara taşımacılığıyla birleştirerek çok modlu ağlar işletmektedir. Entegre operatörler, nakliyecilere çeşitli hizmetler sunmaktadır. Hava kargo hizmetlerini kapsamlı kara taşımacılığıyla tamamlayarak sürekli gönderi takibiyle kesin zamanlı teslimat ve tam zamanında envanter kontrol stratejilerini desteklemek için lojistik uzmanlığı da sağlamaktadır (Kiso & Deljanin, 2009).

3.4. Hava Kargo Taşımacılığında Kullanılan Uçak Tipleri

Hava taşımacılığıyla kargo taşımının iki yolu vardır: (a) yolcu uçağının alt ambarı olarak da adlandırılan yolcu uçağının gövde boşluğunda ve (b) özel tam kargo uçağı kullanılmasıdır. Her birinin kendine özgü avantajları bulunmaktadır. Hava kargo trafiğinin yarısından fazlasının özel kargo uçakları tarafından taşınması beklenmektedir, çünkü yolcu uçaklarının gövde kapasitesinin çoğu önemli kargo ticaret rotalarına hizmet etmemektedir (Ağbaş, 2021).

3.4.1. Kargo Uçakları

Kargo uçaklarının ana kabininde koltuk veya pencere bulunmamaktadır. Yolcu hizmeti için yapılandırılmış uçaklardan daha büyük kapıları ve güçlendirilmiş zeminleri vardır. Birçoğu ağır eşyaların yüklenmesini kolaylaştırmak için silindirlerle donatılmıştır (Popescu, Keskinocak, & Mutawaly, 2016). Kargo uçakları, yüke göre küçük, orta ve büyük boy uçaklar olarak sınıflandırılabilir. Boeing ve Airbus şirketleri, hem yolcu hem de kargo uçağı üreten iki ana uçak şirketidir. Boeing (2025) verilerine göre 2025'e kadar küresel olarak hizmette yaklaşık 2340 kargo uçağı bulunmaktadır. Bunlar arasında B747-800, B777, B787 tipi uçaklar yer almaktadır. Airbus (2025)'e göre ise 2025 yılında 2220 kargo uçağı bulunmaktadır. Kargo uçakları arasında ise A350F, Airbus BelugaXL, A330-200F, A330P2F, A320 tipi uçaklar yer almaktadır.

3.4.2. Yolcu Uçakları

Bir yolcu uçağı, yolcu ve hava kargo taşımacılığı için kullanılan bir uçak türüdür. Bu tür uçaklar çoğunlukla havayolları tarafından işletilmektedir. Yolcu uçakları geniş

gövdeli, dar gövdeli, bölgesel uçaklar ve hafif uçaklar olarak sınıflandırılabilir. Yolcu uçaklarının en büyüğü, genellikle yolcu kabininin önünden arkasına kadar uzanan iki ayrı koridora sahip oldukları için çift koridorlu olarak da adlandırılan geniş gövdeli jetlerdir. Yolcu uçakları, havayolu merkezleri ve büyük şehirler arasındaki uzun mesafeli uçuşlar için kullanılmaktadır. Geniş gövdeli uçaklar arasında B787-800, B777-300ER, A330, A350 vb. uçaklar yer almaktadır. Geniş gövde yolcu uçaklarından daha yaygın kullanılmakta olan bir uçak sınıfı ise dar gövdeli veya tek koridorludur. Bunlar ise geniş gövdeli muadillerinden daha az yolcunun olduğu kısa ila orta mesafeli uçuşlar için kullanılmaktadır. A320, A321, B737 uçak ailesi de dar gövdeli uçaklar için örnek verilebilmektedir.

Diğer bir yolcu uçağı çeşidi olan bölgesel uçaklar, 100'den az yolcu almaktadır ve turbofanlar veya turboproplarla çalıştırılabilir. Bu uçaklar, büyük taşıyıcılar, eski taşıyıcılar ve bayrak taşıyıcıları tarafından işletilen daha büyük uçakların ana hat dışı muadilleridir ve trafiği büyük havayolu merkezlerine iletmek için kullanılmaktadır. Bu bölgesel rotalar daha sonra bir topla-dağıt (hub and spoke) hava taşımacılığı modelinin kollarını oluşturmaktadır. Bu uçaklar arasında ATR42, ATR72, Bombardier CRJ700/900 vb. yer almaktadır. Hafif uçaklar ise az sayıda yolcu taşıyan kısa mesafeli bölgesel besleyici uçak tipi uçaklardır. Bunlara, boyutlarına, motorlarına, nasıl pazarlandıklarına, dünyanın hangi bölgesine ve oturma düzenlerine bağlı olarak banliyö uçağı veya hava taksisi de denmektedir. A319 CJ, Cessna 208, DHC-6 uçak tipleri ise hafif uçaklar arasındadır.

3.5. Hava Kargo Pazarındaki Güncel Gelişmeler

Son yıllarda küreselleşmenin de etkisiyle, hava kargo havayolları, aracı hava kargo acenteleri göndericiler, havaalanları genel olarak ekonomi için önem kazanmıştır (Kupfer, Meersman, Onghena, & Voorde, 2017). Özellikle COVID-19 salgını sonrasında küresel hava kargo pazarında küreselleşme, entegrasyon ve dijitalleşme düzeyindeki artışlar meydana gelmiştir. E-ticaret, E-lojistik, uçak teknolojisindeki gelişmeler, kapıdan kapıya taşımacılık eğilimleri, hava kargo iş birlikleri hava kargo pazarındaki önemli gelişmeler arasında sayılabilmektedir.

3.5.1. E-Ticaret

E-ticaret, yıllar içinde ekonominin temel bir dinamiği haline gelmiştir. İşletmelerin daha geniş bir tüketici yelpazesine uzanmasına ve müşterilerin istedikleri zaman alışveriş yapmalarına olanak tanıma yeteneği, büyümesine ve önemine katkıda bulunmuştur. E-ticaretin pratikliği, onu en hızlı büyüyen perakende pazarı haline getirmiştir. COVID-19 salgını, e-ticaretin gelişmesine daha da katkıda bulunup müşteriler alışveriş yapmak için uygun bir platform olan çevrimiçi pazara yönelmiştir (Taher, 2021). E-ticaret hizmet açısından, ürün verimliliğini artırırken hizmet maliyetlerini düşürmenin ve hizmetlerin teslimatını hızlandırmanın bir yoludur ve bu da endüstrinin, müşterilerin ve yönetimin isteğini karşılamaktadır. E-ticaret, çevrimiçi alışveriş sunmakta ve çevrimiçi bir bakış açısıyla internet ve diğer çevrimiçi kaynaklar için mal ve bilgi dağıtmaktadır (Jain, Malviya, & Arya, 2021).

Hava kargo, hız ve verimlilik avantajları nedeniyle küresel ekonomik gelişmeler ve sınır ötesi e-ticaretin büyümesiyle birlikte e-ticaretin gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Bu yeni ticaret biçimi hızla gelişerek hava kargo sektörüne yeni bir ekonomik büyüme getirmektedir (Shuying, Zhaorong, & Jingjing, 2020). IATA (2022) verilerinde E-ticaretin hava kargo için önemli olduğu şimdi ise hava kargonun e-ticaret için kritik hale geldiği belirtilmektedir. Hava kargo geleneksel olarak ilaçlar, elektronik ürünler ve taze ürünler gibi yüksek değerli, zamana duyarlı ve bozulabilir malların sevkiyatı için karayolu taşımacılığına göre daha fazla tercih edilmektedir. Ayrıca, üretim tesislerine bileşenlerin, hammaddelerin veya yarı mamul malların zamanında teslimatı ile envanter taşıma maliyeti arasında hassas bir denge gerektiren tam zamanında üretim sistemini benimseyen işletmeler tarafından da tercih edilmektedir (Karanki, Bilotkach, Gao, & Lu, 2024). Ayrıca Boeing (2022)'e göre, önümüzdeki 20 yıl içinde hava kargo hacimlerinde yıllık %4,1'lik bir büyüme oranı öngörülmekte ve e-ticaret bu eğilimin arkasındaki önemli bir faktör olmaktadır. E-ticaret, mevcut hava kargo sektörünün büyümesinde itici güçlerinden biridir ve yakın gelecekte önemli bir pazar olmaya devam etmesi beklenmektedir. Havayolları, nakliye acenteleri ve hava taşımacılığı tedarik zincirindeki diğer aktörler, e-ticaret pazarında nasıl başarılı bir şekilde rol alabileceklerini aktif olarak araştırmaktadır (Asch, Dewulf, Kupfer, Cárdenas, & Voorde, 2020).

3.5.2. E-Lojistik

E-ticaretin büyümesiyle birlikte, özellikle çok kanallı taşıyıcılar olmak üzere taşıyıcıların çoğu kendi dağıtım ağı altyapılarını geliştirmeye başlamıştır. Lojistik uygulamalarına elektronik araçların eklenmesi, tedarik zinciri yönetimi alanlarında bundan kaynaklanabilecek avantajlar nedeniyle rekabetçi bir çağa ulaşmak isteyen her kuruluşun başarmak isteyeceği bir durumdur. Ek olarak, bilgi iletişim teknolojisinin dahil edilmesi yoluyla lojistik uygulamaları ve yönetimi, günümüzün değişen iş ortamlarında çok önemlidir (Kagoya & Mkwizu, 2022).

E-lojistiğin hızlı gelişimi, dolaylı olarak satıcıların alıcılarla buluştuğu, bir işlem kabı görevi gören pazar yerinin gelişimini de tetiklemektedir. Pazar yerinin tüketici talebini karşılamak için tedarik zinciri rolüne ihtiyacı vardır ve bu nedenle e-lojistik terimi geliştirilmiştir. E-Lojistik, e-ticarette talebi yönetmek ve müşteri taleplerini daha etkin karşılamak için elektronik sistemlerle entegre bir şekilde çalışmaktadır (Setyawan & Novitasari, 2019). E-Lojistik, bir lojistik sürecini kontrol etmek ve sürdürmek için bir işlem ortamı olarak dijital sistemleri ve araçlarını kullanmak olarak da tanımlanabilmektedir (Zunder & Islam, 2013). Bu kavram, lojistik şirketleri için verimlilik ve etkinlik açısından tedarik zinciri planlama sistemleri, taşıma siparişleri, envanter yönetim sistemleri, depo yönetim sistemleri, faturalama sistemleri, kargo rota yönetim sistemleri ve izleme sistemleri, filo yönetimi, ticaret uygulamaları ve tedarik zinciri yürütme sisteminde fayda sağlayabilmektedir (Rahman & Sensuse, 2024).

3.5.3. Kapıdan Kapıya Taşımacılık Eğilimleri

Taşımacılıktaki hem arz hem de talep tarafındaki bazı önemli gelişmeler, hava kargo taşımacılığının ekonomik öneminin son yıllarda arttığı anlamına gelmektedir. Bu durum tedarikçilerin değişen tutumlarına da yansımaktadır (Zhang & Zhang, 2002). Hava kargo taşımacılığı daha önce yolcu taşımacılığına ikincil olarak kabul edilirken (ve dolayısıyla yakıt maliyeti gibi paylaşılan maliyetin orantısal olarak yüksek bir kısmını karşılamak zorunda kalacak ve en iyi ihtimalle sadece zarar etmeden kâr edebilecek bir yan ürün olarak değerlendirilirken), birçok havayolu artık tamamen tam kargo hizmeti sağlamaya adanmış durumdadır (Merkert, Voorde, & Wit, 2017).

Önceleri yolcu taşımacılığına odaklanan çok sayıda havayolu işletmesi için hava kargo taşımacılığı artık bir yan ürün değil, diğer havayolları ve operatörlerle rekabet mücadelesinde önemli bir unsur haline gelmiştir. Belirli bir rotanın veya hatta küresel ağın başarı derecesi artık hava taşımacılığı bileşenleri tarafından ortak olarak belirlenmektedir. Hava kargosunun sürekli büyümesi, uluslararası hava taşımacılığı pazarının hem talep hem de arz tarafında, büyüyen küresel ticaret, teknolojik ilerleme ve uzmanlaşma, daha küçük yük hacimleri ile artan ortalama yük değeri dahil olmak üzere bir dizi gelişmeden kaynaklanmaktadır (Kupfer, Meersman, Onghena, & Voorde, 2011).

3.5.4. Hava Kargo ve Lojistik İş Birlikleri

İşletmeler arası iş birliği günümüzde yaygın olarak uygulanmaktadır. Kârlılığı artırma yönündeki artan baskılarla karşı karşıya kalan işletmeler, dış ortaklarla stratejik iş birliği gerektiren çözümler arayıp uygulayarak baskılara yanıt vermektedir. Bu dış işbirlikçiler tedarikçiler, müşteriler veya hatta rakipler olabilmektedir. Ayrıca iş birliği yapılarak elde edilebilecek potansiyel faydaları arasında maliyetleri düşürmek, teslim sürelerini kısaltmak, varlık kullanımını ve hizmet seviyelerini iyileştirmek yer almaktadır (Agarwal, Ergun, Houghtalen, & Ozener, 2009).

Dünya genelindeki hava kargo hacmi, ticaret büyümesiyle güçlü bir şekilde bağlantılıdır. Aslında, uluslararası ticaret hacminden daha hızlı büyümüştür. Son on yıldır, iş tedarik zincirlerinin düzenlenmesi, hava kargoyu dinamik yük sektöründe en hızlı büyüyen alan haline getirmiştir. Hızla büyüyen hava kargo pazarı göz önüne alındığında, birçok hava kargo taşıyıcıları iş birliğine gitmektedir. Bu hava kargo ve lojistik iş birliklerinin başında gelen SkyTeam Kargo ittifakı, IATA'nın ittifak tanımına göre oluşturulan hava kargo ittifaklarından (Zhang, Hui, & Leung, 2004). 2000 yılında oluşturulan SkyTeam Kargo, küresel bir kargo ittifakıdır. Üye havayolları ise, 150 varış ülkesine 45 kargo uçağı da dahil olmak üzere 2.709'dan fazla uçakla birlikte çalışmaktadır. Üyeler Aerolíneas Argentinas Cargo, Aeromexico Cargo, Air France-KLM Cargo, China Cargo Airlines, Delta Cargo, Korean Air Cargo ve Saudia Cargo'dur (Sky Team Cargo, 2025). SkyTeam Cargo üyelerinin iş birliği yapma nedenleri arasında, farklı havaalanlarında depo operasyonlarının konsolidasyonu, ürünlerin standardizasyonu, ağların genişletilmesi ve üyeler arasında çeşitli konularda uzmanlık paylaşımı yer almaktadır (Gooley, 2001). Bir diğer hava kargo iş birliği WOW Alliance,

2000 yılında SAS Cargo Group, Lufthansa Cargo ve Singapore Airlines Cargo tarafından kurulmuş olup JAL Cargo ise Temmuz 2002'de katılmıştır. Lufthansa Cargo daha sonra 2009 yılında WOW Alliance'dan ayrılmış, JAL Cargo ise 30 yılı aşkın hizmet süresinin ardından 2010 yılında faaliyetlerini sonlandırarak bu ortaklıktan ayrılmıştır. WOW Alliance, 2010 yılından sonra herhangi bir duyuru yapmadan faaliyetlerini durdurmuştur. Singapore Airlines 2023 yılında ittifakın artık var olmadığını doğrulamıştır (Hayward, 2023). Dünyadaki hava kargo işletmeleri arasında son yıllarda imzalanan iş birliği anlaşmalar ve anlaşmaların kapsamı Tablo 3.1'de yer almaktadır.

Tablo 3.1: Hava Kargo İş Birliği Anlaşmaları

İş Birliği Yapan Havayolları	İş Birliğinin Kapsamı
SAS Cargo- Air China (2006)	SAS Cargo, Air China ile iş birliği sayesinde İskandinavya-Çin hattında kapasitesini artırmış; yüksek talep doğrultusunda Boeing 747-200F uçaklarıyla haftalık yaklaşık 100 ton ek kargo taşımıştır.
All Nippon Airways (ANA)- Lufthansa Cargo AG (2014)	İş birliği anlaşması gereğince hem ANA hem de Lufthansa Japonya'dan Avrupa'ya uçuşlarda sevkiyatlarının ortak satışına başlamıştır.
United Airlines (UAL)- Lufthansa Cargo(2017)	United Airlines ile Lufthansa arasında 2017'de imzalanan anlaşma, birleşik rota ağı sayesinde müşterilere her iki havayolunun kargo rezervasyon kanallarına erişim ve koordineli elleçleme ile transfer avantajları sağlamıştır.
Cargolux - Nippon Cargo (2017)	Cargolux ile Nippon Cargo Airlines arasındaki iş birliği sayesinde taraflar, birbirlerinin uçuş ağlarına erişim sağlayarak sırasıyla Lüksemburg–Narita ve Frankfurt-Hahn–Narita hatlarından faydalanabilmektedir.
Emirates SkyCargo - United Cargo (2022)	United Cargo ile Emirates SkyCargo arasındaki iş birliği, her iki tarafın da birbirlerinin geniş dağıtım ağlarına erişerek küresel kapsamlarını ve hizmet kapasitelerini artırmalarını sağlamaktadır.
Qatar Airways Cargo -Japan Airlines (2024)	Ortaklığın, Japan Airlines'ın hizmet verdiği bölgeler ile Qatar Airways Cargo'nun hizmet verdiği bölgeler arasındaki ticaret akışlarını artırarak önemli ekonomik değer yaratması beklenmektedir.
Vietnam Airline – UPS (2025)	Ulusal bayrak taşıyıcısı Vietnam Havayolları, kargo taşımak için Boeing 757F'yi kullanmak üzere Amerika Birleşik Devletleri'nin United Parcel Service (UPS) ile ticari iş birliği anlaşması imzalanmıştır.

Dünya’da ise çevresel sürdürülebilirlik kapsamında hava kargo işletmelerinin lojistik işletmeleri ve diğer işletmelerle yapmış olduğu anlaşmalar son zamanlarda hızla artmaktadır. Bu anlaşmalar Tablo 3.2’de yer almaktadır.

Tablo 3.2: Sürdürülebilirlik Kapsamında İş Birlikleri

Sürdürülebilirlik İş Birlikleri	İş Birliğin Kapsamı
Kuehne+ Nagel- Mercedes Benz (2019)	Mercedes-Benz’in uzun süredir kargo ortağı olan Kuehne+Nagel, 2019’dan bu yana ABD’deki tesisleri desteklemekte; sürdürülebilir havacılık yakıtı kullanımıyla tedarik zincirinin karbondan arındırmasına katkı sağlamaktadır.
DHL Global Forwarding ve Air France KLM Martinair Cargo (2022)	Deutsche Post DHL Group’un sürdürülebilirlik yol haritası kapsamında gerçekleştirilen bu iş birliği, Freight Forwarding sektöründeki önemli SAF satın alımlarından biri olup, 2030’a kadar yeşil teknolojilere 7 milyar avro yatırım yapma ve 2050’ye kadar lojistik kaynaklı emisyonları sıfıra indirme hedeflerini desteklemektedir.
Korean Air ve Yusen Logistics (2023)	Yusen Logistics, Korean Air ile yaptığı iş birliği kapsamında Japonya merkezli ilk SAF ortağı olarak Asya’da SAF kullanımını teşvik etmekte ve müşterilerinin tedarik zincirlerini karbondan arındırmasına katkı sağlamaktadır.
Nippon Express, Kyocera ve ANA (2024)	ANA (All Nippon Airways)’nın SAF girişimi, hava kargo kaynaklı CO ₂ emisyonlarını azaltmaya yönelik Asya’daki ilk program olup, Nippon Express ve Kyocera gibi paydaşların katılımıyla sürdürülebilir lojistik iş birlikleriyle desteklenmektedir.
Korean Air- CEVA Logistics (2024)	CEVA Logistics ile Korean Air arasındaki iş birliği, SAF kullanımını teşvik ederek hava kargo operasyonlarında karbon emisyonlarının azaltılmasını ve bu konuda farkındalık oluşturulmasını amaçlamaktadır.
DHL- Google (2024)	Deutsche Post DHL Group ile Google arasındaki iş birliği, GoGreen Plus kapsamında SAF kullanımıyla Google cihazlarının hava kargo taşımacılığında karbon emisyonlarını azaltmayı hedeflemektedir.
Lufthansa Cargo ve A.P. Moller- Maersk (Maersk) (2024)	Lufthansa Cargo ile Maersk arasındaki anlaşma kapsamında SAF kullanımıyla hava kargo taşımacılığında karbon emisyonlarının azaltılması hedeflenmekte, bu doğrultuda CO ₂ emisyonlarında önemli bir düşüş sağlanması öngörülmektedir.

Türkiye’de ise hava kargo iş birlikleri genellikle Turkish Cargo ile diğer hava kargo işletmeleri arasındadır. Anlaşma yapılan hava kargo işletmeleri arasında YTO Cargo Airlines, DHL ve Avianca Cargo yer almaktadır. Turkish Cargo; 2023 yılında YTO

Cargo Airlines ile yapmış olduğu iş birliğinde Çin, Orta Asya ve Türkiye arasındaki hava kargo bağlantısını güçlendirmek ve ek kapasite oluşturmayı amaçlamaktadır. 2023 yılında DHL ile yapılan anlaşma da DHL Global Forwarding, Turkish Cargo'nun İstanbul Havalimanı'ndaki mega kargo tesisi olan SMARTIST'i küresel merkezlerinden biri olarak kullanacaktır. 2022 yılında Avianca Cargo ile yapılan anlaşma da ise hava kargo müşterilerinin daha geniş ve daha bağlantılı bir küresel ağda daha fazla kapasiteye erişmesini sağlamak amacıyla kargo uçağı kapasite anlaşmaları gibi potansiyel iş birliği girişimlerini değerlendirilecektir (Air Cargo News, 2023; DHL Group, 2023 ;Air Freight Logistics, 2022)

İyi bir hava kargo iş birliği, varış ve kalkışların ayarlanmasıyla ortaklar arasındaki bağlantı hizmetlerinin kalitesini daha da artırabilmektedir, bu da uçuşlar arasındaki bekleme süresini en aza indirirken bağlantılar için yeterli zaman sağlayabilmektedir. Ayrıca ittifaklar tesislerinin paylaşımı, ortak kargo taşıma, ekipmanların ortak tedariki ve sektör bilgilerinin değişimi yoluyla kargoda maliyet düşürme de sağlamaktadır. Öte yandan, etkisiz stratejik ittifaklar; temel yeterliliklerin ve yeteneklerin kaybına, öngörülemeyen risklerle karşılaşmaya ve hatta iş başarısızlıklarına yol açabilmektedir (Chao & Kao, 2015).

3.5.5. Uçak Teknolojilerindeki Gelişmeler

Küresel iklim değişikliği, bugün dünyanın karşı karşıya olduğu en büyük zorluklardan biridir. İnsanlık üzerindeki etkisini azaltmak için hükümetler, ısıyı hapseden gazları azaltmaya ayrıca mevcut ve gelecekteki nüfusun sağlığını ve refahını korumak için çevrenin daha fazla bozulmasını önlemeye yönelik teknolojik yeniliği teşvik etmektedir. Ulaşım ise bu küresel iklim değişikliğinden sorumlu sera gazı emisyonlarının önemli bir oranına katkıda bulunmaktadır (Naayagi, 2013). Dünya genelinde tüm ülkelerin emisyon azaltım planları geliştirmesiyle birlikte eş zamanlı olarak uygulanması gereken stratejiler arasında, SAF ve alternatif uçak tahrik sistemleri gibi yeni uçak teknolojilerinin geliştirilmesi ve kullanıma sunulması ön plana çıkmaktadır (Babuder, Lapko, Trucco, & Taghavi, 2024).

Son zamanlarda uçak tasarımında değişiklikler meydana gelmektedir. Uçak teknolojisinde elektrik sistemleri, geleneksel olarak hidrolik veya pnömatik kaynaklarla

çalıştırılan uygulamalar kullanılmaktadır. Örneğin; Boeing 787 ve Airbus A380, önceki uçaklardan önemli ölçüde daha büyük elektrik sistemlerine sahip ve bu da çok sayıda teknoloji gelişmesi demektir. Elektrik sistemleri artık uçak tahrik sistemleri, kanat buz koruması, çevre kontrol sistemleri ve yakıt pompalama için kullanılmaktadır. Bu yeni sistemler, gelecekteki uçakların daha yakıt verimli ve daha sessiz olmasına yardımcı olarak herkes için çevreyi iyileştirmektedir (Wheeler, 2016).

3.6. Türkiye’de Hava Kargo Taşımacılığı

Türk hava kargo pazarı, dünya çapında taşınan kargo miktarına katkıda bulunan en önemli pazarlar arasındadır. Türkiye'nin iç hava kargo pazarında, son birkaç yıldır belly (gövde altı) kargo kapasitesi talebi Türk Hava Yolları ve Pegasus Hava Yolları tarafından sürekli olarak karşılanmakta olup 2021 itibariyle, İzmir merkezli Air Anka Hava Yolları da bir diğer tedarikçi olarak aralarına katılmıştır. Ayrıca, Türk Hava Yolları'nın bir yan kuruluşu olan Turkish Cargo, yalnızca kargo operasyonları yapan bir şirket olarak faaliyetlerine devam etmektedir. Turkish Cargo beraberinde MNG Havayolları, ACT Havayolları ve ULS Havayolları da ağırlıklı olarak uluslararası hava kargo pazarında faaliyet göstermektedir. Şu anda, Türk hava kargo pazarı hava kargo trafiği açısından tam potansiyeline ulaşmamıştır ve yurtiçi rotalarda potansiyelini daha iyi kullanmak ve küresel pazarda rekabetçi bir figür haline getirmek için yatırımlarına devam etmektedir (Aydın & Ülengin, 2022).

Ülkemiz sivil havacılık sektöründe, yolcu ve kargo taşımacılığı yapan 14 havayolu şirketi bulunmaktadır. Şirketlerin 2024 yılında 729 olan uçak sayısı, 2025 yılında 800 olmuştur. Bu uçakların 760'ı yolcu, 40'ı ise kargo uçağıdır. Havayolu filomuzun toplam koltuk kapasitesi 157.785, kargo uçaklarının toplam yük kapasitesi de 2.902.725 kg'dır (SHGM, 2025). DHMİ (2024) Havayolu Sektör Raporu'na göre Türkiye genelinde bulunan 58 havalimanında 2024 yılında, iç hatlarda 115.861 ton, dış hatlarda ise 2.050.937 ton olmak üzere toplam 2.166.797 tonluk kargo trafiği gerçekleşmiş ve bu da %30 oranında bir artışa işaret etmiştir. Aynı yıl içinde iç hat kargo taşımacılığı %6, dış hat kargo taşımacılığı ise %31 oranında artış göstermiştir. IATA (2023) verilerine göre ise Türkiye dünyada 14. en büyük hava kargo pazarıdır. Ayrıca 2023 yılında Türkiye'deki havalimanları üzerinden 1,7 milyon ton hava kargosu taşınarak ülkenin toplam ithalat ve ihracat hacmi desteklenmiştir.

