

**T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ULAŞTIRMA VE LOJİSTİK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
ULUSLARARASI PAZARLAMA VE LOJİSTİK YÖNETİMİ
BİLİM DALI**

**KARGO UÇAKLARINDAN KAYNAKLANAN
EMİSYONLARIN BELİRLENMESİ: TÜRK
HAVALİMANLARINDA KARŞILAŞTIRMALI BİR
ANALİZ**

AYŞEGÜL TOY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN:
DOÇ. DR. ABDULLAH OKTAY DÜNDAR**

KONYA-2023

**T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ULAŞTIRMA VE LOJİSTİK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
ULUSLARARASI PAZARLAMA VE LOJİSTİK YÖNETİMİ
BİLİM DALI**

**KARGO UÇAKLARINDAN KAYNAKLANAN
EMİSYONLARIN BELİRLENMESİ: TÜRK
HAVALİMANLARINDA KARŞILAŞTIRMALI BİR
ANALİZ**

AYŞEGÜL TOY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN:
DOÇ. DR. ABDULLAH OKTAY DÜNDAR**

KONYA-2023



T.C.

NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ

Sosyal Bilimler Enstitüsü

**Bilimsel Etik Sayfası**

Öğrencinin	Adı Soyadı	Ayşegül TOY		
	Numarası	18812501025		
	Ana Bilim / Bilim Dalı	Ulaştırma Ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı Uluslararası Pazarlama Ve Lojistik Yönetimi Bilim Dalı		
	Programı	Tezli Yüksek Lisans	x	
		Doktora		
Tezin Adı	Kargo Uçaklarından Kaynaklanan Emisyonların Belirlenmesi: Türk Havalimanlarında Karşılaştırmalı Bir Analiz			

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını bildiririm.

Ayşegül TOY

**Öğrencinin Adı Soyadı
İmzası**

ÖZET

İklim değışikliğı üzerinde önemli bir etkiye sahip olan sera gazları, insan faaliyetleri sonucunda özellikle Sanayi Devrimi'nden günümüze artış göstermektedir. Atmosfere salınan emisyon miktarında ulaşım sektörü önemli bir paya sahiptir. Son yıllarda gelişen havacılık sektörü ile birlikte uçaklardan salınan sera gazı emisyonları artış göstermekte ve iklim değışikliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmada, Türkiye' de hava kargo trafiğinin yoğun yaşandığı beş havalimanında (İstanbul Sabiha Gökçen, İstanbul Atatürk, İstanbul, Adnan Menderes ve Esenboğa Havalimanı) 2015-2020 yılları arasında kargo uçuşlarından kaynaklanan sera gazı emisyonları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda IPCC (Hükümetlerarası İklim Değışikliğı Paneli) tarafından geliştirilen Tier 2 yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 2015-2020 yılları arasında en yoğun uçak trafiğinin yaşandığı Atatürk Havalimanı'nın tüm yıllarda toplam CO₂ eşdeğerinde (e) ve diğer tüm emisyon türleri ve yakıt tüketimi miktarında ilk sırada yer aldığı görülmüştür. Toplam CO₂e emisyonlarında en az paya sahip olan havalimanları ise 2015-2019 yıllarında Esenboğa Havalimanı, 2020 yılında ise Adnan Menderes Havalimanı olmuştur. İlgili yıllar arasında Atatürk ve İstanbul Havalimanı'nda uçak trafiğinde sürekli bir artışın meydana geldiğı ve toplam CO₂e emisyonlarının sürekli olarak arttığı görülmüştür. Diğer üç havalimanında ise dalgalanmalı bir değışim meydana gelmiştir. 2015-2020 yılları arasında tüm havalimanlarında toplamda 775.565.104,46 kg CO₂e emisyonu meydana gelmiştir. Çalışma sonucunda Türkiye' deki hava kargo trafiğinin İstanbul Havalimanı'nın da açılmasıyla gün geçtikçe artmakta olduğu ve uçaklardan salınan emisyon miktarlarının da buna bağılı olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir. Hava taşımacılığının çevresel etkilerinin azaltılabilmesi için gerekli önlemlerin alınmasının uçak trafiğı artsa da sera gazı emisyonlarını azaltmada etkili olabileceğı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hava Kargo Taşımacılığı, LTO, Sera Gazı Emisyonları, Tier 2

ABSTRACT

Greenhouse gases, which have a significant impact on climate change, have increased as a result of human activities, especially since the Industrial Revolution. The transportation sector has a significant share in the amount of emissions released into the atmosphere. With the developing aviation sector in recent years, greenhouse gas emissions from aircraft have increased and adversely affected climate change. In this study, greenhouse gas emissions from cargo flights between 2015-2020 at five airports (Istanbul Sabiha Gökçen, Istanbul Atatürk, Istanbul, Adnan Menderes and Esenboğa Airport) where air cargo traffic is intense in Turkey were calculated. The Tier 2 method developed by the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) was used in the calculations. According to the results obtained, it has been seen that Atatürk Airport, where the heaviest air traffic was experienced between the years 2015-2020, ranks first in terms of total CO₂ equivalent (e) and all other emission types and fuel consumption in all years. The airports with the lowest share in total CO₂e emissions were Esenboğa Airport in 2015-2019 and Adnan Menderes Airport in 2020. It has been observed that there has been a continuous increase in aircraft traffic and total CO₂e emissions at Atatürk and Istanbul Airports between the relevant years. In the other three airports, a fluctuating change occurred. Between 2015 and 2020, a total of 775.565.104,46 kg of CO₂e emissions occurred at all airports. As a result of the study, it has been determined that the air cargo traffic in Turkey has been increasing day by day with the opening of Istanbul Airport and the amount of emissions released from aircraft has increased accordingly. It has been concluded that taking the necessary measures to reduce the environmental effects of air transport can be effective in reducing greenhouse gas emissions, even if air traffic increases.

Keywords: Air Cargo Transportation, Greenhouse Gas Emissions, LTO, Tier 2

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgisi ve fikirleriyle bana yol gösteren her zaman motive edici tutumuyla bu tez çalışmasını hazırlamamda büyük katkısı olan değerli danışmanım Doç. Dr. Abdullah Oktay DÜNDAR' a teşekkürlerimi sunarım.

Bu uzun ve zorlu süreçte her zaman yanımda olan ve her koşulda bana destek olan aileme teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
TABLolar LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
KISALTMALAR LİSTESİ	x
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

HAVA KARGO TAŞIMACILIĞI

1.1.Hava Kargo Taşımacılığının Özellikleri.....	3
1.2.Hava Kargo Taşımacılığının Gelişimi	5
1.3.Dünya’ da Hava Kargo Taşımacılığı	8
1.4.Türkiye’ de Hava Kargo Taşımacılığı	9
1.5.Hava Taşımacılığının Çevresel Etkileri.....	11
1.5.1.Hava Kirliliği.....	12
1.5.2.Gürültü Kirliliği.....	14
1.5.3.Su ve Toprak Kirliliği	14

İKİNCİ BÖLÜM

HAVA KİRLİLİĞİ VE SERA GAZI EMİSYONLARI

2.1.Hava Kirliliği ve Etkileri.....	16
2.2.Hava Kirliliği Kaynakları.....	19
2.2.1.Doğal Olaylar	19
2.2.2.İnsan Aktiviteleri	20
2.3.Sera Gazı Emisyonları.....	21
2.3.1.Havacılık Emisyonları	22
2.3.2.Havacılık Emisyonlarının Azaltılması, Dünyadan Uygulamalar	32

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE HAVALİMANLARI

3.1.İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı	35
3.2.İstanbul Atatürk Havalimanı	36
3.3.İstanbul Havalimanı	36
3.4.Adnan Menderes Havalimanı.....	37

3.5.Esenboğa Havalimanı.....	38
------------------------------	----

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

KARGO UÇAKLARINDAN KAYNAKLANAN EMİSYONLARIN BELİRLENMESİ: TÜRK HAVALİMANLARINDA KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZ

4.1.Çalışmanın Amacı	39
4.2.Literatür Taraması	40
4.3.Çalışma Alanı	43
4.4.Verilerin Elde Edilmesi	43
4.5.Yöntem.....	44
4.5.1.Tier 2	45
4.5.2.CO ₂ Eşdeğer Hesaplama.....	52
4.6.Hava Kargo Uçaklarından Kaynaklanan Emisyonların Hesaplanması.....	53
4.6.1.Adnan Menderes Havalimanı	54
4.6.2.Esenboğa Havalimanı	60
4.6.3.Atatürk Havalimanı	67
4.6.4.İstanbul Havalimanı.....	75
4.6.5.Sabiha Gökçen Havalimanı	79
4.6.6.Havalimanlarının Karşılaştırılması.....	86
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	93
KAYNAKÇA	98

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Oluşum Şekillerine Göre Sera Gazı Emisyonları (Atabey, 2013).....	22
Tablo 2. Havacılık Emisyonları (FAA, 2015).	25
Tablo 3. LTO Emisyon Faktörleri (IPCC, 2006c).	47
Tablo 4. Ortalama Uçak için Varsayılan Yakıt Tüketimi ve Emisyon Faktörleri (IPCC, 1997).....	52
Tablo 5. Küresel Isınma Değerleri (IPCC, 2015) (Dündar, 2021).	53
Tablo 6. Adnan Menderes Havalimanı 2015 Yılı Emisyon Değerleri.....	54
Tablo 7. Adnan Menderes Havalimanı 2016 Yılı Emisyon Değerleri.....	55
Tablo 8. Adnan Menderes Havalimanı 2017 Yılı Emisyon Değerleri.....	56
Tablo 9. Adnan Menderes Havalimanı 2018 Yılı Emisyon Değerleri.....	57
Tablo 10. Adnan Menderes Havalimanı 2019 Yılı Emisyon Değerleri.....	58
Tablo 11. Adnan Menderes Havalimanı 2020 Yılı Emisyon Değerleri.....	58
Tablo 12. Adnan Menderes Havalimanı Yıllık Değişim Tablosu.....	59
Tablo 13. Esenboğa Havalimanı 2015 Yılı Emisyon Değerleri	61
Tablo 14. Esenboğa Havalimanı 2016 Yılı Emisyon Değerleri	62
Tablo 15. Esenboğa Havalimanı 2017 Yılı Emisyon Değerleri	63
Tablo 16. Esenboğa Havalimanı 2018 Yılı Emisyon Değerleri	64
Tablo 17. Esenboğa Havalimanı 2019 Yılı Emisyon Değerleri	64
Tablo 18. Esenboğa Havalimanı 2020 Yılı Emisyon Değerleri	65
Tablo 19. Esenboğa Havalimanı Yıllık Değişim Tablosu	66
Tablo 20. Atatürk Havalimanı 2015 Yılı Emisyon Değerleri.....	68
Tablo 21. Atatürk Havalimanı 2016 Yılı Emisyon Değerleri.....	69
Tablo 22. Atatürk Havalimanı 2017 Yılı Emisyon Değerleri.....	70
Tablo 23. Atatürk Havalimanı 2018 Yılı Emisyon Değerleri.....	71
Tablo 24. Atatürk Havalimanı 2019 Yılı Emisyon Değerleri.....	72
Tablo 25. Atatürk Havalimanı 2020 Yılı Emisyon Değerleri.....	73
Tablo 26. Atatürk Havalimanı Yıllık Değişim Tablosu.....	74
Tablo 27. İstanbul Havalimanı 2019 Yılı Emisyon Değerleri.....	75
Tablo 28. İstanbul Havalimanı 2020 Yılı Emisyon Değerleri.....	76
Tablo 29. İstanbul Havalimanı Yıllık Değişim Tablosu	78
Tablo 30. Sabiha Gökçen Havalimanı 2015 Yılı Emisyon Değerleri	79
Tablo 31. Sabiha Gökçen Havalimanı 2016 Yılı Emisyon Değerleri	80

Tablo 32. Sabiha Gökçen Havalimanı 2017 Yılı Emisyon Değerleri	81
Tablo 33. Sabiha Gökçen Havalimanı 2018 Yılı Emisyon Değerleri	82
Tablo 34. Sabiha Gökçen Havalimanı 2019 Yılı Emisyon Değerleri	83
Tablo 35. Sabiha Gökçen Havalimanı 2020 Yılı Emisyon Değerleri	84
Tablo 36. Sabiha Gökçen Havalimanı Yıllık Değişim Tablosu.....	85
Tablo 37. Havalimanları 2015 Yılı Emisyon Değerleri Karşılaştırması	86
Tablo 38. Havalimanları 2016 Yılı Emisyon Değerleri Karşılaştırması	87
Tablo 39. Havalimanları 2017 Yılı Emisyon Değerleri Karşılaştırması	88
Tablo 40. Havalimanları 2018 Yılı Emisyon Değerleri Karşılaştırması	89
Tablo 41. Havalimanları 2019 Yılı Emisyon Değerleri Karşılaştırması	90
Tablo 42. Havalimanları 2020 Yılı Emisyon Değerleri Karşılaştırması	91

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 1990' dan İtibaren CO ₂ Emisyonları Artışı (IPCC, 1999).	28
Şekil 2. LTO Döngüsü (IPCC, 1997).....	45
Şekil 3. Adnan Menderes Havalimanı Yıllık Emisyon Değişim Grafiği.....	60
Şekil 4. Esenboğa Havalimanı Yıllık Emisyon Değişim Grafiği	67
Şekil 5. Atatürk Havalimanı Yıllık Emisyon Değişim Grafiği.....	74
Şekil 6. İstanbul Havalimanı Yıllık Emisyon Değişim Grafiği.....	78
Şekil 7. Sabiha Gökçen Havalimanı Yıllık Emisyon Değişim Grafiği	85
Şekil 8. 2015 Yılı Havalimanları Emisyon Değerleri Karşılaştırma Grafiği.....	87
Şekil 9. 2016 Yılı Havalimanları Emisyon Değerleri Karşılaştırma Grafiği.....	88
Şekil 10. 2017 Yılı Havalimanları Emisyon Değerleri Karşılaştırma Grafiği.....	89
Şekil 11. 2018 Yılı Havalimanları Emisyon Değerleri Karşılaştırma Grafiği.....	90
Şekil 12. 2019 Yılı Havalimanları Emisyon Değerleri Karşılaştırma Grafiği.....	91
Şekil 13. 2020 Yılı Havalimanları Emisyon Değerleri Karşılaştırma Grafiği.....	92

KISALTMALAR LİSTESİ

CH ₄	: Metan
CO	: Karbonmonoksit
CO ₂	: Karbondioksit
DHMI	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü
SAF	: Sürdürülebilir Havacılık Yakıtı
H ₂ O	: Su Buharı
HC	: Hidrokarbonlar
IATA	: International Air Transport Association – Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği
ICAO	: International Civil Aviation Organization – Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)
LTO	: Landing and Take Off
N ₂ O	: Nitröz Oksit
NMVOC	: Metan Haricindeki Uçucu Organik Bileşenler
NO _x	: Azot Oksitler
O ₃	: Ozon
PM	: Partiküller
SO ₂	: Kükürt Dioksit
SO _x	: Kükürt Oksit
VOC	: Uçucu Organik Karbonlar

GİRİŞ

İnsan faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkisi özellikle Sanayi Devrimi'nden günümüze belirgin bir şekilde hissedilmektedir. Fosil yakıtların kullanımı, ormanlık alanların azalması, sanayi faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan sera gazı miktarı artmakta ve hava kalitesi olumsuz etkilenmektedir. Meydana gelen hava kirliliğinin başlıca kaynaklarından biri de kullanılan fosil yakıtlar nedeniyle önemli miktarda emisyon salınımına neden olan ulaşım sektörüdür. Ulaşım türleri içerisinde hız ve güvenlik avantajıyla ön plana çıkan hava taşımacılığı son yıllarda artış göstermektedir. Artan uçuş trafiği ise, uçaklardan atmosfere salınan emisyonlar nedeniyle hava kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Uçaklar seyir esnasında ve iniş-kalkış sırasında önemli miktarda emisyon salınımına neden olmaktadır. Uçaklardan atmosfere salınan en bilinen emisyon karbondioksittir (CO_2)' dir. Bunun dışında, azot oksit (NO_x), karbon monoksit (CO), kükürt oksit (SO_x) ve diğer gazlar ve partiküller de salınan diğer emisyonlardır. Atmosfere olan etkisinin yanında insan sağlığı üzerinde de olumsuz etkisi olan bu zararlı emisyonların miktarının belirlenmesi önemli bir konu haline gelmiştir (Kumaş vd., 2019). Bu nedenle yapılacak çalışmada uçaklardan kaynaklanan emisyonların hesaplanması ve havacılık faaliyetlerinin çevreye olan etkilerinin incelenmesi uygun görülmüştür.

Enerji sistemlerindeki emisyonlar, yakıtın yanmasından kaynaklanan emisyonlar ve kaçak emisyonlar şeklinde iki bölümden oluşmaktadır. Ulaştırma sektöründen kaynaklanan emisyonlar doğrudan yakıtın yanmasıyla ilgilidir. CO_2 gazından farklı olarak, metan (CH_4), nitröz oksit (N_2O), NO_x , CO ve metan haricindeki uçucu organik karbon (NMVOC) gazlarının hesabında yanma koşulları, teknolojisi, emisyon standartları, yakıt karakteristikleri gibi daha detaylı bilgiye ihtiyaç bulunmaktadır. Emisyon hesaplamalarında "Tier" metodolojisi kullanılmaktadır. Tier 1 metodu genel olarak daha az veriye ihtiyaç duyulan basit bir yöntem olup Tier 2 metodunda daha fazla veri gereksinimi söz konusu olmaktadır (IPCC, 2006). Tier 2 metodunun uygulanabilmesi için hesaplamaları yapılacak hava araçlarının iniş-kalkış/landing and take-off (LTO) sayısı ve uçak tiplerinin bilinmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, 2015-2020 yılları arasında İstanbul Sabiha Gökçen, İstanbul Atatürk, İstanbul, Adnan Menderes ve Esenboğa Havalimanlarında gerçekleşmiş kargo uçuşlarından kaynaklanan emisyonların hesaplanması amaçlanmıştır. Hesaplamalarda Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından geliştirilen Tier 2 yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda, uçak tipleri ve uçaklara ait LTO sayıları Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü (DHMI)' nden alınarak, IPCC' de yer alan emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri kullanılarak emisyon hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.



BİRİNCİ BÖLÜM

HAVA KARGO TAŞIMACILIĞI

Hava kargo taşımacılığı, “International Civil Aviation Organization (ICAO) ve International Air Transport Association (IATA) kuralları doğrultusunda, ülke ve taşıyıcı kısıtlamaları dikkate alınarak malların posta ve bagaj halinde paketlenmesi, etiketlenmesi, evrakların uygun bir şekilde düzenlenmesi ve bir hava aracı ile sevk edilmesi” olarak tanımlanmaktadır (Balık, 2015).

Ürünlerin istenilen noktaya hızlı ve emniyetli bir şekilde gönderilebilmesine imkan vermesi hava kargo taşımacılığını farklı ulaşım türleri arasında ön plana çıkarmaktadır. Uluslararası ticaretin artması ile işletmelerin daha fazla pazar arayışına girmesi, global olarak farklılaşma ve önde olma gerekliliğine paralel olarak çok daha kısa sürelerde teslimatlar gerçekleştirme ve bu konuda rekabet avantajı kazandırması ile hava kargo özellikle son yıllarda oldukça önem kazanan bir sektör olmaktadır (Çarıkçı ve Öçal, 2019).

Küresel ticaretin hızla artması günümüzde, güvenli ve hızlı bir taşıma modu olan hava kargoya olan ilgiyi arttırmakta ve gelişimini etkilemektedir. 1970 yılından itibaren hava kargo pazarının hacmi, her 10 yılda iki katı artış göstermektedir (Balık, 2015: 9). Dünyada kargo pazarının büyümesinin bir diğer nedeni de, zaman içinde yolcu gelirlerinin düşmesi ve pazarın yolcu talebine doymasıyla taşıyıcıların hava kargoya yönelmeleridir. Böylelikle taşıma kapasiteleri artmış, bu da etkin bir kargo yönetiminin gerekliliğini arttırmıştır. Dijitalleşme ve internetin gelişimi, bu etkinliğin sağlanmasında büyük rol oynamakta ve hava kargo taşımacılığında büyük değişimler meydana getirmektedir (Balık, 2015).

1.1.Hava Kargo Taşımacılığının Özellikleri

Hava yolu taşımacılığı, birim taşıma maliyetlerinin en yüksek olduğu taşıma modu olmasına rağmen, günümüzde uluslararası rekabetin artması hava yolu taşımacılığının gelişimini hızlandırmakta, modern havalimanları, modern teknoloji ürünü araçlar, arttırılmış kapasiteler, hava yolu taşımacılığının yaygınlaşmasını sağlamaktadır. Hava kargo taşımacılığının belli başlı özellikleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Balık, 2015):

- Uluslararası ticaretin arttığı, küresel çapta malların taşındığı günümüz ticaret hayatında hız ve güvenlik en önemli unsurlardandır. Rekabette zaman kavramına odaklanan hava kargo taşımacılığı müşteriye depolama probleminden kurtarır. Hızlı olmasına ek olarak, malların en güvenli şekilde sevk edildiği taşıma şeklidir. Bu nedenle yükte hafif pahada ağır kıymetli evraklar, mücevherler gibi yüklerin taşınmasında en çok tercih edilen taşıma modu olmaktadır.
- Hava kargo taşımacılığında taşınan yük itibariyle heterojen bir yapı vardır. Taşınan kargolar şekil, ağırlık ve hacim olarak farklı özelliklere sahiptir. Yolcu taşımacılığında bir koltuğun bir kişi anlamına gelmesi söz konusuysa bir kargo için böyle kolay bir tanım yapılamamakta, bu da talep tahminlerini zorlaştırmaktadır. Hava kargo taşımacılığında sınıflandırma yapılırken taşınan kargonun ağırlığı baz alınacağı gibi, teslim edileceği süre de baz alınabilmektedir. Buna göre; acil kargolar, rutin bozulabilir ve rutin bozulamaz kargolar şeklinde sınıflandırılabilir.
- Hava kargo taşımacılığı, ton km başına en maliyetli taşımacılık şeklidir. Bu maliyetler, yakıt, iş gücü ve uçak kiralama ya da satın alma masrafları olmak üzere üç şekilde sınıflandırılmaktadır. En büyük maliyet kalemini yakıt masrafları oluşturmaktadır. Bu nedenle hava kargo şirketleri petrol fiyatlarındaki değişikliklerden çok fazla etkilenmekte ve daha az yakıt harcayan yeni nesil uçaklara yönelmek, yakıt fiyatlarını belirli bir değer üzerinden sabitleme yoluna gitmek gibi bazı önlemler almaktadırlar.
- Hava kargo taşımacılığında uzman personel ihtiyacının fazla olması ve zaman zaman verilen personel eğitimleri, personel giderlerinin de bir diğer önemli maliyet unsuru olmasına neden olmuştur. Operasyon maliyetleri içinde iş gücü ve yakıt maliyetleri, % 60' lık bir paya sahip olmaktadır.
- Uçakların satın alımı, kiralaması, sigorta masrafları uçuş personeli ve havaalanına ödenen ücretler, bakım giderleri hava kargo işletmelerinin diğer yüksek maliyet kalemlerini oluşturmaktadır.
- Hava kargo pazarında yoğun rekabetçi bir ortam söz konusudur. Rekabet üstünlüğü elde edebilmek için insan kaynağının etkin yönetiminin yanı sıra

teknik altyapıları sağlayabilmek için gereken finansal imkanlar da önemli bir unsur olmaktadır. Hava kargo, uzun mesafelerde rakipsiz olmasına karşın kısa mesafelerde hızlı tren ya da ağır yük taşıyabilen araçlarla rekabet etmek durumunda kalabilmektedir.

- Genelde zamana duyarlı ürünlerin taşındığı hava kargo taşımacılığında, teslim zamanının belirlenmesi, sürecin takibi, güvenlik gibi faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesi noktasında bilişim teknolojilerinin önemi büyük olup, taşıyıcılara yeni fırsatlar sunmaktadır. FedEx, TNT, DHL gibi firmalar bilgi teknolojilerini operasyonlarında yoğun bir şekilde kullanarak yüksek kalitede hizmet sunan işletmelerdendir.

1.2.Hava Kargo Taşımacılığının Gelişimi

Hava kargo taşımacılığı, ilk aşamalarda yolcu pazarının görece fazla kazanç sağladığı algısı nedeniyle sonradan atılım gösteren bir sektör olarak ifade edilmektedir. Bu atılımın ilk adımları 1970 senelerinde görülmeye başlanmıştır (Akoğlu ve Fidan, 2020).

Hava kargo taşımacılığının tarihine bakıldığında; hava yükü, hava posta ve hava ekspres şeklinde bir bölümlendirme yapıldığı görülmektedir.

Hava yükü başlığı kapsamındaki operasyonlar, Transcontinental ve Western Air' in düzenlediği tarifesiz uçuşlarla 1931 yılında başlamıştır. Düzenli ilk tarifeli kargo seferini 1940' ta United Airlines gerçekleştirmiştir. Gönderici ile hava yolu arasındaki ilişkilerin yasalarla düzenlenmesi ve U.S. Airlines ve Flying Tiger işletmelerinin sertifikalandırılması hava yük trafiğini büyük ölçüde arttırmıştır. 1960' larda ise, hava yükünün durgun zamanları başlamıştır (Balık, 2015).

Hava posta, Amerika' da kargo taşımacılığının gelişmesindeki ilk adımlardandır. 1925 yılından itibaren özel sektörün de taşımacılık yapabilmesiyle hava posta taşımacılığı büyük bir artış göstermiştir (Balık, 2015). *Hava ekspres*, 1927 yılında ilk olarak National Air Transport' un REA (Railway Ekspres Agency) isimli demir yolunu kullanarak ulaşılamayan yerlere erişim hedefiyle ortaya çıkmıştır. Ancak bu durum fazla karlı olmamış, Ekspres kargo taşıyıcılarının beklentilerini karşılayamamıştır. 1975' te REA' nın iflasıyla taşıyıcılar kendi ekspres servisini

kurmayı daha uygun bulmaya başlamıştır (Balık, 2015). 1973 yılında, Frederick W. Smith kapıdan kapıya küçük paket taşımacılığını başlatarak Memphis merkezli bir toplama merkezi olan FedEx' i kurmuştur. REA' nın zayıf durumda olmasından istifade eden FedEx, filosunu genişletmiş ve kargo taşımacılığında lider duruma gelmiştir. 1970' li yıllarda geniş gövdeli uçakların ortaya çıkmasıyla hava kargo şirketleri paletli ve konteynerli yük taşımaya yoğunlaşmışlardır (Balık, 2015).