3.6.1. Türkiye ve İstanbul'un Stratejik Konumu ve Hava Kargo Taşımacılığının Önemi

Bölgenin coğrafi konumu, mevcut altyapının lojistik faaliyetler için yeterli olup olmadığı ve gelecekteki yatırımların niteliği, bir bölgedeki lojistik faaliyetlerin geliştirilmesinin ana bileşenleridir. Bir bölgenin üretim kapasitesi ve çeşitliliğine ek olarak, o bölgede lojistik faaliyetlerin gerçekleştirilebileceği fiziksel alanların olması da önemlidir. Bu fiziksel alanlar arasındaki etkileşim de lojistik faaliyetlerin geliştirilmesi için önemlidir (Köprülü, 2019). İstanbul ise bu stratejik konuma dayanarak yolcu ve kargo ağları açısından Türkiye ve dünyadaki rolünü giderek daha da güçlendirmeyi başarmıştır. Coğrafi konumu (lojistik merkezlerine yakınlık), altyapısı (ulaşım, enerji vb.), insan kaynaklarına erişim, havayolu işinde filoların etkin kullanımı ve 3 saatlik bir uçuş süresi içinde dünyanın birçok noktasına uçuş imkânı gibi faktörlerle desteklenen İstanbul, Türk havacılığının olmazsa olmazlarından biri haline gelmiştir (Tanrıverdi & Lezki, 2021).

3.6.2. Hava Kargo Taşımacılığına Yönelik Yatırımlar

Sivil havacılık hizmetleri, bölgesel ekonomik kalkınma ve kalkınmanın istikrarına katkıda bulunma konusunda ekonomik faaliyetleri etkili ve verimli bir şekilde etkilemektedir. Ekonomiler, genişleyen küreselleşmeden etkilenmeye devam ettiği sürece, sivil havacılığın işlevi giderek daha önemli hale gelmektedir. Genel olarak lojistik sektörü ve özel olarak hava kargo taşımacılığı, bir ülkenin ekonomik potansiyelini algılamada önemli bir unsurdur (Kalaycı & Yangınlar, 2016). Ekonomik faaliyetler, hızlanan küreselleşmenin kaçınılmaz bir sonucu olan ve doğal olarak ülkelerdeki gelişmeleri etkileyen lojistik kanalları aracılığıyla yatırımları, ticareti ve taşımacılığı şekillendirmektedir (Artar, Uca, & Taşçı, 2016).

Son yıllarda, Türk hükümeti ve Türkiye'deki hava kargo paydaşları, hava kargo endüstrisindeki küresel paylarını artırmak için hava kargo endüstrisine yatırımlarını hızlandırmıştır. Türkiye'deki yatırımlar; 2024-2028 Türkiye 12. Kalkınma Planı'nda 2053 hedeflerimize göre önemli bir jeopolitik konuma sahip olan ülkemiz, üretim ve pazar büyüklüğüyle beraber tüm ulaştırma modlarında küresel bir lojistik güç merkezi haline gelecektir. Ayrıca havayolu taşımacılığında hava kargo trafiğinin 7,2 milyon tona, havayoluyla taşınan yolcu sayısının yaklaşık 600 milyon yolcuya yükseltilmesi

öngörülmektedir. Ayrıca İstanbul'un uluslararası bir hava kargo ve aktarma merkezi haline gelmesi için kargo kapasitesinin daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasına yöneliktir (T.C. Strateji ve Bütçe Bakanlığı, 2023).

3.6.3. Hava Kargo Taşımacılığı Yapan Kuruluşlar

Hava kargo, küresel ekonomide önemli bir rol oynamaktadır. Hava kargo hizmetlerinin büyümesi ve genişlemesi, hava taşımacılığının sürdürülebilir gelişimi için faydalıdır ayrıca küresel ticarete ve ekonomik kalkınmaya önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Hava kargo, yüksek değerli veya zamana duyarlı ürünlere yöneliktir (Varava, 2020). Bu kargolar kombine taşımacılık yapan havayolu kuruluşla, sadece hava kargo taşımacılığı yapmakta olan kuruluşlar veya kapıdan kapıya taşımacılık yapan havayolları tarafından yapılmaktadır.

3.6.3.1. Turkish Cargo

Türkiye'nin bayrak taşıyıcı olan Türk Hava Yolları'na hem yolcu taşımacılığı hem de kargo taşımacılığı yapmaktadır. 1933 yılında kurulmuş olan Türk Hava Yolları, aynı zamanda şirkete hava kargo sektöründe faaliyet göstermek üzere 1996 yılında 'Turkish Cargo' markasını kurmuştur. Turkish Cargo şirketi, filosunda bulunan 12 adet A330-200F, 8 adet B77F, 3 adet A310-300F olmak üzere toplam 23 adet hava kargo uçağıyla operasyonlarına devam etmektedir. Global bir hava kargo markası olan Turkish Cargo dünyada 127 ülkede 320 farklı destinasyona kargo taşımacılığı yapmaktadır. İstanbul Havalimanı'nın açılmasıyla birlikte İstanbul'u dünyanın hava lojistiği merkezi haline getirmeyi amaçlayan Turkish Cargo geliştirmiş olduğu SMARTIST programıyla 2033 yılında 150 destinasyona direk uçuş gerçekleştirmeyi ve taşınmakta olan tonaj miktarını iki kat arttırmayı hedeflemektedir (Turkish Cargo, 2025).

3.6.3.2. MNG Kargo Yurt İçi ve Yurt Dışı Taşımacılık Anonim Şirketi

1996 yılında kurulan MNG Havayolları, 1997 yılında ilk hava kargo taşımacılığını gerçekleştirmiştir. Halihazırda filosunda bulunan 2 adet A300-600, 3 adet A330-300F, 2 adet A321-200F ve 2 adet A330-200F olmak üzere toplam da 9 adet hava kargo uçağıyla operasyonlarına devam etmektedir. Şirketin sürdürülebilir bir büyüme sağlamak, e-ticaretin avantajlarından faydalanmak, farklı pazarlarda şirketin katma değerini

yükseltmek ve hava kargo taşımacılığına yön verebilecek bir şirket olma hedefleri bulunmaktadır (MNG Hava Yolları, 2025).

3.6.3.3. ULS Havayolları Kargo Taşımacılık

2004 yılında kurulan ULS havayolları, filosunda yer alan 3 adet A310-300 uçağıyla operasyonlarını gerçekleştirmektedir. Hizmetleri arasında uçak kiralama (charter), ekibiyle uzun dönemli uçak kiralama (ACMI), tarifeli seferler yer almaktadır (Vikipedi, 2024).

3.6.3.4. ACT Havayolları A.Ş.

ACT Havayolları, 2004 yılında büyük taşıyıcılara, ACMI (Uçak, Mürettebat, Bakım ve Sigorta) -ekstra kapasite sağlayarak plansız hava kargo hizmetleri sunmak için kurulmuştur. Kurulduğu zaman ilk filo 2 adet A300-B4'tü olup uçak sayısı 8'e çıkmış ve ardından A300'ler aşamalı olarak kullanımdan kaldırılmıştır. 2011 itibarıyla A300-B4 tipi uçaklar yerini B747-400'lere bırakmıştır. ACT Havayolları B747-400'leri uçuran tek Türk operatörüdür. 2007'den beri IOSA sertifikasına sahip olarak yük iletilicileri, doğrudan göndericileri ve havayolları dahil olmak üzere müşterilerine ACMI ve Ad-Hoc Charter hizmetleri sağlamaktadır. Şirket, Ad- Hoc Charter ile birlikte önceden tahmin edilemeyen bir talebi karşılamak üzere mevcut programa eklenebilen uçuş hizmetini sağlamaktadır (ACT Airlines, 2023).

3.7. Türk Hava Kargo Taşımacılığında Mevcut Çevre Dostu Uygulamalar

Hava taşımacılığı şu anda iklim değişikliğine katkıda bulunan önde gelen faktörlerden biridir ve bunun başlıca nedeni uçak operasyonlarından kaynaklanan emisyonlarından kaynaklı etkileridir. Ancak ekonomik kalkınma, turizm ve küresel ticarete dayalı hava taşımacılığına olan talebin hızla artması göz önüne alındığında, uçak operasyonlarından kaynaklanan çevreye zarar veren gazların 2050 yılına kadar küresel sera gazı emisyonlarının önemli bir bölümünü oluşturması beklenmektedir (Ryley, 2012). Uçak operasyonları bir havalimanının ve yakın yerleşim yerlerinin hava kalitesini etkilerken, uçakların bir noktadan diğerine uçuşu sırasında doğrudan atmosfere salınan emisyonlar nedeniyle küresel anlamda iklim değişikliğine de neden olmaktadır. Bu etkileri en aza indirmek için havayolu veya hava kargo taşımacılığı yapmakta olan

işletmelerin çevreye yönelik uygulamaları arasında: Uygun uçuş rotası ve irtifa belirleme, donanımlı motor emisyon sertifikasyonu ve değerlemesi, emisyon ticareti uygulamaları, bireysel emisyon kotası ve vergilendirme, yolcu transferinde yardımcı güç ünitelerinin kullanımının azaltılması, uçak-motor ilişkisinde gürültü sınırı, gürültü azaltma önlemleri ve genel uçuş operasyon prosedürlerinde değerlendirmeler yer almaktadır (Ekici, Orhan, Gümüş, & Bahce, 2022).

Türkiye hem sektörel yatırımlar hem de ülkenin coğrafi konumu ticari havacılık sektörünün gelişimine katkıda bulunmaktadır. 2003 yılında 162 aktif uçak varken, 2024 yılında Türk havayolu sektöründe bu sayı 729'a ulaştı. 2003 yılında 529.205 olan uçuş sayısı 2021 yılında 1.461.577'ye ulaştı. 2003 yılında 34.443.000 yolcu taşınırken, 2021 yılında Türk havacılık şirketleri 214.232.985 yolcu taşıdı. Hava kargo taşımacılığında ise 2023 yılı sonunda iç hat yük trafiği 853.622 ton iken dış hat yük trafiği 3.357.885 tondur. Toplamda ise 4.211.507 ton yük taşınmıştır. Tüm sayısal verilere dayanarak hızla büyüyen Türk ticari havacılık sektörü de iklim krizi için belirli sorumluluklar taşımaktadır (SHGM, 2023).

Bununla birlikte Türk ticari havacılık sektörü Avrupa ve dünyada hızla büyümektedir ve bu nedenle iklim değişikliğiyle ilgili faaliyetleri önem arz etmektedir. SHGM, 2012-2024 yıllık raporları, genel olarak verimliliği artırmayı amaçlayan operasyonel uygulamaların, pazar odaklı yaklaşımlardan daha ön plana çıktığını göstermektedir. Örneğin; SHGM'nin 2013 Yıllık Raporu'nda uygulanan Yeşil Havalimanı Projesi, havalimanlarına Yeşil Havalimanı unvanını ve gerekli koşulları sağladıklarında bazı ücretlerde özel indirimler sağlamaktadır. Bu uygulama, sektörde çevre dostu uygulamaların yaygınlaştırılmasına önemli katkı sağlamıştır (SHGM, 2014). Bir diğer örnek ise SHGM'nin 2016 Faaliyet Raporu'nda ele alınan Hava Sahasının Esnek Kullanımı Projesi'dir. Bu proje, uçuş yollarını kısaltmayı, anında ek uçuş yolları oluşturmayı, yakıt ve zamandan tasarruf etmeyi, bakım maliyetlerini düşürmeyi, küresel ısınmanın ve çevre kirliliğinin etkisini azaltmayı ve ticari havacılık sektöründe verimliliği artırmayı amaçlamaktadır (SHGM, 2017). Diğer taraftan THY, hem yolcu hem de kargo taşımacılığında ortaya çıkacak çevresel etkileri en düşük seviyede tutmayı hedeflemektedir. Bu taahhüt doğrultusunda; Boeing 777F tipi uçağın Turkish Cargo filosuna dahil edilmesiyle, benzer kapasite ve menzile sahip eski nesil kargo uçaklarına

kıyasla %20 daha düşük emisyon, %20 daha düşük çevresel gürültü ve %15-%20 yakıt tasarrufu elde edilmiştir. THY'nin yakıt verimliliği konusunda yaptığı diğer çalışmalar; operasyonların optimizasyonu, yeni teknolojilere yatırım ve altyapının iyileştirilmesidir. Motor kapalı taksi-in, Azaltılmış Flap Kalkış ve Azaltılmış Flap İniş gibi prosedürler aracılığıyla maksimum verimliliği sağlamak için operasyonları optimize edilmektedir. Ayrıca THY, Çevre ve sera gazı konusunda farkındalık seviyesini artırmak için çevrimiçi eğitim içerikleri de oluşturmaktadır. Bu eğitim, çalışanların çalışma alanlarından kaynaklanan çevresel etkiler konusunda farkındalık seviyesini artırmak için hazırlanmaktadır (Daştan, 2024). MNG Hava Yolları ise karbon emisyon salınımını azaltmak için filo modernizasyonuna gitmiştir. Yükleme kapasitesini artırmak ve şirketin karbon ayak izini azaltmak için iki adet A330-300 uçağı satın alıp kargo uçağına dönüştürmek için yatırım yapmıştır (MNG Airlines, 2022).

3.8. Konu ile İlgili Önceki Çalışmalar

Çevreyi koruma ihtiyacına yönelik farkındalığın giderek artması ve düşük karbonlu ekonomilere geçiş süreci, dünya genelinde çevresel, sosyal ve politik baskıların yoğunlaşmasına neden olmuştur. Bu bağlamda, taşımacılık sektörü sera gazı emisyonlarına önemli ölçüde katkı sağlayarak sürdürülebilirlik performansını doğrudan etkileyen temel alanlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Nitekim sektör düzeyinde değerlendirildiğinde, ulaştırma kaynaklı emisyonların en belirgin artışı gösterdiği küresel ölçekte yaklaşık 240 Mt'lik bir yükseliş kaydedildiği görülmektedir (Agency, 2023, s. 19).

Bu gelişmeler doğrultusunda, taşımacılık sektörünün çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılması giderek daha kritik bir önem kazanmıştır. Öte yandan, karbon emisyonlarının taşıma modlarına göre önemli farklılıklar gösterdiği bilinmektedir. Bu noktada, hava taşımacılığının taşınan birim başına diğer taşıma türlerine kıyasla daha yüksek karbon emisyonu ürettiği yönünde literatürde yaygın bir görüş birliği bulunmaktadır (Zhou & Zhang, 2017). Ancak literatür genel olarak incelendiğinde, havayolu taşımacılığında karbon emisyon oranlarını ele alan çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen, havayolu sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik araştırmaların sınırlı kaldığı dikkat çekmektedir. Dahası, havacılık ve lojistik

sektörünün bir bileşimi olarak faaliyette bulunan hava kargo sektörünün karbondan arındırılması konusunun ise büyük ölçüde göz ardı edildiği anlaşılmaktadır.

3.8.1. Havacılık Sektöründe Karbondan Arındırma Üzerine Yapılan Araştırmalar

Blinge (2003) çalışmasında hava kargo sektöründeki CO₂ emisyonlarını azaltmak için maliyet etkin önlemler sunmaktadır. Çalışmada, bir İskandinav şehirden Güney Avrupa'daki başka bir şehre kadar olan kapıdan kapıya bir ulaşım zinciri ayrıntılı olarak incelenmektedir. Çalışmanın bulgularına göre CO₂ emisyon azaltımı için analiz edilen faktörler arasında yer alan hız ve irtifanın optimizasyonu, mal trafiği ve yük faktörünün iyileştirilmesi gerekmektedir. Howitt, Michael, Smith ve Rodger (2011) yaptıkları çalışmada, 2007 yılında Yeni Zelanda'nın uluslararası hava kargo ithalat ve ihracatlarından kaynaklanan yakılan yakıt miktarını ve bunun sonucunda ortaya çıkan CO₂ emisyonlarını hesaplamak için bir metodoloji önermektedir. Chao (2014) çalışmasında, hava kargo taşımacılığı sırasında uçuşun ayrı aşamalarındaki karbon emisyonlarını hesaplayan, uçak türüne ve uçuş rotasına göre ortaya çıkan karbon ayak izlerini inceleyen ve AB tarafından uygulanan karbon vergileri nedeniyle havayolları için ulaşım maliyetlerindeki artışları tahmin eden bir dizi model sunmaktadır. Baxter (2020) çalışmasında, dünyanın en büyük özel kargo havayollarından biri olan Cargolux International Airlines'ın karbon ayak izi ele alınmıştır. Çalışmada özellikle rota ağındaki genişleme ile yeni nesil Boeing 747-8 Freighter uçağının operasyonlara dahil edilmesinin karbon ayak izi üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur. Gerçekleştirilen vaka çalışması ile birlikte Cargolux'un 14 adet son teknoloji Boeing B747-8 kargo uçağından oluşan bir filoyu satın aldığı havayolunun filo planının, CO₂ emisyonlarında en önemli azalmalarla sonuçlandığını ortaya koymaktadır. Baxter (2021) yürüttüğü araştırmada, derinlemesine bir araçsal vaka çalışması araştırma tasarımı kullanmıştır. Bu araştırmada, dünya genelinde hava kargo taşımacılığı yapan havayollarının kargo operasyonlarını karbondan arındırmaya yönelik geliştirdiği ve uyguladığı çevresel önlemler ile stratejiler analiz edilmiştir. 2004-2021 yıllarını kapsayan analiz sonucunda dünyanın hava kargo taşıyıcıları tarafından benimsenen temel stratejilerinden birinin, sürdürülebilir havacılık yakıtlarının kullanımını olduğu tespit edilmiştir.

Pereira (2021) yapmış olduğu yüksek lisans tezinde 2050'ye havacılık sektörünün karbondan arındırılmasını araştırmıştır. İlgili çalışma sonucunda, önerilen hedeflere yalnızca yeni teknolojilerin uygulanması ve SAFların kullanımıyla ulaşılamayacağı elde edilmiştir. Ek olarak, geriye kalan diğer tüm emisyon azaltımlarının, IATA tarafından ortaya koyulan stratejilerin diğer üç ayağından gelmek zorunda kalacağı ortaya konulmuştur. Bununla birlikte çalışma, geliştirilen çevresel teknolojilerin ve sürdürülebilir havacılık yakıtlarının havacılık sektörünün karbondan arındırılmasına temel bir katkı sunduğunu göstermektedir. Baxter (2022) tarafından gerçekleştirilen vaka çalışması, Singapore Airlines'ın karbon ayak izinin iki temel kaynaktan oluştuğunu ortaya koymuştur. Buna göre, karbon ayak izi; yolcu ve hava kargo hizmetlerinin gerçekleştirilmesinden kaynaklanan doğrudan emisyonlar ile yer operasyonlarında kullanılan yer hizmetleri ekipman ve araçlarının neden olduğu CO₂ emisyonlarından meydana gelmektedir. Buna ek olarak, çalışmada CO₂ emisyonlarının en büyük kaynağının havayolunun yolcu hizmetleri faaliyetleri olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular doğrultusunda, havayolunun emisyonları azaltmak amacıyla uçak ağırlığının düşürülmesine ve yakıt verimliliğini artırmaya yönelik kapsamlı yakıt yönetimi uygulamalarına odaklandığı ifade edilmektedir. Tarr, Smith ve Rodger (2022) çalışmalarında ticari olarak hassas yakıt artışının Yeni Zelanda'ya özgü emisyon faktörlerini kısa mesafeli uçuşlar için ton km başına 0,81 kg CO₂ (t-km başına CO₂ ve uzun mesafeli uluslararası uçuşlar için t-km başına 0,79 kg CO₂ olarak hesaplamak için kullanıldığı bir vaka çalışması sunmaktadır. Sonuçlar, 2007 ile 2017 arasında Yeni Zelanda'ya hizmet veren uçak filosunun, oturma düzeni ve yoğunluğu gibi operasyonel faktörlerdeki değişiklikler nedeniyle ortalama olarak daha az verimli hale geldiğini göstermiştir. Tłoczyński, Martín-Rojas ve Czerepko (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, genç müşterilerin karbondan arındırma ve sürdürülebilir kalkınmaya yönelik algılarının anlaşılması ve LOT Polish Airlines'ın bu alandaki uygulamalarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmacılar, LOT Polish Airlines üzerine yürüttükleri vaka çalışması kapsamında 190 öğrenciden anket formu aracılığıyla veri toplamıştır. Bu doğrultuda, öğrencilerin havacılık sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik düzenlemelere verdikleri önem ile bu havayolunun yürüttüğü sürdürülebilirlik faaliyetlerine ilişkin algıları ölçülmüştür. Çalışma sonucunda, havayolunun sürdürülebilirliğe yönelik güçlü bağlılığına rağmen, bu faaliyetlerin öğrenciler tarafından

yeterince algılanmadığı tespit edilmiştir. Li ve Merkert (2023) tarafından yapılan çalışmada, havayolu sektöründe karbon raporlaması konusunda daha iyi bir anlayış; havayollarının bugün pratik ve ölçülebilir karbondan arındırmayı gerçekleştirmesine yardımcı olmak için tanımlanmış bir fırsat; ve incelemenin, giderek daha fazla karbon bilincine sahip bir çağda müşteriler ve diğer paydaşlarla etkileşimi sürdürmek için gelecekteki stratejileri geliştirmede sektörü nasıl destekleyebileceği yer almaktadır. Yapılan analizler sonucunda sektördeki yöneticilerden gelen geri bildirimlerin, bu fikirlerin uygulanmasının kolay olmayabileceğini ancak mümkün olabileceğini ve tüketici tercihlerinin daha büyük bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Davydenko ve Hilbers (2024) çalışmalarında iklim politikaları kapsamında, Hollanda havacılık sektörünün 2050 yılına kadar tamamen karbondan arındırılması mümkün müdür? Karbondan arındırmanın havacılık hizmetlerine olan talep için ne anlama gelecektir? Sürdürülebilir enerji taşıyıcılarına olan talep ne olacaktır? CO₂ içermeyen emisyonların iklimsel etkilerini azaltma kapsamı nedir? sorularına yanıt aramışlardır. Bulgular, yalnızca CO₂ içermeyen enerji taşıyıcılarına geçişin, ReFuelEU Havacılık yükümlülükleri kapsamındaki pazar gelişimine kıyasla 2050 yılında yolcu sayısında %15'lik bir azalmaya yol açacağını vurgulamaktadır. Ek olarak, Hollanda havacılık sektörü 2019'da 81 milyon yolcudan 2050'de 98 ila 138 milyona çıkacağı, ancak büyüme oranının 2019 öncesine göre önemli ölçüde düşük olacağı öngörülmüştür.

Tian, Liu, Ma ve Yang (2026) çalışmalarında, bir sinir ağı modeli kullanarak Çin'in SAF talebini (2025-2050) tahmin etmektedir. SAF ve karbon piyasası mekanizmalarını entegre eden bir CO₂ emisyon ve maliyet modeli geliştirip farklı senaryolar altında emisyon eğilimlerini ve maliyet değişikliklerini analiz etmiştir. Analizler sonucuna göre de SAF kullanımı, 2050 yılına kadar kümülatif CO₂ emisyonlarını 1,589 milyar ton azaltabilecektir. Müller, Plesch ve Scheelhaase (2026) çalışmalarında hava taşımacılığındaki mevcut marjinal azaltma maliyetlerini araştırmakta ve zaman içindeki öngörülen gelişimini analiz etmektedir. Sonuçlar ise bugün itibariyle, işletme maliyetlerinde tasarruf sağlamayan düşük karbonlu teknolojilere ve alternatif yakıtlara yapılan yatırımların çoğu durumda ekonomik olarak verimli olmadığını göstermektedir. Feng vd. (2026) tarafından yapılan çalışma, doğal-insan kaynaklı faktörlerin Çin'in 2019 yılındaki uluslararası havacılık karbon emisyonları üzerindeki etkileşim etkilerini nicelleştirmek ve 2030 için kalıpları ve eğilimleri tahmin etmek

amacıyla çok kaynaklı büyük veri, Geodetector ve çapraz sınıflandırılmış çok seviyeli modellemeyi entegre etmiştir. Sonuçlar, toplam havacılık karbon emisyonlarının 2019 yılında 16,36 Mt'ye ulaştığını ve emisyonların esas olarak Güneydoğu Asya, Doğu Asya ve Batı Avrupa'da yoğunlaştığını göstermiştir. Bu bulgu doğrultusunda araştırmacılar Çin'in daha aktif yeşil ve düşük karbonlu havacılık iş birlikleri kurması ve sürdürülebilir kalkınma için düşük karbonlu kalkınmayı teşvik etmek amacıyla uçuş rotalarını optimize etmesi gerektiğini vurgulamıştır. Kara vd. (2026) çalışmalarında, Avrupa ülkelerin sürdürülebilir hava taşımacılığı performansını ölçmeyi ve sıralamak için kapsamlı ve bütünleştirici bir çerçeve geliştirmeyi amaçlamaktadır. Sonuçlar, değerlendirilen ülkeler arasında Almanya'nın en yüksek, Kıbrıs'ın ise en düşük sürdürülebilir hava taşımacılığı performansına sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca "Uçakların yaşına göre ticari uçak filosu" kriterinin, sürdürülebilir hava taşımacılığı performans göstergeleri arasında en yüksek öneme sahip olduğu belirlenmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, söz konusu çalışmalar hava kargo ve havayolu taşımacılığında karbon emisyonlarının çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu ve hem operasyonel hem de stratejik düzeyde ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle hız ve irtifa optimizasyonu, yük faktörü iyileştirmeleri ve filo modernizasyonu gibi operasyonel unsurların kısa vadede emisyon azaltımında etkili olduğu; buna karşılık sürdürülebilir havacılık yakıtları (SAF), yeni teknolojiler ve karbon piyasası mekanizmalarının uzun vadeli karbondan arındırma sürecinde kritik rol oynadığı anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, yalnızca teknolojik dönüşümün yeterli olmadığı, politika düzenlemeleri, maliyet yapıları ve tüketici davranışlarının da süreci doğrudan etkilediği vurgulanmaktadır. Ayrıca literatür, havayollarının sürdürülebilirlik çabalarına rağmen bu çalışmaların paydaşlar tarafından her zaman yeterince fark edilmediğini ve ekonomik koşullar ile çevresel hedefler arasında bir denge kurulması gerektiğini göstermektedir. Sonuç olarak, hava taşımacılığının karbondan arındırılması; operasyonel verimlilik, teknolojik yenilik, politika desteği ve paydaş farkındalığının birlikte ele alındığı bütüncül bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır.

3.8.2. Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Alanında Karbondan Arındırma Üzerine Yapılan Araştırmalar

Miklautsch ve Woschank (2022) yapmış oldukları çalışmada uzman görüşlerini kullanarak, yöneticilere ve kuruluşlara taşımacılığın ve endüstriyel lojistiğin karbondan arındırılmasını etkileyen faktörler hakkında görüşler sunmaktadır. Bu faktörlerin karşılıklı ilişkilerini haritalamış ve aralarındaki karmaşık bağımlılıkları görselleştirerek faktörler ve kolaylaştırıcı karşılıklı ilişkiler oluşturmuşlardır. Ghisolf, Tavasszy, Correia, Chaves ve Ribeiro (2022) çalışmalarında 50 çalışmayı karbondan arındırma stratejilerine, bunları desteklemek için gereken dış faktörlere ve simüle edilmiş politika araçlarına göre kategorilere ayırmıştır. Sonuçlar, hiçbir modelin sınırlı bir strateji kombinasyonunu ele alarak sistemin geniş bir görünümünü sunmadığını göstermektedir. En önemlisi, sistem dinamikleri modelleri zamana bağlı davranışın nasıl belirlendiğini açıklığa kavuşturmamaktadır; bu da politikanın aciliyetini ve etkilerini anlamak için kritik olabilecek önemli bir araştırma boşluğuna işaret etmektedir.

Royo, Val ve Ciprés (2023) çalışmalarında lojistik sektörü uygulayıcılarını ve lojistik uzmanlarını içeren, lojistik ve tedarik zinciri yönetimini karbondan arındırma konusunda bütünsel bir eğitim programına yönelik ilk yaklaşımı oluşturan metodolojiyi sunmaktadır. Bu yaklaşım, sürekli iyileştirmeye dayalıdır ve lojistik sektörünün ihtiyaçlarını ve uzmanlardan gelen güncellemeleri içermektedir. Samet, Köhler ve Horak (2023) çalışmalarında, blok zinciri teknolojisinin benimsenmesinin kentsel lojistikteki karbondan arındırma hedefleri üzerindeki etkisini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Mevcut stratejik değerlendirme araçları; sürdürülebilir kentsel lojistik, akıllı şehir paradigması ve lojistik sektörünün karbondan arındırılmasında blok zinciri teknolojisi için literatürü incelemiştir. Neagoe, Hvolby, Turner, Steger-Jensen ve Svensson (2024) tarafından yapılan çalışmada karayolu yük lojistiğini karbondan arındırma zorlukları için entegre bir çerçeve sunmuştur. Sunulan bu çerçeve, öncelikle alternatif yakıtlar aracılığıyla karbondan arındırmaya odaklanmakta ve sosyo-tekniik, ekonomik ve çevresel perspektiflerden üç zorluk kategorisini analiz etmektedir. Bu araştırma, lojistik sektörünü karbondan arındırmanın zorluklarını ele almak için gelecekteki araştırmaları yönlendirmeye yardımcı olacak bir çerçeve sağlayarak bilgi birikimine de katkıda bulunmaktadır. Jiang, He, Mubarik ve Shi (2024) tarafından yapılan çalışmada tedarik

zincirinde karbon emisyonlarını azaltmada dijitalleşmenin rolünü araştırmaktadır. Ayrıca, tedarik zinciri dijitalleşmesi ve tedarik zinciri karbondan arındırma çabaları arasındaki ilişkide aracı olarak tedarik zinciri haritalamasının rolünü inceleyerek, teknolojinin çevresel sürdürülebilirliği nasıl destekleyebileceğine dair yeni bir bakış açısı sunmaktadır. Çalışma sonucunda tedarik zinciri haritalamasının, dijitalleşmenin karbondan arındırma üzerindeki olumlu etkisini gösterdiği kritik bir mekanizma olduğunu ortaya koymaktadır.

Toniolo, Russo, Ren ve Moktadir (2025) çalışmalarında son kilometre lojistiğinin karbondan arındırılmasının ne anlama geldiğini tanımlamak ve emisyonları azaltmak için en sık önerilen uygulamaları belirlemek amacıyla sistematik bir literatür taraması yapmaktadır. Bütünleyici bir analitik bakış açısı olarak yaşam döngüsü düşüncesinden yola çıkan analiz, bu uygulamaların karbon emisyonlarını azaltırken, tedarik zinciri aşamaları arasında yüklerin kayması yoluyla istenmeyen sosyo-ekolojik etkiler de yaratabileceğini ortaya koymaktadır. Mrad, Frikha, Boujelbene ve Rahmouni (2026) bu çalışmada yapay zekâ ve robotik teknolojilerinin tedarik zinciri operasyonlarında karbon emisyon azaltımını nasıl desteklediğini incelemektedir. Araştırma sonucunda yapay zeka odaklı optimizasyonun rota verimliliğini, yük konsolidasyonunu ve çok modlu koordinasyonu artırarak taşıma emisyonlarını sürekli olarak azalttığı görülmüştür. Robotik sistemler, depolamada enerji verimliliğini ve hassasiyetini eş zamanlı olarak artırarak önemli dolaylı emisyon azaltımları sağlamaktadır.

Lojistik ve tedarik zincirinin karbondan arındırılmasına yönelik çalışmalar, karbon azaltımında etkili faktörlerin yalnızca operasyonel iyileştirmelerle sınırlı olmadığını; aynı zamanda teknolojik yenilikler, dijitalleşme, alternatif yakıtlar ve politika araçları ile desteklenmesi gerektiğini göstermektedir. Öte yandan, eğitim, farkındalık ve paydaş katılımının karbondan arındırma sürecinde kritik rol oynadığı; blok zinciri, yapay zekâ ve robotik gibi teknolojilerin ise emisyon azaltımında önemli katkılar sunduğu anlaşılmaktadır. Ancak bu teknolojilerin ve uygulamaların her zaman yalnızca olumlu sonuçlar doğurmadığı, bazı durumlarda sosyo-ekolojik açıdan yeni dengesizlikler yaratabileceği de vurgulanmaktadır. Sonuç olarak, lojistik sektöründe sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için teknolojik, yönetsel ve sistemsal yaklaşımların birlikte ele alındığı bütüncül bir dönüşüm gerekmektedir.

3.8.3. Türk Sivil Hava Taşımacılığını Karbondan Arındırma Üzerine Yapılan Araştırmalar

3.8.3.1. Havayolu Yolcu Taşımacılığını Karbondan Arındırma Üzerine Yapılan Araştırmalar

Türkiye’de havacılık sektörünün karbondan arındırılması ile ilgili oldukça sınırlı sayıda çalışma söz konusudur ve varolan çalışmalar konuyu genel hatlarıyla ele almaktadır. Gürçam (2022) tarafından yapılan çalışmada küresel ve Türk ticari havacılık sektörlerinin iklim kriziyle mücadelesini ele alınmaktadır. Sonuç olarak, hem uluslararası hem de yerel ticari havacılık sektörleri iklim kriziyle mücadelede gerçekçi olmayan bir tutum izlenmekte ve hala gidilecek çok yol olduğu tespit edilmiştir. Haksevenler, Temel ve Topal (2023) yapmış oldukları çalışmada Türk sivil havacılığının geliştirilmesinde sürdürülebilirlik tartışmalarının mevcut durumunu ve küresel sürdürülebilir havacılık politikalarıyla uyumunu belirlemeyi amaçlamaktadır. Araştırma verileri, belge analizi ve kilit uzman görüşmeleri yoluyla toplanmıştır. Belge analiziyle sürdürülebilir havacılık hakkındaki raporları incelenmiş ve AirFrance-KLM ile Türk Hava Yolları'nın iki örneğini karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, Türk sivil havacılık sektörünün uluslararası standartları yakalama konusunda istekli olduğunu ve en son teknolojilere ayak uydurmada başarılı olduğunu göstermektedir. Özel sektör, küresel rekabeti hedefleyerek sektöre öncülük etmektedir. Mevcut eksiklikler mevzuattan, teşviklerden, yükümlülüklerden, kaynaklardan ve çevresel farkındalıktan kaynaklanmaktadır. Akca vd. (2026); Türkiye sivil havacılık sektöründeki üst düzey yöneticilerin bakış açılarıyla sürdürülebilir havacılığın çevresel ve ekonomik dinamiklerini araştırmaktadır. Araştırmada havayolları, havaalanları ve havacılık otoritelerinden on yöneticiyle yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelere dayalı nitel bir metodoloji kullanılmaktadır. Çalışmada, 2050 yılına kadar havacılıkta net sıfır emisyon hedefine ulaşmak için teknolojik yenilik, politika teşvikleri ve paydaş katılımını dengeleyen bütünleşik bir yaklaşımı gerektirdiği sonucuna varılmıştır.

Türkiye’de havacılık sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik çalışmaların sınırlı olduğu ve mevcut araştırmaların konuyu daha çok genel çerçevede ele aldığı görülmektedir. İncelenen çalışmalar, Türk havacılık sektörünün iklim kriziyle mücadelede henüz istenen seviyede olmadığını ve önemli gelişim alanlarının

bulduğunu ortaya koyarken, aynı zamanda sektörün uluslararası standartlara uyum sağlama ve teknolojik gelişmeleri takip etme konusunda önemli bir potansiyel taşıdığını da göstermektedir. Bununla birlikte, sürdürülebilirlik sürecindeki eksikliklerin büyük ölçüde mevzuat, teşvik mekanizmaları, kaynak yetersizlikleri ve çevresel farkındalık eksikliği gibi yapısal faktörlerden kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Ayrıca, 2050 net sıfır emisyon hedefine ulaşılabilmesi için yalnızca teknolojik gelişmelerin yeterli olmayacağı, bunun yanında politika destekleri, paydaş katılımı ve bütünleşik stratejilerin birlikte ele alınması gerektiği dikkat çekmektedir.

3.8.3.2. Hava Kargo Taşımacılığını Karbondan Arındırma Üzerine Yapılan Araştırmalar

Literatürde Türk havacılık sektörünün karbondan arındırılmasına dair az sayıda çalışma bulunmakta iken hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasını araştıran Öçal (2022) ve Macit (2024) tarafından yapılan çalışmalar dışında bir çalışmaya rastlanmamıştır. Öçal (2022) tarafından çalışmada, benimsenen bir metodolojik yaklaşım aracılığıyla hava kargo operasyonlarından kaynaklanan hava kirleticilerinin önleme maliyeti hesaplanmıştır. Çalışmanın sonunda her hava kirletici emisyonunun çevresel maliyeti, havaalanındaki uçuş operasyonlarının yıllık çevresel maliyeti ve birim yük başına yıllık çevresel maliyet hesaplanmış ve yıllık değişim açısından karşılaştırılmıştır. Macit (2024) çalışmasında hava kargo şirketlerinde sürdürülebilirlik yönetimi ve verimlilik kavramlarını incelemektedir. Özellikle Turkish Cargo'nun 2018-2023 yılları arasında yürüttüğü sürdürülebilirlik odaklı faaliyetlerin operasyonel verimliliğe olan etkileri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda THY'nin 2018-2023 yılları arasında yayınladığı genel raporlardan Turkish Cargo'nun sürdürülebilir yönetim politikalarından kargo verilerini çıkararak şirketin öncelikli olarak sürdürülebilir büyüme, çevresel sürdürülebilirlik, sosyal sürdürülebilirlik ve verimliliğe odaklandığını tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, Türk havacılık sektöründe özellikle hava kargo alanında karbondan arındırmaya yönelik akademik çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Mevcut çalışmalar, emisyonların çevresel maliyetlerinin hesaplanması ve sürdürülebilirlik uygulamalarının operasyonel verimlilik üzerindeki etkilerine odaklanarak önemli katkılar sunmaktadır. Bununla birlikte, sektörde sürdürülebilirlik uygulamalarının hem çevresel

hem de ekonomik boyutlarıyla daha kapsamlı şekilde ele alınmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum, Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik daha fazla araştırmaya duyulan gerekliliği ortaya koymakta ve gelecekte yapılacak araştırmalar için önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır. Tarama sonucunda literatürden ulaşılan çalışmaların özeti Tablo 3.3.'te aşağıdaki şekilde sunulmuştur.

Tablo 3.3: Havacılık Sektörünün Karbondan Arındırılmasına Yönelik Yapılan Çalışmalar

Yazar(lar)	Yıl	Araştırmanın Amacı	Yöntem	Temel Bulgular
Blinge	2003	Hava kargoda CO ₂ emisyonlarını azaltmaya yönelik maliyet etkin önlemleri belirlemek	Vaka analizi	Hız ve irtifa optimizasyonu, yük faktörü artırımı ve trafik düzenlemeleri emisyon azaltımında etkilidir.
Howitt, Smith, Rodger	2011	Hava kargo kaynaklı yakıt tüketimi ve CO ₂ emisyonlarını hesaplamak	Metodoloji geliştirme (Yeni Zelanda örneği)	Hava kargo ithalat-ihracat emisyonları; yakıt tüketimi, uçak hareketleri ve yolcu/kargo kütlesi verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Emisyon faktörleri kısa mesafede 0,82 kg CO ₂ /t-km, uzun mesafede ise 0,69 kg CO ₂ /t-km olarak belirlenmiştir.
Chao	2014	Uçuş aşamalarına göre karbon emisyonlarını modellemek	Modelleme (uçak türü ve rota bazlı analiz)	Karbon vergilerinin maliyetleri artırdığı ve rota/uçak tipine göre emisyonların değiştiği tespit edilmiştir.
Baxter, G. S.	2020	Cargolux'un karbon ayak izini analiz etmek	Vaka çalışması	Yeni nesil Boeing 747-8 kullanımı emisyonları önemli ölçüde azaltmıştır.
Baxter, G.	2021	Hava kargo şirketlerinin karbondan arındırma stratejilerini incelemek	Derinlemesine vaka analizi	SAF kullanımı temel strateji; elektrikli ve hidrojen uçaklar gelecekte önemlidir.
Pereira	2021	2050'ye kadar havacılığın karbondan arındırılmasını incelemek	Senaryo analizi	Sadece teknoloji ve SAF yeterli değil; çok boyutlu strateji gerekir.
Baxter	2022	Singapore Airlines'ın karbon ayak izini incelemek	Vaka analizi	Emisyonların büyük kısmı yolcu taşımacılığında kaynaklanmaktadır.
Tarr, Smith, Rodger	2022	Emisyon faktörlerini hesaplamak	Vaka çalışması (Yeni Zelanda)	Operasyonel değişiklikler verimliliği azaltmıştır.

Havacılık Sektöründe Karbondan Arındırma Üzerine Yapılan Araştırmalar

Tablo 3.3: Havacılık Sektörünün Karbondan Arındırılmasına Yönelik Yapılan Çalışmalar (Devamı)

	Yazar(lar)	Yıl	Araştırmanın Amacı	Yöntem	Temel Bulgular
	Łloczyński, Martín-Rojas, Czerepko	2023	Sürdürülebilirlik algısını analiz etmek	Anket + vaka çalışması	Gençlerin sürdürülebilirlik algısı düşük bulunmuştur.
	Li ve Merkert	2023	Karbon raporlaması ve stratejileri incelemek	Nitel analiz	Karbondan arındırma mümkündür ancak uygulama zorludur.
	Davydenko ve Hilbers	2024	Havacılığın tamamen karbondan arındırmanın etkilerini analiz etmek	Senaryo ve politika analizi	Karbondan arındırma, talebi azaltabilir (%15).
	Tian ve ark.	2026	SAF talebini ve emisyon etkisini tahmin etmek	Senaryo analizi	SAF ile 2050'ye kadar büyük emisyon azaltımı mümkündür.
	Müller, Plesch, Scheelhaase	2026	Marjinal azaltma maliyetlerini incelemek	Ekonomik analiz	Düşük karbon teknolojileri henüz ekonomik değildir.
	Feng ve ark.	2026	Havacılık emisyonlarını etkileyen faktörleri analiz etmek	Büyük veri + modelleme	Emisyonlar belirli bölgelerde yoğunlaşmaktadır.
	Kara ve ark.	2026	Ülkelerin sürdürülebilir havacılık performansını ölçmek	Çok kriterli karar verme tekniği	Uçak yaşı en önemli kriterdir.
Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Alanında Karbondan Arındırma Üzerine Yapılan Araştırmalar	Miklautsch ve Woschank	2022	Taşımacılık ve endüstriyel lojistikte karbondan arındırmayı etkileyen faktörleri belirlemek	Uzman görüşmeleri ve ilişki haritalama	Faktörler arası karmaşık bağımlılıklar ve kolaylaştırıcı ilişkiler ortaya konmuştur.
	Ghisolf, Tavasszy, Correia, Chaves, Ribeiro	2022	Karbondan arındırma stratejilerini ve politika araçlarını sınıflandırmak	Sistemik literatür taraması (50 çalışma)	Mevcut modellerin sistemin bütününe kapsamadığı ve zaman dinamiklerini yeterince açıklamadığı belirlenmiştir.
	Royo, Val, Ciprés	2023	Lojistikte karbondan arındırmaya yönelik eğitim metodolojisi geliştirmek	Metodoloji geliştirme	Sürekli iyileştirme temelli bütünsel eğitim yaklaşımı önerilmiştir.
	Samet, Köhler, Horak	2023	Blok zincirinin kentsel lojistikte karbondan arındırmaya etkisini incelemek	Literatür incelemesi	Blok zinciri, şeffaflık ve verimlilik yoluyla karbondan arındırmayı destekleyebilir.
	Neaogoe, Hvolby, Turner, Steger-Jensen, Svensson	2024	Karayolu yük lojistiğinde karbondan arındırmanın zorluklarını analiz etmek	Kavramsal çerçeve geliştirme	Sosyo-tekni, ekonomik ve çevresel zorluklar belirlenmiştir.

Tablo 3.3: Havacılık Sektörünün Karbondan Arındırılmasına Yönelik Yapılan Çalışmalar (Devamı)

	Yazar(lar)	Yıl	Araştırmanın Amacı	Yöntem	Temel Bulgular
Türk Hava yolu Taşımacılığını Karbondan Arındırma Üzerine Yapılan Araştırmalar	Gürçam	2022	Küresel ve Türk ticari havacılık sektörlerinin iklim kriziyle mücadelesini incelemek	Literatür incelemesi ve karşılaştırmalı analiz	Hem küresel hem de Türk havacılık sektörünün iklim kriziyle mücadelede yeterince gerçekçi olmayan bir yaklaşım benimsediği ve ilerleme için önemli bir yol olduğu tespit edilmiştir.
	Haksevenler, Temel ve Topal	2023	Türk sivil havacılığında sürdürülebilirlik tartışmalarının mevcut durumunu ve küresel politikalarla uyumunu analiz etmek	Belge analizi ve uzman görüşmeleri; Air France-KLM ve THY karşılaştırması	Türk sivil havacılığının uluslararası standartlara uyum sağlama konusunda istekli olduğu; özel sektörün öncü rol üstlendiği; eksikliklerin mevzuat, teşvik ve farkındalık kaynaklı olduğu belirlenmiştir.
	Akca ve ark.	2026	Türkiye sivil havacılık sektöründe sürdürülebilirliğin çevresel ve ekonomik boyutlarını yönetici perspektifiyle incelemek	Nitel araştırma (yarı yapılandırılmış görüşmeler, 10 üst düzey yönetici)	2050 net sıfır hedefi için teknoloji, politika teşvikleri ve paydaş iş birliğinin birlikte yürütülmesi gerektiği ortaya konmuştur.
Türk Hava Kargo Taşımacılığını Karbondan Arındırma Üzerine Yapılan	Öçal	2022	Hava kargo operasyonlarından kaynaklanan hava kirleticilerin çevresel maliyetini belirlemek	Metodolojimo delleme ve maliyet analizi	Hava kirleticilere ait çevresel maliyetler, yıllık toplam maliyet ve birim yük başına maliyet hesaplanmış; yıllık değişimler karşılaştırılmıştır.
	Macit	2024	Hava kargo şirketlerinde sürdürülebilirlik yönetimi ve verimlilik ilişkisini incelemek	Doküman analizi (THY ve Turkish Cargo raporları, 2018–2023)	Turkish Cargo'nun sürdürülebilir büyüme, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik ile verimliliğe odaklandığı belirlenmiştir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

YÖNTEM

4.1. Araştırma Modeli

Bu araştırma, Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik mevcut durumunun analizi, potansiyel stratejilerin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi amacıyla tasarlanmıştır. Bu amaçla, Türk hava kargo sektörünün mevcut durumuna yönelik SWOT analizi unsurları ve uygulanabilecek stratejiler, çok kriterli karar verme yöntemleri aracılığıyla değerlendirilmiştir. Çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV), seçim sürecinde birden fazla kriteri göz önünde bulundurarak en iyi alternatifi belirlemeyi amaçlayan ana karar verme yöntemleridir. ÇKKV, finans alanından mühendislik tasarımına kadar farklı alanlarda uygulanabilen çok sayıda araç ve yöntem sahiptir (Taherdoost & Madanchian, 2023). Araştırmada subjektif çok kriterli ağırlıklandırma tekniği olarak BWM ve çok kriterli sıralama yöntemi olarak bulanık VIKOR bir arada kullanılarak sektörel analiz derinleştirilmiş ve karar destek sistemine dayalı bilimsel stratejiler geliştirilmiştir.

SWOT analizinin kolaylığına rağmen öznel olması bu analizin en önemli eksikliğidir (Demir & Atanur, 2019; Popović, vd., 2021). Bu analizde başarılı karar alabilmek için nesnel verilere ihtiyaç bulunmaktadır (Demir, Esbah, & Akgün, 2016). SWOT analizinin bu yetersizliğini aşmak için birçok araştırmacı ÇKKV yöntemlerini tercih etmektedir (Demir, Esbah, & Akgün, 2016; Ajmera, 2017; Işık & Demir, 2017; Popović, vd., 2021). Bu çalışmada ise subjektif çok kriterli ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olan BWM, SWOT bileşenlerinin önem düzeylerini niceliksel olarak belirlemek için kullanılmıştır. Ayrıca birçok ağırlıklandırma amaçlı kullanılan subjektif ÇKKV yöntemine kıyasla daha etkili ve gerçekçi olan, daha yüksek güven aralığına sahip,

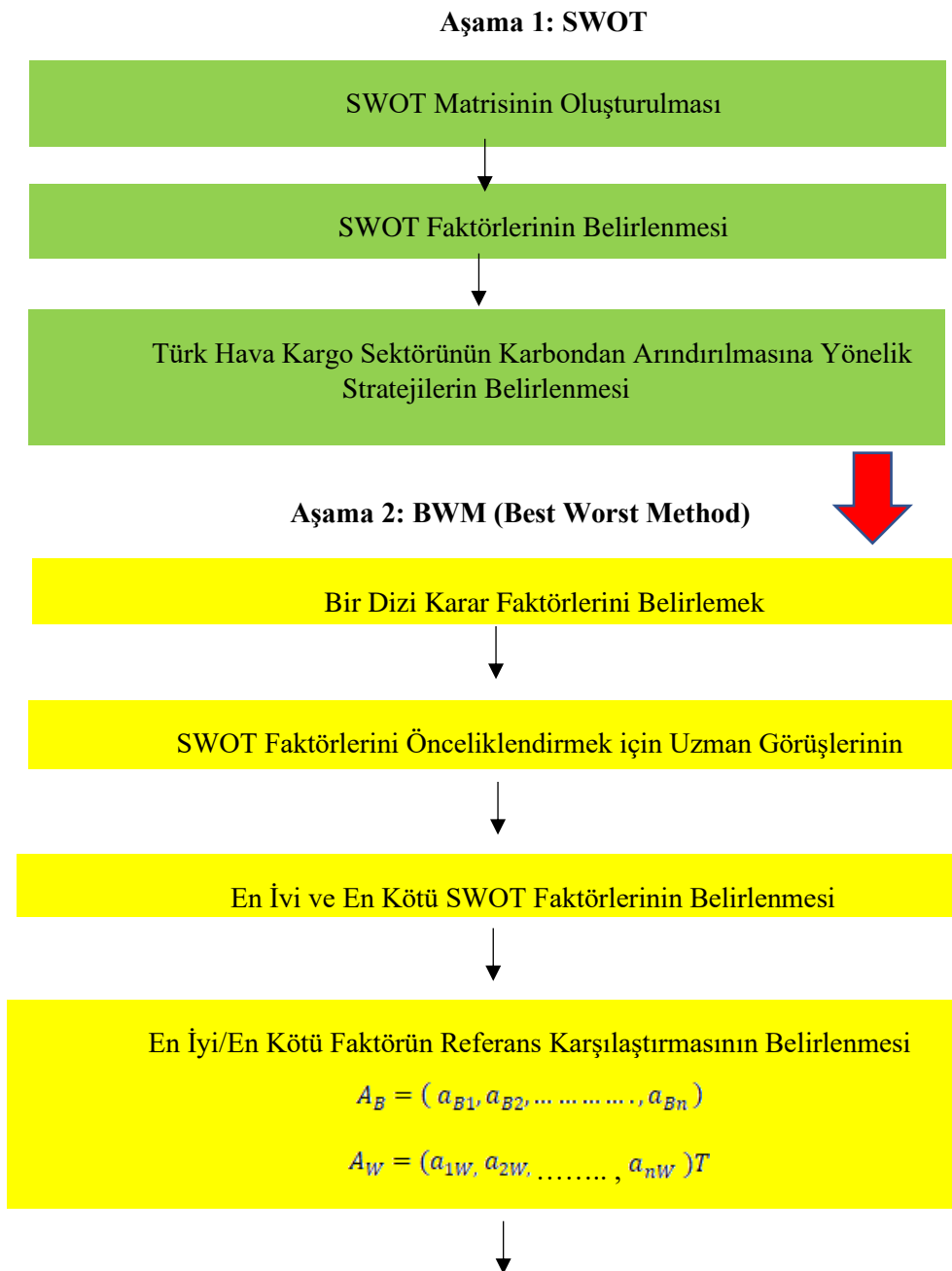
uygulanması daha kolay, daha hızlı sonuç veren BWM yöntemi, SWOT analiziyle bütünleştirilmiştir (Tajer & Demir, 2022). BWM yöntemi, alternatif sayısı büyük olduğunda gereken karşılaştırma matrislerinin sayısını azaltmaktadır.

Araştırmanın ikinci aşamasında, SWOT analizine dayalı olarak geliştirilen stratejilerin değerlendirilmesinde kullanılacak faktörlerin göreceli önem dereceleri En İyi-En Kötü Yöntemi aracılığıyla belirlenmiştir. BWM; etkili ve sezgisel, çiftler arası karşılaştırmalar kullanıldığında daha iyi performans gösteren ve karar analizini “en iyi” ve “en kötü” faktörlerin karşılaştırılmasına dayandıran modern çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir (Li & Fei, 2025). Bu çalışmada BWM yöntemiyle, strateji değerlendirmesinde kullanılacak faktörler, uzman görüşlerine dayalı olarak ağırlıklandırılmış ve karar sürecine sayısal bir temel kazandırılmıştır. Araştırmada, stratejilerin değerlendirilmesi aşamasında ise çok kriterli sıralama yöntemlerinden bulanık VIKOR kullanılmıştır. Bulanık VIKOR, ideal çözüme en yakın çözümü sunmakta ayrıca, VIKOR “çoğunluğun” maksimum grup faydasını ve “rakip”in minimum bireysel pişmanlığını sağlamaktadır (Tanaji & Roychowdhury, 2024). Bu çalışmada, yukarıda bahsedilen sebeplerden dolayı Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılması konusunda sektörün güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatları ve tehditlerine ait faktörlerin ve sektörde uygulanabilecek potansiyel stratejilerin önceliklendirilmesi için SWOT temelli ÇKKV yöntemleri (BWM-Bulanık VIKOR) uygulanmıştır.