1977 yılında hava kargo taşımacılığı, serbestleşmeyle birlikte hızlı bir gelişim sürecine girmiş, böylelikle hava kargo şirketleri ücretleri istedikleri gibi belirleyebilecekleri, istedikleri pazarda hizmet sunabilecekleri bir ortama kavuşmuşlardır (Balık, 2015).

1990' ların sonuna kadar önemli ticaret merkezlerinde kişi başına düşen gelirin artması, uluslararası ticaretin gelişmesi hava kargo pazarını büyötmüştür. 1997 yılında ABD Federal Havacılık Kurulu (FAA), tüm yerli kargo taşıyıcılarının üzerinden rota, ücretlendirme ve hava aracı tipine dair kısıtlamaları kaldırmıştır. Serbestleşmeye ek olarak tam zamanında üretim yaklaşımının da benimsenmesi hava kargo gelişimini artmıştır (Balık, 2015).

Teknolojinin hızlı bir şekilde gelişimi, yeni elektronik ürünlerin ortaya çıkması uluslararası hava kargo taşımacılığının önemli ölçüde büyümesinde etkili olmuştur. Küresel hava kargo trafiğinin gelecek 20 yılda yıllık yaklaşık %5,2 oranında genişleme göstereceğine dair öngörüler bulunmaktadır (Chao, 2014).

Hava kargo taşımacılığı günümüzde gelişme göstermeye devam etse de karşı karşıya olduğu bazı sorunlar bulunmaktadır. Buna örnek olarak, hava kargo ile taşıma maliyetlerinin diğer taşıma modlarına göre çok daha fazla olması çoğu zaman müşterileri diğer alternatiflere yöneltmektedir. Ancak, zamana duyarlı kargoların taşınmasında gecikme maliyeti daha çok olacağından hava kargo taşımacılığı tercih edilmektedir (Balık, 2015).

Hava yolu taşımacılığı, 2020 yılının mart ayında ortaya çıkan COVID-19 salgınından en fazla etkilenen sektörlerden biri olmuştur. Bu dönemde ülkelerin tedbir olarak sınırlarını kapatması veya kısıtlamalar getirmesi, virüsün ortaya çıktığı Çin' de üretimin büyük oranda durması uluslararası ticaretin yavaşlamasına, tedarik

zincirlerinde aksamalar yaşanmasına neden olmuştur. Pandemi nedeniyle alınan tedbirler ve yaşanan aksamalar uluslararası ticarete önemli bir yeri olan hava kargo taşımacılığını önemli ölçüde etkilemiştir. Dünyada taşınan hava kargonun %80' lik gibi bir kısmı yolcu uçakları ile taşınmaktadır. Dolayısıyla pandemi döneminde yolcu uçuşlarına getirilen iptaller kapasite azalmasına neden olmuştur. Bu durumun normalde yolcu uçaklarında maliyetlerinin %20' lik kısmını kargo taşıması ile gideren hava yolu şirketlerinin tüm uçak giderlerini kargo ile telafi etme yoluna gitmesine neden olduğu ve yolcu uçaklarının kargo amaçlı kullanılmış olduğu görülmüştür (UTİKAD, 2021).

(Pearce, 2020) tarafından hazırlanan raporda COVID-19 pandemisi nedeniyle kargo trafiğinde yaşanan düşüşlerin yolcu trafiğine göre daha az olduğu ve hava kargo taşımacılığindeki eski seviyelere dönüşün daha çabuk gerçekleşebildiği belirtilmektedir.

Hava kargo sektörünün 2020 yılındaki durumuna yönelik IATA tarafından yapılan analizler incelendiğinde bu dönemde sektörün toparlanma eğiliminde olduğu gözlenmiştir. Kargo ton-km' sinde eylül ayında meydana gelen yıllık %7,8' lik düşüşün ekimde %6,2' ye gerilediği ve aylık bazda %1,1' lik hacim artışları ile 2016 seviyelerine dönüş gerçekleşebilmiştir. Özellikle pandemiye getirilen kısıtlamalar ile birlikte e-ticaretin kullanımının önemli ölçüde artması ve ürünlerin uluslararası alanda taşınmasında %80 oranında hava yolunun kullanılması hava kargodaki toparlanmada etkili olan faktörler arasında bulunmaktadır. Buna ek olarak COVID-19 aşılarının dağıtımında hava kargonun önemli bir rol üstlenmesi de eski seviyelere dönüşte etkili olmaktadır. Ancak yolcu uçuşlarına getirilen kısıtlamalar sebebiyle bu uçakların kargo için kullanılamaması kapasite eksikliği sorununu ortaya çıkarmakta ve bu sorun sektörün daha hızlı bir şekilde toparlanabilmesinin önünde bir engel oluşturmaktadır. Özel kargo uçakları ile kapasite artışları meydana gelse de yaşanan genel kapasite düşüşü tam olarak giderilememiş ve mevcut kargo-ton km' sinde yıllık bazda %22,6 oranında düşüş yaşanmıştır (IATA, 2020).

Yükte hafif pahada değerli olan ürünlerin genelde hava yolu ile taşınmasının tercih edilmesi, tam zamanında üretim için gerekli hızın hava yolu ile sağlanabilmesi, depolama maliyetinin azaltılmak istenmesi, yüksek kapasiteli kargo ve kombine

uçakların üretilmesi ve kullanılan ekipmanlar ile etkinliğin arttırılması hava kargo taşımacılığının gelişiminde etkili olan faktörlerdendir. (Yuan, 2009:215-216; akt: Balık, 2015: 27).

1.3.Dünya’ da Hava Kargo Taşımacılığı

Tarih boyunca toplumların hayatında önemli bir yer edinen taşımacılık, günümüzde de sosyal hayatı büyük ölçüde kolaylaştıran temel bir gereksinim konumundadır. Toplumların birbirleriyle etkileşim kurarak değişimi ve gelişimine katkı sağlayan taşımacılık, uluslararası ticareti de etkilemiş, küresel pazarda var olabilmenin gerekliliği olmuştur. Taşımacılığın bir alt birimi olan hava kargo taşımacılığı ise, gelişen teknolojinin sunduğu en modern ulaşım şekli olarak görülmekte, küresel rekabette son derece önemli olan ürünün tam zamanında ulaştırılması, sipariş çevrim sürelerinin kısaltılması gibi stratejilerin geliştirilebilmesinde hız ve güven özelliğiyle büyük bir öneme sahip olmaktadır. E-ticaretin dünyada yaygınlaşması da hava kargo taşımacılığının gelişiminde önemli rol oynayan etkenlerdendir (Demirbilek vd., 2018).

Hava yolu taşımacılığı, teknolojiadaki gelişimin de etkisiyle ürünlerin uluslararası alanda taşınması noktasında ön plana çıkan bir taşıma modu olup kullanım oranı artış göstermektedir. Küresel tedarik zincirlerinde ürünlerin hızlı ve güvenli bir şekilde teslim edilmesi oldukça önemli hale gelmekte ve bu durum da hava yolu taşımacılığının kullanımının artmasında önemli rol oynamaktadır. Bunlara bağlı olarak hava kargo taşımacılığının önümüzdeki yıllarda hızlı bir gelişim göstereceği öngörülmektedir (Aydın vd., 2021).

Hava taşımacılığında kullanılan taşıma aracının yüksek teknolojik donanımına sahip olması, hava yolu taşımacılığının en pahalı taşıma şekli olmasına sebep olmuştur. Hava kargo taşımacılığının güçlü bir alt yapıya sahip olması ise, kullanılan taşıma aracına uygun havalimanları, antrepolar ve sunulan hizmetlerin bir bütün olarak uyumuna bağlıdır (Demirbilek vd., 2018).

Günümüzde küresel rekabet hava kargo taşımacılığının gelişimini hızlandırmakta; özellikle modern ve teknolojik havaalanları, sahip olduğu antrepolar, hızlı yükleme ve boşaltma sistemleri ile günde yüzlerce uçağın havalimanına iniş

kalkışına imkan vermektedir. Teknolojinin gelişimiyle dünyada taşınan hava kargo miktarı 1990' dan itibaren artmıştır. 2008 küresel krizinden etkilenmesine rağmen kısa sürede büyüme eğilimini tekrar kazanarak gelişimini sürdürmüştür. Bunun yanı sıra, deniz yolunun ucuz olması, ağır yüklerin hava yolu ile taşınmasının zorluğu, kargoların yolcu uçaklarında taşınması, petrol fiyatlarının artışı, ticari kotalar ve politik nedenler hava kargo taşımacılığının gelişmesini yavaşlatan unsurlardır (Demirbilek vd., 2018).

Gelişmiş ekonomilerde, uluslararası ticarete hava kargo taşımacılığı finansal olarak önemli paya ulaşmış ve bu ülkeler gelişen hava yolu ulaşım alt yapıları ile küresel rekabette önemli konuma gelmişlerdir. Taşınan kargonun değeri arttıkça hız ve güvenlik avantajları nedeniyle hava taşımacılığı daha çok tercih edilmektedir. Buna bağlı olarak Dünya ticaretinin ticari değer olarak %35' ten fazlası, hacim olarak ise %1' i hava kargo taşımacılığı ile gerçekleştirilmektedir (Demirbilek vd., 2018).

Dünyada en büyük kargo uçak filosuna sahip bölgelere bakıldığında; ilk olarak Kuzey Amerika, daha sonra Avrupa ve Asya - Pasifik gelmektedir. Orta Doğu' da ise, Dubai Uluslararası Havalimanı, çok modlu taşımacılığın da katkısıyla 90' lardan itibaren büyüyerek kargo faaliyetlerinin en yoğun olduğu havalimanlarından biri olmuştur (Balık, 2015).

1.4.Türkiye' de Hava Kargo Taşımacılığı

Türkiye' de özellikle 1980' den itibaren ihracata daha çok önem verilmiş, buna paralel olarak hava kargo taşımacılığı gelişme göstermeye başlamıştır. 1983 yılında yayınlanan Sivil Havacılık Kanunu ve akabindeki Avrupa Birliği uyum yasaları ile havaalanları modernleşmeye ve sayıları artmaya başlamıştır. 2008 yılından itibaren hava kargo miktarı önemli ölçüde artış göstermiştir. Dünya çapında faaliyet gösteren DHL, UPS, TNT gibi firmaların Türkiye' de operasyonlarına başlaması da Türk ürünlerin tüm dünyaya ihraç edilebilmesinin önünü açmıştır. Böylelikle dünya pazarlarına erişim sağlanmış ve Türkiye' de hava kargonun kullanımının hızla büyümesine neden olmuştur (Demirbilek vd., 2018).

Türkiye' nin uluslararası ticaretinde değer olarak taşıma modlarının kullanım oranına bakıldığında zaman hava yolu taşımacılığının, deniz yolu ve kara yolundan sonra

üçüncü sırada yer almakta olduğu ve ağırlık olarak ise diğer taşıma modları içerisinde en az paya sahip olduğu görülmektedir (UTİKAD, 2021).

Küresel ticaret, hava kargo taşımacılığına ivme kazandırmış olsa da dış ticaretteki payı dünyayla karşılaştırıldığında daha düşük seviyede olduğu görülmektedir. Bu durumda petrol fiyatlarındaki ve döviz kurundaki artışlar rol oynamaktadır. Bu maliyetler hava yolunu pahalı bir ulaşım modu haline getirmekte ve ihracatta daha az kullanılmasına neden olmaktadır. Ancak söz konusu olumsuzluklara rağmen hava kargo taşımacılığının gelişme göstereceği beklenmektedir. Ülkemizin lider hava yolu olan Türk Hava Yolları, dünyada 46 noktaya direkt kargo uçuşu yapması, buna ek olarak İstanbul yeni havalimanının da yüksek kapasiteli kargo alanlarıyla hizmet sunacak olması hava kargonun gelişimini arttıracak etkenlerdir (Demirbilek vd., 2018).

UTİKAD tarafından hazırlanan rapora göre 2010-2020 yılları arasında hava kargo taşımacılığında dış hat trafiğinin iç hatlara göre daha fazla artış göstermiş olduğu belirtilmektedir. 2020 yılında ortaya çıkmış olan COVID-19 salgını havacılık sektörünü büyük ölçüde etkilemiş tüm dünyada uçuşlara kısıtlamalar getirilmiştir. Türkiye havacılık sektörü de bu durumdan etkilenmiş olup, 2020 yılı verilerine bakıldığında iç ve dış hat trafiğinde önemli düşüşlerin yaşandığı görülmüştür. 2020’ de 575.262 olarak gerçekleşen iç hat uçuşlarının 2011’ deki miktarlara düştüğü belirtilmiştir. Dış hatlarda da önemli miktarda düşüşler yaşanmış olduğu ve uçuş trafiğinin 855.833 şeklinde gerçekleştiği belirtilmiştir. 2010-2020 yılları arasında hava yolu taşımacılığının ihracattaki payının 2020’ de en az olup %0,35 oranına düştüğü belirtilmiştir (UTİKAD, 2021).

Teknolojik gelişmeler uluslararası alanda rekabeti arttırmaktadır. Bu nedenle havaalanlarının teknolojik olarak geliştirilmesi ve hava kargo taşımacılığına gerekli yatırımların yapılması Türkiye’ nin küresel rekabette gücünü artıracak beklenmektedir. Dünyayla karşılaştırıldığında Türkiye’ de hava kargonun dış ticarete kullanım oranı çok daha azdır. Küresel ticarete rekabet üstünlüğü elde edebilmek ve istenilen lojistik performansa ulaşabilmek adına gerekli alt yapı, teknoloji sistemlerinin akıllı entegrasyonunun sağlanıp hava yolunun etkin bir şekilde kullanılması önem arz etmektedir (Demirbilek vd., 2018).

1.5.Hava Taşımacılığının Çevresel Etkileri

İnsanlık tarihinde ilk motorlu uçuşun gerçekleştiği tarihten itibaren havacılık sektörü hızlı bir gelişim göstermeye başlamış ve insan ihtiyaçları, yaşanan değişimler ile birlikte sıklıkla tercih edilen bir taşıma modu olmaya başlamakta ve bu gelişimin sürekli olması beklenmektedir. Bu durum da havacılığın çevresel etkilerini özellikle yarattığı hava kirliliği sonucunda iklim değişikliğine olan etkilerini üzerinde durulması gereken önemli bir konu haline getirmektedir (IPCC, 1999).

Hava taşımacılığının küresel rekabet açısından ülkelere sağladığı ekonomik getirilerin ve sosyal faydalarının yanında havalimanlarının ve uçakların faaliyetleri esnasında salınan emisyonlar nedeniyle iklim değişikliği üzerinde etkisi olmaktadır. Hız ve güven avantajıyla ön plana çıkan havacılık sektörü büyümekte ve artan hava trafiği neticesinde hava taşımacılığının çevreye olan etkisi de artmakta ve bu etkilerin azaltılması önemli bir konu olmaktadır (Çağatan, 2011). Bazı istatistiki verilere göre Avrupa’ daki uçuş sayısının % 32’ lik bir oranla artarak 2025 yılında 2,3 milyon uçuşa ulaşacağı beklenmektedir (Özgünoğlu ve Uygur, 2017a). ATAG (2021) tarafından hazırlanan bir raporda ise 2050 yılından itibaren hava yolu taşımacılığında her yıl 10 milyar yolcu sayısına ulaşılacağı belirtilmiş ve uçak motorları gibi teknolojik konularda, yakıt verimliliği ve uçuş operasyonlarında gerekli iyileştirmelerin yapılmaması durumunda yaklaşık 2000 megaton CO₂ emisyonu meydana geleceği düşünülmektedir (Öz ve Ercoşkun, 2022). Dolayısıyla havalimanlarındaki faaliyetlerin ve uçakların sebep olduğu çevresel etkiler küresel iklim değişikliği açısından üzerinde durulması gereken önemli bir konu olmaktadır.

Küresel ekonominin büyümesiyle havacılık sektörü de önemli bir gelişme ve ilerleme kaydetmiştir. Yolcu trafiğinde, 1960 yılından itibaren gayrisafi yurt içi hasıladaki artış miktarının 2,4 katı gibi bir oranda yıllık %9 civarında bir büyüme göstermiştir. Aynı zamanda aşağı yukarı %80’ lik bir kısmı yolcu uçakları ile taşınan kargo trafiğinde de artış görülmüştür. Sonuç olarak havacılık kaynaklı çevresel etkileri ve emisyonları azaltmaya yönelik gerek teknolojik gerek operasyonel iyileştirmeler gerçekleştirilse de hava taşımacılığına olan talep artışı bu iyileştirmelerin önüne geçmiş ve hava taşımacılığından kaynaklanan emisyonların artış gösterdiği görülmüştür (IPCC, 1999).

Çeşitli ulusal, uluslararası kuruluşlar, kamu ve özel sektör tarafından yapılan projeler, düzenlemeler ile hava taşımacılığının çevreye olan olumsuz etkilerinin azaltılması amaçlanmaktadır. 2016 yılında uluslararası hava taşımacılığından kaynaklanan CO₂ emisyonlarının azaltılması amacıyla ICAO tarafından CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) Regülasyonu kabul edilmiştir. Uluslararası uçuşların tümü ICAO CORSIA kapsamında değerlendirilecek olup regülasyon, üye devletlerdeki uluslararası havacılık faaliyeti gösteren şirketlere uçuşları kaynaklı CO₂ emisyonlarını izleme, raporlama ve doğrulama yükümlülüğü getirmiştir (<https://yesilekonomi.com>, 2023). Havacılık faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonların azaltılması amacıyla ülkemizde de çeşitli kuruluşlar tarafından çalışmalar yapılmaktadır. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM)'nin hazırladığı “Hava Sahasının Esnek Kullanımı Yönetmeliği” ile bazı uçuş rotaları kısaltılmış ve daha az zaman ve yakıt kullanımı ile çevreye olan etkiler azaltılmıştır (Öz ve Ercoşkun, 2022). Yine SHGM tarafından havalimanlarındaki işletmelerin faaliyetleri esnasında çevreye olan zararlarını azaltmak amacıyla “Yeşil Havalimanı” projesi başlatılmıştır. DHMİ ise “Karbonsuz Havalimanı” projesi ile atıkların ve emisyonların azaltılması konusunda havalimanlarını teşvik ederek bu kapsamda yönetmeliklere uyan havalimanlarını sertifikalandırmaktadır (Öz ve Ercoşkun, 2022).

Havalimanlarının çevreye olan etkileri hava kirliliği, gürültü kirliliği, su ve toprak kirliliği başlıkları altında değerlendirilmektedir (Çağatan, 2011).

1.5.1.Hava Kirliliği

Hava yolu taşımacılığı, hız ve güvenlik gibi avantajlarıyla oldukça talep görmesine ve son yıllarda hızlı bir gelişim göstermesine paralel olarak artan uçuş trafiğiyle çevreye olan etkisi de artmakta ve üzerinde durulması gereken önemli bir konu olmaktadır.

Havalimanlarında gerek yerde gerçekleştirilen faaliyetler gerekse uçakların faaliyetleri sırasında kullanılan fosil yakıt nedeniyle atmosfere sera gazı emisyonu salınımı gerçekleşmektedir (Çağatan, 2011). Bu durum ise hava kalitesinin bozulmasına sebep olarak küresel iklim değişikliğine yol açmaktadır.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)' de iklim değişikliği ile dünyanın var oluşundan itibaren doğal olarak gerçekleşen değişimin yanı sıra atmosferin içeriğini farklılaştıran insan aktiviteleri tarafından gerçekleştirilen değişim ifade edilmektedir. IPCC' ye göre ise gerek insan aktivitesi gerekse doğanın kendisinden kaynaklanan değişim olsun gerçekleşen farklılaşma iklim değişimi tanımı altında değerlendirilmekte olup deniz seviyelerindeki artışlar, buzul alanlarının azalması gibi açık bir şekilde görülebilen olayların ısınmanın gerçekleştiğini kesin olarak ortaya koyduğunu belirtmektedir (Vaccari ve Vitali, 2011).

İnsan aktiviteleri neticesinde atmosferin yapısına zarar verecek bazı yabancı maddelerin salınması ve bu maddelerin havanın doğal içeriğini değiştirerek hava kalitesini bozması sonucu hava kirliliği meydana gelmekte ve insan ve canlı yaşamını olumsuz etkilemektedir (Genç ve Behçet, 2022).

Havalimanlarında uçak aktiviteleri ve uçuş öncesinde aprondaki yer destek araçlarının faaliyetleri, havalimanındaki çeşitli gaz ve ısı kaynağı altyapılarından salınan zararlı gazlar, sera gazı emisyonlarına neden olan kaynaklardır (Ünal vd., 2014).

Uçaklardan salınan emisyonlar ve çeşitli partiküller, üst troposfer ve alt stratosferde etkili olarak atmosferdeki gaz konsantrasyonlarını etkilemektedir. Bu gazlar ve partiküller atmosferde doğal olarak bulunan CO₂, CH₄, ozon (O₃) gibi sera gazlarının miktarının artması, yoğunlaşma yollarının meydana gelmesi, sirus bulutlarının çoğalması gibi çevresel etkiler yaratarak iklim değişikliğine etki etmektedir (IPCC, 1999).

Uçak motorlarından salınan emisyonlar genel itibariyle %70 CO₂, %29 Su Buharı (H₂O) ve yaklaşık % 1 oranında NO_x, CO, SO_x, çeşitli partikül ve kirleticilerden oluşmaktadır. Bu emisyonlar, uçağın motor tipi, yakıt karakteristiği, seyir mesafesi, yükseklik gibi parametrelere göre değişkenlik göstermektedir (Ünal vd., 2014).

Uçak motoru emisyonları iki şekilde gerçekleşmektedir. Birincisi, uçağın yerdeki hareketleri sırasında az güçle yüksek yakma verimi sağlamak için fazla miktarda yakıtın harcanması ile yüksek oranda yanmamış hidrokarbon (HC) ortaya

çıkması, ikincisi ise uçaklar tarafından kalkış, iniş ve seyir esnasında salınan nitrojen oksitlerdir. Bu emisyonların kontrolü ve azaltılması için ICAO tarafından LTO (Landing and Take-off) ve yüksek irtifalardaki uçuş için standartlar belirlenmiştir (Ünal vd., 2014).

1.5.2.Gürültü Kirliliği

Hava taşımacılığına olan talebin artmasıyla uçak sayısı ve trafiği de artmaktadır. Bunun sonucunda artan uçuş sayıları gürültü kirliliğine neden olmakta ve havalimanı çevresinde yaşayan insanlar açısından olumsuz etki yaratmaktadır (Çağatan, 2011).

Uçakların iniş-kalkış esnasında yarattığı gürültü havalimanlarının çevreye olan etkisi açısından ilk sırada görülmektedir. En çok gücün sarf edildiği kalkış aşaması başta olmak üzere iniş, taksi gibi uçağın yer hareketleri esnasında ses kirliliği oluşmaktadır. Jet motorlu uçaklar iniş-kalkış esnasında 100 dB(A) seviyesinde bir gürültüyle havalimanı civarını etkilemektedir (Ünal vd., 2014).

Havalimanlarında ses kirliliğinin kontrolü ve azaltılması için çeşitli politikalar çıkarılmış, yönetmelikler hazırlanmıştır. Bu kapsamda FAA tarafından “Havacılık Gürültü Azaltma Politikası” çıkarılmıştır. Bu politika doğrultusunda havalimanları için hazırlanan plan ile havalimanlarındaki gürültü için uyulması gereken seviye belirtilmiştir. ICAO ve ECAC ise, havalimanlarındaki gürültü seviyesini kontrol etme ve azaltma çalışmaları doğrultusunda birtakım kriterlere göre uçak gürültülerini içeren bir veri bankası hazırlamıştır (Çağatan, 2011).

1.5.3.Su ve Toprak Kirliliği

Havalimanlarında gerçekleştirilen faaliyetler esnasında oluşan zararlı maddelerin doğadaki su kaynaklarına ve toprağa karışmasıyla su ve toprak kirliliği meydana gelmektedir. Havalimanlarında kanalizasyonlarda arıtma gerçekleştirilmediği takdirde buradan doğadaki sulara doğrudan bir kirletici aktarımı gerçekleşmektedir. Bunun yanında yakıtların depolandığı alanlardan çıkan akıntılar, apronda yaşanan kaza durumları sırasında meydana gelen kirleticiler dolaylı olarak doğadaki sulara karışabilmektedir. Havalimanlarında su kirliliği ve bunun devamında toprak kirliliğine neden olan faaliyetler onarım ve ikmal işlemleri esnasında dökülen

yağ ve yakıtlar, yer destek ekipmanları ve uçakların temizlenmesi, kaynağında toplanıp ayrıştırılmadan bırakılan atıklar, apron ve pistlerde meydana gelen kazalar şeklinde sıralanmaktadır (Çağatan, 2011).



İKİNCİ BÖLÜM

HAVA KİRLİLİĞİ VE SERA GAZI EMİSYONLARI

Dünya var olduğundan bu yana iklim sistemindeki doğal değişime ek olarak özellikle Sanayi Devrimi'nden itibaren bu değişimdeki insan faaliyetlerinin etkisi önemli ölçüde artmaktadır (Çağatan, 2011). Fosil kökenli yakıtların kullanımı, sanayi ve endüstriyel faaliyetler, ormanlık alanların azaltılması gibi insan aktiviteleri sonucunda atmosfere salınan sera gazı emisyonları artış göstermekte ve hava kirliliğine sebep olmaktadır (Şekertekin, 2017).

Geçtiğimiz yüzyılda küresel ortalama sıcaklıklarda 0.4 - 0.8 derece arasında bir artışın olduğu görülmüştür. İnsan aktivitelerinden kaynaklanması sebebiyle dikkat çekici olan bu artış atmosferdeki sera gazı miktarındaki yükselmenin önemini vurgulamaktadır. Yapılan bir çalışmada küresel ortalama sıcaklıklarda 1990-2100 zaman aralığında 1.4 - 5.8 derecelik bir artışın yaşanacağı beklenmektedir. (Çağatan, 2011).

CO₂, H₂O, SO_x, CO, hidrokarbonlar (HC), uçucu organik karbonlar (VOC), metan (CH₄), nitroz oksit (N₂O), kükürt dioksit (SO₂), metan haricindeki uçucu organik karbon (NMVOC) hava kirliliğine sebep olan çeşitli gazlar ve kirleticilerdir. Bu gazlar ve kirleticiler asit yağmurları, buzul alanlarının azalması, okyanus ve deniz seviyelerinde artış, aşırı ve ani yağışlar, fırtınalar, aşırı sıcaklıklar, yangınlar gibi çevresel etkilere yol açmaktadır (Şekertekin, 2017).

Ulaşım sektörü kullanılan fosil yakıtlar nedeniyle hava kirliliğinin en önemli kaynaklarından biri olarak görülmektedir. Ulaşım türleri arasında günümüzde gelişim gösteren hava yolu taşımacılığı ise havalimanı kaynaklı ve uçakların iniş-kalkış ve seyir esnasında oluşturdukları emisyonlar nedeniyle hava kalitesinin bozulmasına sebep olmakta ve küresel iklim değişikliği üzerinde önemli rol oynamaktadır (Şekertekin, 2017).

2.1.Hava Kirliliği ve Etkileri

İnsan ihtiyaçlarının artması ile endüstrileşme, ticaret, şehirleşme gibi kavramların önem kazanması sonucu bu faaliyetlerden doğan çevresel etkiler de sürekli olarak artış göstermektedir. Bu çevresel etkilerden hava kirliliği küresel iklim

değişikliği açısından başta gelen sorunlardan olup, bu kirliliğin kaynakları, etkileri, alınması gereken önlemler üzerinde durulması gerekmektedir.

Hava kirliliği, havada doğal olarak bulunan gazların miktarının artışı, insan faaliyetleri, doğal olaylar gibi kaynaklardan meydana gelmekte ve kirleticilerin rüzgar gibi meteorolojik olaylar ve yer şekillerinin etkisi ile taşınımı sonucunda insan, hayvan, bitki ve diğer yapılar üzerinde olumsuz etkiler yaratmakta, asit yağmurları, ozon tabakası tahribatı gibi çevresel etkiler ile iklim değişimi üzerinde rol oynamaktadır (Şekertekin, 2017).

Renksiz ve kokusuz bir gaz kütlesi olan ve dünyayı çevreleyen atmosferin içeriği %78.084 azot, %20.946 oksijen, %0.930 argon, %0.034 oranında ise karbondioksit şeklinde çeşitli gazlardan oluşmaktadır. Bu gazların miktarının artışı sonucunda hava kirliliği meydana gelmektedir (Çağatan, 2011).

Endüstrileşmeden daha önceki zamanlardan başlamış olmak üzere sera gazlarının miktarındaki yükselme pozitif bir radyoaktif iklim zorlaması meydana getirmekte ve bu durum da küresel ısınmayı arttırıcı etki yaratmakta ve iklim değişimine neden olmaktadır (IPCC, 1999).

Havaya karışarak atmosferin dengesini bozan hava kirliliği kaynakları olan sera gazı emisyonları özellikle Sanayi Devrimi'nden itibaren devamlı bir artış göstermektedir. Bunun sonucu olarak da doğal denge bozulmakta ve iklim değişikliği sorunu tehdit edici boyutlara ulaşmaktadır. Atmosfere salınan başlıca emisyon kaynağı olan CO₂ miktarı Sanayi Devrimi'nden sonra %25'lik bir artış göstermiş olup her sene %0,5 oranında artış meydana gelmektedir (Özgünoğlu, 2017b). Canlıların solunumu gibi doğal olarak salınan karbondioksit insan aktiviteleri sonucu meydana gelen karbondioksit miktarından daha fazla olmasına rağmen bu karbondioksinin doğal varlıklar aracılığıyla tutulması ile denge korunmakta ancak insan aktiviteleri bu dengeyi bozmaktadır (Çağatan, 2011).

Güneşten gelen ısınnın bir kısmı kara ve okyanuslarca emilmekte bir kısmı ise çeşitli unsurlar aracılığı ile geri yansıtılmakta ve böylelikle bir ısı dengesi oluşmaktadır. Geri yansıtılan ışınların bir kısmı sera gazları olarak adlandırılan çeşitli gazlarca tutulmaktadır. Böylelikle "sera etkisi" meydana gelmektedir. Bu gazların

atmosferdeki miktarının özellikle de endüstrileşme ile birlikte sürekli olarak artışı ise bu etkinin artmasına sebep olmakta ve küresel sıcaklıkları arttırmaktadır (Turan, 2020).

Bilimsel araştırmalara göre Dünya yüzey sıcaklıklarında bir önceki yüzyıla göre 0.4 derece civarında bir artış yaşandığı ve son yıllarda bu artışın hızının yükseldiği gözlemlenmiştir. Bu artış çok büyük oranda insan aktivitelerinden kaynaklanmakta olup atmosfere salınan CO₂, CH₄ gibi sera etkisine yol açan gazların miktarının artması sonucu atmosferin doğal dengesi değişmekte ve küresel sıcaklıklarda artış meydana gelmektedir (Çağatan, 2011). Bu sıcaklıklardaki artışın yükselmesi sera gazlarının miktarına göre gerçekleşmektedir. Yeryüzünün elverişli bir sıcaklığa sahip olarak canlı yaşamına olanak vermesi sera gazlarının atmosferdeki doğal varlığı sonucunda mümkün olabilmektedir (Vaccari ve Vitali, 2011).

Dünya, yaklaşık olarak 14 derece sıcaklığa sahiptir. Atmosferin olmadığı durumda ise dünya -18 derece dolaylarında bir sıcaklığa sahip olurdu. Sera etkisini meydana getiren sera gazları sayesinde dünya yaklaşık 32 derece daha sıcak olmaktadır. H₂O, CO₂, CH₄, O₃ bu sera gazları arasında yer almakta ve sera etkisindeki rolleri H₂O' nun %36-70, CO₂' nin %9-26, CH₄' ün %4-9 ve O₃' ün %3-7 şeklinde olmaktadır (<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr>, 2023).

Hava kirliliği, dünyanın başlangıcından beri var olmaktadır. Canlıların solunumu, yanardağ patlamaları gibi doğal nedenlerden meydana gelen hava kirliliği birinci kirletici kaynakları arasında yer almaktadır. Ancak ilk olarak ateşin bulunması daha sonrasında endüstrileşmenin etkisiyle bu kirliliğe insan aktiviteleri sebep olmaya başlamış ve gün geçtikçe insan kaynaklı hava kirliliğinin miktarı artış göstermeye başlamıştır. Fosil yakıt kullanımına bağlı olarak artan emisyon miktarları çevre açısından olumsuz sonuçlara sebep olmaktadır. Bu etkilerden bazıları aşağıda sıralanmaktadır (Şekertekin, 2017):

- Hava kalitesinde bozulma,
- Çeşitli sağlık sorunları,
- Asit yağmurları,

- Ozon tabakasının incilmesi,
- Küresel ısınma,
- Yapılarda tahribat

İnsan aktiviteleri sonucu meydana gelen sera gazı emisyonları dünya yüzey sıcaklıklarının 2011-2020 zaman aralığında 1850-1900 dönemine göre 1,1 °C artış göstermesine sebep olmuştur. Yaşanan insan kaynaklı iklim değişikliğinin etkisi giderek artmakta ve aşırı hava olayları gibi sonuçlar doğurmaktadır. İklim değişikliği su varlığı, tarım, hayvan sağlığı olmak üzere gıda alanında; bulaşıcı hastalıklar, orman yangınları gibi sağlık alanında; ani sel ve fırtınalar sonucu oluşan hasarlar ile yerleşim yerlerine olan etkileri ve ekolojik yaşama olan etkileri ile birçok alanda olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. İklim değişikliğinin gelecekte meydana getirebileceği tehlikeler AR5 raporunda değerlendirilenlerden daha ciddi boyutlarda olabileceği beklenmektedir. Öngörülen bu değişiklikler sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik sürekli ve etkili çalışmalar ile daha kontrol edilebilir olabilecektir. Raporda CO₂ emisyonlarının sıfırlanması hedefine 2050 ve 2070 yıllarında ulaşılabilceğine dair öngörüler bulunmaktadır. Sera gazı emisyonlarının azaltılması hedeflerine etkili politikalar ve gerekli stratejik adımların atılması ile ulaşılabilir ve böylece iklim değişikliğinin getireceği risklere karşı gerekli tedbirler alınabilecektir (IPCC, 2023).

2.2.Hava Kirliliği Kaynakları

Hava kirliliği, Dünya'nın var oluşundan itibaren doğal olaylar sonucu meydana gelmektedir. Buna ek olarak insan aktiviteleri ise gün geçtikçe artan oranda hava kirliliğine sebep olmaktadır. Bu kapsamda hava kirliliği kaynakları doğal kökenli ve insan kökenli olarak iki başlık altında incelenmektedir.

2.2.1.Doğal Olaylar

Volkanizma, çöller, okyanus ve deniz spreyleri, orman yangınları hava kirliliğine sebep olan doğal kaynaklar arasında yer almaktadır. Bu kaynakların çevresel etkileri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Çağatan, 2011):

- Volkanik olaylar sonucunda kükürt dioksit ve partiküller atmosfere karışmakta ve sera etkisi yaratmaktadır.

- Çöl alanlarındaki meteorolojik olaylar sonucunda buralardaki kum ve toz tanelerinin başka bölgelere taşınımı gerçekleşmektedir.
- Okyanus ve denizlerden havaya tuz taneciklerinin karışımı ve taşınımı gerçekleşmektedir.
- Orman yangınları ile havaya karışan partiküller atmosferde tutunarak hava kirliliğine neden olmaktadır.

2.2.2.İnsan Aktiviteleri

Isınma, ulaşım, sanayi gibi insan ihtiyaçlarından doğan faaliyetler sonucu atmosfere salınan kirleticiler insan aktiviteleri sonucunda meydana gelen hava kirliliğine neden olmaktadır. Sanayi aktiviteleri, konutların ısıtılması, fosil yakıt kullanımı, çeşitli ulaşım araçlarıyla gerçekleştirilen seyahatler gibi birçok faaliyet bu aktiviteler arasında yer almaktadır (Şekertekin, 2017).

Ulaşım faaliyetleri sonucu meydana gelen hava kirliliği çizgisel kaynaklar kapsamında değerlendirilmektedir. Kara araçlarında yakılan yakıtlar sonucunda azot dioksit, CO gibi çeşitli gazlar atmosfere salınmaktadır. Hava araçlarının büyük çoğunluğu jet yakıtı ile çalışmakta ve bu yakıtın yanması ile atmosfere çok miktarda emisyon salınımı gerçekleşmektedir. Uçak aktiviteleri sonucu meydana gelen kirlilik havalimanı etrafındaki yerleri etkilemektedir. Uçaklar en fazla yakıtı iniş-kalkış esnasında harcamaktadırlar bu nedenle bu esnada önemli miktarda hava kirliliği meydana gelmektedir (Çağatan, 2011).

Evlerdeki ısınma faaliyetleri ise alansal kaynakları oluşturmaktadır (Şekertekin, 2017). Burada fosil kökenli yakıt kullanımı sonucu SO₂ gibi zararlı gazlar havaya salınmakta ve kirliliğe sebep olmaktadır (Çağatan, 2011).

Noktasal kaynaklar fabrikalar, enerji tesisleri, sanayi kuruluşları gibi yapılar tarafından gerçekleştirilen hava kirliliği kapsamında yer almaktadır. Bu kaynaklardan atmosfere SO₂, CO gibi gazların yanında is, duman gibi kirleticiler de salınarak hava kirliliğine neden olmaktadır (Çağatan, 2011). Havalimanları da noktasal kaynaklar arasında yer almaktadır (Şekertekin, 2017).

2.3.Sera Gazı Emisyonları

Bilimsel araştırmalara göre insan aktiviteleri sonucu oluşan sera gazı emisyonlarının küresel olarak atmosferde meydana gelen değişimlerin ana kaynağı olduğu ortaya konulmuştur (Vaccari ve Vitali, 2011).

Güneşten gelen ve yeryüzündeki çeşitli unsurlar aracılığıyla bir kısmı geri yansıtılan ısı atmosferde bulunan H_2O , CO_2 gibi sera gazları tarafından tutulmaktadır. Bu sayede oluşan “sera etkisi” ile dünya yaşanabilir bir sıcaklığa sahip olmaktadır (Atabey, 2013).

Bir kirletici kaynağından direkt olarak havaya salınan emisyonlar birincil kirletici olarak adlandırılmaktadır. SO_2 , CO , CO_2 gibi gazlar bu başlık altında yer almaktadır. İkincil kirleticiler, direkt olarak havaya karışmayıp atmosferde çeşitli etkileşimler neticesinde ortaya çıkan gazlardan oluşmaktadır. Troposferik ozon, kükürt trioksit bu gazlar arasında yer almaktadır (Şekertekin, 2017). H_2O , SO_x ve kurum gibi gazlar ve partiküller ise hem doğrudan hem dolaylı sera gazı özelliği göstermektedir (IPCC, 1999).

Sera gazları, atmosferde doğal olarak bulunmakta ve ısı tutma özellikleri ile sera etkisini meydana getirmekte böylelikle dünya yaşanabilir bir sıcaklığa sahip olmaktadır. H_2O , CO_2 , CH_4 ve O_3 temel sera gazları arasında yer almaktadır. Bu gazlar içerisinde karbondioksitin sera etkisi oldukça yüksek oranda olup geçtiğimiz dönemlere göre atmosferdeki miktarı iki kat artan metan da önemli bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bunlar dışında fosil yakıt kullanımı, organik yapılar gibi kaynaklardan salınan NO_x de sera gazları arasında yer almaktadır (<https://ekolojist.net>, 2023).

IPCC tarafından yapılan değerlendirmelerde insan kaynaklı sera gazı emisyon miktarlarının yükselmesinin 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren dünya sıcaklık değerlerinde meydana gelen artışların büyük bir kısmının ana kaynağı olduğu belirtilmektedir (Vaccari ve Vitali, 2011).

Kyoto Protokolü’nde tarafların miktarlarını düşürmeyi taahhüt ettiği ve antropojenik kaynaklı sera gazlarının önemli bir kısmını teşkil eden altı sera gazı türü belirtilmiş olup bunlar CO_2 , CH_4 , N_2O , kükürt hekzaflorür (SF_6), HFC gazları,

perflorokarbonlar (PFCs) şeklinde sıralanmaktadır. Sanayi Devrimi bu gazların miktarının artışında büyük bir rol oynamaktadır. Bu dönemden önceki ve sonraki durum karşılaştırıldığında CO₂ miktarında %30 civarında bir artış, CH₄’ de %145’ lik, N₂O miktarında ise %15 oranında bir artış gerçekleşmiştir. Bunlara ek olarak CFCs, PFCs gibi hemen hemen bütünüyle insan aktiviteleri sonucu oluşan gazlar da atmosfer içeriğine dahil olmuş bulunmaktadır (Vaccari ve Vitali, 2011).

Sera gazları doğal bir şekilde atmosferde bulunabildiği gibi insan aktiviteleri sonucunda da meydana gelmektedir. Oluşum şekillerine göre sera gazları Tablo 1’ de gösterilmektedir (Atabey, 2013).

Tablo 1. Oluşum Şekillerine Göre Sera Gazı Emisyonları (Atabey, 2013).

Sera Gazları	
Doğal Bir Şekilde Meydana Gelenler	İnsan Aktiviteleri Sonucu Meydana Gelenler
H ₂ O	CFCs, HCFCs, HFCs olarak adlandırılan halokarbonlar
CO ₂	SF ₆
O ₃	
CH ₄	
N ₂ O	

2.3.1.Havacılık Emisyonları

Küresel rekabetin öneminin artması işletmeleri rekabette öne çıkabilmek için hızlı ve güvenli teslimat gerçekleştirmek gibi rekabet stratejilerine yöneltmekte bu da ulaşım türleri arasında hava yolu taşımacılığını ön plana çıkarmaktadır. Hava yolu taşımacılığına olan artan talebe paralel olarak da havalimanlarının sayısı artmakta hava yolu şirketleri filolarına yeni uçaklar eklemektedirler.

Hava yolu taşımacılığı sağladığı sosyal ve ekonomik kazanımların yanında çevre açısından olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Uçakların havalimanlarındaki faaliyetleri esnasında motorların çalışmasından kaynaklı çeşitli emisyonlar atmosfere salınmaktadır. Bu emisyonlar havada doğal olarak bulunan gazların konsantrasyonunda değişim yaratarak ısınmayı arttırıcı etki yaratmakta bu da iklim değişikliğine katkı sunmaktadır (Turan, 2020).

IPCC tarafından havacılık faaliyetlerinin insan aktiviteleri sonucu salınan CO₂'nin %2' lik bir kısmını oluşturduğu belirtilmekte ve 2050' ye gelindiğinde bu miktarın %3' ü bulabileceği ihtimali üzerinde durulmaktadır (Keskin ve Ercoşkun, 2021).

Havacılıktan kaynaklanan emisyonlar uçaklarda kullanılan jet yakıtı (jet fuel) ve havacılık benzini (gasoline)' nin yanması sonucu meydana gelmektedir. Uçak motorlarından salınan emisyonlar genel itibariyle %70 oranında CO₂, %30' dan az H₂O ve %1' den az olmak üzere NO_x, CO, SO_x, NMVOC, çeşitli partiküller ve diğer zararlı hava kirleticileri içeren bileşenlerden oluşmaktadır. Modern gaz türbinlerinden N₂O emisyonu salınımı gerçekleşmemektedir. Bu türbinlerden N₂O salınımı meydana gelse bile bu oran çok az bir miktarda meydana gelmektedir. CH₄ gazı da uçakların rölaneti esnasında gaz türbinlerinden ve yeni motorlardan ziyade daha eski motorlara sahip uçaklardan salınmaktadır. Son bilgiler yeni teknoloji motorlardan CH₄ salınımının gerçekleşmediğini göstermektedir. Bu miktarın çok az bir oranda olduğunu göstermektedir (IPCC, 2006c).

Uçaklardan kaynaklanan emisyonların başında sera gazı özelliği gösteren CO₂ ve H₂O gelmektedir. Bunların dışında NO_x, SO_x gibi gazlar ana emisyonlar arasında bulunmaktadır. Havacılık faaliyetleri sonucunda oluşan çeşitli gazların ve partiküllerin iklimsel etkilerini belirlemek adına hem bu gazların türleri ve miktarlarının kendi aralarında kıyaslanması hem de farklı sektörlerdeki sonuçlarla kıyaslama yapılması fayda sağlayabilmektedir. Karbondioksitin yaklaşık olarak 100 sene gibi bir atmosfer ömrü olması ve böylece havada iyi bir şekilde karışabilmesi nedeniyle havadaki uçak emisyonlarının etkileri ile farklı bir kaynağın saldıdığı karbondioksiti ayırt etmek zor olmaktadır. Bunun dışındakiler ise daha kısa ömürlü olup yakın uçuş yollarında bulunmaktadır (IPCC, 1999).

Uçak emisyonları aşağıda sıralanan bazı kriterlere göre değişkenlik göstermektedir (IPCC, 2006c):

- Hava aracı operasyonlarının sayısı ve türü
- Hava aracı motorlarının tipleri ve verimleri
- Kullanılan yakıt

- Uçuş süresi
- Güç ayarları
- Uçuş aktivitesinin farklı safhalarında geçen süre
- Egzoz gazlarının salındığı irtifa

Hava aracı faaliyetleri, iniş-kalkış (landing/take - off (LTO) ve seyir (cruise) aşamalarından oluşmaktadır. Uçaklardan salınan emisyonlar uçuşun çeşitli aşamalarında farklı miktarlarda salınım göstermektedir. Genel itibariyle HC ve CO dışında diğer emisyon türlerinin aşağı yukarı %10' luk bir kısmı uçağın apron ve pistlerdeki hareketleri ve LTO döngüsü esnasında meydana gelmektedir. Bu emisyonların %90' lık büyük kısmının ise daha yüksek seviyelerde salınımı gerçekleşmektedir. HC ve CO ise, %30 dolaylarında yerel düzeyde, %70 oranlarında yüksek seviyelerde meydana gelmektedir (IPCC, 2006c).

Küresel ölçekte havacılık faaliyetlerinin %3-4' lük bir oranla küresel ısınmaya katkısı bulunmaktadır. Hava yolu taşımacılığı, sera etkisine sahip olan ve böylelikle iklim değişikliğini olumsuz yönde etkileyen başta CO₂ olmak üzere çeşitli emisyonlar meydana getirmektedir (Turan, 2020).

IPCC' nin İkinci Değerlendirme Raporunda antropojenik kaynaklı emisyonların çevre açısından etkileri ve gelecek ile ilgili tahminler değerlendirilmiştir. Bu etkiler aşağıda sıralandığı gibi özetlenmektedir (IPCC, 1999):

- Özellikle karbondioksit, metan ve nitröz oksit gazlarının miktarında harcanan fosil yakıtlar, arazi kullanımındaki değişim gibi büyük oranda insan aktiviteleri sonucunda artışlar meydana gelmiştir.
- IPCC, nüfus artışı, arazi kullanımı, gelişen teknoloji, yakıt gibi parametrelere göre sera gazı emisyonlarının ilerideki durumlarının tahmini için 1990-2100 zaman aralığını kapsayan senaryolar hazırlamıştır. Bu senaryolar aracılığıyla küresel karbon çevrimi ve atmosfer yapısı kavranarak sera gazlarının durumu ortaya konulabilmekte ve iklim değişimi hakkında gelecek öngörülere yapılabilmektedir.

- Oluşturulan senaryolara göre 1990' dan 2100' e kadar küresel ortalama yeryüzü sıcaklıklarında 1-3,5 derece artış yaşanacağı tahmin edilmektedir. Gerçekleşen bu ısınma sonucunda son derece sıcak günlerin sayısının artacağı ve aşırı soğukların oluşumunun ise azalacağı öngörülmektedir.
- Okyanuslardaki sıcaklıkla genleşme ve buzul alanlarında meydana gelen erime neticesinde deniz seviyelerinde artış yaşanması beklenmekte ve bu tahminlere göre aynı dönem için deniz seviyesinde meydana gelen artışın 15-95 cm arasında olacağı belirtilmektedir.
- Artan sıcaklıkların kuvvetli kuraklıklar ve seller meydana getirecek daha kuvvetli bir hidrolojik çevrime sebep olacağı belirtilmektedir.

Tablo 2. Havacılık Emisyonları (FAA, 2015).

Emisyon	Tanım	Emisyon Kaynakları	Etkiler
CO₂	Benzin, jet yakıtı ve dizel gibi yakıtların tamamen yanması sonucu oluşur. Yakıttaki karbon havadaki oksijenle birleşerek CO ₂ üretir.	Uçak, APU, GSE, araçlar, Sabit enerji santralleri, yapı ekipmanı	İklim değişikliği
H₂O	Yakıtta bulunan hidrojen ve havadaki oksijenin birleşimi sonucunda meydana gelir.	Uçak, APU, GSE, araçlar, sabit enerji santralleri, yapı ekipmanı	İklim değişikliği
NO_x	Havadaki nitrojen ve oksijenin birleşimi sonucu oluşmakta ve ozon ve ikincil partikül madde oluşumunda rol oynamaktadır.	Uçak, APU, GSE, araçlar, sabit enerji santralleri, yapı ekipmanı	Hava kalitesi İklim değişikliği
HC	Tam yanma gerçekleşmediğinde oluşmakta ve ozon oluşumunda rol oynamaktadır.	Uçak, APU, GSE, araçlar, sabit enerji santralleri, yapı ekipmanı	Hava kalitesi
CH₄	Uçuşun seyir aşamasında salınmaktadır.	APU, GSE, araçlar, sabit enerji santralleri, yapı ekipmanı	Hava kalitesi
CO	Yakıtta tam yanma gerçekleşmediğinde meydana gelmekte ve ozon oluşumunda rol oynamaktadır.	Uçak, GSE, Araçlar, yapı ekipmanı	Hava kalitesi

SO_x	Kükürtün havada bulunan oksijenle birleşimi sonucu meydana gelmektedir.	Uçak, APU, GSE, Yapı ekipmanı	Hava kalitesi İklim değişikliği
Particulate Matter (non – volatile)	Aerosoller, tam yanma gerçekleşmemesi sonucu oluşan kurum parçaları gibi maddelerden kaynaklanmaktadır.	Uçak, APU, GSE, araçlar, sabit enerji santralleri, yapı ekipmanı	Hava kalitesi İklim değişikliği

2.3.1.1. Karbonmonoksit (CO)

Uçaklarda kullanılan karbon içeriği barındıran yakıtlarda meydana gelen eksik yanma neticesinde oluşan karbonmonoksit, rengi ve kokusu olmayan direkt olarak havada bulunan bir gazdır. İnsanlar tarafından solunması sonucunda kandaki oksijen akışına zarar vererek sağlık üzerinde olumsuz sonuçlara yol açmaktadır (Canarslanlar, 2015). CO, uygun yanma ortamı olan daha aşağı sıcaklık ve daha yüksek yakıt-hava oranlarında ortaya çıkmaktadır. Sera etkisi bakımından oldukça düşük bir katkısı bulunmakla beraber ozonun ortaya çıkmasında tetikleyici bir gaz olarak ifade edilmektedir (National Academies, 2008). Havada kısa süreli kalıcılığa sahip bir gaz olup bulunduğu yerlere göre farklılık göstermektedir (Keskin ve Ercoşkun, 2021).

Ulaşım, ısınma, sanayi faaliyetleri gibi insan aktiviteleri sonucunda meydana gelebildiği gibi atmosferdeki çeşitli gaz reaksiyonları sonucunda da oluşabilen bu gazın uçak aktiviteleri esnasındaki salınım miktarında uçak motorlarının iyileştirilmesi ve yapılan yenilikler sayesinde düşüşler elde edilmiş bulunmaktadır (Özgünoğlu, 2017b).

2.3.1.2. Karbondioksit (CO₂)

Besinlerin bozulması, volkanik olaylar, canlı solunumu gibi doğal süreçler esnasında havaya karbondioksit salınımı gerçekleşmekte bunun yanında seyahat, ısınma, enerji gereksinimi gibi insan ihtiyaçları için kullanılan fosil yakıtlar nedeniyle de CO₂ açığa çıkmakta ve endüstrileşme ile birlikte havadaki miktarı artış göstermektedir. Sera etkisine sahip olan bu gaz güneşten gelen radyasyon ışınlarını emerek bu sıcaklığı yeryüzüne yansıtmakta ve dünyanın yaşanabilir bir sıcaklığa sahip olmasını sağlamaktadır (Çağatan, 2011).

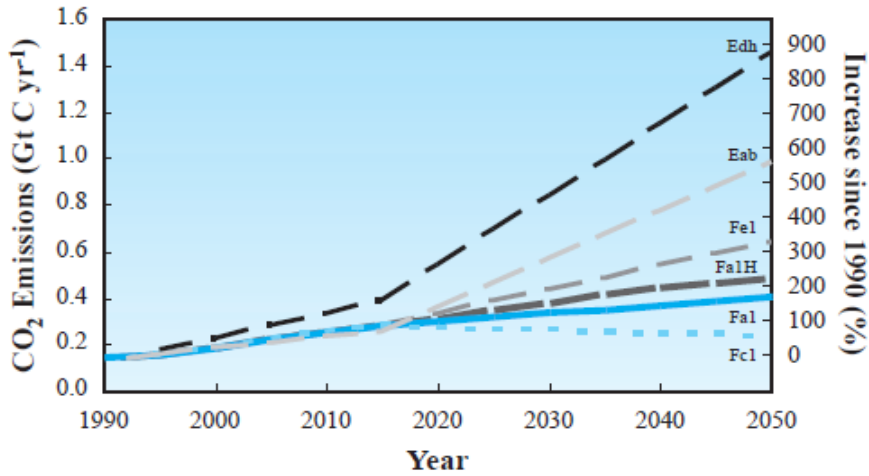
Fazla miktarda solunmadığı sürece sağlık açısından olumsuz bir sonuç doğurmayacağı belirtilen bu gaz karbon bileşenleri barındıran yakıttaki tam yanma sonucu meydana gelmekte ve yakıt tüketimi ile birlikte bu gazın salınımında da yükseliş meydana geleceği belirtilmektedir (National Academies, 2008).