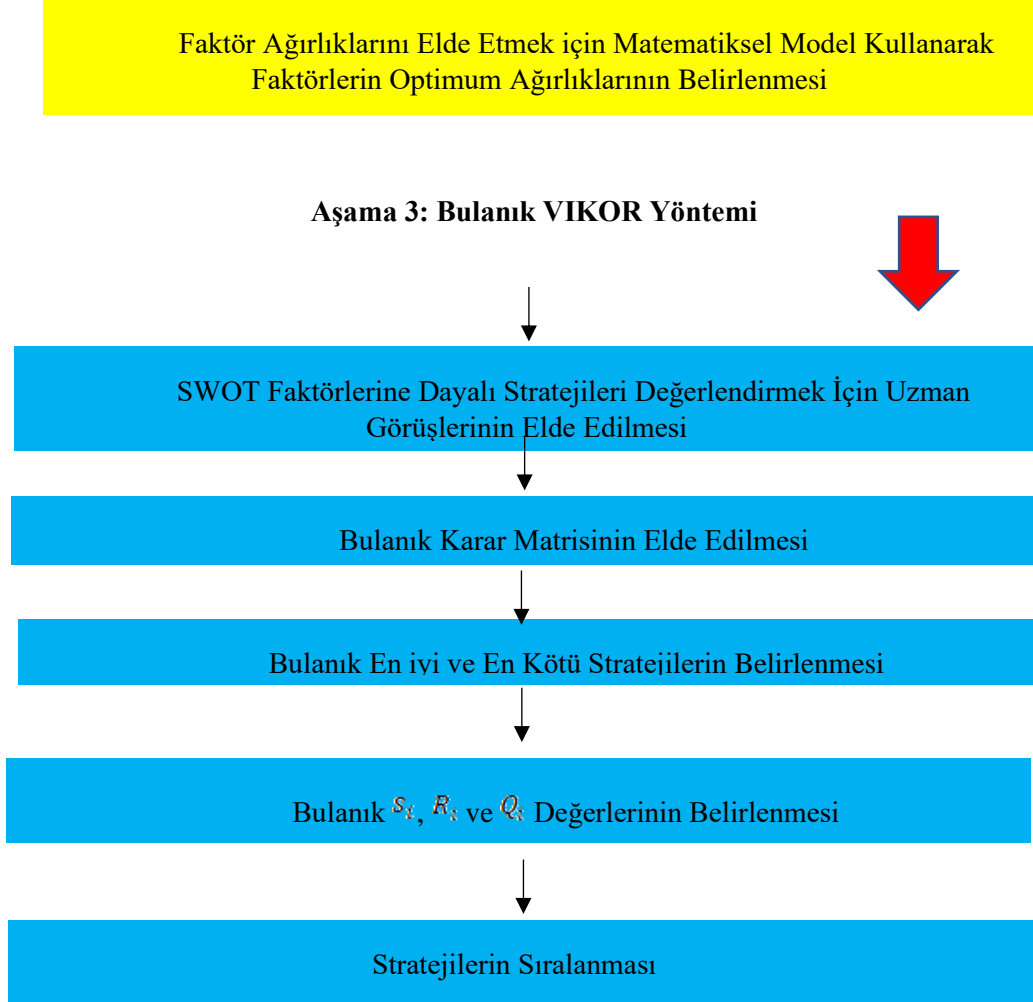
Araştırmanın üçüncü ve son aşamasında, geliştirilen potansiyel stratejiler Bulanık VIKOR yöntemi ile değerlendirilmiş ve önceliklendirilmiştir. VIKOR, çok kriterli karar verme problemlerinde uzlaşma çözümüne odaklanan ve hem grup yararını (maksimum fayda) hem de bireysel pişmanlığı (minimum kayıp) dikkate alan bir yöntemdir (Liang, Chen, Ye, Lin, & Li, 2021). Uzmanlar tarafından stratejilere verilen nitel değerlendirmeler, trapezoidal bulanık sayılar aracılığıyla modellenmiş ve bulanık VIKOR süreciyle stratejilerin nihai sıralaması elde edilmiştir. Bulanık sayılar, birçok önemli teorik ve pratik değerlendirmede önemli bir rol oynayan gerçek doğrunun bulanık kümelerinin alt sınıfıdır. Bulanık sayıların sıralanması, belirsizlikleri ve kesin olmayan bilgileri içeren problemleri çözmede çok önemlidir. Özellikle, trapezoidal bulanık sayılar bir verinin belirsizliğini tanımlamada daha etkilidir (Ponnialagan, Selvaraj, & Velu, 2018). Trapezoidal bulanık sayılar; Sezgisel, tip-2, Pisagor ve küresel gibi yeni

geliştirilen uzantılardan farklı ve eskidir. Uygulama alanı kalıcı ve birçok gerçek dünya problemine uygulanmaktadır (Gul, Yucesan, & Ak, 2022). Araştırmada kullanılan modelin özgünlüğü, klasik SWOT analizini modern karar verme yöntemleriyle (BWM + Bulanık VIKOR) entegre ederek yalnızca betimleyici değil, aynı zamanda karar vericilere yön gösterici nitelikte bir karar destek mekanizması geliştirilmesidir. Bu yapı, hem akademik literatüre katkı sağlamayı hem de sektördeki politika yapıcılar ve yöneticilere bilimsel temelli öneriler sunmayı hedeflemektedir.

Şekil 4.1: Önerilen Metodolojinin Adımları



Şekil 4.2: Önerilen Metodolojinin Adımları (Devamı)



4.1.1. BestWorst Method (BWM)

BWM, 2015 yılında Dr. Jafar Rezaei tarafından önerilen çok kriterli karar verme yöntemidir. Bu teknik, çeşitli karar kriterlerine göre alternatifleri değerlendirmektedir. BWM, karar kriterlerinin nispeten sistematik bir şekilde karşılaştırılmasına dayanmaktadır (Sharma, Kumar, & Kumar, 2021). Ana amaç, karar problemi üzerindeki etkilerinin kapsamını daha iyi anlamak için bir dizi kriter veya faktörün ağırlığını belirlemektir. Temel olarak, BWM özellikle karar vericilerin bilişsel yükünü azaltmak ve karar alma sürecinin titizliğini ve doğruluğunu artırmak için uygundur (Li & Fei, Exploring obstacles to the use of unmanned aerial vehicles in emergency rescue: A BWM-DEMATEL approach, 2025).

Son birkaç yılda BWM, optimum karar alma için güvenilir sonuçlar sağlayan bir model olarak MCDM alanında önemli bir sıralamaya sahip olmuştur. Rezaei (2015), öncelikle kriter çiftlerindeki çok sayıda karşılaştırmayla ilgili olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)'nin bazı eksikliklerini gidermek amacıyla geliştirilen BWM, kriterler arasında yalnızca $(2n - 3)$ karşılaştırma yapılmasını gerektirerek, ağırlık katsayılarının optimum değerlerinin daha az karşılaştırma ile elde edilmesini mümkün kılmaktadır. Karşılaştırma sayısının az olması, kriterlerin değerlendirilmesi sürecinde oluşabilecek tutarsızlıkların minimize edilmesine olanak tanımaktadır. AHP'den farklı olarak, BWM'de yalnızca en iyi kriterin diğer kriterlere göre üstünlükleri ile diğer kriterlerin en kötü kritere göre üstünlüklerini ifade eden referans karşılaştırmaları yapılmaktadır. Bu prosedür çok daha basit ve doğrudur ayrıca gereksiz (ikincil) karşılaştırmaları ortadan kaldırmaktadır (Pamuçcar, Ecer, Cirovic, & Arlasheedi, 2020). Bu bağlamda, karar vericilerin BWM'yi kullanmalarının en önemli nedenleri arasında; bu yöntemde belirtilen ağırlık katsayılarının daha verimli olması, kriterler için ağırlıkları hesaplamak üzere diğer ÇKKV teknikleriyle de sentezlenebiliyor olması ve tekniğin kullanımı sırasında oluşturulan çiftler halinde karşılaştırma sayısının az olması yer almaktadır (Forson, vd., 2024). Ayrıca BWM yaklaşımı; karar kriterlerini çiftler halinde karşılaştırırken yalnızca tam sayılar kullanması ve belirlenen ağırlık katsayılarının güvenilirliği benzer prosedürlerden daha yüksek olmasından dolayı tercih edilmektedir (Roshanravan, Kreuzer, & Buckingham, 2025).

BWM yöntemi farklı çalışma alanlarında kullanılmaktadır. Luo, Yang ve Qin (2024) petrol ve gaz sektöründe karar alma risklerini değerlendirmek amacıyla BWM yöntemi ile birlikte CRITIC-VIKOR yöntemleri uygulamıştır. Banihashemi, Khalilzadeh, Antucheviciene ve Edalatpanah (2023), inşaat sektöründe yeşil inşaat tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasındaki en önemli zorlukları ve engelleri tespit etmek için BWM uygulamıştır. Sheykhan, Boozary, GhorbanTanhaei, Pourmirza ve Rabiee (2024) BWM'yi otomotiv endüstrisinde müşteri sadakatini markaya çekebilmek adına ürünün algılanan değerine dayalı sürdürülebilir bir pazarlama stratejisinin belirlenmesi için kullanmıştır. Sağlık alanında ise BWM, Rajaei, Banihashemi ve Khalilzadeh (2023) İran'daki seçilmiş özel hastanelerde hemşirelik hizmeti tazminatını etkileyen faktörler için kullanılmıştır. (Mohammadi, Bidhendi, ve Aslani (2023) çalışmalarında enerji alanında enerji güvenliğini ve sürdürülebilir kalkınmayı etkileyen

zorlukları ve faktörleri belirlemiştir. Daha sonra, bu bilgiler bulanık BWM yöntemini kullanarak bu ülkelerdeki enerji güvenliğini ve sürdürülebilirliğini ölçmek için bir bileşik endeksin oluşturulmasında kullanılmıştır. Gıda sektöründe ise Khan, Kaushik, Kumar ve Khan (2023), gıda tedarik zincirlerinde blokzincir uygulamasına ilişkin engelleri belirlemeyi amaçlamış; kapsamlı bir literatür taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda 16 temel engel tespit edilmiştir. Bu engellerin önceliklendirilmesinde ise BWM kullanılmıştır. BWM aracılığıyla değerlendirme kriterlerine ait ağırlık katsayılarının belirlenmesi aşağıdaki adımları içermektedir (Rezaei, 2015):

Adım 1: Bir dizi karar kriteri belirlenir. Bu adımda, bir karara varmak için kullanılması gereken kriterler $\{c_1, c_2, c_3, \dots, c_n\}$ olarak ele alınır.

Adım 2: En iyi (örn. en arzu edilen, en önemli) ve en kötü (örn. en az arzu edilen, en önemsiz) kriterleri belirlenir. Bu adımda, karar verici genel olarak en iyi ve en kötü kriterleri belirler. Bu aşamada hiçbir karşılaştırma yapılmaz. Örneğin, belirli bir karar verici için c_2 ve c_5 sırasıyla en iyi ve en kötü kriterler olabilir.

Adım 3: 1 ile 9 arasında bir sayı kullanarak en iyi kriterin diğer tüm kriterlere göre tercihi belirlenir. Ortaya çıkan En İyi-Diğerleri vektörü şu şekilde olacaktır:

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$$

Burada a_{Bj} en iyi kriter B'nin kriter j'ye göre tercihinin gösterir. $a_{BB} = 1$ 'dir.

Adım 4: 1 ile 9 arasında bir sayı kullanarak tüm kriterlerin en kötü kritere göre tercihi belirlenir. Ortaya çıkan Diğerlerinden En Kötüye vektörü şu şekilde olacaktır:

$$A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T$$

Burada a_{jW} , kriter j'nin en kötü kriter W'ye göre tercih edildiğini gösterir. $a_{WW} = 1$ 'dir.

Adım 5: En uygun ağırlıkları bulunur. $(w_1^*, w_2^*, w_3^*, \dots, w_n^*)$ Kriterler için en uygun ağırlık, her bir kriter çifti için, w_B / w_j ve w_j / w_W , $w_B / w_j = a_{Bj}$ ve $w_j / w_W = a_{jW}$ elde edilir.

Tüm j için bu koşulları sağlayan, maksimum mutlak farkların $\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right|$ ve $\left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right|$ en aza indirildiği bir çözüm bulunur. Ağırlıklar için negatif olmama ve toplam koşulunu göz önünde bulundurarak, aşağıdaki problem ortaya çıkar:

$$\min \max_j \left\{ \left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| \right\}$$

$$\sum_j w_j = 1$$

$$\text{Tüm } j \text{ ler için } w_j \geq 0 \quad (5)$$

Adım (5) aşağıdaki adıma aktarılabilir:

$$\min \xi$$

$$\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq \xi \quad \text{tüm } j \text{ değerleri için}$$

$$\left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| \leq \xi \quad \text{tüm } j \text{ değerleri için}$$

$$\sum_j w_j = 1$$

$$\text{Tüm } j \text{ ler için } w_j \geq 0 \quad (6)$$

(6) adımını çözerken, optimum ağırlıklar $(w_1^*, w_2^*, w_3^*, \dots, w_n^*)$ ve ξ elde edilir.

Bazı karar alma problemlerinde, kriter j 'ye göre alternatif bir değer i 'ye sahip olunur (p_{ij}) . Ancak bazı karar alma problemlerinde, p_{ij} değerleri mevcut değildir. p_{ij} değerlerinin mevcut olmadığı durumlarda, yukarıda belirtilen prosedür alternatifler için de gerçekleştirilir (alternatifleri her bir kritere göre karşılaştırarak) p_{ij} 'yi (alternatif i 'nin kriter j 'ye göre ağırlığı) bulmak için kullanılır. Her durumda, alternatif i 'nin genel puanı basitçe $V_i = \sum_{j=1}^n w_j p_{ij}$ olarak hesaplanır. $V_i \forall_i$ değerleri sıralanarak en iyi alternatif belirlenir.

Bir sonraki bölümde, ξ^* kullanarak bir tutarlılık oranı bulunur. ξ^* ne kadar büyükse, tutarlılık oranının o kadar yüksek olduğu ve karşılaştırmaların o kadar az

güvenilir hale geldiği ortaya çıkmaktadır. Tutarlılık oranı sifira yaklaştıkça tutarlılık artar ve 1'e yaklaştıkça tutarlılık azalmaktadır.

Tablo 4.1: Tutarlılık Endeks Değerleri

<i>a_{BW}</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TE	0.00	0,44	1	1,63	2,3	3	3,73	4,47	5,23

Kaynak: (Rezaei, 2015)

Tutarlık Oranı:

Bir karşılaştırma, tüm j için $a_{Bj} \times a_{jW} = a_{BW}$ olduğunda tamamen tutarlıdır, burada a_{Bj}, a_{jW}, a_{BW} sırasıyla en iyi kriterin j kriterine tercihi, j kriterinin en kötü kritere tercihi ve en iyi kriterin en kötü kritere tercihidir. Ancak, bazı j 'lerin tamamen tutarlı olması mümkün değildir. Bu nedenle bir karşılaştırmanın ne kadar tutarlı olduğunu göstermek için bir tutarlılık oranı önerilmektedir. Bu amaçla, bir karşılaştırmanın minimum tutarlılığı aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

Daha önce belirtildiği gibi $a_{ij} \in \{1, \dots, a_{BW}\}$ burada a_{BW} 'nin en yüksek olası değeri 9'dur (veya karar verici tarafından belirlenen herhangi bir diğer maksimum değer). Tutarlılık, $a_{Bj} \times a_{jW}$ 'den düşük veya a_{BW} 'den yüksek olduğunda veya eşdeğer olarak $a_{Bj} \times a_{jW} \neq a_{BW}$ olduğunda azalır ve en yüksek eşitsizliğin, a_{BW} ve a_{jW} 'nin maksimum değere sahip olduğunda (a_{BW} 'ye eşit) ortaya çıkar, bu da ξ ile sonuçlanır. Ayrıca $(w_B / w_j) \times (w_j / w_W) = w_B / w_W$ olduğu ve a_{Bj} ve a_{jW} tarafından maksimum değer atanması sonucunda en yüksek eşitsizliğin verildiği bilinmektedir. ξ 'den a_{Bj} ve a_{jW} çıkarılıp a_{BW} 'ye eklenmesi gereken bir değerdir veya eşdeğer olarak:

$$(a_{Bj} - \xi) \times (a_{jW} - \xi) = (a_{BW} + \xi) \quad (7)$$

Minimum tutarlılık açısından $a_{Bj} = a_{jW} = a_{BW}$

$$(a_{BW} - \xi) \times (a_{BW} - \xi) = (a_{BW} + \xi) \rightarrow \xi^2 - 1 + 2a_{BW} \xi + a_{BW}^2 - a_{BW} = 0 \quad (8)$$

$a_{ij} \in (1,2,3 \dots 9)$ farklı değerleri için çözüm yaparak, mümkün olan maksimum ξ 'i bulunabilir. Bu maksimum değerleri tutarlılık endeksi olarak kullanılır. Daha sonra, ξ^* ve karşılık gelen tutarlılık endeksini kullanarak tutarlılık oranını aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Tutarlılık Oranı} = \frac{\xi^*}{\text{Tutarlılık Endeksi}} \quad (9)$$

4.1.2. Bulanık VIKOR Yöntemi

VIKOR, Sırpça bir isim olup, Opricovic tarafından 1998’de önerilen bir uzlaşma sıralama yöntemidir. Karmaşık sistemlerde çelişen kriterler durumunda bir dizi alternatif arasından bir seçeneği sıralamak ve seçmek için uygulanabilen ÇKKV yöntemlerinden biridir. VIKOR yöntemi, alternatiflerin ideal çözüme yakınlık düzeyini esas alarak çok kriterli bir sıralama endeksi oluşturmaktadır (Zarei, Ramavandi, Darabi, & Omidvar, 2024). VIKOR yönteminin diğer yöntemlere göre avantajlarından biri, avantaj oranı esasına dayanan bir uzlaşma çözümü sunmasıdır. Ayrıca, bu yöntemin çiftler arası karşılaştırmaları gerektirmemesi de önemli bir farktır (Dağ & Önder, 2013). 2007 yılında Opricovic tarafından önerilen Bulanık VIKOR yöntemi ise hem kriterlerin hem de ağırlıkların bulanık kümeler olabileceği bulanık bir ortamda problemi çözmektedir. Bulanık VIKOR, bir alternatifin ideal çözüme olan mesafesini temsil eden bulanık değerlerin toplanmasına dayanmaktadır (Opricovic, 2011). Belirsizlik içeren sorunlar için tasarlanmış Bulanık VIKOR tekniğinin kullanılması tavsiye edilmektedir (Kizielewicz & Bączkiewicz, 2021). Bu yöntemde amaç, hangi alternatiflerin en önemli olduğuna karar vermeyi kolaylaştırmak ve belirsiz bir ortamda en iyi seçenek ile ideal çözüm arasındaki farkı mümkün olduğunca küçük tutmaktır (Mahmudah, vd., 2024). Bazı alternatifler oldukça hassastır ve kesin yönetim politikaları gerektirmektedir. Çünkü sınıflandırmalarındaki küçük değişiklikler bile hem alternatifler hem de işletme için ciddi sonuçlara yol açabilmektedir. Bu amaçla bulanık VIKOR tekniği, diğer yöntemlere göre karar problemlerinde belirsizlik ve veri belirsizliğiyle başa çıkmak için daha uygundur (Kahraman, Onar, & Oztaysi, 2015; Zhou & Chen, 2023).

Literatürde bulanık VIKOR yöntemi farklı sektörlere yönelik çalışmalarda alternatiflerin sıralanması veya önceliklendirilmesi için kullanılmıştır. Hosseini, Paydar ve Hajiaghaei-Keshteli (2021) çalışmalarında ekoturizm alanındaki işletmelere yardımcı olmak için bazı pratik ve yararlı eylem planları geliştirmiştir. Tanımlanan eylem planlarına öncelik vermek için ise dört kriter dikkate alınmıştır. İlk olarak, dikkate alınan kriterlerin ağırlıkları Bulanık DEMATEL ile hesaplanmış ve ardından bunlar Bulanık VIKOR kullanılarak önceliklendirilmiştir. Dağıstanlı (2024) yapmış olduğu çalışmada savunma sanayisinde bulanık VIKOR yöntemini uygulamıştır. Uygulama için öncesinde

literatür taranmış ve 8 ayrı kriter belirlenmiştir. Bu kriterler 3 ayrı karar verici tarafından değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, IVIF ortamında bulanık VIKOR yöntemiyle gerçekleştirilen analizlerin literatürdeki bulgularla benzerlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Mahmudah vd. (2024) çalışmalarında sosyo-ekonomik faktörlere odaklanarak nükleer santraller için en uygun yeri belirlemek amacıyla iki ÇKKV yöntemi olan Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (Bulanık-AHP) ve Bulanık VIKOR'u kullanmaktadır. Bu çalışmanın sonuçları, Fuzzy-AHP ve Fuzzy VIKOR yöntemlerinin entegrasyonu ile kritik sosyo-ekonomik faktörleri önceliklendirdiğini ve potansiyel yerleri nicel olarak değerlendirdiğini ayrıca nükleer santral yer seçimi karar vermeyi desteklemek için sistematik ve nesnel bir yaklaşım sunduğunu göstermektedir. Lam, Lam, Jaaman ve Liew (2021) çalışmalarında, entegre bir Entropi-bulanık VIKOR modeli ile inşaat şirketlerinin finansal performansını değerlendirmek ve karşılaştırmak için bir ÇKKV modeli önermektedir. Önerilen model ile Malezya'daki listelenen inşaat şirketleri değerlendirilerek bir vaka çalışması yürütülmüştür. Wang, Nguyen, Dang ve Lu (2021), işletmelerin gün geçtikçe lojistik işlevlerini dış kaynak kullanarak yaptırabilmeleri için üçüncü taraf lojistik (3PL) sağlayıcıları aradığından, bu çalışma karar vericilere en verimli 3PL'leri değerlendirmek ve seçmek için bütünlük ve tutarlı bir model sunmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla, araştırmacılar ekonomik, hizmet seviyesi, çevresel, sosyal ve risk yönleriyle ilgili en etkili ve çelişkili kriterleri incelerken bulanık analitik hiyerarşi süreci (FAHP) ve bulanık VIKOR olan hibrit çok kriterli bir yöntemden yararlanmıştır. Kumar ve Barman (2021) çalışmalarında tedarikçilerin çevresel performansını değerlendirmek için bulanık tabanlı çok kriterli karar verme süreçlerini kullanmıştır. İlk olarak, tedarikçilerin çevresel performansını değerlendirmeye yönelik kriterler belirlenmiş; ardından bu kriterler ve tedarikçi alternatifleri, uzman görüşleri doğrultusunda nitel verilerle birleştirilerek bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemleriyle ideal çözüme yakınlıklarına göre sıralanmıştır. Ayrıca her alternatif için genel bir puan oluşturulmuştur. Hindistan'ın doğu kesiminde bulunan küçük ölçekli bir sünger demir ve çelik endüstrisinde bir vaka çalışması benimsenmiştir.

Literatürde bulanık VIKOR inşaat, lojistik, nükleer enerji gibi farklı alanlarda uygulanmış olmasına rağmen havacılık sektöründe sadece Büyüközkan, Havle ve Feyzioğlu (2021) çalışmasında rastlanılmıştır. Bu çalışmada, düşük maliyetli havayolu şirketleri için dijital yeterlilik değerlendirme modeli geliştirilmiş; on kriter ve otuz alt

kriterden oluşan modelin ağırlıkları IVIF AHP yöntemi ile hesaplanmıştır. Bulgular, en önemli boyutun dönüşüm ve uyarılama yönetimi olduğunu ortaya koyarken, en yetkin havayolu Bulanık VIKOR yöntemi ile belirlenmiştir. Modelin geçerliliği Türkiye’de gerçekleştirilen bir vaka çalışması ile doğrulanmış olup, havacılık sektöründe VIKOR uygulamalarının sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Gupta (2018) çalışmasında Hindistan’da havayolu endüstrisi için hizmet kalitesi niteliklerini belirlemeyi ve bunları önceliklendirmeyi amaçlamıştır. Kapsamlı literatür taraması yoluyla belirlenen hizmet kalitesi niteliklerini sıralamak ve önceliklendirmek için BWM ve bu niteliklere göre en iyi havayolunu sıralamak için VIKOR kullanmıştır. Hsu, Chang, Li ve Liou (2024) çalışmalarında afet müdahalesinin çeşitli aşamalarını dikkate alan bir havaalanı dayanıklılık modeli önermektedir. Çalışmada VIKOR yöntemi ise Tayvan’ın büyük uluslararası havalimanlarının dayanıklılık performansını değerlendirmek ve iyileştirme önerileri sunmak için uygulanmıştır. Shojaei, Haeri, ve Mohammadi (2018) ise çalışmalarında Taguchi Kayıp Fonksiyonu, BWM ve VIKOR tekniğinin bir entegrasyonunu kullanarak bir değerlendirme ve sıralama modeli önererek bu alana katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Önerilen model, karar vericilerin hangi ülkenin havalimanlarının sıralandığına bağlı olarak her kriter için farklı hedef değerler ve tüketici tolerans eşikleri belirlemesine ve ayrıca BWM kullanarak çiftler arası karşılaştırmaların miktarını azaltmasına olanak tanımaktadır.

Bulanık VIKOR yönteminin uygulanmasında aşağıdaki adımlar takip edilmektedir (Vinodh, Varadharajan, & Subramanian, 2013):

Adım 1: Karar alma sürecinin hedefleri belirlenir ve sorun tanımlanır. Karar alma, bilgi toplama ve karar hedeflerini karşılamak için en uygun alternatifi seçme sürecidir.

Adım 2: Karar alma grubu düzenlenir ve bir dizi ilgili niteliği tanımlanır. Kavram tasarımı seçimi, karar kriterlerinin tanımlanmasını gerektirir ve ardından kavramları sıralamak için değerlendirme ölçekleri oluşturulur.

Adım 3: Kriterlerin önem ağırlığı ve her kritere ilişkin alternatifler için bulanık derecelendirme için uygun dilsel değişkenler tanımlanır ve daha sonra bu dilsel değişkenler pozitif bulanık sayılar olarak ifade edilebilir.

Tablo 4.2: Karşılaştırmalarda Kullanılacak Dilsel Değerler ve Bulanık Sayı Karşılığı

Önem Sırası	Dilsel Değişken	Bulanık Sayı
1	Çok kötü	(0, 0, 1)
2	Kötü	(0, 1, 3)
3	Orta Kötü	(1, 3, 5)
4	Orta	(3, 5, 7)
5	Orta İyi	(5, 7, 9)
6	İyi	(7, 9, 10)
7	Çok iyi	(9, 9, 10)

Kaynak: (Yıldız & Deveci, 2013)

Adım 4: Karar vericilerin yargıları, kriterlerin toplam bulanık ağırlığını ve alternatiflerin toplam bulanık derecelendirmesini elde etmek için analiz edilir ve bulanık bir karar matris oluşturulur. k 'ncı karar vericinin bulanık derecelendirmesi ve önem ağırlığının $x_{ijk} \{x_{ijk1}, x_{ijk2}, x_{ijk3}, x_{ijk4}\}$ ve $w_{ijk} \{w_{ijk1}, w_{ijk2}, w_{ijk3}, w_{ijk4}\}$ olduğu varsayılır, burada $i = \{1, 2, \dots, m\}$ ve $j = \{1, 2, \dots, n\}$ 'dir. Dolayısıyla, her kritere göre alternatiflerin toplam bulanık derecelendirmeleri x_{ij} şu şekilde hesaplanabilir.

$$\begin{aligned}
 x_{ij} &= \{x_{ij1}, x_{ij2}, x_{ij3}, x_{ij4}\} \\
 x_{ij1} &= \min\{x_{ijk1}\} \\
 x_{ij2} &= \frac{1}{k} \sum x_{ijk2} \\
 x_{ij3} &= \frac{1}{k} \sum x_{ijk3} \\
 x_{ij4} &= \max\{x_{ijk4}\}
 \end{aligned} \tag{4}$$

Her kriterin toplam bulanık ağırlığı w_j şu şekilde hesaplanabilir:

$$\begin{aligned}
 w_j &= \{w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}\} \\
 w_{j1} &= \min\{w_{jk1}\}, \\
 w_{j2} &= \frac{1}{k} \sum w_{jk2} \\
 w_{j3} &= \frac{1}{k} \sum w_{jk3} \\
 w_{j4} &= \max\{w_{jk4}\},
 \end{aligned} \tag{5}$$

Adım 5: Bulanık karar matrisi oluşturulur ve her kriterin bulanık ağırlığı, COA bulanıklaştırma ilişkisi kullanılarak net değerlere dönüştürülür.

Adım 6: Tüm kriter derecelendirmelerinin en iyi $f^* j$ ve en kötü $f^- j$ değerlerini belirlenir.

$$\begin{aligned}
 j &= \{1, 2, \dots, n\} \\
 f^* j &= \max x_{ij} \\
 f^- j &= \min x_{ij}
 \end{aligned} \tag{6}$$

Adım 7: Aşağıdaki ilişkilerle s_i ve R_i değerlerini hesaplanır.

$$\begin{aligned}
 s_i &= \sum \frac{w_j (f^* j - f^- j)}{f^* j - f^- j} \\
 R_i &= \max \frac{w_j (f^* j - f^- j)}{f^* j - f^- j}
 \end{aligned} \tag{7}$$

Q_i değeri s_i ve R_i değerleriyle hesaplanır:

$$Q_i = \frac{v_j (s_i - s^*)}{s^- - s^*} + \frac{v_j (R_i - R^*)}{R^- - R^*} \tag{8}$$

Burada $s^* = \min s_i$; $s^- = \max s_i$, $R^* = \min R_i$; $R^- = \max R_i$ ve v maksimum grup faydası stratejisi için bir ağırlık olarak ifade edilirken, $1-v$ bireysel pişmanlığın ağırlığıdır. Uzlaşmacı çoğunluk için $v \approx 0.5$ alınabilmektedir.

4.2. Veri Toplama Aşaması

Türk hava kargo sektöründe yer alan havacılık örgütleri (ulusal otorite, hava kargo işletmeleri, havalimanı işletmecileri, yer hizmetleri kuruluşları, aracı hava kargo acenteleri vb.) bu çalışmanın evrenini oluşturmakta olup, bu kapsamda veri elde etmek her zaman kolay olmamaktadır. Çalışma evreninin büyük olduğu durumlarda araştırmacı, birincil veya ikincil olsun büyük bir bilgi yığınına incelemek zorundadır. Bu nedenle, araştırma alanının çok geniş olduğu durumlarda katılımcıları belirlemek için amaçlı örnekleme yöntemi kullanılmaktadır (Rai & Thapa, 2015). Amaçlı örnekleme yöntemiyle katılımcıların belirlenmesi sürecinde, katılımcıların Türk hava kargo sektörü bağlamını ve dinamiklerini iyi bilmesi, sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik çevre dostu operasyonlar için kullanılan çözümlerden haberdar olması ve konuya ilişkin stratejilerin

belirlenmesi noktasında bilgi sahibi olmasına dikkat edilmiştir. Sonuç olarak, çalışmanın ilgili aşamalarında konuya ilişkin bilgi birikimi ve tecrübesi bulunan orta ve üst düzey yöneticilerden oluşan sektör uzmanları ile hava kargo ve sürdürülebilir havacılık konusunda uzman akademisyenler katkı alınmıştır.

Araştırmanın ilk aşamasında, Türk hava kargo sektörünün karbon arındırılmasını etkileyen iç ve dış faktörler SWOT analizi (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar ve Tehditler) çerçevesinde değerlendirilmiştir. Analiz; literatür taraması, sektörel raporlar ve Google Form aracılığıyla sektör uzmanları ile sürdürülebilirlik, hava kargo ve çevresel sürdürülebilirlik alanlarında uzman akademisyenlerden elde edilen veriler doğrultusunda oluşturulmuştur. Bu kapsamda uzman katılımcılar ile telefon, e-posta ve LinkedIn platformu üzerinden iletişime geçilerek araştırma hakkında gerekli bilgilendirmeler yapılmıştır. 17-24 Mart 2025 tarihleri arasında araştırmanın ilk aşamasına katılım sağlayan uzmanlara ait demografik bilgiler Tablo 4.3.'te yer almaktadır.

Tablo 4.3: Katılımcılara Ait Demografik Bilgiler

Katılımcı Kod İsmi	Eğitim Durumu	Sektör Tecrübesi	Çalıştığı İşletmenin Faaliyet Alanı	Pozisyonu
K1	Yüksek Lisans	10	Kamu	Uzman
K2	Lisans	10	Taşıyıcı	Kargo Şefi
K3	Lisans	7	Hava Kargo Acentesi (Freight Forwarder)	Hava Kargo Uzmanı
K4	Doktora	28	Eğitim	Öğretim Üyesi
K5	Lisans	35	Hava Kargo Acentesi (Freight Forwarder)	Müdür
K6	Lisans	12	Taşıyıcı	Uzman
K7	Lisans	3	Taşıyıcı	Uzman
K8	Ön Lisans	10	Hava Kargo Acentesi (Freight Forwarder)	Uzman
K9	Doktora	2	Eğitim	Öğretim Üyesi
K10	Lisans	8	Taşıyıcı	Uzman
K11	Lisans	3	Taşıyıcı	OCC Memuru
K12	Yüksek Lisans	31	Hava Kargo Acentesi (Freight Forwarder)	Hava Kargo Direktörü
K13	Lisans	7	Taşıyıcı	Loadmaster
K14	Yüksek Lisans	11	Taşıyıcı	Müdür
K15	Lisans	5	Taşıyıcı	Kıdemli Hava Kargo Uzmanı
K16	Lisans	8	Taşıyıcı	Operasyon Şefi

Tablo 4.3.'te belirtilen uzmanlardan alınan görüşler ve literatürden elde edilen bilgiler sonrasında araştırmacı tarafından SWOT unsurlarına yönelik bir kriter havuzu oluşturulmuştur. SWOT faktörleri başlangıçta 8 güçlü yön, 26 zayıf yön, 15 fırsat ve 16 tehdit olmak üzere dört temel kategori altında toplanmıştır. Farklı kaynaklardan elde

edilen bu faktörler, üç konu uzmanı tarafından incelenmiş; uzman görüşleri doğrultusunda SWOT faktörlerinde gerekli düzeltme ve güncellemeler yapılmıştır. Bu kapsamlı inceleme ve düzenleme sürecinin ardından, her bir SWOT unsuru (güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler) en önemli ve Türk hava kargo sektörü bağlamına hitap edecek şekilde 5 faktörle sınırlandırılmıştır.

Araştırmanın bir sonraki aşamasında, belirlenen SWOT faktörleri ve bu faktörler doğrultusunda geliştirilen Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik potansiyel stratejiler için, BWM ve Bulanık VIKOR yöntemlerinin uygulanmasına imkân tanıyan bir Google Form oluşturulmuştur. Bu Google Formun ilk bölümünde uzman kişilerin eğitim durumu, çalıştığı pozisyon, tecrübesi vb. demografik bilgilerine yer verilmiştir. İkinci bölümünde, uzman kişilerin SWOT faktörlerini kendi içinde BWM yöntemine göre karşılaştırmaları istenmiştir. Son bölümünde katılımcıların, sektörde uygulanabilecek potansiyel stratejilerin her bir SWOT faktörü açısından etkinliklerini değerlendirmesi amaçlanmış olup, araştırmanın ikinci aşamasına katılım sağlayan uzmanlara ait demografik bilgiler Tablo 4.4.'te sunulmaktadır.

Tablo 4.4: İkinci Aşamada Yer Alan Katılımcılara ait Demografik Bilgiler

Katılımcı Kod İsmi	Eğitim Durumu	Sektör Tecrübesi	Çalıştığı İşletmenin Faaliyet Alanı	Pozisyonu
K1	Lisans	3	Taşıyıcı	Uzman
K2	Ön Lisans	6	Taşıyıcı	Hava Kargo Operasyon Uzmanı
K3	Lisans	12	Hava Kargo Acentesi (Freight Forwarder)	Müdür
K4	Yüksek Lisans	8	Taşıyıcı	Uzman
K5	Lisans	19	Taşıyıcı	Uzman
K6	Doktora	2	Eğitim	Öğretim Üyesi
K7	Lisans	10	Taşıyıcı	Kıdemli kargo operasyon uzmanı
K8	Yüksek Lisans	31	Hava Kargo Acentesi (Freight Forwarder)	Hava Kargo Direktörü
K9	Doktora	12	Eğitim	Öğretim Üyesi
K10	Doktora	11	Eğitim	Öğretim Üyesi

Araştırmanın ikinci aşamasında veriler, 29 Mayıs–6 Haziran 2025 tarihleri arasında toplanmıştır. Bu süreçte, ilk aşamada yer alan 16 uzmandan 8'i çalışmaya katılım sağlamış; diğer 8 uzman ise yoğun iş temposu nedeniyle ikinci aşamaya katılamayacaklarını belirtmiştir. Buna ek olarak, Türk hava kargo sektörünün önde gelen

taşıyıcılarında görev yapan iki uzman daha araştırmaya dâhil edilmiş ve böylece ikinci aşama kapsamında toplam 10 uzmandan görüş alınmıştır. Bu durum, araştırmanın kapsamını genişletmiş ve elde edilen bulguların zenginliğine katkı sağlamıştır.

4.3. Bulgular ve Yorum

4.3.1. Türk Hava Kargo Sektörünün Karbondan Arındırılmasına Yönelik SWOT Analizi

SWOT matrisi, hedeflerin tanımlanması ve strateji geliştirme sürecinin temelini oluşturan önemli bir araç olarak kullanılmakta olup, araştırmanın veri toplama aşamasında uzman görüşleri ve literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda SWOT faktörleri oluşturulmuştur. Bu çalışmada dört ana faktör, Güçlü Yönler (S), Zayıf Yönler (W), Fırsatlar (O), Tehditler (T) kullanılmış ve alt kriterlerine ayrılmıştır.

Tablo 4.5: SWOT Faktörleri

Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
S1- Mevcut durumda SAF kullanımına başlanmış olması	W1- Sektörün karbondan arındırılma konusundaki farkındalık eksikliği
S2- Dünya ortalamasının altında yaş ortalamasına sahip genç kargo uçağı filosu	W2- Raylı sistemlerin sınırlı kullanımı ve modlar arası taşımacılığın yetersiz entegrasyonu
S3- Sektörün değişimlere hızlı uyum sağlama kabiliyeti	W3- Sektörün operasyonel kapasitesini verimli kullanmasına olanak sağlayacak dijital entegrasyon eksikliği
S4- İstanbul Havalimanının yeşil teknolojilerin entegrasyonuna hazır olması	W4- SAF tedarik altyapısındaki eksiklikler
S5- Jeostratejik konum ve geniş uluslararası uçuş ağı	W5- Uzun vadeli hedefler yerine kısa vadeli hedeflere odaklanma
Fırsatlar	Tehditler
O1-Türk hava kargo pazarının gelişime açık yapısı ve artan uluslararası iş birliği fırsatları	T1- Fosil yakıtlara yüksek bağımlılık
O2-Yeni çevresel düzenlemelerin pazarı dönüştürme potansiyeli	T2- Yüksek yatırım maliyetleri ve sınırlı finansman kaynakları
O3- Operasyonel iyileştirmelere ilişkin çalışmalarda beklenen artış	T3- Karbondan arındırılma maliyetlerinin sektörün rekabet gücünü azaltma riski
O4- Karbon dengeleme mekanizmalarının kullanımında beklenen artış	T4- Yetersiz kamu destekleri ve teşvik mekanizmaları
O5-Yerel düzeyde SAF üretimi ve yeşil teknolojilere yönelik çabaların artırılması	T5- Sektöre özgü net bir karbondan arındırılma yol haritasının bulunmaması

Belirlenen SWOT faktörleri başlangıçta araştırmacı ve danışmanı tarafından 8 strateji olarak oluşturulmuş, ancak danışman ve iki uzmanın görüşleri doğrultusunda bu stratejiler gözden geçirilerek 5 stratejiye indirgenmiştir. Bu kapsamda, stratejiler; sistemin güçlü yönlerini destekleyen fırsatları değerlendirme (S-O), fırsatlar aracılığıyla zayıflıkları azaltma (W-O), güçlü yönleri kullanarak dış tehditlere karşı hassasiyeti azaltma (S-T) ve zayıflıkları dış tehditlere karşı koruma (W-T) yaklaşımları çerçevesinde yeniden yapılandırılmıştır. SWOT analizinden elde edilen bu stratejiler açıklamalarıyla birlikte aşağıda yer almaktadır:

SO1- İGA'nın bölgesel bir yeşil lojistik hub olarak konumlandırılması: İstanbul Havalimanı'nın yeşil altyapıya hazır durumu ve Türkiye'nin jeostratejik konumu sayesinde, rota optimizasyonu gibi çözümlerden faydalanılarak düşük karbonlu uçuş operasyonlarının ölçeklendirilmesi mümkün hale gelmektedir. Bu doğrultuda İGA'nın bölgesel bir yeşil lojistik merkezi olarak konumlandırılması, sektörün yeşil dönüşümü açısından önemli bir rol oynamaktadır.

SO2- SAF kullanımının ölçeklendirilmesi: Dünya ortalamasına göre daha yeni ve modern kargo uçakları sayesinde SAF'ın daha verimli kullanılması mümkün hale gelmektedir. SAF üretim yatırımları ve AR-GE destekleri ile bu sürecin daha da yaygınlaştırılması hedeflenmektedir. Yapılacak yatırımların uzun vadede sonuç vermesiyle birlikte, sektörün karbondan arındırılma sürecinde önemli bir dönüşüm yaşaması ve küresel rekabette çevresel performans açısından öne çıkması beklenmektedir.

ST1–Yeşil finansmanla düşük emisyonlu uçak teknolojilere geçiş: Çevik sektör yapısı sayesinde fosil yakıt bağımlılığını azaltmak amacıyla geliştirilmekte olan yüksek maliyetli düşük emisyonlu uçak teknolojilerine (hidrojenli, elektrikli, hibrit gibi) erken uyum sağlamak için uluslararası yeşil finansman kaynaklarından faydalanmak sektörün daha yeşil olması adına önem arz etmektedir.

ST2–Karbon azaltımına bağlı risklere karşı esnek fiyatlama ve sadakat stratejileri: Esnek sektör yapısı ve geniş ağ avantajı kullanılarak karbondan arındırma maliyetlerinin getireceği olası gelir kaybı ve talep daralması risklerine yönelik ayrıcalıklı hizmetler ve sadakat programları aracılığıyla müşterilere esnek fiyatlama ve pazar bölümlenmesine yönelik seçenekler sunulması önem arz etmektedir.

WO1– Proje finansmanları aracılığıyla bir yeşil dijital kargo operasyon yönetim sisteminin kurulması: Yetersiz dijital entegrasyonun giderilmesi için, uluslararası fonlarla desteklenen ve çevresel regülasyonlara uyumlu bir dijital kargo yönetim sistemi kurulmalıdır. Kargo takiplerinin otomatikleştirilmesi, dijital gümrük entegrasyonu ve karbon izleme sistemleri hem verimliliği artıracak hem de sürdürülebilirliği destekleyecektir.

WO2–İntermodal taşımacılık bağlantı noktalarına yönelik çevreci pilot uygulamalar başlatılması: Kara ve deniz taşımacılığının hava kargo sistemine çevreci bir şekilde entegre edilmesi, karbon salınımının azaltılması açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır.

WT1-SAF altyapısının kamu-özel ortaklıklarla geliştirilmesi: SAF ikmal ve depolama altyapısındaki eksiklikler ve sürdürülebilir teknolojilere yönelik yüksek yatırım maliyetleri ile sektörün sınırlı finansal gücü dikkate alınarak SAF tedarik altyapısını destekleyecek kamu-özel ortaklık modellerinin geliştirilmesi, sektörün karbondan arındırılma hedefi doğrultusunda büyük önem arz etmektedir.

WT2–Net bir yol haritası oluşturularak sektörün farkındalık ve motivasyonunun artırılması: Sektörün farkındalık, bilgi ve motivasyon eksikliği ile kısa vadeli strateji eğilimini azaltmak için kamu, üniversiteler ve sektör ortaklaşa net bir stratejik yol haritası hazırlamalı ve eğitim programları düzenlemelidir.

Bu çalışmada, alanında uzman 10 kişi tarafından değerlendirilen SWOT faktörleri, çok kriterli karar verme yöntemlerinden BWM kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Elde edilen SWOT faktörleri doğrultusunda belirlenen stratejiler ise uzman görüşleri ile birlikte bulanık VIKOR yöntemi aracılığıyla önceliklendirilmiştir. Böylece, Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik stratejilerin sistematik ve bütüncül bir yaklaşımla analiz edilmesi sağlanmıştır.

4.3.2. SWOT faktörlerinin BWM Yöntemiyle Değerlendirilmesi

BWM yönteminin uygulanması ve sonuçların elde edilmesi süreci belirli adımlardan oluşmaktadır. İlk olarak, Türk hava kargo sektöründen 10 karar verici, önerilen karar modelinde yer alan faktörler arasından en iyi ve en kötü faktörleri belirlemiştir. Bu kapsamda, Tablo 4.6’da karar vericilerin en iyi ve en kötü olarak

değerlendirdiği faktörler sunulmaktadır. İkinci aşamada, en iyi faktörün diğer kriterlere göre göreceli önemi, 1–9 ölçeği kullanılarak çiftler arası karşılaştırmalar yoluyla belirlenmiştir. Benzer şekilde, üçüncü aşamada diğer faktörlerin en kötü faktöre göre göreceli önemi yine 1–9 ölçeği ile değerlendirilmiştir.

Bu değerlendirmeler sonucunda, uzmanlardan öncelikle en önemli ve en az önemli faktörleri belirlemeleri istenmiş; ardından bu faktörlerin diğer kriterlerle olan göreceli önemleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Böylece, elde edilen veriler doğrultusunda faktörlerin önem derecelerine ilişkin sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 4.6: SWOT Faktörlerinin Karar Vericilere Göre En İyi ve En Kötü Değerlendirme Sonuçları

Karar Verici	Güçlü Yönler		Zayıf Yönler		Fırsatlar		Tehditler	
	En İyi Faktör	En Kötü Faktör	En İyi Faktör	En Kötü Faktör	En İyi Faktör	En Kötü Faktör	En İyi Faktör	En Kötü Faktör
K1	S2	S4	W1	W3	O1	O4	T3	T5
K2	S5	S4	W4	W1	O5	O4	T3	T1
K3	S2	S1	W2	W5	O5	O2	T1	T3
K4	S1	S3	W3	W4	O1	O5	T2	T4
K5	S3	S2	W5	W5	O1	O3	T5	T2
K6	S1	S5	W4	W5	O5	O3	T1	T5
K7	S1	S5	W1	W4	O5	O2	T5	T4
K7	S2	S5	W1	W5	O4	O2	T2	T5
K8	S3	S5	W2	W1	O4	O1	T1	T4
K9	S4	S1	W4	W1	O5	O4	T2	T1
K10	S2	S4	W1	W3	O1	O4	T3	T5

Son kriter ağırlıkları (w_j), her bir karar vericinin ayrı ayrı elde edilen kriter ağırlıklarının aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır. BWM yöntemi uygulanmasından elde edilen sonuçlar Tablo 4.7.'de sunulmuştur. Sonuçlara göre Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik en önemli güçlü yönü S1- Mevcut durumda SAF kullanımına başlanmış olması iken, en az önemli faktör S5- Jeostratejik konum ve geniş uluslararası uçuş ağıdır. Ayrıca, S2- Dünya ortalamasının altında yaş ortalamasına sahip genç kargo uçağı filosu, S3- Sektörün değişimlere hızlı uyum sağlama kabiliyeti, S4- İstanbul Havalimanının yeşil teknolojilerin entegrasyonuna hazır olması faktörlerinin mevcut durumda SAF kullanımına başlanmış olmasını izlediği görülmektedir.

Tablo 4.7: Sektöre ait Güçlü Yönlerin BWM ile Değerlendirilmesi

	S1	S2	S3	S4	S5	Tutarlılık Oranı
K1	0,23936170	0,43882978	0,15957446	0,06648936	0,09574468	0,133
K2	0,11928429	0,08349900	0,14910536	0,09940357	0,54870775	0,133
K3	0,04672897	0,46728972	0,18691588	0,18691588	0,11214953	0,152
K4	0,57410071	0,07050359	0,09352518	0,13093525	0,13093525	0,190
K5	0,08130081	0,13008130	0,52845528	0,13008130	0,13008130	1,5
K6	0,47513812	0,18784530	0,14088397	0,14088397	0,05524861	0,142
K7	0,64073226	0,10068649	0,08237986	0,08810068	0,08810068	0,107
K8	0,12678509	0,55590386	0,15848136	0,09056078	0,06826889	0,125
K9	0,14432989	0,21649484	0,37113402	0,21649484	0,05154639	0,119
K10	0,06578947	0,10526315	0,10526315	0,46052631	0,26315789	0,071
wj	0,25135513	0,235639708	0,197571857	0,161039199	0,154394101	
Sıralama	1	2	3	4	5	

Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasında sektörün sahip olduğu zayıf yönler için faktör ağırlıkları Tablo 4.8’de yer almaktadır. Bu tabloya göre sektörün sahip olduğu en önemli zayıf yön W4- SAF tedarik altyapısındaki eksiklikler iken, en önemsiz zayıf yön ise W5- Uzun vadeli hedefler yerine kısa vadeli hedeflere odaklanma olarak tespit edilmiştir. En önemli zayıf yön olan W4’ü sırasıyla W2- Raylı sistemlerin sınırlı kullanımı ve modlar arası taşımacılığın yetersiz entegrasyonu, W1- Sektörün karbondan arındırılma konusundaki farkındalık eksikliği ve W3- Sektörün operasyonel kapasitesini verimli kullanmasına olanak sağlayacak dijital entegrasyon eksikliği izlemektedir.

Tablo 4.8: Sektöre Ait Zayıf Yönlerin BWM ile Değerlendirilmesi

	W1	W2	W3	W4	W5	Tutarlılık Oranı
K1	0,454545	0,181818	0,045455	0,181818	0,136364	0,152
K2	0,07732	0,123711	0,154639	0,541237	0,103093	0,119
K3	0,100376	0,59724	0,140527	0,100376	0,061481	0,152
K4	0,057292	0,364583	0,401042	0,046875	0,130208	0,107
K5	0,108696	0,108696	0,086957	0,108696	0,586957	0,2
K6	0,093458	0,140187	0,140187	0,514019	0,11215	0,15
K7	0,634146	0,097561	0,097561	0,073171	0,097561	0,069
K8	0,521302	0,206096	0,123658	0,088327	0,060617	0,125
K9	0,109091	0,381818	0,145455	0,218182	0,145455	0,0833
K10	0,059737	0,121864	0,203106	0,51374	0,101553	0,125
wj	0,221596	0,232357	0,153859	0,238644	0,153544	
Sıralama	3	2	4	1	5	

Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasında sektörün sahip olduğu fırsatlara ait faktör ağırlıkları Tablo 4.9’da yer almaktadır. Bu tabloya göre Türk hava kargo sektörünün karbon arındırılma sürecinde sahip olduğu en iyi fırsat O5-Yerel düzeyde SAF üretimi ve yeşil teknolojilere yönelik çabaların artırılması gelmektedir. Bu faktörü sırasıyla O1-Türk hava kargo pazarının gelişime açık yapısı ve artan uluslararası iş birliği fırsatları, O3- Operasyonel iyileştirmelere ilişkin çalışmalarda beklenen artış ve O4- Karbon dengeleme mekanizmalarının kullanımında beklenen artış izlemektedir. Sektörün sahip olduğu en önemsiz fırsat faktörü ise O2-Yeni çevresel düzenlemelerin pazarı dönüştürme potansiyeli olmuştur.

Tablo 4.9: Sektöre Ait Fırsatların BWM ile Değerlendirilmesi

	O1	O2	O3	O4	O5	Tutarlık Oranı
K1	0,4166666	0,25	0,1666666	0,0833333	0,0833333	0,066
K2	0,1872340	0,0851063	0,1404255	0,0936170	0,4936170	0,1
K3	0,1470588	0,0735294	0,1176470	0,1470588	0,5147058	0,119
K4	0,5294117	0,1176470	0,1176470	0,1176470	0,1176470	0,05
K5	0,6190476	0,0952380	0,0952380	0,0952380	0,0952380	0,023
K6	0,1243523	0,2176165	0,1088082	0,1450777	0,4041450	0,083
K7	0,1025641	0,0897435	0,0897435	0,0897435	0,6282051	0,107
K8	0,3471074	0,0743801	0,0991735	0,3471074	0,1322314	0,15
K9	0,0716845	0,11827957	0,23655914	0,41577060	0,15770609	0,1
K10	0,1346153	0,16826923	0,16826923	0,09615384	0,4326923	0,119
wj	0,2679742	0,1289810	0,1340178	0,1630747	0,3059521	
Sıralama	2	5	4	3	1	

Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasında sektörün sahip olduğu fırsatlara ait faktör ağırlıkları Tablo 4.10’da yer almaktadır. Bu tabloya göre Türk hava kargo sektörünün karbon arındırılma sürecinde sahip olduğu en önemli tehdit T2- Yüksek yatırım maliyetleri ve sınırlı finansman kaynakları olarak tespit edilmiştir. Bu tehdit faktöründen sonra T1- Fosil yakıtlara yüksek bağımlılık, T3- Karbondan arındırılma maliyetlerinin sektörün rekabet gücünü azaltma riski, T5- Sektöre özgü net bir karbondan arındırılma yol haritasının bulunmaması gelmektedir. Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasında karşılaşılabilecek en önemsiz tehdidin ise T4- Yetersiz kamu destekleri ve teşvik mekanizmaları olduğu görülmektedir.