Uçaklarda karbon içeriğine sahip jet yakıtının kullanılması sonucu karbondioksit salınımı gerçekleşmektedir (Çağatan, 2011). Diğer egzoz emisyonları arasında en fazla salınıma sahip olup salınan CO₂ değeri hava aracındaki yakıtı bağlı olarak farklılık göstermektedir (Genç ve Behçet, 2022).

Avrupa Komisyonu' nun gerçekleştirdiği bilimsel araştırmalara göre hava taşımacılığında CO₂ emisyonlarının gelecek durumu üzerine tahminler bulunmaktadır. Yapılan araştırmada 2010-2030 yıllarında hava taşımacılığının durumu ve talep edilen yakıt miktarı göz önünde bulundurularak CO₂ emisyonlarında her yıl %1 - %4' lük bir yükselmenin meydana gelebileceği tahmini yer almaktadır (Şekertekin, 2017).

IPCC' nin havacılık ve küresel atmosfer üzerine hazırlamış olduğu özel raporda uçaklardan salınan emisyonların gelecekteki durumu ile ilgili hazırlanan senaryolar bulunmaktadır. Bu kapsamda baz alınan 1992 yılında uçak aktiviteleri sonucu gerçekleşen karbondioksit miktarının 0,14 Gt C olduğu ortaya konulmuş ve bu miktarın bu yıldaki antropojenik kaynaklı CO₂ emisyonlarının %2 civarında veya bütün taşıma modlarının meydana getirdiği CO₂' nin %13' ü civarında bir orana karşılık geldiği belirtilmiştir. Gelecek tahminlerine göre atmosfere salınan havacılık kaynaklı karbondioksit miktarının yükselişinin süreceği belirtilmekte ve 2050 yılına gelindiğinde bu miktarın 0,23-1,45 Gt C/yıl şeklinde gerçekleşeceği beklenmektedir (IPCC, 1999).

IPCC özel raporundaki CO₂ emisyonlarının 1990-2050 arasındaki durumuna ilişkin veriler şekil 1.de gösterilmektedir:



Şekil 1. 1990' dan İtibaren CO₂ Emisyonları Artışı (IPCC, 1999).

Yukarıdaki şekilde farklı senaryolara göre CO₂ emisyonlarında ilgili yıllardaki değişimler gösterilmektedir. Buna göre, uçaklardan kaynaklanan CO₂ miktarı 1992 yılındaki totalde oluşan fosil yakıt kullanımı kaynaklı CO₂ miktarının %2,4' lük bir kısmına karşılık geldiği belirtilmektedir. Şekilde gösterilen tahmin öngörüsüne göre atmosferdeki hava aracı kaynaklı karbondioksit konsantrasyonunun gelecekteki 50 yılda 5-13 ppmv oranına yükseleceği beklenmektedir (IPCC, 1999).

Küresel ısınma üzerinde yarı yarıya bir katkısı bulunması nedeniyle karbondioksit emisyon miktarlarının düşürülmesi önemli bir konu olmaktadır (Canarslanlar, 2015).

Havada bulunan CO₂ miktarı ilk belirlenmeye çalışıldığı zamandan itibaren devamlı bir yükseliş göstermektedir. Sera etkisine sahip olmaları nedeniyle başta CO₂ olmak üzere bu gazların miktarındaki artış küresel sıcaklıkların da artmasına neden olmaktadır. Okyanus ve denizlerin ısısının yükselmesi, buzul alanlarının daralması gibi çevresel etkiler bu gazın atmosferdeki miktarının artması sonucu meydana gelen ısınmanın sonuçları arasında yer almaktadır (Atabey, 2013).

2.3.1.3. Metan (CH₄)

Okyanuslar, yer hareketleri şeklinde doğal kaynaklardan meydana gelebildiği gibi insan aktiviteleri sonucunda da salınımı gerçekleşen metan gazının CO₂' ye göre 28 misli sera etkisine sahip olan bir gaz olduğu ifade edilmektedir. Doğal nedenlerden dolayı meydana gelen metan miktarı büyük oranda olsa da sanayileşme ile birlikte

tüketimi artan fosil yakıtlar bu gazın oluşumunda ve havadaki oranının yükselmesinde başlıca kaynak olarak yer almaktadır (Özgünoğlu, 2017b).

O₃, NO_x gibi gazlar CH₄ miktarında azalmaya katkı sunmakta böylece bu emisyonun miktarındaki azalma yerkürenin ısısının düşüşünü sağlamaktadır. Uçaklardan salınan NO_x' in katkısıyla oluşan metan miktarındaki düşüşün sanayinin etkili olduğu dönemlerin öncesinden beri meydana gelen yükselişten daha az olduğu belirtilmektedir. Metanın oluşum alanlarının tam olarak tespit edilememesi atmosferik incelemeler ile hava taşımacılığının bu gazın emisyon miktarları ile ilişkisinin ölçülememesine neden olmaktadır (IPCC, 1999).

2.3.1.4.Nitröz Oksit (N₂O)

Tıpta anestezi işleminde kullanılan ve güzel bir kokuya sahip olan nitröz oksit “gülme gazı” şeklinde de bilinmektedir. Başlıca olarak tarımsal faaliyetler sonucu salınımı gerçekleşmektedir. Az bir oranda fazla sıcaklık şartları altında havadaki nitrojen (N₂) ve oksijen (O₂) reaksiyonunun sonucunda meydana gelmektedir (National Academies, 2008).

Tarımsal faaliyetlere ek olarak araçlarda tüketilen fosil yakıtlar, atıklar ile ilgili işlemler, biyoyakıtlar nitröz oksit kaynakları arasında yer almaktadır. Havadaki miktarının 1750 yılından itibaren %16 oranında yükseliş gösterdiği belirtilmektedir (Atabey, 2013).

Diazot monoksit olarak da adlandırılan N₂O' nun, ısınma üzerinde %8' lik bir katkısı bulunmaktadır. Meydana geldiği antropojenik kaynaklar arasında toprak için kullanılan yapay ve doğal gübre, su arıtma işlemleri gibi aktiviteler önemli yer tutmaktadır (Keskin ve Ercoşkun, 2021).

2.3.1.5.Azot Oksitler (NO_x)

Oksijen ve azotun etkileşimi sonucunda yüksek yanma esnasında meydana gelen azot oksitler, NO ve NO₂ gibi gazlar azot oksitler başlığı altında yer almaktadır. Motorun yeni çalıştığı aşamada az miktarda NO_x oluşumu gerçekleşmektedir. (Aydoğan, 2008).

Esas olarak egzozlardan salınan fosil kökenli yakıtlardan kaynaklanmakta olan azot oksitler sağlık açısından çeşitli nefes rahatsızlıkları gibi sonuçlara sebep olabilmektedir. Dünyada meydana gelen sıcaklık artışlarında %5' lik bir katkısı bulunmaktadır (Canarslanlar, 2015).

Isının fazla olduğu esnada reaksiyon sonucunda ortaya çıkmaktadır. En fazla salınımı hava araçlarının kalkış aşaması gibi süreçlerde meydana gelmektedir. Isınmaya etkisi daha çok dolaylı yoldan olmakta ozon oluşumunda rol oynamaktadır (National Academies, 2008).

Hava araçlarından salınan NO_x lerin CH_4 miktarlarını düşürücü bir etkisi bulunmaktadır. Bu emisyon türünün oluşum kaynaklarına bakıldığında zaman bunlar arasında meteorolojik olaylar, yerdeki organizmaların faaliyetleri, biyokütle yakılması gibi faaliyetlerin yer aldığı görülmektedir. Havadaki kalıcılık durumu uzun süre olmayıp havada değişik noktalarda bulunabilmektedir (Gillenwater vd., 2002).

2.3.1.6.Kükürt Dioksit (SO_2)

Ağır bir kokuya sahip rengi olmayan bir gaz olan kükürt dioksit, asit yağmurları oluşturması, sis meydana getirmesi gibi çevresel etkilere sahip bir gaz olup enerji tesisleri gibi alanlardan başlıca yayılım göstermektedir. Nefes alışverişinde bozukluklar, kalp hastalıkları gibi durumlar sağlık açısından meydana getirdiği başlıca olumsuz sonuçlar arasında yer almaktadır (<https://www.setteknik.com.tr>, 2023).

Meydana gelen SO_2 emisyonlarının kaynağı direkt olarak uçak motoru kaynaklı olmayıp kullanılan yakıttaki kükürt parçalarına dayanmaktadır (Canarslanlar, 2015).

2.3.1.7.Su Buharı (H_2O)

Sera gazları arasında havada en fazla H_2O bulunmaktadır. Havadaki kalıcılığı devamlılık göstermeyip atmosferde farklı şekillerde görülebilmektedir. H_2O oluşumunda antropojenik kaynakların direkt bir etkisi söz konusu olmamakla beraber bunun dışındaki gazların miktarındaki artışlar H_2O üzerinde etkiye sahip olabilmektedir. Atmosferin sıcaklığının artması su barındırma kapasitesinin artmasına neden olmaktadır. Havadaki su buharı miktarının yükselmesi, güneş ve karalardan

aldığı ışınları çeken ve yansıtan bulutların meydana gelmesinde rol oynamaktadır (Gillenwater vd., 2002).

Atmosferde 1-2 haftalık bir süre boyunca tutunmaktadır. Sera etkisine sahip bir gaz olmakla beraber bu etki CO₂ gibi bazı emisyonlara oranla az miktarda gerçekleşmektedir (IPCC, 1999).

İnsan aktivitelerinin H₂O konsantrasyonlarına olan etkisi görece az miktarda olduğundan çoğunlukla emisyon envanterlerine dahil edilmemektedir. H₂O (%30 civarı), CO₂ (%70 civarı) ile birlikte uçaklardan kaynaklanan emisyonların başında gelmektedir. Uçakların ardında bıraktığı izlerin oluşumuna neden olmaktadır. Gerek stratosferde yayılımı gerek yoğunlaşma izine sebep oluşu emisyon envanterleri hazırlanırken H₂O' nun da hesaplanarak rapor edilmesi önem arz etmektedir (National Academies, 2008).

2.3.1.8.Partiküller (PM)

Havanın içeriğinde farklı formlara ve çeşitli büyüklüklere sahip tanecikler yer almaktadır. Bu maddelerin büyüklükleri arttıkça havada daha az tutunabilmektedirler. Boyut olarak büyük olanları temel olarak havada bulunmakta bunların içinde çeşitli kaynaklardan gelen toz gibi unsurlar bulunmaktadır. Çeşitli sera gazlarının etkileşimleri sonucunda ise ikincil olarak adlandırılan partikül maddeler oluşmaktadır (Özgünoğlu, 2017b).

Uçak egzozlarından salınan partikül maddeler uçucu ve uçucu olmayan şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Yüksek ısılarda gerçekleşen motor işlemleri esnasında uçucu haldeki maddeler meydana gelmektedir. Çoğunlukla 150 nm' den daha az boyutlara sahip olmaktadır. Uçucu PM' ler ile ilgili gerçekleştirilen gözlemlere göre, bunların içeriğinin sülfat ve organik bileşenlerden meydana geldiği belirtilmiştir (Timko vd., 2014).

Tam yanma gerçekleşmemesi sonucunda meydana gelen partiküller güneşten yansıyan ışınları çekerek ve tekrar yansıtarak dünyanın sıcaklığını arttırması ile sera etkisine sahip gazlar içerisinde yer almakta ve küresel ısınmada rol oynamaktadır (Turan, 2020).

2.3.1.9. Metan Haricindeki Uçucu Organik Bileşikler (NMVOC)

İçeriğinde propan, bütan gibi çeşitli maddeler barındıran NMVOC' ler troposferik ozon gibi unsurların meydana gelmesine katkıda bulunmaktadır. Başlıca çıkış noktaları arasında ulaşım, endüstriyel faaliyetler, biyoyakıtlar bulunmakta olup havada tutunma süresi az ve farklı alanlarda bulunabilmektedirler (Gillenwater vd., 2002).

Metan gazı hariç çeşitli etkileşimlere giren çok sayıda bileşiği içerisinde bulunduran NMVOC' ler ozonun ortaya çıkmasında etkinlik göstermektedirler. Isınmaya direkt olarak katkısı düşük miktarda gerçekleşmektedir. Sıcaklığın daha az olduğu durumlarda tam yanma gerçekleşmediği zamanlarda meydana gelmektedirler. Havalimanlarında gerçekleştirilen uçaklarla ilgili onarım gibi işlemler esnasında da salınımları gerçekleşebilmektedir. Bunun dışında hava araçlarına yakıt ikmali esnasında, uçaklardan ve çeşitli taşıtlardan sızan yakıtlar nedeniyle kaçak emisyonlar şeklinde salınımları meydana gelebilmektedir (National Academies, 2008).

2.3.2. Havacılık Emisyonlarının Azaltılması, Dünyadan Uygulamalar

Son yıllarda oldukça gelişim gösteren havacılık sektöründe havalimanı alt yapılarının artan çevre problemlerine cevap verebilecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. İlk olarak uçaklarda sürdürülebilir havacılık yakıtı (SAF) kullanımı havacılık emisyonlarının azaltılmasında etkili olabilecek uygulamalar arasında bulunmaktadır. Bunun için sürdürülebilir havacılık yakıtlarının havalimanı yakıt tedarik sistemine entegre edilmesi gerekmektedir. Bir diğer uygulama ise “sürdürülebilir taksileme (sustainable taxiing)” işlemidir. Bu işlemin ilk denemesi 2020 yılında Schiphol Havalimanı' nda kullanılan bir “Taxibot” ile gerçekleştirilmiştir. Denemenin sonucunda normal taksi işlemine göre %50' lik yakıt/CO₂ emisyonu tasarrufu sağlandığı ve NO_x emisyonlarında ve gürültü seviyesinde de azalış meydana geldiği görülmüştür. Bazı teknik, operasyonel ve alt yapı sorunlarının çözülmesiyle birlikte tamamen elektrikli sürdürülebilir taksi kullanımının 2030 yılına kadar olağan bir işlem haline gelmesi beklenmektedir (EASA, 2022).

Aydın vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada çevre dostu uçak yakıtı kullanımının teşvik edilmesi buna ek olarak dünyada uygulanmakta olan karbon

vergesi politikasının Türk havacılık sektörünün çevresel sürdürülebilirliğine katkı sağlayacağı belirtilmektedir. Ayrıca havalimanlarının çevresel etkilerinin azaltılmasında yenilenebilir enerji kaynağı kullanımının etkili olabileceği önerilmektedir.

Havalimanlarının gerek inşasında gerek gerçekleştirilen operasyonlar esnasında çevre konusunun dikkate alınarak hareket edilmesi havacılık sektörünün sürdürülebilirliği açısından önem arz etmektedir. Son yıllarda bu konu üzerinde hassasiyetler oldukça artmakta ve dünya çapında havalimanlarında çevre dostu yaklaşımlar benimsenerek faaliyetler yürütülmektedir. Bu kapsamda karbon emisyonlarının azaltılması için çeşitli uygulamalar gerçekleştirilmektedir. ABD’ de bulunan Boston Logan Havalimanı’ nda pist kaplamasında çok daha düşük derecelerde ısıtılabilen ve böylece karbon emisyonlarında 2 bin tonluk azaltım sağlayabilen çevre dostu asfalt kullanımı bu uygulamalar arasında bulunmaktadır. Enerji ihtiyacının tamamıyla yenilenebilir kaynaklardan karşılandığı Galapagos Ekolojik Havalimanı dünyada bütünüyle “yeşil” ilk havalimanı olma özelliği göstermektedir. Avrupa’ da 2009 yılında ilk karbon nötr havalimanı olma ve CO₂ emisyonu için üst sınır belirleyen tek havalimanı olma özelliğiyle dikkat çekmekte olan Stockholm Arlanda Havalimanı da emisyon azaltımında örnek olarak gösterilebilecek havalimanları arasında bulunmaktadır. Bu havalimanında uçaklarla ilgili operasyonlardan terminaldeki operasyonlara kadar meydana gelen kirliliğin 1990 yılındaki seviyeyi aşmaması adına gerekli tedbirler alınarak faaliyetler yürütülmektedir (<https://www.ekoyapidergisi.org>, 2023).

Karbon nötr sertifikasına sahip olan Seymour Galapagos Ekolojik Havalimanı’ nda havalimanı faaliyetlerinde optimizasyon teknikleri sayesinde CO₂ emisyonlarında önemli ölçüde azaltım sağlanmıştır. Bu durumda havalimanının inşasından başlanarak işletim aşamasında da en az şekilde enerji tüketimi gerçekleştirilerek sürdürülebilir bir anlayışla yürütülen faaliyetlerin etkili olduğu görülmektedir. Tesis içinde klima kullanımına gerek kalmadan sirkülasyonu sağlayan rüzgarlık ve yüksek tavanlar CO₂ emisyonlarının azaltılmasında büyük rol oynamaktadır. Havalimanı inşasında bambu kamış, volkanik lav gibi çevre dostu malzemeler tercih edilmiştir. Bunlara ek olarak

havalimanında enerji üretimi için güneş panelleri, rüzgar çiftliği gibi sistemler bulunmaktadır (<https://golondrinayachtgalapagos.com>, 2023).

Havacılık sektöründen kaynaklanan emisyonların azaltılması adına Avrupa’ da çeşitli ülkelerde bir dizi uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Örneğin Fransa’ da sera gazı emisyonlarının azaltılması maksadıyla yakın mesafeli iç hat uçuşlarına yasak getirilmiş ve Fransa bu konuda öncü ülke olmuştur. Buna ek olarak bir veya birkaç kişi için çok miktarda karbon emisyonuna neden olan özel jetler konusunda da Fransa’ da düzenlemeler yapılmakta bunların kullanımı azaltılmaya çalışılmaktadır. Belçika’ da ise eski nesil, fazla miktarda gürültü ve çevre kirliliğine sebep olan hava araçlarının yanında özel jetler ve yakın mesafeli rotalar için ek vergiler uygulamaya konması gibi çalışmalar yapılmaktadır. Brüksel Havalimanı’ nda ise uçakların iniş ve kalkış esnasında meydana getirdiği gürültü seviyesi ve emisyon miktarına bağlı olarak belli bir miktarda vergi ödemesi uygulaması bulunmaktadır. Bu sayede havalimanlarında emisyon miktarları azaltılarak hava kirliliğinin azaltılması amaçlanmaktadır (<https://www.isoyesilblog.com>, 2023).

Bazı kısa mesafeli uçuşlara getirilecek yasaklar, uçaklarda sürdürülebilir havacılık yakıtı gibi alternatif yakıtların kullanımının gerekli kılınması, hava yolu taşımacılığı için belirlenmiş vergiler, yakın mesafeler arasında hava yolu yerine hızlı tren gibi alternatiflerin kullanımının teşvik edilmesi hava yolu taşımacılığının iklim üzerindeki olumsuz etkisinin azaltılması ve havacılık faaliyetleri kaynaklı emisyonların azaltılması için alınabilecek önlemler arasında yer almaktadır. Bunlara ek olarak havacılık sektöründe yürürlükte olan karbon vergisi ve emisyon ticaret sistemi gibi uygulamalar da sera gazı emisyonlarının azaltılmasında etkili olan politikalar arasında bulunmaktadır (Forsyth, 2011).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE HAVALİMANLARI

3.1.İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı

Türkiye, Hindistan ve Malezya’ dan çeşitli şirketlerin ortaklığında kurulmuş olan İSG, Sabiha Gökçen Uluslararası Havalimanı’ nda 2008’ den bu yana yer hizmetleri, yük operasyonları, otopark hizmetleri, hava aracı yakıt dolum işlemleri gibi birçok alanda hizmet sunmaktadır. Bu tarihten kısa bir süre sonra da artan yolcu talebini karşılayabilmek amacıyla havalimanının kapasitesini arttıracak gelişmiş, çevre dostu bir anlayışla yapılan ek terminal binası dahil edilmiş bulunmaktadır. Dahil edilen terminal alanlarında çeşitli birçok hizmet sunulmaktadır. Aşağıda sıralanan yapılar bu hizmetlerin arasında yer almaktadır (<https://www.sabihagokcen.aero>, 2023a):

- Çok sayıda check-in ve pasaport kontuarı,
- Sıklıkla tercih edilen favori lokanta ve kafeler,
- Yabancı ve yerel olmak üzere birçok türde ürün seçeneğinin bulunduğu Duty Free noktaları,
- Çok sayıda otomobil ve otobüse hizmet verebilecek otopark alanı,
- Otel alanı,
- Gerek büyük gerek orta gövdeli fazla sayıda uçağın aynı anda park edebilmesine imkan sağlayan park kapasitesi,
- Patlayıcı maddelere yönelik bagaj kontrol sistemi.

Arttırılan kapasite ile birlikte Sabiha Gökçen Havalimanı, 2009-2015 senelerinde yolcu sayıları bakımından Avrupa’ nın en hızlı büyüme gösteren havalimanı olarak kayda geçmiş bulunmaktadır.

Havalimanlarında hizmet sunan kuruluşların işlemleri esnasında çevresel etkilerini en aza indirmeyi amaçlayan çeşitli projeler bulunmaktadır. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü’ nün yürüttüğü “Yeşil Havaalanı” projesi de bu çalışmalar arasında yer almaktadır. Bu doğrultuda gerekli yönetmeliklere uyarak çevresel etkilerini en az

seviyeye indiren kuruluşlara çeşitli izin işlemlerinde indirimler uygulanmaktadır. Sabiha Gökçen Havalimanı, projenin gerektirdiği şekilde havalimanı yapılarında, gerçekleştirilen operasyonlarda çevre ile uyumlu bir şekilde işlemler gerçekleştirerek “Yeşil Kuruluş” unvanını elde etmiş bulunmaktadır. Bu kapsamda havalimanında yürütülen operasyonlarda çevresel etkiler göz önünde bulundurularak enerji tüketimi, atık yönetimi gibi konularda yönetmeliklere uyarak işlemler gerçekleştirilmektedir (<https://www.sabihagokcen.aero>, 2023b).

3.2.İstanbul Atatürk Havalimanı

Faaliyetlerine 1953 senesinde başlamış olan ve sivil kategorisinde yer alan Atatürk Havalimanı, kargo ve genel havacılık hizmetleri vermiş bulunmaktadır. DHMİ’ nin yönetimi altındaki diğer havalimanlarında olduğu gibi burada da “14001 Çevre Yönetim Sistemi” ne göre çevresel etkiler dikkate alınarak faaliyetler yürütülmektedir. Bu kapsamda işlemler esnasında oluşan atıkların azaltılması ve bunların doğru bir şekilde ayrıştırılarak toplanması, kaynak kullanımının optimize edilmesi, emisyonların kontrol edilmesi gibi çevresel düzenlemelere uyulmakta ve kurum tarafından başlatılan “Karbonsuz Havalimanı” projesine uyum gösterilmektedir. 2005 yılında kullanıma sunulmuş olan iç hatlar terminali, İstanbul Havalimanı’ nın açılması ile kapanmış buradaki faaliyetlere son verilmiştir. Dış hatlar da aynı şekilde devre dışı bırakılmıştır (<https://www.dhmi.gov.tr>, 2023a).

3.3.İstanbul Havalimanı

Çeşitli yatırım şirketlerinin ortaklığında oluşturulan İGA İstanbul Havalimanı 29 Ekim 2018 tarihinde hizmete açılmıştır. Sahip olduğu senelik 90 milyonluk yolcu taşıma oranı ile havacılık alanında önemli bir yere sahip olmakta ve esas terminal alanı, üç adet pisti, hava trafik kontrol merkezi ve diğer binaları ile yolcu ve kargo taşımacılığı alanında hizmetler sunmaktadır. Bulunduğu konum neticesinde önemli bir bağlantı noktası konumunda olan havalimanı, yolcu taşımacılığının yanı sıra ülkeler arası malların taşınmasında gün geçtikçe gelişen kargo taşımacılığında da stratejik bir nokta olarak faaliyet göstermektedir. Yük trafiği açısından bakıldığında ise 100’ e yakın destinasyona kargo taşımakta ve taşınan kargo miktarı artarak 5,5 milyon ton’ a ulaşabileceği öngörülmektedir. Sahip olduğu teknolojik altyapıları sayesinde

Uluslararası Havalimanları Konseyi (ACI)' nin dijitalleşme alanında belirlediği Avrupa' da en iyi havalimanı olmuştur. Sunulan imkanlar ve gerçekleştirilen faaliyetler ile hem yerel hem de küresel ölçekte ön plana çıkılarak bunun gibi çeşitli başarılar elde edilmiştir (<https://www.istairport.com>, 2023).

3.4.Adnan Menderes Havalimanı

DHMI' ye ait olan ve hizmetlerini TAV Havalimanlarının yürütmekte olduğu havalimanı, İzmir' de bulunmakta olup küresel ölçekte yolcu ve kargo taşımacılığına hizmet vermektedir. Yolcu sayılarına bakıldığında zaman yoğunluk açısından ülkemizde ilk beş sırada yer almakta ve aynı şekilde kargo taşımacılığında da bu özelliğini korumaktadır. İç-dış hat, kargo terminali ve diğer faaliyetlerin yürütüldüğü yapılardan oluşmaktadır. Havalimanı faaliyetleri sırasında gerekli çevresel düzenlemelere uyularak uluslararası alanda çeşitli başarılar kazanmıştır (<https://tr.wikipedia.org>, 2023).

Aşağıda havalimanı iç hatlar terminalinde sunulan çeşitli hizmetlerden örnekler yer almaktadır (<https://www.dhmi.gov.tr>, 2023b):

- İçerisinde engelli yolculara uygun olanlarının da bulunduğu check-in noktaları,
- VIP hizmetleri, çeşitli yiyecek içecek alanları, duty-free alanları,
- Araba kiralama birimleri, konaklama hizmetleri.