Tablo 4.10: Sektöre Ait Tehditlerin BWM ile Değerlendirilmesi

	T1	T2	T3	T4	T5	Tutarlılık Oranı
K1	0,2037037	0,2037037	0,3518518	0,2037037	0,0370370	0,069
K2	0,1061946	0,1769911	0,4778761	0,1061946	0,1327433	0,05
K3	0,6005888	0,0618253	0,0785083	0,1177625	0,1413150	0,152
K4	0,0983544	0,6037450	0,1376962	0,0741441	0,0860601	0,125
K5	0,1176470	0,1176470	0,1176470	0,1176470	0,5294117	0,05
K6	0,4193548	0,1290322	0,2258064	0,1129032	0,1129032	0,083
K7	0,0994350	0,0813559	0,0994350	0,0870056	0,6327683	0,107
K8	0,2173913	0,3913043	0,2173913	0,0869565	0,0869565	0,05
K9	0,3934426	0,1530054	0,2295081	0,1092896	0,1147540	0,166
K10	0,0835421	0,4845446	0,1837928	0,13784461	0,11027568	0,133
wj	0,2339654	0,2403154	0,2119513	0,1153451	0,1984225	
Sıralama	2	1	3	5	4	

SWOT temelli BWM analizleri, SAF kullanımına başlanması ile SAF üretimi ve yeşil teknolojilere yönelik yatırımların artmasının, 2050 Net Sıfır Emisyon hedefi doğrultusunda karar vericiler tarafından yüksek öneme sahip güçlü yönler ve fırsatlar olarak değerlendirildiğini göstermektedir. SAF kullanımı ve yeşil teknolojilere yönelik çabaların yanı sıra sektörün sahip olduğu zayıf yönleri ve sektörün karbondan arındırılması sürecinde karşılaşılabileceği tehditleri de bulunmaktadır. Zayıf yönler ve tehditler arasında, SAF tedarik altyapısındaki eksiklikler ile yüksek yatırım maliyetleri ve sınırlı finansman kaynakları ön plana çıkmaktadır. Bu unsurların, karar vericiler tarafından düşük ağırlıklı faktörler olarak değerlendirilmediği; aksine süreci önemli ölçüde etkileyebilecek kritik engeller olarak görüldüğü anlaşılmaktadır.

Türk hava kargo sektörü, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak ve karbon emisyonlarını azaltmak amacıyla SAF kullanımı ile yeşil teknolojilere yönelmiş olsa da, altyapı eksiklikleri, yüksek yatırım maliyetleri ve sınırlı finansman kaynakları bu süreci yavaşlatmaktadır. Bu kapsamda altyapı yatırımlarının hızlandırılması, finansal desteklerin artırılması ve SAF arz zincirinin geliştirilmesi, Net Sıfır Emisyon hedefine ulaşılmasını kolaylaştıracaktır. Uygulanan BWM analizi ise, bu süreçte faktörlerin önem düzeylerini belirleyerek karar vericilere yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır.

4.3.3. Stratejilerin Bulanık VIKOR Yöntemiyle Değerlendirilmesi

Analizlerin başlangıcında, Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik SWOT faktörleri BWM yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Bu bölümde ise, söz

konusu SWOT faktörlerinden türetilen stratejiler Bulanık VIKOR yöntemi ile önceliklendirilecektir. İnsan yargısındaki belirsizlik ve kararsızlığı modellemek amacıyla karar verme sürecinde dilsel değişkenler bulanık sayılar ile ifade edilmektedir. Bu kapsamda, dilsel değerlendirmelerin karar vericilerin bağımsız görüşlerine yakın olduğu durumlarda, belirsizliği temsil etmek için doğrusal trapezoidal üyelik fonksiyonlarının yeterli olduğu kabul edilmektedir. (Vinodh, Varadharajan, & Subramanian, 2013).

Tablo 4.11’de, SWOT matrisinden elde edilen 20 faktöre (5 güçlü yön, 5 zayıf yön, 5 fırsat ve 5 tehdit) ilişkin olarak karar vericiler tarafından yapılan bulanık değerlendirme puanları yer almaktadır. Bu değerler, karar vericilerin stratejileri her bir faktör açısından ne ölçüde uygun ya da etkili bulduklarını gösteren dilsel ifadelerin sayısal karşılıklarıdır. Bu sayılar trapezoidal fonksiyonlarıyla modellenmiş ve ortalama alınarak tek değer haline getirilmiştir. Aynı tabloda ayrıca her bir SWOT faktörünün BWM yöntemiyle hesaplanmış ağırlığı da yer almakta, böylece her stratejinin bu faktörler bağlamında ne düzeyde değer taşıdığı nesnel olarak ölçülmektedir. Bu veri matrisi, Bulanık VIKOR yöntemine giriş için temel veri tabanıdır.

Tablo 4.11: Kriter Ağırlıkları ve Stratejilerin Bulanık Değerlendirilmesi

Ağırlıklar	S1	S2	S3	S4	S5	W1	W2	W3	W4	W5
	0,25	0,23	0,19	0,16	0,15	0,22	0,23	0,15	0,23	0,15
SO1	7,63	7,36	7,03	8,03	7,3	4,96	6,1	5,36	5,66	5,1
SO2	7,56	8,3	6,73	7,7	7,66	5,63	4,5	5,16	6,9	4,9
ST1	8,3	6,66	8,03	6,3	4,63	5,77	4,33	4,6	4,96	5,43
ST2	6,36	5,56	7,5	5,7	7	5,5	5,1	5,86	5,36	5,73
WO1	4,23	5,36	7,2	7,43	5,76	4,53	6,43	5,06	5,6	5,7
WO2	5,66	4,76	6,73	6,8	7,66	5,06	5,4	6,8	4,13	6,13
WT1	7,2	6,1	7,03	7,76	6,06	4,8	4,46	4,36	5,6	5,7
WT2	5,96	4,83	6,63	5,86	6,5	5,93	4,16	6,43	5,66	5,4
SO1	6,6	7,3	7,33	5,66	6,96	5,4	6,5	5,8	5,86	5,7
SO2	7,13	7,83	6,53	5,43	7,26	5,9	6,5	5,9	6,1	5,8
ST1	7,56	7,46	7,4	5,53	8,23	4,43	5,36	5,46	5,9	6,33
ST2	7,63	6,83	6,56	6,03	6,2	5,33	5,33	5,86	6	5,5
WO1	7,26	6,93	7,46	5,36	5,86	4,13	5,9	5,76	6,43	5,35
WO2	6,73	6,66	6,1	5,46	4,7	5,2	5,36	5,46	6,33	5,63
WT1	7	7,1	6,56	7,3	7,86	5,53	7,23	6,2	6,3	5,33
WT2	6,16	7,03	6,96	5,13	7,16	5,83	5,2	5,53	7,03	6,56

Tablo 4.12’de ise, her bir SWOT faktörü için hesaplanan en iyi değer (f^*j) ve en kötü değer ($f-j$) bilgilerini sunmaktadır. Bulanık VIKOR metodolojisinin temel adımlarından biri olan bu tablo, stratejilerin her kriterdeki performanslarının göreceli avantajlarını belirlemek için kullanılmaktadır. f^*j , o kriterde en iyi değeri alan stratejiyi temsil ederken; $f-j$, en kötü değeri temsil etmektedir. Bu sayede her stratejinin, her faktöre

göre ne kadar sapma gösterdiği hesaplanabilir hale gelmektedir. Bu fark, optimal çözüme yakınlık veya uzaklık ölçüsü olarak kullanılmaktadır.

Tablo 4.12: Tüm Faktör Derecelendirmelerinin En İyi ve En Kötü Değerleri

	S1	S2	S3	S4	S5	W1	W2	W3	W4	W5
f*j	8,3	8,3	8,03	8,03	7,66	5,93	6,43	6,8	6,9	6,13
f-j	4,23	4,76	6,63	5,7	4,63	4,53	4,16	4,36	4,13	4,9
	O1	O2	O3	O4	O5	T1	T2	T3	T4	T5
f*j	7,63	7,83	7,46	7,3	8,23	5,9	7,23	6,2	7,03	6,56
f-j	6,16	6,66	6,1	5,13	4,7	4,13	5,2	5,46	5,86	5,33

Tablo 4.13, bulanıklaştırılmış puanlar arasındaki farkların normalize edilmesi ve ardından ağırlıklarla çarpılmasıyla elde edilen normalize edilmiş karar matrisini içermektedir. Bu matris, Bulanık VIKOR'un S (ortalama memnuniyetsizlik) ve R (maksimum memnuniyetsizlik) ölçütlerinin hesaplanması için gerekli aritmetiksel tabanı oluşturmaktadır. Her hücrede yer alan değer, ilgili stratejinin belirli bir faktöre göre ideal durumdan ne kadar uzak olduğunu ifade etmektedir. Bu uzaklık değerleri büyüdükçe, stratejinin ilgili faktöre göre başarısı azalmaktadır.

Tablo 4.13: Bulanık Karar Matrisi

	S1	S2	S3	S4	S5	W1	W2	W3	W4	W5
SO1	0,04	0,06	0,14	0	0,01	0,15	0,03	0,09	0,10	0,12
SO2	0,04	0	0,18	0,02	0	1,06	5,18	3,60	0	5,1
ST1	0	0,10	0	0,11	7,6	0,64	4,16	4,65	4,83	2,78
ST2	0,11	0,18	0,07	0,16	1,0	1,77	2,53	1,77	2,75	1,76
WO1	0,25	0,19	0,11	0,04	4,38	5,5	0	4,17	2,51	2,00
WO2	0,16	0,23	0,18	0,08	0	2,81	2,91	0	5,6	0
WT1	0,06	0,14	0,14	0,01	4,04	4,08	4,68	6,8	1,93	2,14
WT2	0,14	0,23	0,19	0,14	2,32	0	4,46	0,66	2,50	3,38
SO1	0,18	0,05	0,01	0,12	0,10	0,06	0,08	0,11	0,11	0,13
SO2	2,24	0	5,01	4,87	1,91	0	2,33	2,35	4,65	3,52
ST1	0,33	2,47	0,28	4,42	0	4,9	5,98	5,9	5,89	1,08
ST2	0	6,37	4,89	3,23	4,73	1,42	5,01	2,50	5,19	5,45
WO1	1,92	5,25	0	5,39	4,16	5,33	3,49	3,48	3,07	5,41
WO2	4,44	6,93	7,46	4,54	5,86	1,63	5,43	5,76	3,84	4,04
WT1	2,88	4,15	4,03	0	0,49	1,08	0	0	3,94	5,63
WT2	7	4,85	2,41	7,3	2,38	0,21	7,23	5,61	0	0

Tablo 4.14, Bulanık VIKOR analizinin sonuç çıktısı olan S, R ve Q değerlerini ve bu değerlere göre yapılan strateji sıralamasını göstermektedir. S değeri, stratejinin tüm

faktörler açısından ortalama uzaklığını (memnuniyetsizlik düzeyini) temsil etmektedir. R değeri, stratejinin herhangi bir faktöre göre en kötü performansını, yani maksimum memnuniyetsizlik düzeyini göstermektedir. Q değeri ise, hem S hem de R değerleri birleştirilerek oluşturulan, stratejilerin genel sıralamasını belirleyen bileşik puandır. En düşük Q değerine sahip strateji, karar vericiler tarafından en uygun strateji olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 4.14: Stratejilerin S, R ve Q Kullanımı

Stratejiler	S	R	Q	Sıralama
SO1	1,78494959	0,187081633	0	1
SO2	42,1192381	5,186343612	0,669641028	2
ST1	56,2649377	7,66	0,952689728	7
ST2	50,9938902	6,376068376	0,822985458	5
WO1	56,7130968	5,5	0,811891759	3
WO2	61,9586013	7,46	0,986618347	8
WT1	46,3054626	6,8	0,812392508	4
WT2	51,063713	7,3	0,885384297	6

Karar vericilerin değerlendirmelerinin bulanık VIKOR yöntemi ile analiz edilmesi sonucunda, stratejilerin öncelik sıralamaları belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik olarak uygulanabilecek stratejiler arasında en yüksek önceliğe sahip olan S01 stratejisi, İGA'nın bölgesel bir yeşil lojistik hub olarak konumlandırılmasıdır. Bu stratejiyi sırasıyla; SO2 stratejisi kapsamında SAF kullanımının ölçeklendirilmesi, WO1 stratejisi kapsamında proje finansmanları aracılığıyla yeşil bir dijital kargo operasyon yönetim sisteminin kurulması ve WT1 stratejisi kapsamında SAF altyapısının kamu-özel ortaklıklar yoluyla geliştirilmesi izlemektedir. Ayrıca, ST2 stratejisi doğrultusunda karbon azaltımına bağlı risklere karşı esnek fiyatlandırma ve sadakat programlarının geliştirilmesi, WT2 stratejisi kapsamında ise net bir yol haritası oluşturularak sektör genelinde farkındalık ve motivasyonun artırılması önceliklendirilmiştir. ST1 stratejisi olan yeşil finansman destekleriyle düşük emisyonlu uçak teknolojilerine geçiş ise daha düşük öncelikte değerlendirilmiştir. Buna karşılık, WO2 stratejisi olan intermodal taşımacılık bağlantı noktalarına yönelik çevreci pilot uygulamaların başlatılması, karar vericiler tarafından en düşük katma değere sahip strateji olarak belirlenmiştir. Bu sıralama, karar vericilerin

sektörel dönüşüm sürecinde hangi stratejilere öncelik verilmesi gerektiğine ilişkin görüşlerinin sistematik ve nicel bir çerçevede ortaya konulmasını sağlamaktadır. Bu durum, karar vericiler arasında stratejik önceliklerin belirlenmesinde belirli bir uzlaşmaya işaret etmektedir. Elde edilen sonuçlar, sektörde kaynak tahsisi ve yatırım kararlarının hangi alanlara yönlendirilmesi gerektiğine dair önemli bir rehber niteliği taşımaktadır. Ayrıca, bulanık VIKOR yöntemi kullanılarak elde edilen bu önceliklendirme, belirsizlik içeren karar verme ortamında daha tutarlı ve güvenilir sonuçlara ulaşılmasını sağlamaktadır. Böylece, Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik stratejilerin planlanması ve uygulanması sürecine bilimsel bir katkı sunulmaktadır.

TARTIŞMA

Küresel ticaret genişlemeye devam ederken, malların verimli ve hızlı taşınmasına olan talep gittikçe artmaktadır. Hava kargo taşımacılığı ise göndericilere benzersiz bir hız ve güvenilirlik sunarak bu talepleri karşılamada çok önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, hava kargo taşımacılığının çevresel etkileri göz ardı edilmemelidir. İklim değişikliğiyle ilgili artan endişelerle birlikte, sektörler daha sürdürülebilir uygulamaları benimsemek için baskı altındadır. Pandemi süreci ve sonrasında artan e-ticaret talebi ile müşterilerin hız beklentisini karşılamada öne çıkan hava kargo taşımacılığı da havacılık sektörünün bir parçası olarak artan çevresel baskılardan etkilenmektedir (Air Global Logistics, 2024). Bu doğrultuda çevresel sürdürülebilirlik, 2050 yılına kadar net sıfır CO₂ emisyonuna ulaşmayı hedefleyen havacılık sektörü için bir öncelik olmakla birlikte sektörün karbondan arındırılmasına yönelik temel çözümlerin henüz yeterince hızlı bir şekilde benimsenemediği görülmektedir. IATA (2025) raporuna göre SAF'ın 2026 yılında toplam yakıt tüketiminin %1'inden daha azını karşılayacağını öngörülmesi, mevcut politika ortamının yetersizliğine dair önemli bir gösterge olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışma, söz konusu gelişmeler doğrultusunda, Türk hava kargo taşımacılığı sektörünün karbondan arındırılmasına ilişkin güçlü ve zayıf yönleri ile fırsat ve tehditleri analiz ederek Türkiye'nin 2053 net sıfır emisyon hedefi kapsamında izlenebilecek stratejileri belirlemeyi amaçlamaktadır.

Türk hava kargo sektörünün 2053 net sıfır hedefine ulaşmasında güçlü ve zayıf yönleri ile potansiyel fırsat ve tehditlerini analiz eden çalışmanın ilk aşamasında elde edilen bulgulara göre Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılması sürecinde en güçlü yönünün S1–Mevcut durumda SAF kullanımına başlanmış olması olduğu görülürken, sektörün en zayıf yönü W4– SAF tedarik altyapısındaki eksiklikler olarak belirlenmiştir. Buna karşın, sektör için en önemli fırsat O5–yerel düzeyde SAF üretiminin artırılması ve yeşil teknolojilere yönelik yatırımların geliştirilmesi olarak öne çıkmaktadır. Ancak bu süreci sınırlayan en kritik tehdit ise T2–yüksek yatırım maliyetleri ve sınırlı finansman kaynaklarıdır. Bu bulgular doğrultusunda, karar vericilere göre Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılması için öncelikli strateji, S01–İGA'nın bölgesel bir yeşil lojistik hub olarak konumlandırılmasıdır. Bunu takiben, SO2–SAF kullanımının ölçeklendirilmesi ve WO1–Proje finansmanları aracılığıyla yeşil dijital kargo operasyon yönetim sisteminin kurulması stratejileri gelmektedir. Bu yaklaşım

çerçevesinde, sektör paydaşlarının güçlü yönleri ve fırsatları etkin bir biçimde değerlendirmeleri, zayıf yönler ile tehditlerin etkisini azaltmaları öngörülmektedir. Elde edilen bu bulgular, Antczak ve Porta (2026) ile de örtüşmekte olup ilgili çalışma, ulaşımın karbondan arındırılmasının yalnızca uçuşların azaltılmasına dayanmaması gerektiğini; özellikle alternatif ulaşımın mümkün olmadığı durumlarda düşük emisyonlu havacılık teknolojileri ve sürdürülebilir havacılık yakıtlarının da önceliklendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Çalışmada elde edilen WO1-yeşil dijital kargo operasyon yönetim sisteminin kurulması stratejisine paralel olarak, Gaovd. (2026) tarafından gerçekleştirilen çalışma da dijital altyapının karbon emisyonlarının azaltılmasında doğrudan teşvik edici bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Çalışma kapsamında Türk hava kargo sektörünün 2053 net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda elde edilen bulguların, sürdürülebilir havacılık yakıtları, yeşil lojistik uygulamaları ve diğer çevresel sürdürülebilirlik uygulamalarına yönelik mevcut literatürde yer alan çalışmalarla genel olarak örtüştüğü (Ambrosio vd., 2025; Govindan vd., 2015), havacılık sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik literatürü de büyük ölçüde desteklediği anlaşılmaktadır.

Literatürdeki çalışmalara ek olarak, hava kargo sektöründe yer alan işletmelerinin uygulamakta olduğu karbondan arındırma stratejilerle bu çalışmada elde edilen stratejiler büyük oranda paralellik göstermektedir. Bu çalışmanın strateji belirleme aşamasında elde edilen bulgulara göre İGA'nın bölgesel bir yeşil lojistik hub olarak konumlandırılması, SAF kullanımının ölçeklendirilmesi ve proje finansmanları aracılığıyla yeşil dijital kargo operasyon yönetim sisteminin kurulması gibi stratejiler, Türk hava kargo sektörünün 2053 net sıfır hedefine ulaşma yolunda uygulaması gereken en ideal stratejiler olarak ortaya çıkmıştır. Bu çerçevede, ilgili stratejilerden oluşan bir strateji setinin sektörün karbon ayak izinin azaltılmasında kritik bir rol oynayacağı değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra, ilgili stratejilerin çevresel sürdürülebilirliğin ötesinde operasyonel verimliliği artırdığı, maliyetleri optimize ettiği ve küresel rekabet gücünü güçlendirdiği; bu yönüyle Türk hava kargo sektörünün uzun vadeli dönüşümüne yön veren stratejik bir yol haritası niteliği taşıdığı ifade edilebilir. Bu stratejik dönüşüm sürecinde, dünya hava kargo sektöründe öncü konumda bulunan Atlas Air, havacılık sektörünün karbondan arındırılmasında önemli bir rol üstlenmektedir. 2035 yılına kadar emisyon oranlarını %20 oranında azaltmayı hedefleyen Atlas Air, SAF tedarik ve kullanımı, operasyonel verimlilik ve yakıt tasarrufu uygulamaları ile filo modernizasyonu stratejilerini

uygulamaktadır (Atlas Air World Wide, 2026). Bu hava kargo taşıyıcısının yanı sıra, Türk hava kargo sektörünün önde gelen taşıyıcısı olarak Turkish Cargo (Turkish Airlines Cargo) da ‘Ekosistemin Korunması’ politikası kapsamında; filo modernizasyonu, operasyonel iyileştirmeler, SAF kullanımı ve karbon dengeleme uygulamalarıyla sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik tedbirler almaktadır (Turkish Cargo, 2026). Türkiye Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2023) 2024-2028 Kalkınma Planı kapsamında, SAF üretiminin yaygınlaştırılması amacıyla havayolu işletmeleri, yakıt kuruluşları, üniversiteler ve Ar-Ge merkezleri arasında iş birliğinin artırılması önemli bir strateji olarak öne çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, SHGM tarafından yürütülen Yeşil Hava Yolu Projesi ile işletmelerin yakıt tüketimi, karbon ayak izi, atık yönetimi ve enerji verimliliği kriterlerine göre değerlendirilerek sertifikalandırılması ve başarılı uygulamaların teşvik edilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, ICAO ile uyumlu olarak geliştirilen “Kurumsal Dönüşüm Modeli ve Sivil Havacılıkta Dijital Dönüşüm” projeleri ile sektörde kurumsal kapasitenin güçlendirilmesi, insan kaynağının geliştirilmesi ve süreçlerin dijitalleşmesi amaçlanmaktadır. Bölgesel hava kargo taşımacılığının geliştirilmesi de planın önemli bileşenlerinden biri olup, ticaretin ve ekonomik büyümenin desteklenmesine katkı sağlamaktadır. Bu bütüncül yaklaşım, havacılık sektöründe çevresel sürdürülebilirliğin yalnızca teknolojik gelişmelerle değil; aynı zamanda ekonomik, kurumsal ve stratejik politikalarla mümkün olabileceğini ortaya koymakta ve elde edilen bulguların çalışmanın sonuçlarıyla paralellik gösterdiğini teyit etmektedir. Özetle hava kargo taşımacılığındaki paydaşlar SAF uygulamalarını benimseyerek, filoları modernize ederek, operasyonları optimize ederek ve döngüsel ekonomi uygulamalarını benimseyerek, sektör verimliliğini korurken karbon ayak izini azaltabilecektir. Paydaşlar ortak sürdürülebilirlik hedeflerine yönelik çalışırken, hava taşımacılığının dünyaya zarar vermeden küresel ticareti desteklediği bir geleceği şekillendirmeye de yardımcı olacaktır. Bu stratejilere öncelik veren ve mevzuata uyumu sağlayan işletmeler, yalnızca sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmakla kalmayacak, aynı zamanda giderek daha çevre bilincine sahip bir pazarda rekabet avantajı da elde edebilecektir (WeFreight, 2025).

Elde edilen bulgular, Türk hava kargo sektöründe karbondan arındırma sürecine yönelik farkındalık ve bilgi düzeyinin yetersiz kaldığını açık biçimde ortaya koymaktadır. Bu kapsamda, sektördeki paydaşların konuya ilişkin farkındalık ve bilgi düzeyleri önemli bir tartışma alanı olarak öne çıkmaktadır. Bu durum küresel ölçekte karbondan arındırma

konusuna olan ilginin artmasına rağmen, Türk hava kargo işletmelerinin bir yandan sektördeki kritik rollerini sürdürürken diğer yandan bu hedefe nasıl ulaşabileceklerine ilişkin yeterli bilgi ve anlayışa sahip olmadıklarını göstermektedir. Bu bağlamda mevcut çalışma, Türk hava kargo sektörüne yönelik sürdürülebilirlik ve çevresel performans çalışmalarının sınırlı kaldığını ortaya koyan literatüre katkı sağlamakta ve sektörde farkındalık artırıcı politika ve uygulamaların gerekliliğine işaret etmektedir. Mevcut literatür incelendiğinde, Öçal (2022) ve Macit (2024) çalışmalarına rastlanmış olup, sektörde sürdürülebilirlik ile operasyonel verimlilik arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Tespit edilen bu sınırlılık doğrultusunda, mevcut çalışma Türk hava kargo sektörünün 2053 net sıfır hedefine ulaşabilmesi için gerekli stratejilerin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi amacıyla SWOT, BWM ve bulanık VIKOR yöntemlerini entegre eden bütüncül bir ÇKKV modeli sunarak literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Literatür incelendiğinde, SWOT, BWM (Rezaei, 2015) ve bulanık VIKOR (Shao ve ark., 2013) yöntemlerinin ayrı ayrı uygulamalarına sıklıkla rastlanırken, bu yöntemlerin birlikte ve sistematik bir yapı içinde ele alındığı çalışmaların oldukça sınırlı kaldığı anlaşılmaktadır (Vardin vd., 2021; Tanaji & Roychowdhury, 2024; Debnath vd., 2025; Khalil vd., 2026). Bu yönüyle çalışma, çok kriterli karar verme yöntemlerini bütünleşik bir yaklaşımla ele alarak literatüre metodolojik bir katkı sunmaktadır. Ayrıca, karar vericilerin değerlendirmelerindeki belirsizliklerin bulanık mantık ile modellenmesi, günümüzün yüksek rekabet ve belirsizlik içeren karar ortamlarında daha gerçekçi ve güvenilir sonuçlar elde edilmesine imkân tanımaktadır (Zavadskas, Turskis, & Kildienė, 2014). Sonuç olarak, çalışma hem metodolojik yaklaşımı hem de sektörel odak noktası itibarıyla literatürdeki boşluğu doldurmakta ve Türk hava kargo sektörünün sürdürülebilir dönüşüm sürecine stratejik bir perspektif sunmaktadır. Bu kapsamda elde edilen bulguların, hem karar vericilere yol gösterici olması hem de gelecekte yapılacak akademik çalışmalara temel oluşturması beklenmektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türk hava kargo sektörünün Net Sıfır Emisyon hedeflerine ulaşmasına yönelik stratejik yönelimlerin belirlenmesi amacıyla, SWOT temelli BWM ve Bulanık VIKOR yöntemlerini içeren bütüncül bir yaklaşım uygulanmıştır. Öncelikle sektörün güçlü ve zayıf yönleri ile fırsat ve tehditleri belirlenmiş; bu faktörler karar vericilerin öncelik algılarına göre BWM yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Ardından, SWOT matrisinden elde edilen stratejiler, karar vericilerin dilsel değerlendirmeleri temel alınarak Bulanık VIKOR yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu yönetsel çerçeve, sektörün karşı karşıya olduğu stratejik alternatiflerin belirsizlik ortamında nasıl önceliklendirilmesi gerektiğine dair karar vericilere sistematik bir yol haritası sunmuştur.