2006 yılından beri faaliyet göstermekte olan dış hatlar terminali ise senelik olarak 10 milyon yolcu taşıyabilme imkanına sahip bulunmakta ve aşağıda yer alan hizmetleri bünyesinde barındırmaktadır (<https://www.dhmi.gov.tr>, 2023c):

- Check-in noktaları,
- Araç kiralama noktaları,
- Bankacılık hizmetleri,
- Yiyecek içecek hizmetleri,
- Duty-free noktaları.

3.5.Esenboğa Havalimanı

TAV Havalimanları tarafından işletilmekte olup yerel ve küresel ölçekte hava taşımacılığı faaliyetleri gerçekleştirilmektedir (<https://esenbogaairport.com>, 2023).

Havalimanında yürütülen faaliyetler esnasında çevresel etkiler dikkate alınarak yerel ve küresel alanda uyulması gereken yönetmelikler doğrultusunda işlemler gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda yürütülen politikalar TAV işletmesinin yayınlamış olduğu çevre raporlarında sunulmuş olup bunlar aşağıda sıralanmaktadır (<https://webcmsesb.tav.aero>, 2023):

- Gerçekleştirilen işlemler sırasında çevreyle uyumlu bir şekilde hareket edilerek verilecek zararların minimuma indirilmeye çalışılması
- Çevreye olan etkilerin azaltılması yönünde gösterilen uyum çalışmalarının kontrol edilerek eksikliklerin giderilmesi yönünde adımlar atılması,
- Doğal kaynakların, ekolojik dengenin, canlı yaşamının korunması yönündeki çabalara katkıda bulunmak,
- Yürütülen operasyonlar neticesinde oluşan atıkların mümkün olabildiğince minimum seviyeye indirilmesi, bunlara yönelik geri dönüşüm ve kurallara uygun olarak bertaraf işlemlerinin yapılması,
- İşlemler esnasında yaşanabilecek istenmeyen olaylar sonucunda doğal hayat üzerinde kötü sonuçlara yol açabilecek riskleri gereken önlemleri alarak minimuma düşürmek.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

KARGO UÇAKLARINDAN KAYNAKLANAN EMİSYONLARIN BELİRLENMESİ: TÜRK HAVALİMANLARINDA KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZ

4.1.Çalışmanın Amacı

Dünyanın var oluşundan beri doğal süreç içerisinde yaşanan iklimsel değişimlere ek olarak özellikle Sanayi Devrimi'nin getirmiş olduğu endüstriyelleşme sonucunda dünyanın ikliminde insan kaynaklı değişimin etkisi gözle görülür bir şekilde artmıştır. Gün geçtikçe yeşil alanların azaltılması, ısınma, ulaşım ve enerji üretimi gibi ihtiyaçlar için tüketilen fosil yakıtlar sonucunda hava kirliliği meydana gelmekte, antropojenik kaynaklardan salınan gazlar ve çeşitli kirleticiler atmosferin yapısını değiştirerek global sıcaklıkların artmasına neden olmaktadır. Bu emisyonlar iklim değişikliğine katkıda bulunmakta ve deniz ve okyanus seviyelerinde artışları, canlıları ve çeşitli yapıları olumsuz etkileyen asit yağmurları, artan orman yangınları gibi sonuçları doğurmaktadır.

Hava kirliliği üzerinde en büyük paya sahip olan alanlardan biri de ulaşım sektörüdür. Ulaşım türlerinden olan hava yolu taşımacılığı ise her geçen gün önem kazanmakta ve yaşanan talep artışları sonucunda hem yeni havalimanları açılmakta hem de hava yolu şirketleri artan talepleri karşılayabilmek için filolarına yeni hava araçları dahil ederek kapasitelerini arttırmaya çalışmaktadırlar. Bunun sonucunda uçak trafiğinde meydana gelen artışlar ise uçakların seyir ve LTO aşamaları esnasında atmosfere bıraktığı zararlı emisyonlardan dolayı hem hava kalitesini etkilemekte hem de havalimanı civarındaki insan ve canlı yaşamı açısından olumsuz etkilere yol açmaktadır. Bu nedenle uçak faaliyetlerinin meydana getirdiği çevresel etkilerin azaltılabilmesi için atmosfere bırakılan zararlı emisyonların hesaplanarak bu emisyonların türleri ve miktarlarının ortaya konulması ve gerekli azaltım önlemlerinin alınması gerekmektedir.

Bu çalışmada İstanbul Sabiha Gökçen, İstanbul Atatürk, İstanbul, Adnan Menderes ve Esenboğa Havalimanlarında gerçekleşmiş olan kargo uçuşlarından kaynaklanan emisyonların hesaplanması amaçlanmıştır. Bu çalışma sonucunda ortaya

konulacak emisyon miktarlarının bu emisyonların azaltılması için geliştirilecek stratejilere yön vermesi ve küresel iklim değişikliği ile mücadele konusunda yetkililerin gerekli tedbirleri alma konusunda yol gösterici olması amaçlanmaktadır. İlgili literatür incelendiğinde çalışmaların çoğunluğunun yolcu ve kargo şeklinde ayırım yapmaksızın genel hesaplamalar ortaya koyduğu ve kargo taşımacılığına odaklanan çalışmaların çok az sayıda olduğu görülmektedir. Bu çalışma Türkiye’deki beş yoğun havalimanındaki kargo uçuşlarının neden olduğu sera gazı emisyonlarının hesaplanarak bu havalimanlarındaki yük trafiğinin meydana getirdiği emisyonların ortaya konulması açısından önemli görülmektedir. Ayrıca beş havalimanının altı yıllık bir süreçte meydana getirdiği emisyonlar ile çevreye olan etkilerinin karşılaştırmalı olarak analiz edilmesi literatürdeki çalışmalardan farkını ortaya koymaktadır.

4.2.Literatür Taraması

Konu ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalar literatür özeti şeklinde aşağıda sunulmuştur:

Schürmann vd. (2007) Zürih Havaalanı’nda emisyonların yakın civardaki hava kalitesine olan etkilerini araştırdıkları çalışmada, NO, NO₂, CO, CO₂ emisyonlarını belirlemek için uçağın rölanti esnasındaki emisyon indislerini açık yol aygıtıyla ölçmüşlerdir. Havalimanı civarındaki CO yoğunluklarının yüksek derecede uçak aktivitesinden kaynaklandığı ve NO konsantrasyonlarında yer destek araçlarının meydana getirdiği emisyonların hakim olduğu görülmüştür.

Miyoshi ve Mason (2009) hava taşımacılığında meydana gelen emisyonların hesaplanması için önerilen bir metodolojinin detaylarını Birleşik Krallık iç hatları, Avrupa Birliği ve Kuzey Atlantik rotaları olmak üzere üç havacılık pazarını baz alarak sunmuşlardır. DEFRA metodu ile yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçların hava yollarının tercih ettiği uçak tipi, yükleme faktörleri, koltuk düzenlemeleri gibi faktörlerle ilişkili olduğu belirtilmiştir.

Çağatan (2011), yaptığı tez çalışmasında 2009 yılında Atatürk Havalimanı’nda gerçekleşen uçuşlardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarını hesaplamıştır. Çalışmada bilhassa yakıt tüketimi miktarındaki yükselişin CO₂ emisyonu artışı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir.

Rissman vd. (2013) çalışmalarında yoğunluk açısından küresel ölçekte ilk sırada yer alan Atlanta Havaalanı'nda uçak emisyonlarının tehlikeli bir hava kirletici türü olan ince partikül madde konsantrasyonlarındaki etkilerini araştırmışlardır. 2002 yılının haziran ve temmuz aylarındaki LTO emisyonları AMSTERDAM metodu ile hesaplanmıştır.

Chao (2014) yaptığı çalışmada hava kargo taşımacılığında kaynaklanan karbon emisyonlarının hesaplanması ve bu emisyonlara yönelik Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi tarafından alınan karbon vergilerinin havayollarına getirmiş olduğu maliyet artışlarını araştıran bir model önermiştir. Modelin hava yolu şirketlerine uçuş rota planlamasında ve yeni hava araçları alımında yararlı bilgiler sağlayabileceği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda söz konusu vergilerin hava yolu şirketlerinin maliyetleri azaltabilmek adına sera gazı emisyonlarını azaltmaları konusunda etkili olabileceği belirtilmiştir.

Song vd. (2015) Güney Kore'deki üç uluslararası havalimanında (Incheon, RKSI; Gimpo, RKSS; and Jeju, RKPC) WRF-CMAQ modeli ile 2010 yaz mevsiminde sınır tabakası içinde uçaktan yayılan hava kirleticilerin ozon konsantrasyonu üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, bu havalimanları civarındaki uçak emisyonlarının yaratmış olduğu ozon tahribatının O_3 seviyelerinde en büyük rolü oynadığı gözlemlenmiştir.

Pecorari vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada Marco Polo Havalimanı için hava şartlarının uçak emisyonlarındaki rolü incelenmiştir. Temel uçak egzozlarının (NO_x , HC ve CO) dağılımı ve birikiminin Lagrangian parçacık modeli ile ölçüldüğü çalışmada, belirli hava olayları esnasında HC ve CO yoğunluklarında (%15-50) bir yükselişin meydana geldiği görülmüştür.

Gonzalez ve Hosoda (2016), yaptıkları araştırmada ticari havacılığın CO_2 emisyonlarındaki artan rolünü bu durumun iklim değişikliğine olabilecek katkısını araştırmışlardır. Çalışmada yakıt vergisinin hava araçlarının meydana getirdiği CO_2 miktarlarını net bir şekilde düşürdüğü belirtilmiştir.

Şekertekin (2017) tarafından yapılan tez çalışmasında Türkiye' de aktarmasız iç hat uçuşlarının meydana getirdiği emisyonlar hesaplanmış, Coğrafi Bilgi Sistemleri

ile bu emisyonların yayılım noktaları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, CO emisyonlarının en çok LTO safhasında, PM_{2.5}' un ise en fazla seyir aşamasında, CO₂ ve NO_x' in ise LTO ve seyir esnasında olduğu gözlenmiştir. Buna ek olarak en çok emisyon miktarlarının İstanbul ve Ankara kentlerinde görüldüğü belirtilmiştir.

Özgünoğlu ve Uygur (2017), Kahramanmaraş Havalimanı'nda 2016 yılında LTO faaliyetleri sırasında uçaklardan meydana gelen emisyonları Tier metodlarını kullanarak hesaplamışlardır. Ulaşılan sonuçlara göre A320 uçağının emisyon miktarlarında en büyük paya sahip olduğu tespit edilmiştir.

Kumaş vd. (2019), yaptıkları çalışmada Muğla Havalimanı'nın 2017 senesi karbon ayak izini belirlemişlerdir. Yapılan hesaplamalarda CO₂ emisyonu 93410,750 tCO₂ / yıl şeklinde bulunmuştur. Elde edilen bulgulardan yakıt tüketimi ve CO₂ emisyonlarının doğru orantılı olarak artış gösterdiği sonucuna ulaşılmış, en fazla emisyonun temmuz ve ağustosta, Boeing - 737' den kaynaklandığı görülmüştür.

Çarıkçı ve Öçal (2019) tarafından yapılan çalışmada çevre muhasebesi kavramı açıklanmış ve buna yönelik olarak hava kargo taşımacılığı değerlendirilmiştir. Bu kapsamda bir yöntem önerilmiş ve Isparta-İstanbul seferi yapan bir kargo uçağından kaynaklanan karbon emisyonlarının çevresel maliyeti 784.8852 Euro şeklinde hesaplanmıştır.

Uca ve Turan (2020) yaptıkları çalışmada 2019 yılında Adana Havalimanı'nda ticari uçakların meydana getirdiği sera gazı emisyonlarını hesaplamıştır. Bu kapsamda Tier 2 yöntemi ile hesaplamaların gerçekleştirildiği çalışmanın yetkililere, ilgili paydaşlara hava taşımacılığından kaynaklanan emisyonların azaltılması ve gerekli tedbirlerin alınması konusunda katkı sağlayacağı umulmaktadır.

Aydın vd. (2021), Türkiye' de hava kargo trafiğini sera gazı emisyonları açısından değerlendirmişlerdir. Gerçekleştirilen analizler ışığında hava kargo taşımacılığı ve sera gazı emisyonları arasında anlamlı bir ilişki olduğu ortaya konmuş ve kargo trafiğinde meydana gelen %1'lik bir artışın sera gazı emisyon miktarlarında %0.38 oranında bir yükselişe yol açtığı belirtilmiştir.

Cui vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada COVID-19 pandemisinin sera gazı emisyonlarında nasıl bir değişikliğe neden olduğu araştırılmış ve bu kapsamda 2019-

2021 zaman aralığında Güney Amerika’ da uluslararası uçuşların meydana getirdiği emisyonlar hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda pandeminin rota sayısı, ortalama uçuş mesafesi gibi faktörleri etkilediği ve tüm emisyonlar üzerinde etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak salgın döneminde bazı hava yolu şirketlerinin uçuş sayılarında ve uçak tiplerinde artışların olduğu ve bunların emisyon miktarlarını arttırdığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar dikkate alınarak emisyon azaltma çalışmalarının düzenlenmesi önerilmiştir.

4.3.Çalışma Alanı

Ulaştırma sektörü, gerek insanların bir yerden başka bir yere seyahati gerek ürünlerin istenilen zamanda istenilen noktaya doğru bir şekilde teslim edilmesi noktasında oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Ulaştırma türleri arasında ise özellikle küreselleşme ile birlikte ürünlerin uzak noktalara hızlı ve güvenilir bir şekilde iletilmesinde ön plana çıkan hava kargo taşımacılığı büyük bir gelişim göstermiştir. Yaşanan talep artışlarına paralel olarak da yeni havalimanları faaliyete geçmekte ve uçak trafiğinde artışlar meydana gelmektedir. Uçaklar ise iniş-kalkış ve seyir esnasında havanın doğal içeriğini değiştiren zararlı emisyonlara neden olmakta bunun sonucunda ise küresel ısınmaya katkıda bulunmaktadır. Özellikle son yıllarda iklim değişikliği konusundaki duyarlılıkların artması, uçak emisyonlarının belirlenmesi ve bunun çevresel etkilerinin ortaya konulması önemli konular arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada Türkiye’de hava kargo trafiğinin yoğun olarak yaşandığı beş havalimanında kargo uçaklarından salınan emisyonlar hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak analiz edilerek yorumlanmıştır. Çalışma alanını İstanbul Sabiha Gökçen, İstanbul Atatürk, İstanbul, Adnan Menderes ve Esenboğa Havalimanlarında gerçekleştirilmiş olan kargo uçuşları oluşturmaktadır.

4.4.Verilerin Elde Edilmesi

Uçaklardan kaynaklanan emisyonlar iniş-kalkış ve seyir aşamalarında olmak üzere iki kısımda gerçekleşmektedir. Bu iki aşamada meydana gelen emisyonlar ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Bu çalışmada, uçakların LTO döngüsünde meydana getirdiği emisyonların hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan formül gereği hesaplamaları yapılacak hava araçlarının uçak tipi ve LTO sayılarının bilinmesi

gerekmektedir. Bu doğrultuda 2015-2020 yılları arasında İstanbul Sabiha Gökçen, İstanbul Atatürk, İstanbul, Adnan Menderes ve Esenboğa Havalimanlarına gerçekleştirilmiş olan kargo uçuşlarının uçak tipi bazında LTO sayıları DHMİ'den talep edilerek elde edilmiştir. Formül için bir diğer gerekli veri olan uçaklara ait emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri ise IPCC tarafından yayınlanan kılavuzların ilgili bölümünden elde edilmiştir.

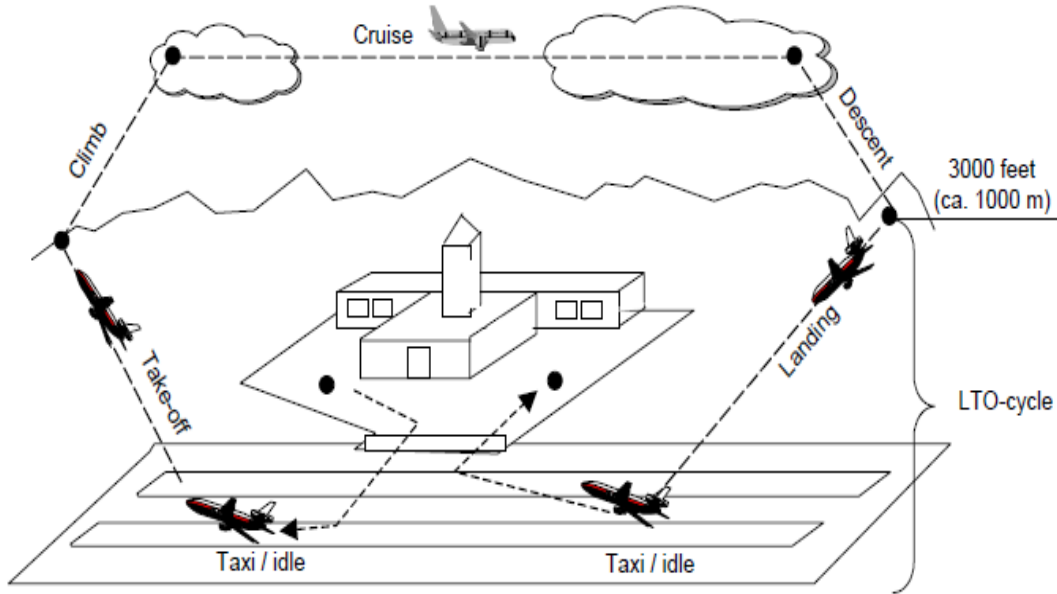
4.5.Yöntem

IPCC kılavuzlarında emisyon hesaplamasında kullanılmak üzere “Tier” olarak adlandırılan metotlar sunulmaktadır. Operasyonel ve teknolojik ayrıntılara bağlı olarak üç farklı Tier yöntemi bulunmaktadır. Tier 1 yönteminde daha kısıtlı verilerle hesaplamalar yapılabilirken Tier 2’de hava aracı iniş-kalkış sayıları gibi daha detaylı bilgiye gerek duyulmaktadır (Özgünoğlu ve Uygur, 2017a).

Tier 1 ve 2 yöntemlerinin ikisinde de yakıt tüketimi bilgisi kullanılmakta olup Tier 1 bütünüyle yakıt odaklıyken Tier 2, yakıt tüketiminin yanı sıra LTO sayısı verilerini de içermektedir. Tier 3 ise hava aracının daha ayrıntılı operasyonlarının bilgisini içeren ayrıntılı veri gerektirmektedir (IPCC, 2006c).

Hava aracı operasyonları iki temel aşamadan oluşmaktadır (IPCC, 1997):

- LTO aşaması: 3000 feet (1000 m)’in altında havalimanı civarındaki aktiviteleri kapsamaktadır. Taksi, kalkış, tırmanış, yaklaşma ve iniş faaliyetleri bu aşamada gerçekleşmektedir.
- Seyir: 3000 feet (1000 m) üzerindeki tüm faaliyetlerden oluşmaktadır. Seyir yüksekliğine tırmanış, seyir ve bu yükseklikten alçalma aşamalarını kapsamaktadır.



Şekil 2. LTO Döngüsü (IPCC, 1997).

4.5.1. Tier 2

Tier 2 yöntemi, sadece jet yakıt kullanan jet motorlu uçaklar için kullanılmaktadır. Burada uçak hareketleri LTO ve seyir (cruise) aşamaları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu yöntemde uçaklardan salınan emisyonlar 914 m (3000 feet) irtifasının aşağısında ve yukarısında yani LTO ve seyir safhalarında meydana gelmelerine göre gruplandırılmaktadır. Bu yöntemde “LTO sayısı” ve “uçak tipleri” verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yöntem için önerilen formüller aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (IPCC, 2006c):

$$\text{LTO Emisyonu} = \text{LTO sayısı} \times \text{LTO Emisyon faktörü} \quad (1)$$

$$\text{LTO Yakıt Tüketimi} = \text{LTO sayısı} \times \text{LTO başına yakıt tüketimi} \quad (2)$$

Bu çalışmada, 2015 - 2020 yılları arasında İstanbul Sabiha Gökçen, İstanbul Atatürk, İstanbul, Adnan Menderes ve Esenboğa Havalimanlarında gerçekleşmiş olan kargo uçuşlarının uçak tiplerine göre LTO sayıları verileri DHMİ’den temin edilmiş olup emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri ise IPCC (2006) kılavuzundaki ilgili bölümden temin edilmiştir. Bu veriler kullanılarak “Tier 2” yaklaşımının önerdiği 1 ve 2 numaralı formüllere göre emisyon hesaplamaları yapılmıştır. Yöntemin

uygulanabilmesi için emisyon hesaplaması yapılacak uçakların uçak tiplerine göre LTO sayısı verileri DHMİ’ den alınmıştır. Uçak tipleri için emisyon faktörleri ise 2006 IPCC kılavuzlarının ikinci cildi olan enerji başlığının mobil yanma bölümünden alınmıştır. LTO emisyon faktörleri Tablo 3’ te sunulmuştur.



Tablo 3. LTO Emisyon Faktörleri (IPCC, 2006c).

UÇAK TİPLERİ İÇİN LTO EMİSYON FAKTÖRLERİ									
IPCC Uçak Tipi	UÇAK (DHMI- uçak tipleri)	LTO emisyon faktörleri (kg/LTO)							LTO Yakıt Tüketimi (kg/LTO)
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	
	A124	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	A306	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	A30B	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
A310	A310	4760	0.63	0.2	19.46	28.30	5.67	1.51	1510
A330-200	A332	7050	0.13	0.2	35.57	16.20	1.15	2.23	2230
	AN12	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	AN26	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
747-200	B742	11370	1.82	0.4	49.52	79.78	16.41	3.60	3600
747-300	B743	11080	0.27	0.4	65.00	17.84	2.46	3.51	3510
747-400	B744	10240	0.22	0.3	42.88	26.72	2.02	3.24	3240
777-200	B77L	8100	0.07	0.3	52.81	12.76	0.59	2.56	2560
	F406	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	IL76	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
A320	A320	2440	0.06	0.1	9.01	6.19	0.51	0.77	770
A321	A321	3020	0.14	0.1	16.72	7.55	1.27	0.96	960
	A330	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500

UÇAK TİPLERİ İÇİN LTO EMİSYON FAKTÖRLERİ (devam)									
IPCC Uçak Tipi	UÇAK (DHMI- uçak tipleri)	LTO emisyon faktörleri (kg/LTO)							LTO Yakıt Tüketimi (kg/LTO)
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	
A330-300	A333	7050	0.13	0.2	35.57	16.20	1.15	2.23	2230
737-300	B733	2480	0.08	0.1	7.19	13.03	0.75	0.78	780
737-400	B734	2480	0.08	0.1	7.19	13.03	0.75	0.78	780
737-800	B738	2780	0.07	0.1	12.30	7.07	0.65	0.88	880
737-900	B739	2780	0.07	0.1	12.30	7.07	0.65	0.88	880
	B771	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
777-200	B772	8100	0.07	0.3	52.81	12.76	0.59	2.56	2560
777-300	B77W	8100	0.07	0.3	52.81	12.76	0.59	2.56	2560
	E190	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
MD-11	MD11	7290	0.24	0.2	35.65	20.59	2.13	2.31	2310
A319	A319	2310	0.06	0.1	8.73	6.35	0.54	0.73	730
	DH8D	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	SW4	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	B748	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	B74Y	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500

UÇAK TİPLERİ İÇİN LTO EMİSYON FAKTÖRLERİ (devam)									
IPCC Uçak Tipi	UÇAK (DHMI- uçak tipleri)	LTO emisyon faktörleri (kg/LTO)							LTO Yakıt Tüketimi (kg/LTO)
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	
757-200	B752	4320	0.02	0.1	23.43	8.08	0.20	1.37	1370
767-200	B762	4620	0.33	0.1	23.76	14.80	2.99	1.46	1460
767-300	B763	5610	0.12	0.2	28.19	14.47	1.07	1.77	1780
	F50	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
GLF IV	GLF4	2160	0.14	0.1	5.63	8.88	1.23	0.68	680
	SF34	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	B747	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
A340-300	A343	6380	0.39	0.2	34.81	25.23	3.51	2.02	2020
	B788	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	AT72	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	738	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	AN74	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
737-500	B735	2480	0.08	0.1	7.19	13.03	0.75	0.78	780
	AN72	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	A322	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	IL62	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500

UÇAK TİPLERİ İÇİN LTO EMİSYON FAKTÖRLERİ (devam)									
IPCC Uçak Tipi	UÇAK (DHMI- uçak tipleri)	LTO emisyon faktörleri (kg/LTO)							LTO Yakıt Tüketimi (kg/LTO)
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	
	L410	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
A321	A21N	3020	0.14	0.1	16.72	7.55	1.27	0.96	960
	B767	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
A300	A300	5450	0.12	0.2	25.86	14.80	1.12	1.72	1720
	AT43	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	B38M	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
777-300	77W	8100	0.07	0.3	52.81	12.76	0.59	2.56	2560
	B789	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	E195	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
A340-200	A342	5890	0.42	0.2	28.31	26.19	3.78	1.86	1860
A340-500	A345	10660	0.01	0.3	64.45	15.31	0.13	3.37	3370
	FA7X	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	CRJ2	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
A320	A20N	2440	0.06	0.1	9.01	6.19	0.51	0.77	770
	B737	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	B757	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	F900	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	A339	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500

UÇAK TİPLERİ İÇİN LTO EMİSYON FAKTÖRLERİ (devam)									
IPCC Uçak Tipi	UÇAK (DHMI- uçak tipleri)	LTO emisyon faktörleri (kg/LTO)							LTO Yakıt Tüketimi (kg/LTO)
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	
A340-600	A346	10660	0.01	0.3	64.45	15.31	0.13	3.37	3370
	A359	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	A35K	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	AN22	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	AT75	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	B190	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	B787	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	C550	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	E170	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	E75S	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	H500	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500
	MD88	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5	2500

Tablo 3’ te IPCC uçak tipi belirtilmeyen uçakların emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri için IPCC (1997) kılavuzunda belirtilen uluslararası uçuşlarda kullanılan ortalama değerler kullanılmış olup bu değerler Tablo 4’ te gösterilmiştir.

Tablo 4. Ortalama Uçak için Varsayılan Yakıt Tüketimi ve Emisyon Faktörleri (IPCC, 1997).