Analiz sonuçları, Türk hava kargo sektörünün karbondan arındırılmasına yönelik önemli adımlar attığını ortaya koymaktadır. Karar vericiler, sektörün SAF kullanımına başlamasını ve yeşil teknolojilere yönelik yatırımların artmasını yüksek öneme sahip güçlü yönler ve fırsatlar olarak değerlendirmiştir. Bununla birlikte, SAF tedarik altyapısındaki eksiklikler, yüksek yatırım maliyetleri ve sınırlı finansman kaynakları gibi faktörler, yalnızca operasyonel sınırlılıklar olarak değil, aynı zamanda sektörün sürdürülebilir dönüşümünü yavaşlatabilecek stratejik tehditler olarak görülmüştür. Bu durum, sektörün yalnızca çevresel değil, aynı zamanda finansal ve yönetsel düzeyde de çok boyutlu bir dönüşüme ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Bulanık VIKOR analizi sonucunda ise, İGA'nın bölgesel bir yeşil lojistik merkezi olarak konumlandırılması en öncelikli strateji olarak öne çıkmıştır. Bu bulgu, Türkiye'nin hava kargo taşımacılığı alanında bölgesel bir liderlik üstlenme potansiyeline sahip olduğunu ve sürdürülebilirlik temelinde bu konumunu güçlendirebileceğini göstermektedir. Bunu takip eden stratejiler arasında SAF kullanımının ölçeklendirilmesi, proje finansmanları aracılığıyla dijital yeşil kargo operasyon sistemlerinin kurulması ve kamu-özel ortaklıkları yoluyla SAF altyapısının geliştirilmesi yer almaktadır. Bu stratejiler, hem teknik kapasitenin artırılması hem de finansal sürdürülebilirliğin sağlanması açısından kritik öneme sahiptir. Buna karşılık, intermodal taşımacılık bağlantı noktalarına yönelik çevreci pilot uygulamalar, karar vericiler tarafından kısa vadede daha düşük öncelikli bir strateji olarak değerlendirilmiştir. Bu durum, sektörün mevcut kaynaklarını daha doğrudan etkisi olan alanlara yönlendirdiğini, ancak uzun vadede bu tür kapsamlı yaklaşımların da stratejik açıdan önemli bir değer taşıyabileceğini göstermektedir. Elde edilen bulgular

doğrultusunda, Türk hava kargo sektörünün Net Sıfır Emisyon hedefine ulaşabilmesi için çeşitli politika, altyapı ve yönetim adımlarının eş zamanlı olarak atılması gerekmektedir. SAF altyapısına yönelik ulusal düzeyde stratejik bir planlama yapılması ve SAF üretiminden dağıtımına kadar tüm tedarik zincirinin koordineli biçimde güçlendirilmesi öncelikli gereklilikler arasında yer almaktadır. Havalimanlarının yeşil lojistik üsleri olarak yeniden yapılandırılması, sektörün hem çevresel sürdürülebilirlik hem de uluslararası rekabet açısından konumunu güçlendirecektir. Bu bağlamda İstanbul Havalimanı (İGA) gibi merkezlerin yalnızca bir terminal noktası değil, aynı zamanda düşük karbonlu ve dijital entegre bir lojistik merkezi olarak dönüşümü, stratejik bir hamle olarak değerlendirilmelidir. Yüksek yatırım maliyetlerinin sektördeki dönüşüm sürecini geciktirmemesi için finansman araçlarının çeşitlendirilmesi ve destek mekanizmalarının oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Kamu-özel ortaklıklarının daha yaygın ve etkin bir şekilde kullanılması, hem altyapı yatırımlarının gerçekleştirilmesini kolaylaştıracak hem de risk paylaşımını mümkün kılarak sürdürülebilirliği artıracaktır. Ayrıca dijital operasyon yönetim sistemlerinin geliştirilmesi, hem enerji verimliliği hem de kaynak kullanımının optimizasyonu açısından sektöre önemli katkılar sağlayacaktır. Sektördeki yeşil dönüşümün yalnızca teknolojik yatırımlarla değil, aynı zamanda farkındalık ve insan kaynağı ile desteklenmesi gerektiği unutulmamalıdır. Bu nedenle, sektörde çalışan personelin ve yöneticilerin yeşil lojistik uygulamaları, SAF kullanımı ve sürdürülebilirlik konularında eğitilmesi, bilinçlendirme faaliyetlerinin artırılması ve bu sürece yönelik gönüllü katılımın teşvik edilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak, SWOT temelli BWM ve Bulanık VIKOR yöntemlerinin birlikte uygulanması, karar vericilere sektördeki mevcut durumun değerlendirilmesi ve stratejik yönelimlerin belirlenmesinde önemli avantajlar sağlamıştır. Bu yöntemsel yaklaşım, özellikle belirsizliklerin yüksek olduğu çevresel karar alma süreçlerinde çok kriterli kararların daha sistematik biçimde alınmasına imkân tanımaktadır.

Gelecek çalışmalarda bu analiz yapısına senaryo analizi, sistem dinamikleri veya paydaş tabanlı modelleme gibi yöntemlerin eklenmesiyle daha kapsamlı ve bütüncül bir stratejik planlama yapılması mümkün olacaktır. Bu çalışmada kullanılan yöntemlerin doğruluğu ve güvenilirliği literatürde geniş kabul görmüş olsa da, gelecekte SWOT faktörlerinin belirlenmesinde Delphi yöntemi veya nominal grup tekniği gibi daha geniş katılımı uzman görüşlerine dayalı yapılar tercih edilebilir. Bu sayede faktör seçimi daha

sağlam bir şekilde temellendirilebilir ve paydaşların katılımı artırılabilir. Ayrıca çalışma, yalnızca hava kargo sektörünü kapsamaktadır. Yolcu taşımacılığı, genel havacılık, yer hizmetleri ve havaalanı işletmeciliği gibi diğer alt sektörlerde yapılacak benzer analizler, Türkiye havacılığının karbon nötr hedeflerine daha kapsamlı bir yaklaşım geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Böylece alt sektörler arası karşılaştırmalı analizler ile sektörel entegrasyon alanları daha net şekilde ortaya konulabilir. Ayrıca, karar verme sürecinde paydaşlar arası öncelik farklılıkları dikkate alınarak, gruplar arası kıyaslamalı analizler yapılabilir. Örneğin kamu yöneticileri, özel sektör temsilcileri ve akademisyenlerin değerlendirmelerinin birbirinden nasıl farklılaştığını ortaya koymak, stratejik uyumun sağlanmasına katkı sunabilir. Bu bağlamda grup karar verme (Group Decision Making - GDM) modelleri entegre edilerek daha demokratik ve çoğulcu bir karar yapısı oluşturulabilir. Son olarak, bu tezde kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinin (BWM ve Bulanık VIKOR) dışındaki yaklaşımlar ile karşılaştırmalı çalışmalar yapılabilir. Örneğin AHP, ANP, DEMATEL, TODIM gibi diğer çok kriterli karar verme teknikleri ile strateji sıralamalarının tutarlılığı ve duyarlılığı test edilebilir.

KAYNAKÇA

- Abrantes, I., Ferreira, A. F., Silva, A., & Costa, M. (2021). Sustainable aviation fuels and imminent technologies - CO2 emissions evolution towards 2050. *Journal of Cleaner Production*(313), 1-14.
- ACI. (2025, 12 10). *World Airport Traffic Forecasts 2025-2054*. <https://aci.aero/about-aci/> adresinden alındı.
- ACT Airlines. (2023, 03 03). <https://www.actairlines.com/services.php> adresinden alındı.
- Adedeji, O., Reuben, O., & Olatoye, O. (2014). Global Climate Change. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 2(2), 114-122.
- Afonso, F., Sohst, M., Diogo, C. M., Rodrigues, S. S., Ferreira, A., Ribeiro, I., . . . Fernandes, E. C. (2023). Strategies towards a more sustainable aviation: A systematic review. *Progress in Aerospace Sciences*, 137(2023), 1-55.
- Agarwal, R., Ergun, Ö., Houghtalen, L., & Ozener, O. O. (2009). Collaboration in Cargo Transportation. *Optimization and Logistics Challenges in the Enterprise* (s. 373-409). içinde Springer Optimization and Its Applications.
- Agency, I. E. (2023). *CO2 Emissions in 2023*. Paris: International Energy Agency.
- Ağbaş, E. (2021). *A simulation approach for aircraft cargo loading considering weight and balance constraints*. İstanbul: İbn Haldun Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Ahmadi, S., & Akgunduz, A. (2023). Airport operations with electric-powered towing alternatives under stochastic conditions. *Journal of Air Transport Management*, 109(2023), 1-12.
- Air Global Logistics. (2024). Is Air Freight sustainable? 03 24, 2026 tarihinde <https://www.agi.global/news/can-air-freight-be-sustainable#:~:text=Continued%20investment%20in%20fuel%2Defficient%20aircraft%2C%20such%20as,fuel%20per%20ton%2Dkilometre%2C%20can%20significantly%20cut%20emissions>. adresinden alındı.
- Airport Industry News. (2024, 12 10). *Associations*. Airport Industry News: <https://airportindustry-news.com/associations/airports-council-international-aci/> adresinden alındı.

- Alebeek, S. v., & Bombelli, A. (2021). Auction-based coopetition in the landside air cargo supply chain. *Journal of Supply Chain Management Science*, 1(1-2), 1-16.
- Amaruchkul, K., & Lorchirachoonkul, V. (2011). Air-cargo capacity allocation for multiple freight forwarders. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(1), 30-40.
- Artar, O. K., Uca, N., & Taşçı, M. E. (2016). The Impact Of The Airline Freight Transportation On GDP in Turkey. *Journal of International Trade, Logistics and Law*, 2(2), 143-148.
- Asch, T. V., Dewulf, W., Kupfer, F., Cárdenas, I., & Voorde, E. V. (2020). Cross-border e-commerce logistics – Strategic success factors for airports. *Research in Transportation Economics*, 79(2020), 1-10.
- ATAG. (2020). ATAG: <https://atag.org/facts-figures/> adresinden alındı.
- ATAG. (2021). *Waypoint 2050*. Cenevre: Air Transport Action Group.
- Atlas Air World Wide. (2026). *Atlas Air World Wide*. <https://www.atlasairworldwide.com/sustainability/environment/decarbonization-strategy/> adresinden alındı.
- Aydın, U., & Ülengin, B. (2022). Analyzing air cargo flows of Turkish domestic routes: A comparative analysis of gravity models. *Journal of Air Transport Management*, 102(2022), 1-9.
- Babuder, D., Lapko, Y., Trucco, P., & Taghavi, R. (2024). Impact of emerging sustainable aircraft technologies on the existing operating ecosystem. *Journal of Air Transport Management*, 115(2024), 1-18.
- Bakır, M., Ozdemir, E., Akan, Ş., & Atalık, Ö. (2022). A bibliometric analysis of airport service quality. *Journal of Air Transport Management*(104), 1-14.
- Barakat, H., Yeniterzi, R., & Martín-Domingo, L. (2021). Applying deep learning models to twitter data to detect airport service quality. *Journal of Air Transport Management*(91), 1-8.
- Becken, S. (2019). Decarbonising tourism: mission impossible? *Tourism Recreation Research*, 44(4), 419-433.
- Bernauer, T. (2013). Climate Change Politics. *Annual Review of Political Science*, 16(1), 421-448.

- Birkmann, J., & Teichman, K. v. (2010). Integrating disaster risk reduction and climate change adaptation: key challenges—scales, knowledge, and norms. *Sustain Sci*, 2010(5), 171-184.
- Blondiau, T., Delhay, E., Proost, S., & Adler, N. (2016). Acchange: Building economic models to analyse the performance of air navigation service providers. *Journal of Air Transport Management*(56), 19-27.
- Boggs, T. (2024, 02 20). *Industrial Compliance & Safety*. 12 10, 2024 tarihinde <https://www.industrialcompliancesafety.com/global/what-is-the-international-air-transport-association-iata/> adresinden alındı
- Bombelli, A., Santos, B. F., & Tavasszy, L. (2020). Analysis of the air cargo transport network using a complexnetwork theory perspective. *Transportation Research Part E*, 138(2020), 1-21.
- Boonekamp, T., & Burghouwt, G. (2017). Measuring connectivity in the air freight industry. *Journal of Air Transport Management*, 61(2017), 81-94.
- Brandt, F., & Nickel, S. (2019). The air cargo load planning problem - a consolidated problem definition and literature review on related problems. *European Journal of Operational Research*, 275(2019), 399-410.
- Brett, D. (2024, Nisan 9). *Aircargonews*. Eylül 12, 2024 tarihinde <https://www.aircargonews.net/airlines/turkish-cargo-sees-volumes-and-revenues-decline-in-2023/> adresinden alındı.
- Brouder, A. (2010). Airports Council International. *Handbook of Transnational Economic Governance Regimes* (s. 731-745). içinde Brill | Nijhoff.
- Brown, M., & Key, G. (2009). Revisions to ANSI/MSE 2000, The Energy Management System Standard. *Strategic Planning for Energy and the Environment*, 26(2), 47-55.
- Button, K., & McDougall, G. (2006). Institutional and structure changes in air navigation service-providing organizations. *Journal of Air Transport Management*(12), 236-252.
- Button, K., Clarke, A., Palubinskas, G., Stough, R., & Thibault, M. (2004). Conforming with ICAOsafety oversight standards. *Journal of Air Transport Management*(10), 251-257.

- Calvet, L. (2024). Towards Environmentally Sustainable Aviation: A Review on Operational Optimization. *Future Transportation*, 2024(4), 518-547.
- Carter, J. (2023). 9. *Coastal Effects*. Washington: Global Change Research Program. <https://nca2023.globalchange.gov/chapter/9/> adresinden alındı.
- Chandola, D. C., Jaiswal, K., Verma, S., & Singh, B. (2022). Aviation MRO: A comprehensive review of factors affecting productivity of Aircraft Maintenance Organization. *2022 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)*, (s. 1-7). Dubai.
- Chao, C.-C., & Kao, K.-T. (2015). Selection of strategic cargo alliance by airlines. *Journal of Air Transport Management*, 43(2015), 29-36.
- Chao, C.-C., Lirn, T.-C., & Shang, K.-C. (2011). Market segmentation of airline cargo transport. *The Service Industries Journal*, 33(15-16), 1672-1685.
- Chiaramonti, D., Talluri, G., Testa, L., Prussi, M., & Scarlat, N. (2021). Can Lower Carbon Aviation Fuels (LCAF) Really Complement Sustainable Aviation Fuel (SAF) towards EU Aviation Decarbonization? *Energies*, 14(6430), 1-28.
- Cvelihárová, D., & Pauliková, A. (2021). Water efficiency management systems for transport drinking water supply. *Advances in Environmental Engineering*, 1-12.
- Dağ, S., & Önder, E. (2013). Decision-Making For Facility Location Using Vikor Method. *Journal of International Scientific Publications: Economy & Business*, 7(1), 308-330.
- Daştan, D. (2024). *Sustainability approaches of Turkish Airlines* . TIACA: <https://tiaca.org/sustainability-approaches-of-turkish-airlines/> adresinden alındı.
- Demir, S., Esbah, H., & Akgün, A. A. (2016). Quantitative SWOT analysis for prioritizing ecotourism-planning decisions in protected areas: Igneada case. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 23(5), 456-468.
- Derigs, U., Friederichs, S., & Schäfer, S. (2009). A New Approach for Air Cargo Network Planning. *Transportation Science*, 43(3), 370-380.

- DHMI. (2024, 12 10). *General Directorate Of State Airports Authority*. <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Ssd/Eurocontrol/Eurocontrol.aspx> adresinden alındı.
- Dinçer, F. C., & Yirmibeşoğlu, G. (2024). Constraints on women pilots in airline industry: A rising sector of international trade. *Journal of Air Transport Management*(115), 1-15.
- Djokic, J., Lorenz, B., & Fricke, H. (2010). Air traffic control complexity as workload driver. *Transportation Research Part C*(18), 930-936.
- Dube, K., Nhamo, G., & Chikodzi, D. (2021). COVID-19 pandemic and prospects for recovery of the global aviation industry. *Journal of Air Transport Management*, 92(2021), 1-12.
- Düzgün, B. (2014). *Türkiye'nin enerji verimliliğinin değ erlendirilmesi: beyaz sertifikalar sisteminin Türkiye'ye uygulanabilirliğini*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dyllick, T., & Hockerts, K. (2002). Beyond the Business Case for Corporate Sustainability. *Business Strategy and the Environment*, 11(2), 130-141.
- EASA. (2024, 12 10). *European Union Aviation Safety Agency (EASA)*. <https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-union-aviation-safety-agency> adresinden alındı.
- ECAC. (2009). *Ecac Policy Statement In The Field Of Civil Aviation Facilitation*.
- Efthymiou, M., & Papatheodorou, A. (2019). EU Emissions Trading scheme in aviation: Policy analysis and suggestions. *Journal of Cleaner Production*(237), 1-10.
- Ekici, F., Orhan, G., Gümüş, Ö., & Bahce, A. B. (2022). A policy on the externality problem and solution suggestions in air transportation: The environment and sustainability. *Energy*, 258(1), 1-12.
- EPA. (2024, Kasım 1). *United States Environmental Protection Agency*. Aralık 4, 2024 tarihinde <https://www.epa.gov/climatechange-science/impacts-climate-change> adresinden alındı.
- EU Comission. (2024). *EU Emissions Trading System (EU ETS)*. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/what-eu-ets_en adresinden alındı.

- EUROCONTROL. (2008). *On The Validation Practices At Eurocontrol Experimental Centre*. Cedex: Eurocontrol.
- Europa Nu. (2024, 12 10). *EU Monitor*.
<https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j9vvik7m1c3gyxp/vgdygixpu0rk>
 adresinden alındı.
- European Commission. (2025). *Reducing Emissions from Aviation*. Brussel.
- FAA. (2024). *United States Aviation Climate Action Plan*. Washington.
<https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/2024-12/US%20Aviation%20State%20Action%20Plan%202024%20-%20Final.pdf>
 adresinden alındı.
- Fan, Y. V., Perry, S., Kleme, J. r., & Lee, C. T. (2018). A review on air emissions assessment: Transportation. *Journal of Cleaner Production*(194), 673-684.
- Fang, Y. R., Peng, W., Urpelainen, o., Hossain, M., Qin, Y., Ma, T., . . . Dai, H. (2023). Neutralizing China's transportation sector requires combined decarbonization efforts from power and hydrogen supply. *Applied Energy*(349), 1-15.
- Fayed, H., & Westlake, J. (2002). Globalization of Air Transport: The Challenges of the GATS. *Tourism Economics*, 8(4), 431-455.
- Feng, B., Li, Y., & Shen, Z.-J. M. (2015). Air cargo operations: Literature review and comparison with practices. *Transportation Research Part C*, 56(2015), 263-280.
- FIATA. (2022, 05). *Embracing Sustainability In The Future Of Air Freight*. 01 02, 2025 tarihinde Aviation Business News: aviationbusinessnews.com adresinden alındı.
- FIATA. (2024, 10 11). Sustainability. Geneva, Switzerland. 01 02, 2025 tarihinde <https://fiata.org/sustainability-is-a-critical-issue-facing-our-world/> adresinden alındı.
- Fiedler, T., & Mircea, P.-M. (2012). Energy Management Systems according to the ISO 50001 Standard – Challenges and Benefits. *International conference on applied and theoretical electricity (ICATE)*, (s. 1-4).
- Forson, E. D., Kwayisi, D., Kazapoe, R. W., Ntori, C., Adjei, S. K., Mahamuda, A., . . . Amedzro, K. Y. (2024). Application of a hybrid BWM-TOPSIS approach for mineral potential mapping. *Heliyon*, 10(2024), 1-15.

- Forsyth, P. (2011). Environmental and financial sustainability of air transport: Are they incompatible? *Journal of Air Transport Management*, 17(1), 27-32.
- Fragkos, P. (2022). Decarbonizing the International Shipping and Aviation Sectors. *Energies*, 15(9650), 1-25.
- Gallego, C. E., Comendador, V. F., Nieto, F. J., & Martinez, M. G. (2018). Discussion On Density-Based Clustering Methods Applied for Automated Identification of Airspace Flows. *37th Digital Avionics Systems Conference* (s. 1-10). London, UK: IEEE/AIAA.
- George, A., Shen, B., Craven, M., Wang, Y., Kang, D., Wu, C., & Tu, X. (2021). A Review of Non-Thermal Plasma Technology: A novel solution for CO2 conversion and utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135(2021), 1-22.
- Gerede, E. (2015). *Havayolu Taşımacılığı Ekonomik Düzenlemeler Teori ve Türkiye Uygulaması*. Ankara: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü.
- Gitto, S., & Mancuso, P. (2017). Improving airport services using sentiment analysis of the websites. *Tourism Management Perspectives*(22), 1-5.
- Global Carbon Project. (2025). *Fossil fuel CO2 emissions hit record high in 2025*. <https://globalcarbonbudget.org/fossil-fuel-co2-emissions-hit-record-high-in-2025/> adresinden alındı.
- González-Benito, J., & González-Benito, Ó. (2006). A review of determinant factors of environmental proactivity. *Business Strategy and the Environment*, 15(2), 87-102.
- Gooley, T. (2001). Friend or foe: Will airline alliances be good for shippers? *Logistics Management and Distribution*, 40, 53-57.
- Gopalakrishnan, B., Ramamoorthy, K., Crowe, E., Chaudhari, S., & Latif, H. (2014). A structured approach for facilitating the implementation of ISO 50001 standard in the manufacturing sector. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*(7), 154-165.
- Graver, B., Zhang, K., & Rutherford, D. (2019). CO2 emissions from commercial aviation, 2018. *International Council on Clean Transportation*(16), 1-13.

- Grebensek, A., & Magister, T. (2012). Effect of seasonal traffic variability on the performance of air navigation service providers. *Journal of Air Transport Management*(25), 22-25.
- Green, J. E. (2016). Civil aviation and the environmental challenge. *The Aeronautical Journal*, 107(1072), 281-299.
- Grote, M., Williams, I., & Preston, J. (2014). Direct carbon dioxide emissions from civil aircraft. *Atmospheric Environment*, 95(2014), 214-224.
- Gul, M., Yucesan, M., & Ak, M. F. (2022). Control measure prioritization in Fine – Kinney-based risk assessment: a Bayesian BWM-Fuzzy VIKOR combined approach in an oil station. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(2022), 59385–59402.
- Gupta, D. (2007). Flexible carrier–forwarder contracts for air cargo business. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 7(4), 341-356.
- Gürçam, S. (2022). Civil Aviation Policies and Practices in Turkey in a Global Context Through Sustainable Aviation. *Environmental Research and Technology*, 5(3), 227-240.
- Halpern, N., & Mwesiumo, D. (2021). Airport service quality and passenger satisfaction: The impact of service failure on the likelihood of promoting an airport online. *Research in Transportation Business & Management*(41), 1-15.
- Hasan, M. A., Mamun, A. A., Rahman, S. M., Malik, K., Amran, M. I., Khondaker, A. N., . . . Alismail, F. S. (2021). Climate Change Mitigation Pathways for the Aviation Sector. *Sustainability*, 13(3656), 1-29.
- Hayden, M. P.-T.-W., Howe, P., Khan, A., Lefthand-Begay, C., Maldonado, J., Saha, S., . . . A. V. (2023). *Fifth National Climate Assessment*. Washington: U.S. Global Change Research Program. <https://nca2023.globalchange.gov/chapter/15/> adresinden alındı.
- Hayward, J. (2023, 09 03). *Simple Flying*. <https://simpleflying.com/wow-alliance/> adresinden alındı.
- Hegerl, G. C., Zwiers, F. W., Braconnot, P., Gillet, N. P., Luo, Y., Orsini, J. A., . . . Stott, P. A. (2007). *Understanding and Attributing Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Hong, S.-J., Kim, W., & Niranjana, S. (2023). Challenges to the air cargo business of combination carriers: Analysis of two major Korean Airlines. *Journal of Air Transport Management*, 108(2023), 1-10.
- Houghton, J. (2005). Global warming. *Reports on Progress in Physics*, 68(6), 1343.
- Hu, Y.-J., Yang, L., Cui, H., Wang, H., Li, C., & Tang, B.-J. (2022). Strategies to Mitigate Carbon Emissions for Sustainable Aviation: A Critical Review From a Life-cycle Perspective. *Sustainable Production and Consumption*, 33(2022), 788-808.
- Huang, J. (2009). Aviation Safety, ICAO and Obligations Erga Omnes Get access Arrow. *Chinese Journal of International Law*, 8(1), 63-79.
- IATA. (2024, 12 6). The International Air Transport Association (IATA): <https://www.iata.org/en/about/> adresinden alındı.
- IATA. (2024). *Annual Review 2024*. United Arab Emirates: IATA.
- IATA. (2024). *CORSIA Fact Sheet*.
- IATA. (2024). *Energy and New Fuels Infrastructure Net Zero Roadmap*. Kanada .
- IATA. (2024). *Net Zero 2050 Progress Tracking Methodology*. The International Air Transport Association (IATA) .
- IATA. (2024). *The older cargo fleet hampers emissions reductions*. IATA.
- IATA. (2026, 01 29). Strong 2025 Passenger Demand Masks Ongoing Capacity Constraints. IATA. 03 26, 2026 tarihinde <https://www.iata.org/en/pressroom/2026-releases/2026-01-29-02/#:~:text=Total%20full%2Dyear%20demand%20in,record%20for%20full%2Dyear%20traffic>. adresinden alındı
- ICAO . (2025). *Vision and Mission to 2025* .
- ICAO. (2022, 06). Aviation Industry Position on The Development Of A Long-Term Climate Goal At ICAO. *ICAO Assembly / 41*, s. 1-2.
- ICAO. (2022). *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)*. Montreal: ICAO.
- ICAO. (2024, 12 6). International Civil Aviation Organization: <https://www.icao.int/about-icao/Council/Pages/Strategic-Objectives.aspx> adresinden alındı.

- ICAO. (2024). https://applications.icao.int/postalhistory/easa_european_union_aviation_safety_agency.htm adresinden alındı.
- Ideris, F., Shamsuddin, A. H., Nomanbhay, S., Kusumo, F., Silitonga, A. S., Ong, M. Y., . . . Mahlia, T. M. (2021). Optimization of ultrasound-assisted oil extraction from *Canarium odontophyllum* kernel as a novel biodiesel feedstock. *Journal of Cleaner Production*, 288(2021), 1-15.
- IEA. (2024). *Net Zero Emissions by 2050 Scenario (NZE)*. 01 06, 2025 tarihinde <https://www.iea.org/reports/global-energy-and-climate-model/net-zero-emissions-by-2050-scenario-nze> adresinden alındı.
- Inglezakis, V., Pouloupoulos, S., Arkhangelsky, E., Zorpas, A., & Menegaki, A. (2016). Chapter 3: Environmental Quality Standards and Emission Limit Values. *Aquatic Environment* (s. 159-160).
- IPCC. (2023). *AR6 Climate Change 2023: Mitigation of Climate Change*. Interlaken, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change .
- ISO. (2015). *Environmental management systems — Requirements with guidance for use*.
- ISO. (2018). *ISO 14064-1*. <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:14064:-1:ed-2:v1:en> adresinden alındı.
- Itani, N., O'Connell, J. F., & Mason, K. (2014). A macro-environment approach to civil aviation strategic planning. *Transport Policy*, 33(2014), 125-135.
- Jabbour, C. J., & Santos, F. A. (2006). The evolution of environmental management within organizations: Toward a common taxonomy. *Environmental Quality Management*, 16(2), 43-59.
- Jain, V., Malviya, B., & Arya, S. (2021). An Overview of Electronic Commerce (e-Commerce). *Journal of Contemporary Issues in Business and Government*, 27(3), 665-670.
- Jensen, L. L., Bonnefoy, P. A., Hileman, J. I., & Fitzgerald, J. T. (2023). The carbon dioxide challenge facing U.S. aviation and paths to achieve net zero emissions by 2050. *Progress in Aerospace Sciences*, 141(2023), 1-19.