Ortalama Uçak için Varsayılan LTO Yakıt Tüketimi ve Emisyon Faktörleri								
Uluslararası	Yakıt	SO ₂	CO	CO ₂	NO _x	NMVOC	CH ₄	N ₂ O
LTO (kg/LTO) - Ortalama filo	2500	2.5	50	7900	41	15	1.5	0.2

4.5.2.CO₂ Eşdeğer Hesaplama

Sera gazı emisyon envanterleri oluşturulurken CH₄ ve N₂O emisyonlarının CO₂ eşdeğeri cinsinden hesaplaması gerçekleştirilmektedir. Metan, nitroz oksit ve karbondioksit emisyonlarının CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanması aşağıdaki formülle ifade edilmektedir (Çağatan, 2011):

$$\text{CO}_2 \text{ Eşdeğer} = (\text{CO}_2 \times 1) + (\text{CH}_4 \times 28) + (\text{N}_2\text{O} \times 265) \quad (3)$$

Küresel ısınma potansiyeli (GWP) kavramı, bir sera gazının iklim üzerindeki gücünün derecesini ifade etmektedir. Burada CO₂ örnek gaz olarak belirlenmektedir. GWP değerleri ile emisyon türlerinin etkileri, bunların miktarlarının düşürülmesi gibi konularda kıyaslamalar yapılabilmektedir. Sera gazlarının ısınmaya olan etkilerinin dereceleri +/- %35 civarında bir belirsizlik içermektedir. Atmosferde tutunma süresi tam olarak net olmayan gazların belirsizlik oranı daha yüksektir. Hesaplamalar yapılırken emisyon türlerinin ayrı ayrı olarak işleme alınıp sonuçların sunulmasına ek olarak GWP değerleri kullanılarak emisyon türlerinin CO₂ eşdeğeri olarak ifade edilebilmesi mümkün olabilmektedir. CO₂, CH₄, N₂O gibi havada daha fazla tutunabilen gazlar homojen bir yayılım gösterdiğinden küresel ortalama yoğunlukları net olabilmektedir. H₂O, CO gibi gazlar ise havada tutunma süreleri az olduğundan ve düzensiz bir yayılım gösterdiklerinden ısınmaya olan etkilerinin belirlenmesi kolay olmamakta, bu nedenle bu gazlar CO₂ eşdeğer hesaplamalarına dahil edilmemektedir (Gillenwater vd., 2002).

Tablo 5. Küresel Isınma Değerleri (IPCC, 2015) (Dündar, 2021).

Küresel Isınma Kat Sayısı	
CH₄	N₂O
28	265

Tablo 5’ te verilen küresel ısınma değerleri kullanılarak 3 numaralı formüle göre CO₂ eşdeğer hesaplamaları yapılmıştır.

4.6.Hava Kargo Uçaklarından Kaynaklanan Emisyonların Hesaplanması

IPCC tarafından sera gazı emisyonlarını tahmin etmeye yönelik envanterler hazırlanmakta, bunlara yönelik politikalar belirlenmesine yönelik yönergeler yayınlanmakta ve insan aktivitelerinin çevresel etkilerinin belirlenmesi ve bunlara yönelik azaltım önlemlerinin alınması konularında ülkelere rehberlik etmektedir. Bu kapsamda 2006 IPCC Ulusal Sera Gazı Envanterleri Kılavuzu yayınlanmış olup toplamda beş ciltten oluşmaktadır. Bunlardan ilki emisyon hesaplamaları için temel bilgileri ve genel açıklamaları içermekte 2-5 arasındaki ciltler ise çeşitli sektörler için envanterler hazırlanırken atılacak adımları ve gerekli olan bilgileri sunmaktadır (IPCC, 2006a)

Envanterlerde esas olarak üzerinde durulan enerji sektöründe çoğunlukla kullanılan fosil yakıtların yanması sonucunda temel olarak CO₂ ve H₂O açığa çıkmakta ve bu alan tüm sera gazı emisyonlarında %75’ lik bir paya sahip bulunmaktadır. Mobil kaynaklar, enerji sektörünün neden olduğu emisyonlarda dörtte bir civarında bir oranda rol oynamaktadır. Hazırlanan kılavuzlarda fosil yakıtların neden olduğu emisyonların hesaplanması için üç farklı metot önerilmektedir. Tier 1, temel olarak yakıtı dayalı olup toplam yakıt tüketimi ve yakıttaki yaklaşık karbon unsurları aracılığıyla hesaplamalar gerçekleştirilebilmektedir. Tier 2 de yakıt verilerinden yararlanmakta ancak burada kullanılan emisyon faktörleri ülke bazında daha spesifik veriler ile işlem yapılabilirdiğinden daha doğru ve kesin hesaplamaların yapılabilmesine imkan vermektedir. Tier 3 metodu ile daha detaylı veriler kullanılarak ve daha kapsamlı incelemeler yapılarak doğruluk derecesi arttırılmış emisyon hesaplamaları gerçekleştirilebilmektedir (IPCC, 2006b).

Bu çalışmada LTO emisyon hesaplamalarında IPCC yönergelerinde önerilen “Tier 2” metodu kullanılmıştır. 1 ve 2 numaralı formüller kullanılarak 2015-2020 yılları arasında ilgili havalimanlarına gerçekleştirilmiş olan kargo uçuşlarından kaynaklanan emisyonlar ayrı ayrı hesaplanmıştır. “Tier 2” metodunda belirtildiği şekilde uçaklara ait LTO sayıları ve emisyon faktörlerinin çarpılması ile formül 1’ de gösterildiği gibi emisyon miktarları hesaplanmıştır. 2 numaralı formül kullanılarak da LTO yakıt tüketimleri hesaplanmıştır.

4.6.1. Adnan Menderes Havalimanı

Adnan Menderes Havalimanı’ na ait emisyon hesaplamaları yıllık olarak aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir:

Tablo 6. Adnan Menderes Havalimanı 2015 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A319	1	2.310	0,06	0,1	2.338	9	6	0,54	0,73	730
A320	1	2.440	0,06	0,1	2.468	9	6	0,51	0,77	770
A321	1	3.020	0,14	0,1	3.050	17	8	1,27	0,96	960
A332	1	7.050	0,13	0,2	7.107	36	16	1,15	2,23	2.230
AN12*	60	474.000	90	12	479.700	2.460	3.000	900	150	150.000
AN26	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
B734	1	2.480	0,08	0,1	2.509	7	13	0,75	0,78	780
B738	10	27.800	0,7	1	28.085	123	71	6,5	8,8	8.800
B742	2	22.740	3,64	0,8	23.054	99	160	32,82	7,2	7.200
B744	1	10.240	0,22	0,3	10.326	43	27	2,02	3,24	3.240
DH8D	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
IL76	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
SW4	187	1.477.300	280,5	37,4	1.495.065	7.667	9.350	2805	467,5	467.500
Toplam	272	2.084.680	386,03	53,5	2.109.666	10.756	13.006	3855,56	659,71	659.710

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

Adnan Menderes Havalimanı’ nda 2015 yılında en fazla CO₂ emisyonu SW4 tipi uçaktan salınmıştır. Bu uçağın emisyon faktörünün B742 ve B744 uçaklarından daha düşük olmasına rağmen LTO sayısının yüksek olması CO₂ emisyon miktarının

en yüksek olmasına neden olmuştur. Diğer emisyon türlerinde de benzer duruma rastlanmaktadır. Uçaklardan salınan toplam CO₂ eşdeğerinin 2.109.666 kg/yıl olduğu görülmektedir.

Tablo 7. Adnan Menderes Havalimanı 2016 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A124	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
A306	5	39.500	7,5	1	39.975	205	250	75	12,5	12.500
A30B	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
A310	3	14.280	1,89	0,6	14.492	58	85	17,01	4,53	4.530
A320	2	4.880	0,12	0,2	4.936	18	12	1,02	1,54	1.540
AN12	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
AN26	14	110.600	21	2,8	111.930	574	700	210	35	35.000
AT72	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
B738	9	25.020	0,63	0,9	25.276	111	64	5,85	7,92	7.920
B739	1	2.780	0,07	0,1	2.808	12	7	0,65	0,88	880
B744	1	10.240	0,22	0,3	10.326	43	27	2,02	3,24	3.240
IL76	14	110.600	21	2,8	111.930	574	700	210	35	35.000
SF34	5	39.500	7,5	1	39.975	205	250	75	12,5	12.500
SW4	166	1.311.400	249	33,2	1.327.170	6.806	8.300	2490	415	415.000
Toplam	231	1.755.700	325,43	45,1	1.776.764	9.057	10.945	3251,55	555,61	555.610

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2016 yılında da benzer şekilde en fazla CO₂ emisyonu SW4 uçağından salınmış olup bunun nedeninin LTO sayısının en yüksek uçak olması olduğu tablodan çıkarılmaktadır. Toplam CO₂ eşdeğer miktarının ise 1.776.764 kg/yıl olduğu görülmektedir.

Tablo 8. Adnan Menderes Havalimanı 2017 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
B738	2	5.560	0,14	0,2	5.617	25	14	1,3	1,76	1.760
A124	11	86.900	16,5	2,2	87.945	451	550	165	27,5	27.500
A306	11	86.900	16,5	2,2	87.945	451	550	165	27,5	27.500
A30B	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
A310	38	180.880	23,94	7,6	183.564	739	1.075	215,46	57,38	57.380
A321	1	3.020	0,14	0,1	3.050	17	8	1,27	0,96	960
A332	37	260.850	4,81	7,4	262.946	1.316	599	42,55	82,51	82.510
AN12	9	71.100	13,5	1,8	71.955	369	450	135	22,5	22.500
AN26	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
B742	3	34.110	5,46	1,2	34.581	149	239	49,23	10,8	10.800
B744	10	102.400	2,2	3	103.257	429	267	20,2	32,4	32.400
B747	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
B77L	5	40.500	0,35	1,5	40.907	264	64	2,95	12,8	12.800
B77W	1	8.100	0,07	0,3	8.181	53	13	0,59	2,56	2.560
IL76	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
SF34	4	31.600	6	0,8	31.980	164	200	60	10	10.000
SW4	161	1.271.900	241,5	32,2	1.287.195	6.601	8.050	2415	402,5	402.500
Toplam	299	2.231.220	340,11	61,7	2.257.094	11.273	12.380	3363,55	706,17	706.170

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2017 yılında 161 LTO sayısı ile en fazla iniş-kalkış miktarına sahip olan SW4 uçağından 1.271.900 kg/yıl CO₂ emisyonu salınmış olup bu yılda tüm uçak tiplerinden toplam 2.257.094 kg/yıl CO₂ eşdeğer emisyonu meydana gelmiştir.

Tablo 9. Adnan Menderes Havalimanı 2018 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A124	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
A310	50	238.000	31,5	10	241.532	973	1.415	283,5	75,5	75.500
A320	1	2.440	0,06	0,1	2.468	9	6	0,51	0,77	770
A332	9	63.450	1,17	1,8	63.960	320	146	10,35	20,07	20.070
AN12	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
B742	4	45.480	7,28	1,6	46.108	198	319	65,64	14,4	14.400
B744	16	163.840	3,52	4,8	165.211	686	428	32,32	51,84	51.840
B747	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
B77L	1	8.100	0,07	0,3	8.181	53	13	0,59	2,56	2.560
IL76	8	63.200	12	1,6	63.960	328	400	120	20	20.000
MD11	1	7.290	0,24	0,2	7.350	36	21	2,13	2,31	2.310
SF34	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
SW4	147	1.161.300	220,5	29,4	1.175.265	6.027	7.350	2205	367,5	367.500

Topla m	244	1.808.400	286,84	51,2	1.830.000	8.917	10.447	2825,04	572,45	572.450
------------	-----	-----------	--------	------	-----------	-------	--------	---------	--------	---------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2018 yılında tüm emisyon türlerinde en fazla salınımına sahip olan uçağın SW4 olduğu görülmektedir. B742 uçağının CO₂ ve CH₄ emisyon faktörlerinin SW4 tipi uçağından yüksek olmasına rağmen SW4'ün çok daha yüksek LTO sayısına sahip olması CO₂ ve CH₄ emisyon miktarlarında B742' den daha fazla salınımına sahip olmasına neden olmuştur.

Tablo 10. Adnan Menderes Havalimanı 2019 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A310	51	242.760	32,13	10,2	246.363	992	1.443	289,17	77,01	77.010
A322	4	31.600	6	0,8	31.980	164	200	60	10	10.000
A332	47	331.350	6,11	9,4	334.012	1.672	761	54,05	104,81	104.810
B744	1	10.240	0,22	0,3	10.326	43	27	2,02	3,24	3.240
B77L	3	24.300	0,21	0,9	24.544	158	38	1,77	7,68	7.680
B77W	1	8.100	0,07	0,3	8.181	53	13	0,59	2,56	2.560
IL76	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500

Toplam	108	656.250	46,24	22,1	663.401	3.123	2.532	422,6	207,8	207.800
---------------	------------	----------------	--------------	-------------	----------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2019 yılında en fazla LTO sayısına sahip uçak tipinin A310 olduğu görülmekte olup bu uçaktan 242.760 kg/yıl CO₂ emisyonu meydana gelmiştir. İkinci en fazla LTO'ya sahip A332 tipi uçaktan ise 331.350 kg/yıl CO₂ salınmıştır. İkisi karşılaştırıldığında A332' nin daha az LTO'ya sahip olmasına rağmen emisyon faktörünün A310' dan daha yüksek olması bu duruma neden olmuştur. NO_x emisyonunda da aynı durumun geçerli olduğu görülmektedir.

Tablo 11. Adnan Menderes Havalimanı 2020 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A20N	1	2.440	0,06	0,1	2.468	9	6	0,51	0,77	770
A21N	2	6.040	0,28	0,2	6.101	33	15	2,54	1,92	1.920
A300	3	16.350	0,36	0,6	16.519	78	44	3,36	5,16	5.160
A306	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
A310	50	238.000	31,5	10	241.532	973	1.415	283,5	75,5	75.500
A332	6	42.300	0,78	1,2	42.640	213	97	6,9	13,38	13.380
A343	13	82.940	5,07	2,6	83.771	453	328	45,63	26,26	26.260
AN12	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
B734	1	2.480	0,08	0,1	2.509	7	13	0,75	0,78	780
B738	8	22.240	0,56	0,8	22.468	98	57	5,2	7,04	7.040
B77W	6	48.600	0,42	1,8	49.089	317	77	3,54	15,36	15.360
SF34	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500

Toplam	95	500.890	46,61	18,4	507.071	2.386	2.302	426,93	158,67	158.670
---------------	-----------	----------------	--------------	-------------	----------------	--------------	--------------	---------------	---------------	----------------

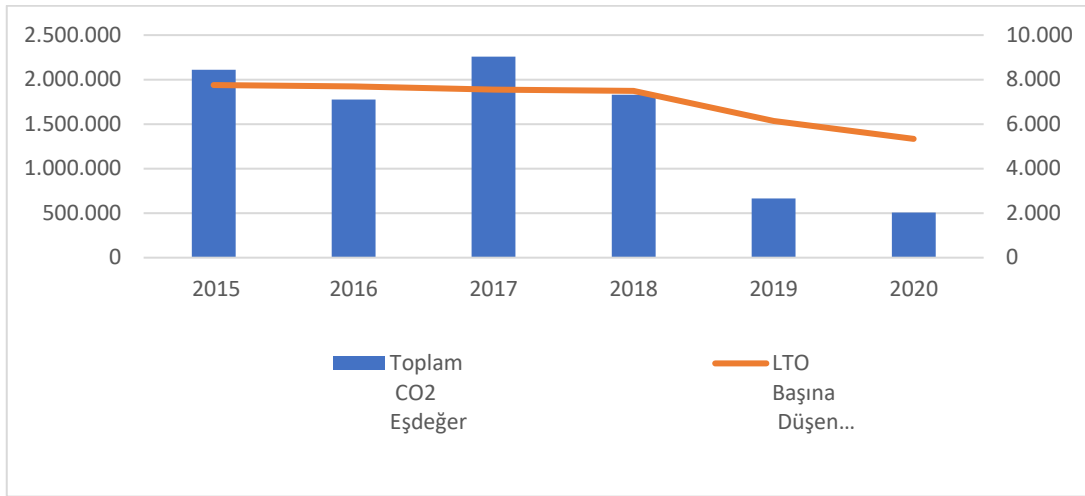
*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2020’ de en fazla LTO yine A310’ a ait olup tüm emisyon türlerinden en fazla salınım bu uçaktan gerçekleşmiştir. Yakıt tüketimine de bakıldığında bu uçaktan daha fazla yakıt tüketim değerlerine sahip uçaklar olmasına rağmen A310’ un LTO’ sunun diğerlerinden daha yüksek olması en fazla yakıt tüketimi miktarına sahip olmasına neden olmuştur.

Tablo 12. Adnan Menderes Havalimanı Yıllık Değişim Tablosu

Yıl	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Toplam CO ₂ Eşdeğer	LTO Başına Düşen CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
2015	272	2.084.680	386	54	2.109.666	7.756	10.756	13.006	3.856	660	659.710
2016	231	1.755.700	325	45	1.776.764	7.692	9.057	10.945	3.252	556	555.610
2017	299	2.231.220	340	62	2.257.094	7.549	11.273	12.380	3.364	706	706.170
2018	244	1.808.400	287	51	1.830.000	7.500	8.917	10.447	2.825	572	572.450
2019	108	656.250	46	22	663.401	6.143	3.123	2.532	423	208	207.800
2020	95	500.890	47	18	507.071	5.338	2.386	2.302	427	159	158.670

Adnan Menderes Havalimanı 2015-2020 yılları arasındaki değişim incelendiğinde LTO sayılarında 2015’ ten 2016’ ya bir düşüş gerçekleştiği 2017 yılında artış meydana geldiği 2018’ den itibaren ise sürekli düşüş meydana geldiği görülmektedir. Buna bağlı olarak tüm emisyon türlerinde, toplam CO₂ eşdeğerinde ve yakıt tüketiminde 2015-2016 arasında azalma 2017’ de artış ve genel olarak 2018-2020 arasında azalma meydana geldiği görülmektedir. LTO başına düşen CO₂ eşdeğer miktarlarında ise sürekli bir düşüş olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Adnan Menderes Havalimanı Yıllık Emisyon Değişim Grafiği

Şekil 3 incelendiğinde Adnan Menderes Havalimanı toplam CO₂ eşdeğer miktarlarının 2015 ve 2016 arasında azaldığı, 2017 yılında tekrar artış gösterdiği ve bu yıldan 2020 yılına kadar sürekli olarak azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. LTO başına düşen CO₂ eşdeğer emisyonları ise 2015-2018 arasında hemen hemen doğrusal bir şekilde seyretmektedir. 2018 yılından itibaren azalma eğiliminde olup 2020 yılında en düşük seviyeye sahip olduğu görülmektedir.

4.6.2.Esenboğa Havalimanı

Esenboğa Havalimanı' na ait emisyon hesaplamaları yıllık olarak aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir:

Tablo 13. Esenboğa Havalimanı 2015 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A124	7	55.300	10,5	1,4	55.965	287	350	105	17,5	17.500
A306	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
A30B	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
A310	2	9.520	1,26	0,4	9.661	39	57	11,34	3,02	3.020
A332	6	42.300	0,78	1,2	42.640	213	97	6,9	13,38	13.380
AN12	8	63.200	12	1,6	63.960	328	400	120	20	20.000
AN26	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
B742	8	90.960	14,56	3,2	92.216	396	638	131,28	28,8	28.800
B743	1	11.080	0,27	0,4	11.194	65	18	2,46	3,51	3.510
B744	8	81.920	1,76	2,4	82.605	343	214	16,16	25,92	25.920
B77L	2	16.200	0,14	0,6	16.363	106	26	1,18	5,12	5.120
F406	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
IL76	27	213.300	40,5	5,4	215.865	1.107	1.350	405	67,5	67.500
Toplam	73	615.380	87,77	17,4	622.449	3.048	3.349	859,32	194,75	194.750

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

Esenboğa Havalimanı'nda 2015 yılında tüm uçaklardan toplamda 73 LTO sayısı gerçekleşmiştir. CH₄ ve N₂O emisyonları CO₂ eşdeğeri cinsinden hesaplanmış olup toplam CO₂ eşdeğeri 622.449 kg/yıl olarak hesaplanmıştır. Tüm emisyon türlerinde ve yakıt tüketimi miktarında en fazla salınım gerçekleştiren uçak IL76 olmuştur. LTO sayısının fazla oluşunun yakıt tüketimi miktarının da fazla olmasına sebep olduğu görülmektedir.

Tablo 14. Esenboğa Havalimanı 2016 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A306	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
A332	3	21.150	0,39	0,6	21.320	107	49	3,45	6,69	6.690
AN12	7	55.300	10,5	1,4	55.965	287	350	105	17,5	17.500
AN26	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
B733	1	2.480	0,08	0,1	2.509	7	13	0,75	0,78	780
B742	9	102.330	16,38	3,6	103.743	446	718	147,69	32,4	32.400
B747	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
B763	1	5.610	0,12	0,2	5.666	28	14	1,07	1,77	1.780
B77L	1	8.100	0,07	0,3	8.181	53	13	0,59	2,56	2.560
IL76	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
Bilinmeyen (boş)	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500

Toplam	30	258.170	39,54	7,8	261.344	1.256	1.557	378,55	81,7	81.710
---------------	-----------	----------------	--------------	------------	----------------	--------------	--------------	---------------	-------------	---------------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2016 yılında toplam 30 LTO sayısı gerçekleşmiş olup toplam CO₂ eşdeğerinin 261.344 kg/yıl olduğu görülmektedir. B742' nin emisyon faktörleri NO_x hariç tüm emisyonlarda diğer uçaklardan daha yüksektir. Yalnızca B77L uçağının NO_x emisyon faktörü B742' den daha yüksektir. Ancak bu uçağın LTO' sunun 1 olduğu görülmekte olup sonuç olarak tüm emisyon türlerinde ve yakıt tüketimi miktarlarında en fazla paya sahip olan uçağın B742 olduğu görülmektedir.

Tablo 15. Esenboğa Havalimanı 2017 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A124	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
A306	4	31.600	6	0,8	31.980	164	200	60	10	10.000
A320	1	2.440	0,06	0,1	2.468	9	6	0,51	0,77	770
A332	5	35.250	0,65	1	35.533	178	81	5,75	11,15	11.150
AN12	10	79.000	15	2	79.950	410	500	150	25	25.000
AN26	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
AN72	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
B734	1	2.480	0,08	0,1	2.509	7	13	0,75	0,78	780
B744	3	30.720	0,66	0,9	30.977	129	80	6,06	9,72	9.720
B763	2	11.220	0,24	0,4	11.333	56	29	2,14	3,54	3.560
B77L	3	24.300	0,21	0,9	24.544	158	38	1,77	7,68	7.680
B77W	1	8.100	0,07	0,3	8.181	53	13	0,59	2,56	2.560
B788	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
IL76	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500

Toplam	39	296.210	36,47	8,3	299.431	1.533	1.410	362,57	93,7	93.720
---------------	-----------	----------------	--------------	------------	----------------	--------------	--------------	---------------	-------------	---------------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2017’ de ise en fazla LTO sayısının AN12 uçağına ait olup en fazla CO₂ eşdeğerinin bu uçağına ait olduğu görülmektedir. Daha yüksek emisyon faktörlerine sahip uçaklar olmasına rağmen benzer şekilde bu uçağın da LTO sayısının diğerlerinden daha yüksek olması tüm emisyon türlerinde daha fazla salınımına sahip olmasına neden olmuştur.

Tablo 16. Esenboğa Havalimanı 2018 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A306	4	31.600	6	0,8	31.980	164	200	60	10	10.000
A310	1	4.760	0,63	0,2	4.831	19	28	5,67	1,51	1.510
A332	1	7.050	0,13	0,2	7.107	36	16	1,15	2,23	2.230
AN12	9	71.100	13,5	1,8	71.955	369	450	135	22,5	22.500
AN26	4	31.600	6	0,8	31.980	164	200	60	10	10.000
B742	2	22.740	3,64	0,8	23.054	99	160	32,82	7,2	7.200
B744	1	10.240	0,22	0,3	10.326	43	27	2,02	3,24	3.240
IL76	5	39.500	7,5	1	39.975	205	250	75	12,5	12.500

Toplam	27	218.590	37,62	5,9	221.207	1.099	1.331	371,66	69,18	69.180
---------------	-----------	----------------	--------------	------------	----------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2018’ de 8 farklı uçak tipinden toplamda 27 LTO sayısı gerçekleşmiş olup yine en fazla AN12 tipi uçak iniş-kalkış gerçekleştirmiştir. Tüm emisyon türlerinde ve yakıt tüketimi miktarlarında en fazla paya sahip olan uçağın 9 LTO sayısı ile AN12 olduğu görülmektedir. Bunu IL76 tipi takip etmektedir.

Tablo 17. Esenboğa Havalimanı 2019 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A124	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
A306	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
A332	1	7.050	0,13	0,2	7.107	36	16	1,15	2,23	2.230
A333	6	42.300	0,78	1,2	42.640	213	97	6,9	13,38	13.380
AN12	16	126.400	24	3,2	127.920	656	800	240	40	40.000
AN26	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
AN72	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
B743	3	33.240	0,81	1,2	33.581	195	54	7,38	10,53	10.530
B747	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
B763	8	44.880	0,96	1,6	45.331	226	116	8,56	14,16	14.240
B771	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
B77L	2	16.200	0,14	0,6	16.363	106	26	1,18	5,12	5.120
IL76	17	134.300	25,5	3,4	135.915	697	850	255	42,5	42.500

Toplam	61	467.570	64,32	13	472.816	2.456	2.358	640,17	147,92	148.000
---------------	-----------	----------------	--------------	-----------	----------------	--------------	--------------	---------------	---------------	----------------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2019 yılında toplam 61 LTO gerçekleştiren 13 farklı uçak tipinden toplam 472.816 kg/yıl CO₂ eşdeğer emisyon meydana gelmiştir. En fazla emisyon miktarı ve yakıt tüketiminin IL76’ dan kaynaklandığı görülmektedir. Burada da IL76 tipi uçağın emisyon miktarının diğerlerinden daha fazla olmasında LTO sayısının yüksek olmasının etkili olduğu görülmektedir.

Tablo 18. Esenboğa Havalimanı 2020 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A124	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
A306	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
A310	5	23.800	3,15	1	24.153	97	142	28,35	7,55	7.550
A320	1	2.440	0,06	0,1	2.468	9	6	0,51	0,77	770
A332	60	423.000	7,8	12	426.398	2.134	972	69	133,8	133.800
A333	2	14.100	0,26	0,4	14.213	71	32	2,3	4,46	4.460
A342	1	5.890	0,42	0,2	5.955	28	26	3,78	1,86	1.860
A345	1	10.660	0,01	0,3	10.740	64	15	0,13	3,37	3.370
AN12	15	118.500	22,5	3	119.925	615	750	225	37,5	37.500
AN72	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
B735	3	7.440	0,24	0,3	7.526	22	39	2,25	2,34	2.340
B738	3	8.340	0,21	0,3	8.425	37	21	1,95	2,64	2.640
B742	2	22.740	3,64	0,8	23.054	99	160	32,82	7,2	7.200
B743	1	11.080	0,27	0,4	11.194	65	18	2,46	3,51	3.510
B744	4	40.960	0,88	1,2	41.303	172	107	8,08	12,96	12.960
B747	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
B763	1	5.610	0,12	0,2	5.666	28	14	1,07	1,77	1.780
B771	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
B77L	8	64.800	0,56	2,4	65.452	422	102	4,72	20,48	20.480
B77W	6	48.600	0,42	1,8	49.089	317	77	3,54	15,36	15.360
FA7X	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
IL76	45	355.500	67,5	9	359.775	1.845	2.250	675	112,5	112.500

Toplam	168	1.242.460	123,04	35,4	1.255.286	6.436	5.231	1210,96	393,07	393.080
---------------	------------	------------------	---------------	-------------	------------------	--------------	--------------	----------------	---------------	----------------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

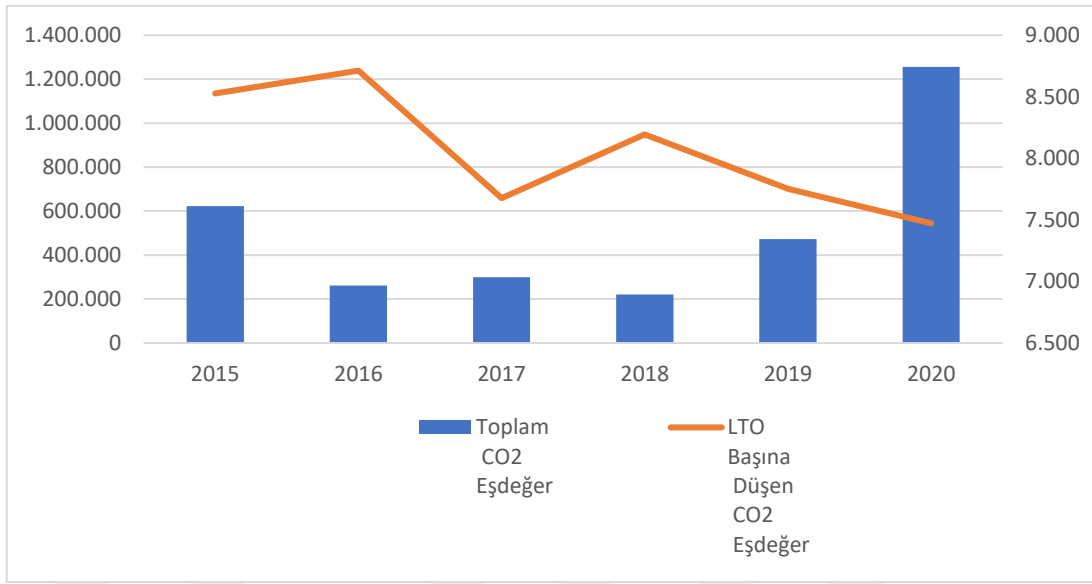
2020 yılı incelendiğinde A332 tipi uçak 60 LTO sayısı ile en fazla görülen uçak olmuştur. Bunu takip eden IL76 tipi ile karşılaştırıldığında A332 tipi uçağın daha fazla CO₂ eşdeğer emisyonu miktarına sahip olduğu görülmektedir. Diğer emisyonlara bakıldığında ise IL76’ nın CO ve NMVOC emisyon faktörlerinin A332’ den çok daha

fazla olması LTO sayısının daha az olmasına rağmen CO ve NMVOC emisyon miktarının daha yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Burada belirleyici olanın emisyon faktörü olduğu dikkat çekmektedir.

Tablo 19. Esenboğa Havalimanı Yıllık Değişim Tablosu

Yıl	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Toplam CO ₂ Eşdeğer	LTO Başına Düşen CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi /kg
2015	73	615.380	88	17	622.449	8.527	3.048	3.349	859	195	194.750
2016	30	258.170	40	8	261.344	8.711	1.256	1.557	379	82	81.710
2017	39	296.210	36	8	299.431	7.678	1.533	1.410	363	94	93.720
2018	27	218.590	38	6	221.207	8.193	1.099	1.331	372	69	69.180
2019	61	467.570	64	13	472.816	7.751	2.456	2.358	640	148	148.000
2020	168	1.242.460	123	35	1.255.286	7.472	6.436	5.231	1.211	393	393.080

Esenboğa Havalimanı'nda ilgili yıllar arasında meydana gelen değişimler incelendiğinde LTO sayılarının 2015-2019 yılları arasında oldukça düşük miktarda olduğu 2020 yılında ise artış gösterdiği dikkat çekmektedir. Tüm emisyon türleri, toplam CO₂ eşdeğer ve yakıt tüketimi miktarlarında 2015-2019 arasında dalgalanmalı bir değişim meydana gelirken 2020 yılında artış meydana geldiği görülmektedir. LTO başına düşen CO₂ eşdeğer miktarları da dalgalanmalı bir değişim göstermiş ancak 2019 yılından itibaren azalma eğilimi göstermiştir.



Şekil 4. Esenboğa Havalimanı Yıllık Emisyon Değişim Grafiği

Esenboğa Havalimanı'nda toplam CO₂ eşdeğer ve LTO başına düşen CO₂ eşdeğer miktarları 2019 yılına kadar artış ve azalışlar göstererek dalgalı bir şekilde değişim göstermiştir. 2019 yılından itibaren toplam CO₂ eşdeğer emisyonları artış gösterirken LTO başına düşen CO₂ eşdeğer emisyonları ise azalış göstermiştir.

4.6.3. Atatürk Havalimanı

Atatürk Havalimanı'na ait emisyon hesaplamaları yıllık olarak aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir:

Tablo 20. Atatürk Havalimanı 2015 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A306	2.543	20.089.700	3814,5	508,6	20.331.285	104.263	127.150	38145	6357,5	6.357.500
A30B	444	3.507.600	666	88,8	3.549.780	18.204	22.200	6660	1110	1.110.000
A310	2.328	11.081.280	1466,64	465,6	11.245.730	45.303	65.882	13199,76	3515,28	3.515.280
A320	2	4.880	0,12	0,2	4.936	18	12	1,02	1,54	1.540
A321	13	39.260	1,82	1,3	39.655	217	98	16,51	12,48	12.480
A330	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
A332	4.766	33.600.300	619,58	953,2	33.870.246	169.527	77.209	5480,9	10628,18	10.628.180
A333	7	49.350	0,91	1,4	49.746	249	113	8,05	15,61	15.610
AN12	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
B733	217	538.160	17,36	21,7	544.397	1.560	2.828	162,75	169,26	169.260
B734	173	429.040	13,84	17,3	434.012	1.244	2.254	129,75	134,94	134.940
B738	2	5.560	0,14	0,2	5.617	25	14	1,3	1,76	1.760
B739	3	8.340	0,21	0,3	8.425	37	21	1,95	2,64	2.640
B744	3	30.720	0,66	0,9	30.977	129	80	6,06	9,72	9.720
B771	34	268.600	51	6,8	271.830	1.394	1.700	510	85	85.000
B772	1	8.100	0,07	0,3	8.181	53	13	0,59	2,56	2.560
B77L	1	8.100	0,07	0,3	8.181	53	13	0,59	2,56	2.560
B77W	4	32.400	0,28	1,2	32.726	211	51	2,36	10,24	10.240
E190	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
IL76	5	39.500	7,5	1	39.975	205	250	75	12,5	12.500
MD11	290	2.114.100	69,6	58	2.131.419	10.339	5.971	617,7	669,9	669.900

Toplam	10.840	71.886.590	6736,3	2127,9	72.639.100	353.193	306.060	65079,29	22751,67	22.751.670
---------------	---------------	-------------------	---------------	---------------	-------------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-------------------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2015 yılında Atatürk Havalimanı'nda en fazla LTO sayısına sahip olan uçağın A332 olduğu görülmektedir. En fazla CO₂ eşdeğeri de bu uçaktan meydana gelmiştir. Bu uçağın NO_x, SO₂ emisyonları ve yakıt tüketimi miktarında da en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. CO ve NMVOC emisyonlarında ise A306 ve A310 tipi uçakların sırasıyla A332' den daha yüksek salınımına sahip olduğu görülmektedir. Bu iki uçağın LTO sayısının A332' den küçük olmasına rağmen CO ve NMVOC emisyon

faktörlerinin daha yüksek olmasının bu duruma neden olduğu tablodan çıkarılmaktadır.

Tablo 21. Atatürk Havalimanı 2016 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A306	2.311	18.256.900	3466,5	462,2	18.476.445	94.751	115.550	34665	5777,5	5.777.500
A30B	682	5.387.800	1023	136,4	5.452.590	27.962	34.100	10230	1705	1.705.000
A310	2.395	11.400.200	1508,85	479	11.569.383	46.607	67.779	13579,65	3616,45	3.616.450
A320	9	21.960	0,54	0,9	22.214	81	56	4,59	6,93	6.930
A321	15	45.300	2,1	1,5	45.756	251	113	19,05	14,4	14.400
A332	5.595	39.444.750	727,35	1119	39.761.651	199.014	90.639	6434,25	12476,85	12.476.850
A333	2	14.100	0,26	0,4	14.213	71	32	2,3	4,46	4.460
A343	3	19.140	1,17	0,6	19.332	104	76	10,53	6,06	6.060
B733	196	486.080	15,68	19,6	491.713	1.409	2.554	147	152,88	152.880
B734	129	319.920	10,32	12,9	323.627	928	1.681	96,75	100,62	100.620
B738	9	25.020	0,63	0,9	25.276	111	64	5,85	7,92	7.920
B739	1	2.780	0,07	0,1	2.808	12	7	0,65	0,88	880
B744	87	890.880	19,14	26,1	898.332	3.731	2.325	175,74	281,88	281.880
B747	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
B771	36	284.400	54	7,2	287.820	1.476	1.800	540	90	90.000
B77W	7	56.700	0,49	2,1	57.270	370	89	4,13	17,92	17.920
B788	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
MD11	260	1.895.400	62,4	52	1.910.927	9.269	5.353	553,8	600,6	600.600

Toplam	11.739	78.567.130	6895,5	2321,3	79.375.349	386.228	322.317	66499,29	24865,35	24.865.350
---------------	---------------	-------------------	---------------	---------------	-------------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-------------------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2016’ da A332, A310, A306 tipleri LTO sayısı olarak en başta gelen uçaklardır. En az LTO sayıları ise B739, B747, B788 uçaklarına aittir. Bu uçakların neredeyse emisyon türlerinin tümüne yakınında en az salınımına sahip olduğu görülmektedir. Yakıt tüketimi de LTO sayısına bağlı olarak bu uçaklarda en az şekilde gerçekleşmiştir.

Tablo 22. Atatürk Havalimanı 2017 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A306	2.950	23.305.000	4425	590	23.585.250	120.950	147.500	44250	7375	7.375.000
A30B	759	5.996.100	1138,5	151,8	6.068.205	31.119	37.950	11385	1897,5	1.897.500
A310	2.107	10.029.320	1327,41	421,4	10.178.158	41.002	59.628	11946,69	3181,57	3.181.570
A320	4	9.760	0,24	0,4	9.873	36	25	2,04	3,08	3.080
A321	3	9.060	0,42	0,3	9.151	50	23	3,81	2,88	2.880
A322	598	4.724.200	897	119,6	4.781.010	24.518	29.900	8970	1495	1.495.000
A332	6.421	45.268.050	834,73	1284,2	45.631.735	228.395	104.020	7384,15	14318,83	14.318.830
A333	8	56.400	1,04	1,6	56.853	285	130	9,2	17,84	17.840
A343	5	31.900	1,95	1	32.220	174	126	17,55	10,1	10.100
AN12	6	47.400	9	1,2	47.970	246	300	90	15	15.000
B734	1	2.480	0,08	0,1	2.509	7	13	0,75	0,78	780
B738	5	13.900	0,35	0,5	14.042	62	35	3,25	4,4	4.400
B739	2	5.560	0,14	0,2	5.617	25	14	1,3	1,76	1.760
B742	76	864.120	138,32	30,4	876.049	3.764	6.063	1247,16	273,6	273.600
B744	503	5.150.720	110,66	150,9	5.193.807	21.569	13.440	1016,06	1629,72	1.629.720
B747	122	963.800	183	24,4	975.390	5.002	6.100	1830	305	305.000
B763	1	5.610	0,12	0,2	5.666	28	14	1,07	1,77	1.780
B771	26	205.400	39	5,2	207.870	1.066	1.300	390	65	65.000
B772	1	8.100	0,07	0,3	8.181	53	13	0,59	2,56	2.560
B77L	44	356.400	3,08	13,2	359.984	2.324	561	25,96	112,64	112.640
B77W	9	72.900	0,63	2,7	73.633	475	115	5,31	23,04	23.040
IL76	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
MD11	285	2.077.650	68,4	57	2.094.670	10.160	5.868	607,05	658,35	658.350

Toplam	13.938	99.219.630	9182,14	2857	100.233.835	491.391	413.239	89216,94	31400,42	31.400.430
---------------	---------------	-------------------	----------------	-------------	--------------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-------------------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2017 yılında en fazla CO₂ eşdeğer emisyonu meydana getiren A332 tipi uçak LTO sayısı olarak bundan sonra gelen A306 tipi uçak ile aynı emisyon faktörü ve yakıt tüketimi değerlerine sahip bulunmaktadır. Bu iki uçak arasındaki neredeyse iki katlık

LTO sayısı farkı A332 CO₂ eşdeğerinin A306' dan neredeyse iki kat daha fazla çıkmasına neden olmuştur.

Tablo 23. Atatürk Havalimanı 2018 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A21N	1	3.020	0,14	0,1	3.050	17	8	1,27	0,96	960
A306	3.191	25.208.900	4786,5	638,2	25.512.045	130.831	159.550	47865	7977,5	7.977.500
A30B	4	31.600	6	0,8	31.980	164	200	60	10	10.000
A310	2.159	10.276.840	1360,17	431,8	10.429.352	42.014	61.100	12241,53	3260,09	3.260.090
A319	1	2.310	0,06	0,1	2.338	9	6	0,54	0,73	730
A320	5	12.200	0,3	0,5	12.341	45	31	2,55	3,85	3.850
A321	11	33.220	1,54	1,1	33.555	184	83	13,97	10,56	10.560
A332	7.178	50.604.900	933,14	1435,6	51.011.462	255.321	116.284	8254,7	16006,94	16.006.940
A333	4	28.200	0,52	0,8	28.427	142	65	4,6	8,92	8.920
A343	5	31.900	1,95	1	32.220	174	126	17,55	10,1	10.100
AN12	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
B733	1	2.480	0,08	0,1	2.509	7	13	0,75	0,78	780
B738	3	8.340	0,21	0,3	8.425	37	21	1,95	2,64	2.640
B739	1	2.780	0,07	0,1	2.808	12	7	0,65	0,88	880
B742	421	4.786.770	766,22	168,4	4.852.850	20.848	33.587	6908,61	1515,6	1.515.600
B744	736	7.536.640	161,92	220,8	7.599.686	31.560	19.666	1486,72	2384,64	2.384.640
B747	339	2.678.100	508,5	67,8	2.710.305	13.899	16.950	5085	847,5	847.500
B763	2	11.220	0,24	0,4	11.333	56	29	2,14	3,54	3.560
B77L	1.062	8.602.200	74,34	318,6	8.688.711	56.084	13.551	626,58	2718,72	2.718.720
B77W	77	623.700	5,39	23,1	629.972	4.066	983	45,43	197,12	197.120
IL76	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
MD11	276	2.012.040	66,24	55,2	2.028.523	9.839	5.683	587,88	637,56	637.560
SF34	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000

Toplam	15.485	112.560.560	8685,53	3366,4	113.695.851	565.639	428.342	83327,42	35618,63	35.618.650
---------------	---------------	--------------------	----------------	---------------	--------------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-------------------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2018' de yine en fazla görülen uçak tipi A332 olmuş ve 7.178 LTO ile en fazla yakıt tüketimini gerçekleştirmiştir. A21N, A319, B733, B739 tipleri ise en az iniş-kalkış gerçekleştiren uçaklar olmuştur. Buna bağlı olarak da en az yakıt tüketimleri bu uçaklarda meydana gelmiştir.

Tablo 24. Atatürk Havalimanı 2019 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A300	821	4.474.450	98,52	164,2	4.520.722	21.231	12.151	919,52	1412,12	1.412.120
A306	1.013	8.002.700	1519,5	202,6	8.098.935	41.533	50.650	15195	2532,5	2.532.500
A310	2.144	10.205.440	1350,72	428,8	10.356.892	41.722	60.675	12156,48	3237,44	3.237.440
A320	1	2.440	0,06	0,1	2.468	9	6	0,51	0,77	770
A321	2	6.040	0,28	0,2	6.101	33	15	2,54	1,92	1.920
A322	637	5.032.300	955,5	127,4	5.092.815	26.117	31.850	9555	1592,5	1.592.500
A332	6.552	46.191.600	851,76	1310,4	46.562.705	233.055	106.142	7534,8	14610,96	14.610.960
A333	2	14.100	0,26	0,4	14.213	71	32	2,3	4,46	4.460
AN12	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
AN26	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
AT43	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
B38M	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
B742	617	7.015.290	1122,94	246,8	7.112.134	30.554	49.224	10124,97	2221,2	2.221.200
B744	1.095	11.212.800	240,9	328,5	11.306.598	46.954	29.258	2211,9	3547,8	3.547.800
B747	304	2.401.600	456	60,8	2.430.480	12.464	15.200	4560	760	760.000
B771	485	3.831.500	727,5	97	3.877.575	19.885	24.250	7275	1212,5	1.212.500
B772	1	8.100	0,07	0,3	8.181	53	13	0,59	2,56	2.560
B77L	1.568	12.700.800	109,76	470,4	12.828.529	82.806	20.008	925,12	4014,08	4.014.080
B77W	466	3.774.600	32,62	139,8	3.812.560	24.609	5.946	274,94	1192,96	1.192.960
IL76	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
MD11	72	524.880	17,28	14,4	529.180	2.567	1.482	153,36	166,32	166.320

Toplam	15.787	115.453.940	7494,17	3593,5	116.616.054	583.950	407.254	70997,03	36527,59	36.527.590
---------------	---------------	--------------------	----------------	---------------	--------------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-------------------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

Bu yılda tüm uçaklardan toplamda 15.787 LTO gerçekleşmiştir. Bunların içinde en fazla paya sahip olan yine A332 olup en fazla CO₂ eşdeğer emisyonu bu uçaktan salınmıştır.

Tablo 25. Atatürk Havalimanı 2020 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A300	1.006	5.482.700	120,72	201,2	5.539.398	26.015	14.889	1126,72	1730,32	1.730.320
A306	923	7.291.700	1384,5	184,6	7.379.385	37.843	46.150	13845	2307,5	2.307.500
A30B	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
A310	2.285	10.876.600	1439,55	457	11.038.012	44.466	64.666	12955,95	3450,35	3.450.350
A319	2	4.620	0,12	0,2	4.676	17	13	1,08	1,46	1.460
A322	699	5.522.100	1048,5	139,8	5.588.505	28.659	34.950	10485	1747,5	1.747.500
A332	7.110	50.125.500	924,3	1422	50.528.210	252.903	115.182	8176,5	15855,3	15.855.300
A333	69	486.450	8,97	13,8	490.358	2.454	1.118	79,35	153,87	153.870
AN12	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
AN26	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
B738	2	5.560	0,14	0,2	5.617	25	14	1,3	1,76	1.760
B742	45	511.650	81,9	18	518.713	2.228	3.590	738,45	162	162.000
B744	1.037	10.618.880	228,14	311,1	10.707.709	44.467	27.709	2094,74	3359,88	3.359.880
B747	314	2.480.600	471	62,8	2.510.430	12.874	15.700	4710	785	785.000
B752	1	4.320	0,02	0,1	4.347	23	8	0,2	1,37	1.370
B771	580	4.582.000	870	116	4.637.100	23.780	29.000	8700	1450	1.450.000
B77L	3.312	26.827.200	231,84	993,6	27.096.996	174.907	42.261	1954,08	8478,72	8.478.720
B77W	1.498	12.133.800	104,86	449,4	12.255.827	79.109	19.114	883,82	3834,88	3.834.880
CRJ2	13	102.700	19,5	2,6	103.935	533	650	195	32,5	32.500
GLF4	453	978.480	63,42	45,3	992.260	2.550	4.023	557,19	308,04	308.040
IL62	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
IL76	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000

Toplam	19.358	138.105.960	7010,98	4419,5	139.473.435	733.223	419.486	66639,38	43682,95	43.682.950
---------------	---------------	--------------------	----------------	---------------	--------------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-------------------

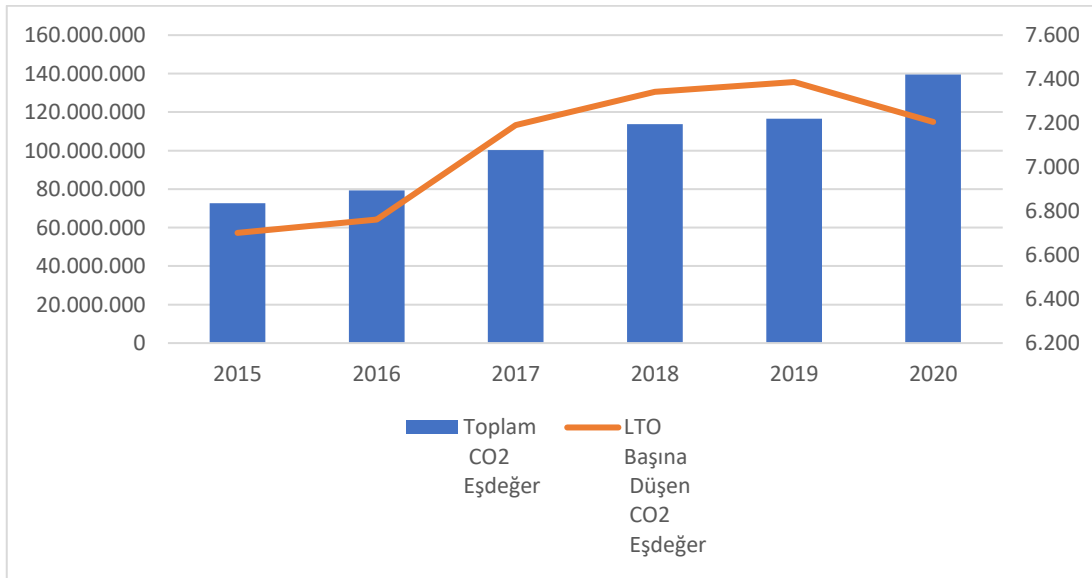
*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

Bu yılda oluşan toplam CO₂ eşdeğerinde en fazla paya sahip olan uçaklar sırasıyla A332, B77L, A310 tipleri olmuştur. Özellikle B77L uçağının CO₂ emisyon faktörünün diğer uçaklardan daha yüksek olması ve LTO' sunun da yüksek olmasının etkisiyle CO₂ eşdeğeri miktarında ikinci sırada yer almasına neden olmuştur.

Tablo 26. Atatürk Havalimanı Yıllık Değişim Tablosu

Yıl	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Toplam CO ₂ Eşdeğer	LTO Başına Düşen CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi /kg
2015	10.840	71.886.590	6.736	2.128	72.639.100	6.701	353.193	306.060	65.079	22.752	22.751.670
2016	11.739	78.567.130	6.896	2.321	79.375.349	6.762	386.228	322.317	66.499	24.865	24.865.350
2017	13.938	99.219.630	9.182	2.857	100.233.835	7.191	491.391	413.239	89.217	31.400	31.400.430
2018	15.485	112.560.560	8.686	3.366	113.695.851	7.342	565.639	428.342	83.327	35.619	35.618.650
2019	15.787	115.453.940	7.494	3.594	116.616.054	7.387	583.950	407.254	70.997	36.528	36.527.590
2020	19.358	138.105.960	7.011	4.420	139.473.435	7.205	733.223	419.486	66.639	43.683	43.682.950

Atatürk Havalimanı'nda ilgili yıllar incelendiğinde LTO sayısı, toplam CO₂ eşdeğer emisyonu, yakıt tüketimi sürekli olarak artış göstermiş olup en fazla toplam CO₂ eşdeğer emisyonu 2020 yılında meydana gelmiştir. En fazla LTO başına düşen CO₂ eşdeğer ise 2019 yılında meydana gelmiştir.

**Şekil 5.** Atatürk Havalimanı Yıllık Emisyon Değişim Grafiği

Grafik incelendiğinde toplam CO₂ eşdeğer emisyon miktarlarında ilgili yıllar arasında sürekli bir artış olduğu görülmektedir. LTO başına düşen CO₂ eşdeğerinin ise 2015-2019 arasında artış gösterirken 2020 yılında azalma eğiliminde olduğu görülmektedir.

4.6.4.İstanbul Havalimanı

İstanbul Havalimanı' na ait emisyon hesaplamaları yıllık olarak aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir:

Tablo 27. İstanbul Havalimanı 2019 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A300	347	1.891.150	41,64	69,4	1.910.707	8.973	5.136	388,64	596,84	596.840
A306	361	2.851.900	541,5	72,2	2.886.195	14.801	18.050	5415	902,5	902.500
A310	1	4.760	0,63	0,2	4.831	19	28	5,67	1,51	1.510
A319	1	2.310	0,06	0,1	2.338	9	6	0,54	0,73	730
A320	22	53.680	1,32	2,2	54.300	198	136	11,22	16,94	16.940
A321	3	9.060	0,42	0,3	9.151	50	23	3,81	2,88	2.880
A322	38	300.200	57	7,6	303.810	1.558	1.900	570	95	95.000
A330	11	86.900	16,5	2,2	87.945	451	550	165	27,5	27.500
A332	614	4.328.700	79,82	122,8	4.363.477	21.840	9.947	706,1	1369,22	1.369.220
A333	55	387.750	7,15	11	390.865	1.956	891	63,25	122,65	122.650
B735	21	52.080	1,68	2,1	52.684	151	274	15,75	16,38	16.380
B744	71	727.040	15,62	21,3	733.122	3.044	1.897	143,42	230,04	230.040
B747	10	79.000	15	2	79.950	410	500	150	25	25.000
B748	56	442.400	84	11,2	447.720	2.296	2.800	840	140	140.000
B763	23	129.030	2,76	4,6	130.326	648	333	24,61	40,71	40.940
B77L	38	307.800	2,66	11,4	310.895	2.007	485	22,42	97,28	97.280
B77W	5	40.500	0,35	1,5	40.907	264	64	2,95	12,8	12.800
B789	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
E195	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
IL76	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
MD11	154	1.122.660	36,96	30,8	1.131.857	5.490	3.171	328,02	355,74	355.740
Bilinmeyen (boş)	82	647.800	123	16,4	655.590	3.362	4.100	1230	205	205.000

Toplam	1.919	13.512.120	1037,07	390,5	13.644.640	67.775	50.590	10176,4	4273,72	4.273.950
---------------	--------------	-------------------	----------------	--------------	-------------------	---------------	---------------	----------------	----------------	------------------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2018 yılının ekim ayında hizmete açılmış olan İstanbul Havalimanı'nda 2019 yılı emisyon değerlerine bakıldığında en fazla CO₂ eşdeğerinin A332 tipi uçaktan salındığı görülmektedir. NO_x ve SO₂ emisyonlarında ve yakıt tüketimi miktarında bu uçağın payı en fazladır. Ancak CO ve NMVOC emisyonlarında A306 tipi en fazla paya sahiptir. A306' nın A332' den daha az LTO sayısına sahip olmasına rağmen CO ve NMVOC emisyon türlerinde daha yüksek emisyon faktörlerine sahip olması bu duruma neden olmuştur.