- Jilian, G., Kangming, B., & Lintong, J. (2011). Research on Airworthiness Management System about Military Aircraft Development. *Procedia Engineering*(17), 375-381.
- Jungbluth, N., & Meili, C. (2019). Recommendations for calculation of the global warming potential of aviation including the radiative forcing index. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 24(2019), 404-411.
- Kagoya, S. M., & Mkwizu, K. H. (2022). E-logistic Practices and Health Care Supply Chain Management for Public Referral Hospitals in Uganda. *University of Dar es Salaam Library Journal*, 17(1), 72-90.
- Kála, M., Žember, M., & Lališ, A. (2020). Development of a tool for access worktime estimation in aircraft maintenance. *Transportation Research Procedia*(51), 46-55.
- Kalayci, S., & Yanginlar, G. (2016). The Effects of Economic Growth and Foreign Direct Investment on Air Transportation: Evidence from Turkey. *International Business Research*, 9(3), 154-162.
- Kantareva, M., Angelova, A., Iliev, L., & Efthymiou, M. (2016). *Action Plan Of Bulgaria For CO2 Emissions Reduction From Civil Aviation*. Softoya: Directorate General Civil Aviation Administration The Republic of Bulgaria.
- Karanki, F., Bilotkach, V., Gao, Y., & Lu, C.-T. (2024). The economic impact of E-commerce on the U.S. airports: Cost savings and productivity growth. *Journal of Air Transport Management*, 118(2024), 1-11.
- Kaya, G., & Kayalıca, M. Ö. (2022). Aviation-caused CO2 emissions reduction efficiency in EU-28 under CORSIA compliance. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 5(2), 1-20.
- Kearns, D. S. (2018). *Fundamentals of International Aviation*. New York: Routledge.
- Kiracı, K., & Vasigh, B. (2024). A novel approach to determinants of corporate cash holdings: Evidence from the airline industry. *Journal of Air Transport Management*(120), 1-17.
- Kiso, F., & Deljanin, A. (2009). Air Freight and Logistics Services. *Promet – Traffic&Transportation*, 21(4), 291-298.

- Kizielewicz, B., & Bączkiewicz, A. (2021). Comparison of Fuzzy TOPSIS, Fuzzy VIKOR, Fuzzy WASPAS and Fuzzy MMOORA methods in the housing selection problem. *Procedia Computer Science*, 192(2021), 4578-4591.
- Klöwer, M., Allen, M. R., Lee, D. S., Proud, S. R., Gallagher, L., & Skowron, A. (2021). Quantifying aviation's contribution to global warming. *Environmental Research Letters*, 16(10), 1-10.
- Kousoulidou, M., & Lonza, L. (2016). Biofuels in aviation: Fuel demand and CO2 emissions evolution in Europe toward 2030. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*(46), 161-181.
- Kováčiková, K., Materna, M., Sedláčková, A. N., & Kováčiková, M. (2023). The impact of the pandemic on the business models of air cargo carriers. *Transportation Research Procedia*, 74(2023), 267-274.
- Köprülü, O. (2019). *Istanbul Airport & The Role Of Air Cargo Transportation In Global Trade : A Reional Planning Perspective*. Ankara: Middle East Technical University.
- Köves, A., & Bajmocy, Z. (2022). The end of business-as-usual? – A critical review of the air transport industry's climate strategy for 2050 from the perspectives of Degrowth. *Sustainable Production and Consumption*(29), 228-238.
- Kupfer, F., Meersman, H., Onghena, E., & Voorde, E. V. (2011). Air Freight and Merchandise Trade: Towards A Disaggregated Analysis. *Journal of Air Transport Studies*, 2(2), 28-48.
- Kupfer, F., Meersman, H., Onghena, E., & Voorde, E. V. (2017). The underlying drivers and future development of air cargo. *Journal of Air Transport Management*, 61(2017), 6-14.
- Kweku, D. W., Bismark, O., Maxwell, A., Desmond, K. A., Danso, K. B., Oti-Mensah, E. A., . . . Adormaa, B. B. (2017). Greenhouse Effect: Greenhouse Gases and Their Impact on Global Warming. *Journal of Scientific Research & Reports*, 17(6), 1-9.
- Lall, U., Johnson, T., Colohan, P., Aghakouchak, A., Brown, C., McCabe, G., . . . Sankarasubramanian, A. (2018). *Water. In: Impacts, risks, and adaptation in the United States*. Washington: U.S. Global Change Research Program.

- Lee, D., Fahey, D., Skowron, A., Allen, M., Burkhardt, U., Chen, Q., . . . Wilcox, L. (2021). The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. *Atmospheric Environment*(244), 1-29.
- Lee, J. W., & Yoon, S. Y. (2024). Growing stakeholderism in the airline industry after the COVID-19 pandemic. *Journal of Air Transport Management*(116), 1-10.
- Leung, L. C., Hui, Y. V., Wang, Y., & Chen, G. (2009). A 0–1 LP Model for the Integration and Consolidation of Air Cargo Shipments. *Operations Research*, 57(2), 402-412.
- Leung, L., Cheung, W., & Hui, Y. V. (2009). A framework for a logistics E-commerce community network: The Hong Kong air cargo industry. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans*, 30(4), 446-455.
- Li, T., & Fei, L. (2025). Exploring obstacles to the use of unmanned aerial vehicles in emergency rescue: A BWM-DEMATEL approach. *Technology in Society*, 81(2025), 1-18.
- Liang, X., Chen, T., Ye, M., Lin, H., & Li, Z. (2021). A hybrid fuzzy BWM-VIKOR MCDM to evaluate the service level of bike-sharing companies: A case study from Chengdu, China. *Journal of Cleaner Production*, 298(2021), 1-11.
- Lin, C.-C., Lin, J.-Y., & Chen, Y.-C. (2012). The capacitated p-hub median problem with integral constraints: An application to a Chinese air cargo network. *Applied Mathematical Modelling*, 36(2012), 2777-2787.
- Lo, J. (2024, 08 23). London airport expansion spotlights danger of “false hope” Jet Zero strategy. 01 02, 2025 tarihinde <https://www.climatechangenews.com/2024/08/23/london-airport-expansion-spotlights-danger-of-false-hope-jet-zero-strategy/> adresinden alındı.
- Lokanath, D. M. (2016). International Journal Of Engineering Sciences & Researchbuilding Energy Management System Using ISO 50001 Standard. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 5(5), 510-516.
- Low, J. M., Yuan, X.-M., & Tang, L. C. (2008). Performances Linkages between an Airport and the Air Cargo Supply Chain –Evidences from Hong Kong and

- Singapore. *The IEEE International Conference on Industrial Informatics* (s. 1722-1728). Daejeon, Korea: IEEE.
- Luangpituksa, C. (2022). Model of Air Cargo Supply Chain Resilience: Way to Build by Knowing What Can Tear Your Supply Chain Apart. *Global Air Transport Management and Reshaping Business Models for the New Era* (s. 17). içinde Thailand: IGI Global Scientific Publishing.
- MacDonald, J. P. (2005). Strategic sustainable development1 using the ISO 14001 Standard. *Journal of Cleaner Production*, 13(6), 631-643.
- Mahmudah, R. S., Putri, D. I., Abdullah, A. G., Shafii, M. A., Hakim, D. L., & Setiadipura, T. (2024). Developing a Multi-Criteria Decision-Making model for nuclear power plant location selection using Fuzzy Analytic Hierarchy Process and Fuzzy VIKOR methods focused on socio-economic factors. *Cleaner Engineering and Technology*, 19(2024), 1-11.
- Mair, J. (2010). Exploring air travellers' voluntary carbon-offsetting behaviour. *Journal of Sustainable Tourism*, 19(2), 215-230.
- Mayer, B., & Ding, Z. (2023). Climate Change Mitigation in the Aviation Sector: A Critical Overview of National and International Initiatives. *Transnational Environmental Law*, 12(1), 14-41.
- Merkert, R., Voorde, E. V., & Wit, J. d. (2017). Making or breaking - Key success factors in the air cargo market. *Journal of Air Transport Management*, 61(2017), 1-5.
- Mesquita, A., & Sanches, C. (2024). Air cargo load and route planning in pickup and delivery operations. *Expert Systems With Applications*, 249(2024), 1-15.
- Mızrak, F., & Akkartal, G. R. (2023). Determining and Evaluating the Strategies of Air Cargo Freight Forwarders to Increase Business Volume with AHP Method. *Journal of Aviation*, 7(2), 226-232.
- MNG Hava Yolları. (2022, 02 12). *Second A330-300 of MNG Airlines Is Converting to Freighter*. <https://www.mngairlines.com/news> adresinden alındı.
- MNG Hava Yolları. (2025, 03 05). <https://www.mngairlines.com/tr/kurumsal#tarihce-profil> adresinden alındı.
- Modor Intelligence. (2025, Temmuz 4). <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/jet-fuel-market> adresinden alındı.

- Mohajan, H. K. (2017). Greenhouse Gas Emissions, Global Warming and Climate Change. *15th Chittagong Conference on Mathematical Physics* (s. 1-11). Bangladesh: University of Chittagong.
- Moldan, B. ˇ., Janousková, S., & Hák, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators*(17), 4-13.
- Morelli, J. (2011). Environmental Sustainability: A Definition for Environmental Professionals. *Journal of Environmental Sustainability*, 1(1), 1-9.
- Naayagi, R. T. (2013). A Review of More Electric Aircraft Technology. *International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability*, (s. 750-753). Nagercoil, India.
- NASA. (2018, 08 16). What Is Climate Change? Washington.
- NASA. (2024, Eylül 11). 12 2, 2024 tarihinde NASA: <https://www.nasa.gov/earth/nasa-finds-summer-2024-hottest-to-date/#:~:text=Summer%20of%202024%20was%202.25,summer%20in%20the%20Northern%20Hemisphere>. adresinden alındı.
- Oakleaf, B., Cary, S., Meeker, D., Arent, D., Farrell, J., Day, M., . . . Gearhart, C. (2022). *A Roadmap Toward a Sustainable Aviation Ecosystem*. Denver West Parkway: NREL.
- Opricovic, S. (2011). Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning. *Expert Systems with Applications*, 38(2011), 12893-12990.
- Oster, C. V., & Strong, J. S. (2017). *Managing the skies: Public policy, organization and financing of air traffic management*. Routledge.
- Öçal, B. (2022). COVID-19 sürecinde ihracat ve hava kargo taşımacılığı: Antalya Havalimanı üzerine bir araştırma. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 29(2), 259-280.
- Pamuçcar, D., Ecer, F., Cirovic, G., & Arlasheedi, M. A. (2020). Application of Improved Best Worst Method (BWM) in Real-World Problems. *Mathematics*, 8(8), 1-19.
- Pandey, M. M., & Shukla, D. (2019). Evaluating the human performance factors of air traffic control in Thailand using Fuzzy Multi Criteria Decision Making method. *Journal of Air Transport Management*(81), 1-9.

- Pantelaki, E., & Papatheodorou, A. (2022). Behind the scenes of glamour: A systematic literature review of the business aviation sector. *Journal of Air Transport Management*, 105(2022), 1-14.
- Park, Y., Choi, J. K., & Zhang, A. (2009). Evaluating competitiveness of air cargo express services. *Transportation Research Part E*, 45(2009), 321-334.
- Pereira, I. A. (2021). *Decarbonization of the Aviation Sector by 2050*. Covilhã: University of Beira Interior.
- Pfohl, H.-C., & Köhler, H. (2010). State of the art in supply chain risk management research: Empirical and conceptual findings and a roadmap for the implementation in practice. *Logistics Research*, 2(1), 33-44.
- Pfohl, H.-C., & Kurnaz, T. (2015). Application of Service Engineering Methods for Developing a Functional Model for a Supply Chain Service Using the Example of the Air Cargo Supply Chain Service “CairGoLution. *Commercial Transport*, (s. 277-286).
- Ponnialagan, D., Selvaraj, J., & Velu, L. G. (2018). A complete ranking of trapezoidal fuzzy numbers and its applications to multi-criteria decision making. *Neural Computing and Applications*, 30, 3303-3315.
- Popescu, A., Keskinocak, P., & Mutawaly, I. a. (2016). The Air Cargo Industry. G. Giuliano, M. D. Meyer, & L. A. Hoel içinde, *Intermodal Transportation: Moving Freight in a Global Economy* (s. 209-237). Eno Center for Transportation.
- Prussi, M., Lee, U., Wang, M., Malina, R., Valin, H., Taheripour, F., . . . Hileman, J. I. (2021). CORSIA: The first internationally adopted approach to calculate life-cycle GHG emissions for aviation fuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(150), 1-9.
- Rahman, M. L., & Sensuse, D. I. (2024). Development of E-Logistic Success Model in Indonesia. *Business Review and Case Studies*, 5(1), 46-57.
- Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53(2015), 49-57.
- Ritchie, H., & Roser, M. (2023). Climate change and flying: what share of global CO₂ emissions come from aviation?. *Our World in Data*.

- Robert, C., Ravey, A., Perey, R., & Hissel, D. (2024). Global warming potential and societal-governmental impacts of the hydrogen ecosystem in the transportation sector. *International Journal of Hydrogen Energy*, 66(2024), 55-65.
- Roshanravan, B., Kreuzer, O. P., & Buckingham, A. (2025). BWM-MARCOS: A new hybrid MCDM approach for mineral potential modelling. *Journal of Geochemical Exploration*, 269(2025), 1-13.
- Rupcic, L., Pierrat, E., Fricke, K., Moll, T., Hauschild, M. Z., & Laurent, A. (2022). Improving environmental performances of integrated bladed rotors for aircraft. *CIRP Annals*, 71(1), 13-16.
- Rupcic, L., Pierrat, E., Saavedra-Rubio, K., Thonemann, N., Ogugua, C., & Laurent, A. (2023). Environmental impacts in the civil aviation sector: Current state and guidance. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*(119), 1-24.
- Ryley, T. (2012). Aviation and Climate Change. Lessons for European Policy. *Transport Reviews*, 32(1), 137-138.
- Salehi, S., Ardalan, A., Ostadtaghizadeh, A., Garmaroudi, G., Zareiyan, A., & Rahimiforoushani, A. (2019). Conceptual definition and framework of climate change and dust storm adaptation: a qualitative study. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 2019(17), 797-810.
- Sales, M., & Scholte, S. (2023). *Air Cargo Management Air Freight and the Global Supply Chain* (3. Baskı b.). New York: Routledge.
- Samolej, S., Dec, G., Rzonca, D., Majka, A., & Rogalsk, T. (2021). Regular graph-based free route flight planning approach. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 93(9), 1488-1501.
- Santer, B. D., Wehner, M. F., Wigley, T. M., Sausen, R., Meehl, G. A., Taylor, K. E., . . . Brüggemann, W. (2023). Contributions of Anthropogenic and Natural Forcing to Recent Tropopause Height Changes. *Science*(301), 479-483.
- Schäfer, A. W., & Waitz, I. A. (2014). Air transportation and the environment. *Transport Policy*, 34, 1-4.

- Scheelhaase, J., & Maertens, S. (2020). How to improve the global ‘Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation’ (CORSA)? *Transportation Research Procedia*(51), 108-117.
- Scheelhaase, J., Maertens, S., Grimme, W., & Jung, M. (2018). EU ETS versus CORSIA – A critical assessment of two approaches to limit air transport's CO2 emissions by market-based measures. *Journal of Air Transport Management*(67), 55-62.
- Scheffer, M., S. C., Foley, J. A., Folke, C., & Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, 43(11), 591-596.
- Schradin, R. (2024, Ocak 31). *Exploring the Future of Air Cargo with Glyn Hughes, Director General of TIACA*. (Connected Aviation Today) <https://connectedaviationtoday.com/exploring-the-future-of-air-cargo-with-the-tiaca/> adresinden alındı.
- Sengur, F. K., & Vasigh, B. (2012). Civil Aviation. *Encyclopedia of Global Studies* (s. 191-195). içinde SAGE.
- Setyawan, E. B., & Novitasari, N. (2019). Indonesian High-Speed Railway Optimization Planning for Better Decentralized Supply Chain Implementation to Support e-Logistic Last Miles Distribution. *The 1st International Conference on Engineering and Applied Science*, (s. 1-7).
- Sharma, V., Kumar, A., & Kumar, M. (2021). A framework based on BWM for big data analytics (BDA) barriers in manufacturing supply chains. *Materials Today: Proceedings*, 47(2021), 5515-5519.
- SHGM. (2014). *2013 Annual Report*. Ankara: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü.
- SHGM. (2017). *2016 Annual Report*. Ankara: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü.
- SHGM. (2023). *2024-2028 Stratejik Planı*. Ankara: SHGM.
- SHGM. (2023). *İstatistikler*. Ankara: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü.
- SHGM. (2025). *2023 Yılı Faaliyet Raporu*. Ankara: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü.
- Shuying, W., Zhaorong, W., & Jingjing, K. (2020). An Empirical Analysis of the Relationship Between Cross-Border E-Commerce and Air Cargo Development. *Proceedings of the 2020 4th International Seminar on Education, Management and Social Sciences (ISEMSS 2020)*. 466, s. 914-919. Advances in Social Science, Education and Humanities Research.

- Singh, J., Rana, S., Hamid, A. B., & Gupta, P. (2022). Who should hold the baton of aviation sustainability? *Social Responsibility Journal*, 19(7), 1161-1177.
- Sivaramanan, S. (2015). Global Warming and Climate change causes, impacts and mitigation. *Central Environmental Authority (Sri Lanka)*, 2(4), 1-27.
- Sky Team Cargo. (2025, 03 10). <https://www.skyteam.com/en/cargo/about/our-members> adresinden alındı.
- Skybrary. (2024). 12 10, 2024 tarihinde <https://skybrary.aero/articles/european-civil-aviation-conference-ecac> adresinden alındı.
- Spence, T. B., & Leib, S. M. (2024). Negotiating international aviation: Analyzing the contribution of politics to the United States' open skies agreements through democratic peace theory. *Journal of Air Transport Management*, 115, 1-11.
- Spence, T. B., Fanjoy, R. O., Lu, C.-t., & Schreckengast, S. W. (2015). International standardization compliance in aviation. *Journal of Air Transport Management*(49), 1-8.
- Srivastava, G. K., & Chaurasia, P. (2015). Problems and Prospects of Civil Aviation Industry in India after New Economic Policy. *Anusandhanika*, 7(2), 126-132.
- Standfuss, T., Hirte, G., Schultz, M., & Fricke, H. (2024). Efficiency assessment in European air traffic management—A fundamental analysis of data, models, and methods. *Journal of Air Transport Management*(115), 1-12.
- Sustainability West Midlands. (2022, 07 22). Jet Zero strategy: delivering net zero aviation by 2050. 01 02, 2025 tarihinde <https://www.sustainabilitywestmidlands.org.uk/news/jet-zero-strategy-delivering-net-zero-aviation-by-2050/> adresinden alındı.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2024). Çevre Kuruluşları. Ankara. 12 30, 2024 tarihinde <https://tvk.csb.gov.tr/baglantilar> adresinden alındı.
- T.C. Strateji ve Bütçe Bakanlığı. (2023). *On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028)*. Ankara.
- Taher, G. (2021). E-Commerce: Advantages and Limitations. *Human Resource Management Academic Research Society*, 11(1), 153-165.
- Tajer, E., & Demir, S. (2022). Ecotourism strategy of UNESCO city in Iran: Applying a new quantitative method integrated with BWM. *Journal of Cleaner Production*, 376(2022), 1-13.

- Tanaji, B. A., & Roychowdhury, S. (2024). BWM Integrated VIKOR method using Neutrosophic fuzzy sets for cybersecurity risk assessment of connected and autonomous vehicles. *Applied Soft Computing*, 159(2024), 1-18.
- Tanrıverdi, G., & Lezki, Ş. (2021). Istanbul Airport (IGA) and quest of best competitive strategy for air cargo carriers in new competition environment: A fuzzy multi-criteria approach. *Journal of Air Transport Management*, 95(2021), 1-12.
- Team, T. C., Lee, H., & Romero, J. (2023). *Synthesis Report Summary for Policymakers*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- The White House. (2021, Nisan 22). FACT SHEET: President Biden Sets 2030 Greenhouse Gas Pollution Reduction Target Aimed at Creating Good-Paying Union Jobs and Securing U.S. Leadership on Clean Energy Technologies. Washington, ABD. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/04/22/fact-sheet-president-biden-sets-2030-greenhouse-gas-pollution-reduction-target-aimed-at-creating-good-paying-union-jobs-and-securing-u-s-leadership-on-clean-energy-technologies/> adresinden alındı.
- THY. (2023). *THY Sustainability Report*. İstanbul: THY.
- THY. (2026). CO2mission ile Geleceğe Doğru. İstanbul. <https://turkishairlines.co2mission.com/> adresinden alındı
- TIACA. (2024, Mart 4). TIACA Launches Investing in Climate Action Platform. Miami, ABD.
- Łłoczyński, D., Martín-Rojas, R., & Czerepko, J. (2023). Challenges for the Aviation Market Related to Decarbonization and Sustainability in the Context of LOT Polish Airlines Operations. *Journal of Intercultural Management*, 15(3), 4-25.
- Turkish Cargo. (2025, 03 03). Turkish Cargo: <https://www.turkishcargo.com/tr/hakkimizda/turkish-cargo-hakkinda/hikayemiz> adresinden alındı
- Turkish Cargo. (2026). *Politikalarımız*. 03 24, 2026 tarihinde <https://www.turkishcargo.com/tr/politikalarimiz> adresinden alındı.
- Türkiye İletişim Başkanlığı. (2025, 01 10). Airline transportation in Türkiye has become a new source of growth for the economy (China). Ankara. https://www.iletisim.gov.tr/english/dis_basinda_turkiye/detay/airline-

transportation-in-turkiye-has-become-a-new-source-of-growth-for-the-economy-china#:~:text=Directorate%20of%20Communications-,Airline%20transportation%20in%20T%C3%BCrkiye%20has%20become% adresinden alındı.

United Kingdom Department of Transport. (2022). *Jet Zero Delivering net zero aviation by 2050*. London: Department for Transport.

University of San Francisco. (2024, 10 24). Government Agencies and Environmental Organizations. 12 30, 2024 tarihinde <https://library.usfca.edu/environment> adresinden alındı.

Varava, I. M. (2020). *Methods of air cargo transportation organization*. Ministry of Education and Science of Ukraine National Aviation University.

Wikipedia. (2024, 07 09). https://tr.wikipedia.org/wiki/ULS_Hava_Yollar%C4%B1 adresinden alındı.

Vinodh, S., Varadharajan, A. R., & Subramanian, A. (2013). Application of fuzzy VIKOR for concept selection in an agile environment. *Int J Adv Manuf Technol*, 65(2013), 825–832.

Vongtharawat, M., Jeambua, K., & Pooripakdee, S. (2019). Willingness to Use and Pro-Environmental Attitudes for Airlines' Environment Friendly Services: The Perspective of Thai Passengers. *International Journal of Humanities, Arts and Social Sciences*, 5(4), 145-156.

Wang, W., Sun, W., Awan, U., Nassani, A. A., Binsaeed, R. H., & Zaman, K. (2023). Green investing in China's air cargo industry: Opportunities and challenges for sustainable transportation. *Heliyon*(9), 1-13.

WeFreight. (2025, 04 01). <https://wefreight.com/sustainable-air-freight-strategies/> adresinden alındı.

Wheeler, P. (2016). Technology for the More and All Electric Aircraft of the Future. *IEEE International Conference on Automatica (ICA-ACCA)*, (s. 1-5).

Whitehouse, P. (2001). Measures for Protecting Water Quality: Current Approaches and Future Developments. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 50(2), 115-126.

- Wikipedia. (2024, 11 13). 12 10, 2024 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/European_Civil_Aviation_Conference adresinden alındı.
- Wikipedia. (2024, 12 30). https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_environmental_organizations adresinden alındı.
- Winn, M. I., Kirchgeorg, M., ths, A. G., Linnenluecke, M. K., & Günther, E. (2011). Impacts from Climate Change on Organizations:a Conceptual Foundation. *Business Strategy and the Environment*(20), 157-173.
- Wu, H.-C., & Cheng, C.-C. (2013). A hierarchical model of service quality in the airline industry. *Journal of Hospitality and Tourism Management*(20), 13-22.
- Yıldız, A., & Deveci, M. (2013). Bulanık VIKOR Yöntemine Dayalı Personel Seçim Süreci. *Ege Akademik Bakış*, 13(4), 427-436.
- Yıldız, B., Savelsbergh, M., & Dogru, A. K. (2023). Transshipment network design for express air cargo operations in China. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 12(2023), 1-14.
- Zarei, E., Ramavandi, B., Darabi, A. H., & Omidvar, M. (2024). A framework for resilience assessment in process systems using a fuzzy hybrid MCDM model. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 69(2021), 1-11.
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Kildienė, S. (2014). tate of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods. *Technological and Economic Development of Economy*, 20(1), 165-179.
- Zhang, A., & Zhang, Y. (2002). A model of air cargo liberalization: passenger vs. all-cargo carriers. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 38(3-4), 175-191.
- Zhang, A., Hui, Y. V., & Leung, L. (2004). Air cargo alliances and competition in passenger markets. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 40(2), 83-100.
- Zhou, G., & Zhang, Y. (2017). Integration and consolidation in air freight shipment planning: An economic and environmental perspective. *Journal of Cleaner Production*(166), 1381-1394.

- Zhu, L., Wu, Y., Smith, H., & Luo, J. (2022). Optimisation of containerised air cargo forwarding plans considering a hub consolidation process with cargo loading. *Journal of The Operational Research Society*, 74(3), 777-796.
- Zubi, G., Kuhn, M., Makridis, S., & Coutinho, S. (2023). Aviation sector decarbonization within the hydrogen economy – A UAE case study. *Sustainability Unit*, 1-25.
- Zunder, T., & Islam, D. M. (2013). E-Logistics Systems Applications for Service Users and Providers. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2238:50(60), 1-15.

EKLER

EK 1: Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kurul onayı Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu'nun (Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu) 25/09/2024 tarihli ve 08/08 sayılı kararı ile alınmıştır.

ÖZ GEÇMİŞ

Ad Soyad: Cavidan Tuğçe KELEŞ	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Anadolu Üniversitesi
Fakülte	Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi
Bölümü	Havacılık Yönetimi
Yüksek Lisans	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Ana Bilim Dalı	
Programı	
Makale ve Bildiriler (Varsa)	
<p>1- Keleş, C. T., Tanrıverdi, G., (2025). A Strategic Analysis for Decarbonization of the Turkish Air Cargo Sector. ATRS World Conference, Hong Kong, Chinese</p> <p>2- Keleş, C. T., Topaç, O., & Doğan, Ü., (2024). İş Güvencesizliğinin İşten Ayrılma Niyeti Üzerindeki Etkisinde Örgütsel Bağlılığın Aracılık Rolü: Havacılık Sektörüne Yönelik Bir Araştırma. 4.International Congress on Aviation Management (pp.53). Eskişehir, Turkey</p> <p>3- Keleş, C. T., Doğanay, G., & Atalay, S. (2023). Seasonal Personnel Selection of Ground Handling Companies in the Airline Industry: A Proposed Integrated BWM-ARAS MCDM Model. Research in Aviation Management, 3(1), 23-39.</p> <p>4- Koçak, D., & Keleş, C. T. (2023). Lider-Üye Etkileşimi ile Prososyal Motivasyon Arasındaki İlişkide Algılanan Örgütsel Engelin Aracı Rolü. MUNZUR 5th International Conference On Social Sciences, (s. 78-88). Tunceli.</p>	