Tablo 28. İstanbul Havalimanı 2020 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A124	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
A20N	6	14.640	0,36	0,6	14.809	54	37	3,06	4,62	4.620
A21N	18	54.360	2,52	1,8	54.908	301	136	22,86	17,28	17.280
A300	171	931.950	20,52	34,2	941.588	4.422	2.531	191,52	294,12	294.120
A306	594	4.692.600	891	118,8	4.749.030	24.354	29.700	8910	1485	1.485.000
A30B	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
A310	68	323.680	42,84	13,6	328.484	1.323	1.924	385,56	102,68	102.680
A319	56	129.360	3,36	5,6	130.938	489	356	30,24	40,88	40.880
A320	69	168.360	4,14	6,9	170.304	622	427	35,19	53,13	53.130
A321	57	172.140	7,98	5,7	173.874	953	430	72,39	54,72	54.720
A322	67	529.300	100,5	13,4	535.665	2.747	3.350	1005	167,5	167.500
A332	1.247	8.791.350	162,11	249,4	8.861.980	44.356	20.201	1434,05	2780,81	2.780.810
A333	924	6.514.200	120,12	184,8	6.566.535	32.867	14.969	1062,6	2060,52	2.060.520
A339	5	39.500	7,5	1	39.975	205	250	75	12,5	12.500
A343	16	102.080	6,24	3,2	103.103	557	404	56,16	32,32	32.320
A346	18	191.880	0,18	5,4	193.316	1.160	276	2,34	60,66	60.660
A359	125	987.500	187,5	25	999.375	5.125	6.250	1875	312,5	312.500
A35K	9	71.100	13,5	1,8	71.955	369	450	135	22,5	22.500
AN12	9	71.100	13,5	1,8	71.955	369	450	135	22,5	22.500
AN22	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
AN26	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
AN72	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
AT43	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
AT75	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
B190	28	221.200	42	5,6	223.860	1.148	1.400	420	70	70.000
B733	2	4.960	0,16	0,2	5.017	14	26	1,5	1,56	1.560
B734	376	932.480	30,08	37,6	943.286	2.703	4.899	282	293,28	293.280
B735	21	52.080	1,68	2,1	52.684	151	274	15,75	16,38	16.380
B737	173	1.366.700	259,5	34,6	1.383.135	7.093	8.650	2595	432,5	432.500

B738	89	247.420	6,23	8,9	249.953	1.095	629	57,85	78,32	78.320
B739	10	27.800	0,7	1	28.085	123	71	6,5	8,8	8.800
B744	183	1.873.920	40,26	54,9	1.889.596	7.847	4.890	369,66	592,92	592.920
B747	94	742.600	141	18,8	751.530	3.854	4.700	1410	235	235.000
B748	53	418.700	79,5	10,6	423.735	2.173	2.650	795	132,5	132.500
B752	2	8.640	0,04	0,2	8.694	47	16	0,4	2,74	2.740
B757	20	158.000	30	4	159.900	820	1.000	300	50	50.000
B763	105	589.050	12,6	21	594.968	2.960	1.519	112,35	185,85	186.900
B771	11	86.900	16,5	2,2	87.945	451	550	165	27,5	27.500
B772	3	24.300	0,21	0,9	24.544	158	38	1,77	7,68	7.680
B77L	109	882.900	7,63	32,7	891.779	5.756	1.391	64,31	279,04	279.040
B77W	4.273	34.611.300	299,11	1281,9	34.959.379	225.657	54.523	2521,07	10938,88	10.938.880
B787	14	110.600	21	2,8	111.930	574	700	210	35	35.000
B788	67	529.300	100,5	13,4	535.665	2.747	3.350	1005	167,5	167.500
B789	93	734.700	139,5	18,6	743.535	3.813	4.650	1395	232,5	232.500
C550	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
CRJ2	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
E170	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
E195	7	55.300	10,5	1,4	55.965	287	350	105	17,5	17.500
E75S	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
F50	20	158.000	30	4	159.900	820	1.000	300	50	50.000
F900	8	63.200	12	1,6	63.960	328	400	120	20	20.000
GLF4	2	4.320	0,28	0,2	4.381	11	18	2,46	1,36	1.360
H500	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
IL76	37	292.300	55,5	7,4	295.815	1.517	1.850	555	92,5	92.500
MD11	110	801.900	26,4	22	808.469	3.922	2.265	234,3	254,1	254.100
MD88	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
SF34	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000

Toplam	9.394	68.981.170	2984,25	2266,6	69.665.378	397.367	185.200	28850,89	21810,15	21.811.200
---------------	--------------	-------------------	----------------	---------------	-------------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-------------------

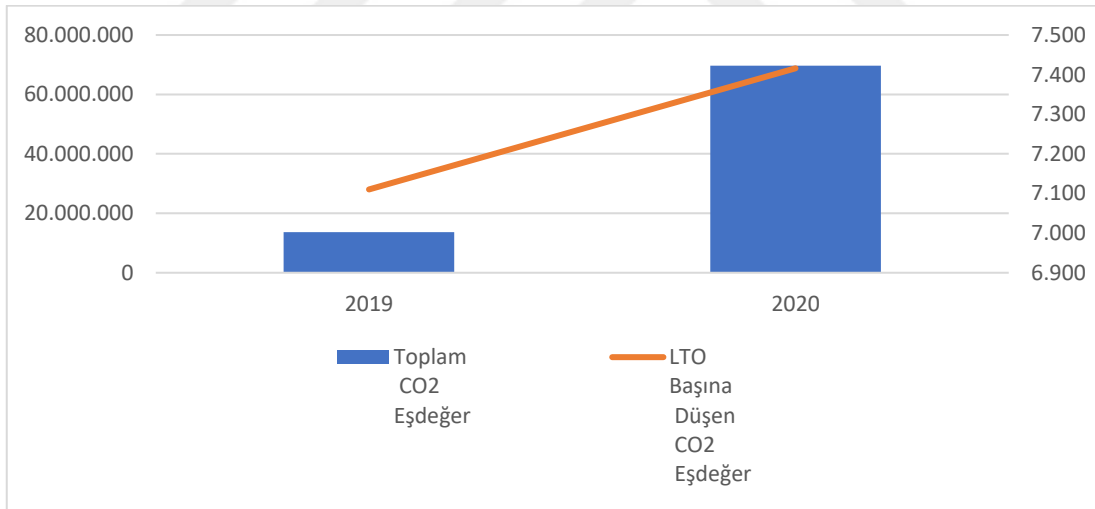
*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2020 yılında ise A332 ve B77W uçak tiplerinin oldukça fazla LTO sayısına sahip olduğu görülmektedir. Toplam 9.394 LTO sayısının çok büyük bir miktarını bu iki uçak oluşturmaktadır. Bu payın sonucu olarak da en fazla CO₂ eşdeğeri bu iki uçaktan meydana gelmiştir.

Tablo 29. İstanbul Havalimanı Yıllık Değişim Tablosu

Yıl	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Toplam CO ₂ Eşdeğer	LTO Başına Düşen CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
2019	1.919	13.512.120	1.037	391	13.644.640	7.110	67.775	50.590	10.176	4.274	4.273.950
2020	9.394	68.981.170	2.984	2.267	69.665.378	7.416	397.367	185.200	28.851	21.810	21.811.200

İstanbul Havalimanı'nda 2019 yılında 1.919 olan LTO sayısı 2020 yılında büyük bir artış göstererek 9.394 olmuştur. Artan LTO sayılarına bağlı olarak özellikle toplam CO₂ eşdeğer emisyonları 5 katı civarında artış göstermiştir. Bu yıllar arasında tüm emisyon türlerinde ve yakıt tüketimi miktarında da büyük oranda artışın meydana gelmiş olduğu ve LTO başına düşen CO₂ eşdeğer miktarının da artış gösterdiği görülmektedir.

**Şekil 6.** İstanbul Havalimanı Yıllık Emisyon Değişim Grafiği

İstanbul Havalimanı'nın değişim grafiği incelendiğinde toplam CO₂ eşdeğer emisyonunun büyük oranda artış gösterdiği görülmekte olup LTO başına düşen CO₂ eşdeğer emisyonunda da meydana gelen artış grafikte görülebilmektedir. 2019 yılında hizmete açılmış olan İstanbul Havalimanı'nın 2020 yılında kargo tesislerinin büyük oranda tamamlanıp faaliyete geçmesi toplam CO₂ eşdeğer emisyonlarında büyük bir artışı beraberinde getirmiştir.

4.6.5.Sabiha Gökçen Havalimanı

Sabiha Gökçen Havalimanı' na ait emisyon hesaplamaları yıllık olarak aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir:

Tablo 30. Sabiha Gökçen Havalimanı 2015 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A124	6	47.400	9	1,2	47.970	246	300	90	15	15.000
A306	113	892.700	169,5	22,6	903.435	4.633	5.650	1695	282,5	282.500
A30B	33	260.700	49,5	6,6	263.835	1.353	1.650	495	82,5	82.500
A310	35	166.600	22,05	7	169.072	681	991	198,45	52,85	52.850
A321	21	63.420	2,94	2,1	64.059	351	159	26,67	20,16	20.160
AN12	79	624.100	118,5	15,8	631.605	3.239	3.950	1185	197,5	197.500
AN26	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
B733	95	235.600	7,6	9,5	238.330	683	1.238	71,25	74,1	74.100
B734	230	570.400	18,4	23	577.010	1.654	2.997	172,5	179,4	179.400
B738	3	8.340	0,21	0,3	8.425	37	21	1,95	2,64	2.640
B744	156	1.597.440	34,32	46,8	1.610.803	6.689	4.168	315,12	505,44	505.440
B748	97	766.300	145,5	19,4	775.515	3.977	4.850	1455	242,5	242.500
B74Y	34	268.600	51	6,8	271.830	1.394	1.700	510	85	85.000
B752	113	488.160	2,26	11,3	491.218	2.648	913	22,6	154,81	154.810
B762	321	1.483.020	105,93	32,1	1.494.493	7.627	4.751	959,79	468,66	468.660
B763	11	61.710	1,32	2,2	62.330	310	159	11,77	19,47	19.580
B77L	5	40.500	0,35	1,5	40.907	264	64	2,95	12,8	12.800
F50	27	213.300	40,5	5,4	215.865	1.107	1.350	405	67,5	67.500
GLF4	10	21.600	1,4	1	21.904	56	89	12,3	6,8	6.800
IL76	79	624.100	118,5	15,8	631.605	3.239	3.950	1185	197,5	197.500
SF34	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500

Toplam	1.474	8.481.390	907,78	231,6	8.568.182	40.434	39.249	8905,35	2682,13	2.682.240
---------------	--------------	------------------	---------------	--------------	------------------	---------------	---------------	----------------	----------------	------------------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2015 yılında LTO sayıları karşılaştırıldığında B744' ün B762' den daha az LTO' ya sahip olduğu ancak CO₂ eşdeğeri miktarında B744' ün daha yüksek paya sahip olduğu görülmektedir. Bu durumda B744' ün CO₂ emisyon faktörünün B762' den çok daha yüksek olması etkili olmuştur.

Tablo 31. Sabiha Gökçen Havalimanı 2016 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
B738	1	2.780	0,07	0,1	2.808	12	7	0,65	0,88	880
A306	195	1.540.500	292,5	39	1.559.025	7.995	9.750	2925	487,5	487.500
A30B	14	110.600	21	2,8	111.930	574	700	210	35	35.000
A332	44	310.200	5,72	8,8	312.692	1.565	713	50,6	98,12	98.120
AN12	34	268.600	51	6,8	271.830	1.394	1.700	510	85	85.000
AN26	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
AN74	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
AT72	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
B733	117	290.160	9,36	11,7	293.523	841	1.525	87,75	91,26	91.260
B734	12	29.760	0,96	1,2	30.105	86	156	9	9,36	9.360
B735	4	9.920	0,32	0,4	10.035	29	52	3	3,12	3.120
B744	242	2.478.080	53,24	72,6	2.498.810	10.377	6.466	488,84	784,08	784.080
B747	7	55.300	10,5	1,4	55.965	287	350	105	17,5	17.500
B748	64	505.600	96	12,8	511.680	2.624	3.200	960	160	160.000
B752	1	4.320	0,02	0,1	4.347	23	8	0,2	1,37	1.370
B762	240	1.108.800	79,2	24	1.117.378	5.702	3.552	717,6	350,4	350.400
B763	22	123.420	2,64	4,4	124.660	620	318	23,54	38,94	39.160
B772	3	24.300	0,21	0,9	24.544	158	38	1,77	7,68	7.680
B77L	44	356.400	3,08	13,2	359.984	2.324	561	25,96	112,64	112.640
B77W	1	8.100	0,07	0,3	8.181	53	13	0,59	2,56	2.560
F50	52	410.800	78	10,4	415.740	2.132	2.600	780	130	130.000
GLF4	2	4.320	0,28	0,2	4.381	11	18	2,46	1,36	1.360
IL76	76	600.400	114	15,2	607.620	3.116	3.800	1140	190	190.000
SF34	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
Bilinmeyen (boş)	319	2.520.100	478,5	63,8	2.550.405	13.079	15.950	4785	797,5	797.500

Toplam	1.502	10.825.660	1308,67	291,7	10.939.603	53.332	51.878	12946,96	3424,27	3.424.490
---------------	--------------	-------------------	----------------	--------------	-------------------	---------------	---------------	-----------------	----------------	------------------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2016 yılında B744 ve B762 tipi uçaklar en fazla iniş-kalkış gerçekleştiren uçaklar olmuştur. Özellikle B744' ün en yüksek yakıt tüketimi değerine sahip olması, LTO sayısının da yüksek olmasının etkisiyle en fazla yakıt tüketimini gerçekleştirmesine neden olmuştur.

Tablo 32. Sabiha Gökçen Havalimanı 2017 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
B738	1	2.780	0,07	0,1	2.808	12	7	0,65	0,88	880
A306	393	3.104.700	589,5	78,6	3.142.035	16.113	19.650	5895	982,5	982.500
A30B	18	142.200	27	3,6	143.910	738	900	270	45	45.000
A320	34	82.960	2,04	3,4	83.918	306	210	17,34	26,18	26.180
A332	226	1.593.300	29,38	45,2	1.606.101	8.039	3.661	259,9	503,98	503.980
AN12	53	418.700	79,5	10,6	423.735	2.173	2.650	795	132,5	132.500
AN26	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
AT72	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
B733	2	4.960	0,16	0,2	5.017	14	26	1,5	1,56	1.560
B734	8	19.840	0,64	0,8	20.070	58	104	6	6,24	6.240
B735	21	52.080	1,68	2,1	52.684	151	274	15,75	16,38	16.380
B738	2	5.560	0,14	0,2	5.617	25	14	1,3	1,76	1.760
B743	1	11.080	0,27	0,4	11.194	65	18	2,46	3,51	3.510
B744	191	1.955.840	42,02	57,3	1.972.201	8.190	5.104	385,82	618,84	618.840
B747	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
B748	51	402.900	76,5	10,2	407.745	2.091	2.550	765	127,5	127.500
B762	117	540.540	38,61	11,7	544.722	2.780	1.732	349,83	170,82	170.820
B763	48	269.280	5,76	9,6	271.985	1.353	695	51,36	84,96	85.440
B772	9	72.900	0,63	2,7	73.633	475	115	5,31	23,04	23.040
B77L	48	388.800	3,36	14,4	392.710	2.535	612	28,32	122,88	122.880
F50	8	63.200	12	1,6	63.960	328	400	120	20	20.000
IL62	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
IL76	27	213.300	40,5	5,4	215.865	1.107	1.350	405	67,5	67.500
L410	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
MD11	16	116.640	3,84	3,2	117.596	570	329	34,08	36,96	36.960
SF34	6	47.400	9	1,2	47.970	246	300	90	15	15.000
Bilinmeyen (boş)	482	3.807.800	723	96,4	3.853.590	19.762	24.100	7230	1205	1.205.000

Toplam	1.771	13.387.860	1699,1	360,7	13.531.020	67.501	65.251	16864,62	4235,49	4.235.970
---------------	--------------	-------------------	---------------	--------------	-------------------	---------------	---------------	-----------------	----------------	------------------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2017 yılında tüm uçak tipleri toplam 1.771 LTO gerçekleştirmiş bunların içinde en fazla paya sahip olan A306, en az ise B738, B743, IL62 ve L410 tipi uçaklar

olmuştur. Tüm uçak tiplerinden toplamda 13.531.020 kg/yıl CO₂ eşdeğer emisyon meydana gelmiştir

Tablo 33. Sabiha Gökçen Havalimanı 2018 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A306	403	3.183.700	604,5	80,6	3.221.985	16.523	20.150	6045	1007,5	1.007.500
A310	1	4.760	0,63	0,2	4.831	19	28	5,67	1,51	1.510
A320	21	51.240	1,26	2,1	51.832	189	130	10,71	16,17	16.170
A332	86	606.300	11,18	17,2	611.171	3.059	1.393	98,9	191,78	191.780
AN12	22	173.800	33	4,4	175.890	902	1.100	330	55	55.000
AN26	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
AN72	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
B734	2	4.960	0,16	0,2	5.017	14	26	1,5	1,56	1.560
B735	14	34.720	1,12	1,4	35.122	101	182	10,5	10,92	10.920
B738	3	8.340	0,21	0,3	8.425	37	21	1,95	2,64	2.640
B744	188	1.925.120	41,36	56,4	1.941.224	8.061	5.023	379,76	609,12	609.120
B747	42	331.800	63	8,4	335.790	1.722	2.100	630	105	105.000
B748	60	474.000	90	12	479.700	2.460	3.000	900	150	150.000
B762	265	1.224.300	87,45	26,5	1.233.771	6.296	3.922	792,35	386,9	386.900
B763	43	241.230	5,16	8,6	243.653	1.212	622	46,01	76,11	76.540
B767	345	2.725.500	517,5	69	2.758.275	14.145	17.250	5175	862,5	862.500
B772	2	16.200	0,14	0,6	16.363	106	26	1,18	5,12	5.120
B77L	18	145.800	1,26	5,4	147.266	951	230	10,62	46,08	46.080
IL76	6	47.400	9	1,2	47.970	246	300	90	15	15.000
SF34	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500

Toplam	1.525	11.230.770	1472,93	295,3	11.350.267	56.208	55.704	14589,15	3552,91	3.553.340
---------------	--------------	-------------------	----------------	--------------	-------------------	---------------	---------------	-----------------	----------------	------------------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2018 yılı incelendiğinde en fazla görülen uçak tipinin Boeing firmasına ait olan uçaklar olduğu görülmektedir. Bunlar toplam 1.525 LTO sayısının 982' sini oluşturmaktadır. Sonuç olarak bu uçaklar toplam LTO sayısında büyük bir pay oluşturup emisyon miktarlarında önemli bir katkıya sahiptir. Uçak bazında ise A306 tipi ilk sırada olup tüm emisyon türlerinde ve yakıt tüketimi miktarında en fazla paya sahiptir.

Tablo 34. Sabiha Gökçen Havalimanı 2019 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
B77W	1	8.100	0,07	0,3	8.181	53	13	0,59	2,56	2.560
A300	47	256.150	5,64	9,4	258.799	1.215	696	52,64	80,84	80.840
A306	94	742.600	141	18,8	751.530	3.854	4.700	1410	235	235.000
A30B	7	55.300	10,5	1,4	55.965	287	350	105	17,5	17.500
A320	4	9.760	0,24	0,4	9.873	36	25	2,04	3,08	3.080
A332	252	1.776.600	32,76	50,4	1.790.873	8.964	4.082	289,8	561,96	561.960
AN12	6	47.400	9	1,2	47.970	246	300	90	15	15.000
AN26	13	102.700	19,5	2,6	103.935	533	650	195	32,5	32.500
B733	1	2.480	0,08	0,1	2.509	7	13	0,75	0,78	780
B734	7	17.360	0,56	0,7	17.561	50	91	5,25	5,46	5.460
B735	8	19.840	0,64	0,8	20.070	58	104	6	6,24	6.240
B744	98	1.003.520	21,56	29,4	1.011.915	4.202	2.619	197,96	317,52	317.520
B748	16	126.400	24	3,2	127.920	656	800	240	40	40.000
B762	587	2.711.940	193,71	58,7	2.732.919	13.947	8.688	1755,13	857,02	857.020
IL76	11	86.900	16,5	2,2	87.945	451	550	165	27,5	27.500
SF34	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500
Bilinmeyen (boş)	6	47.400	9	1,2	47.970	246	300	90	15	15.000

Toplam	1.161	7.038.150	489,26	181,4	7.099.920	34.928	24.130	4650,16	2225,46	2.225.460
---------------	--------------	------------------	---------------	--------------	------------------	---------------	---------------	----------------	----------------	------------------

*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

2019’ da 5 adet Airbus, 7 adet Boeing, 2 adet Antonov ve IL76 ve SF34 tipi uçakların iniş-kalkış gerçekleştirdiği görülmektedir. LTO sayıları incelendiğinde toplamda en fazla paya sahip olan Boeing ailesinin uçaklarıdır. Bunlar içinde en fazla LTO’ ya sahip olan ise B762 tipi olup emisyon faktörleri neredeyse tüm emisyon türlerinde diğer uçaklara göre daha düşük olmasına rağmen yüksek LTO sayısı bu uçağın tüm emisyon türlerinde ve yakıt tüketimi miktarında en fazla paya sahip olmasına neden olmuştur. Boeing ve Airbus ailesi dışındaki diğer üç tip uçağın ise toplam 33 LTO sayısı olup toplam CO₂ eşdeğer emisyonu miktarında az bir paya sahip oldukları görülmektedir.

Tablo 35. Sabiha Gökçen Havalimanı 2020 Yılı Emisyon Değerleri

Uçak Tipi	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/kg
A21N	244	736.880	34,16	24,4	744.302	4.080	1.842	309,88	234,24	234.240
A300	132	719.400	15,84	26,4	726.840	3.414	1.954	147,84	227,04	227.040
A306	114	900.600	171	22,8	911.430	4.674	5.700	1710	285	285.000
A30B	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
A319	2	4.620	0,12	0,2	4.676	17	13	1,08	1,46	1.460
A320	10	24.400	0,6	1	24.682	90	62	5,1	7,7	7.700
A321	118	356.360	16,52	11,8	359.950	1.973	891	149,86	113,28	113.280
A332	103	726.150	13,39	20,6	731.984	3.664	1.669	118,45	229,69	229.690
AN26	2	15.800	3	0,4	15.990	82	100	30	5	5.000
B734	36	89.280	2,88	3,6	90.315	259	469	27	28,08	28.080
B737	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
B738	6	16.680	0,42	0,6	16.851	74	42	3,9	5,28	5.280
B739	1	2.780	0,07	0,1	2.808	12	7	0,65	0,88	880
B744	11	112.640	2,42	3,3	113.582	472	294	22,22	35,64	35.640
B748	1	7.900	1,5	0,2	7.995	41	50	15	2,5	2.500
B757	18	142.200	27	3,6	143.910	738	900	270	45	45.000
B762	487	2.249.940	160,71	48,7	2.267.345	11.571	7.208	1456,13	711,02	711.020
B763	2	11.220	0,24	0,4	11.333	56	29	2,14	3,54	3.560
B77L	1	8.100	0,07	0,3	8.181	53	13	0,59	2,56	2.560
B77W	1	8.100	0,07	0,3	8.181	53	13	0,59	2,56	2.560
F50	14	110.600	21	2,8	111.930	574	700	210	35	35.000
F900	5	39.500	7,5	1	39.975	205	250	75	12,5	12.500
GLF4	30	64.800	4,2	3	65.713	169	266	36,9	20,4	20.400
IL76	3	23.700	4,5	0,6	23.985	123	150	45	7,5	7.500

Toplam	1.344	6.395.350	491,71	176,7	6.455.943	32.516	22.771	4682,33	2023,37	2.023.390
---------------	--------------	------------------	---------------	--------------	------------------	---------------	---------------	----------------	----------------	------------------

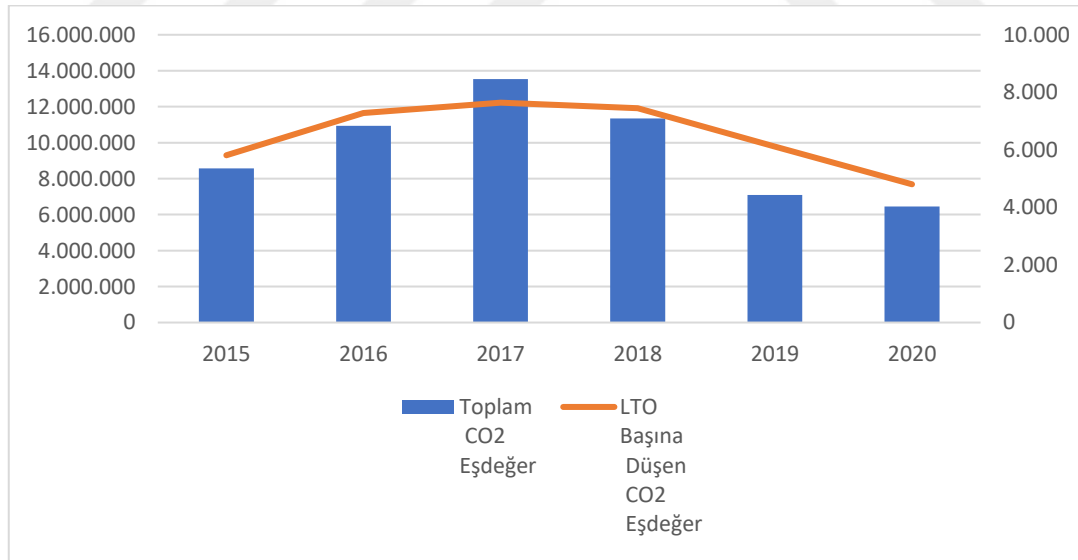
*Koyu renk ile gösterilen uçak tipleri için emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri IPCC (1997) kılavuzundaki ortalama değerlerden alınmıştır.

Bu yılda en fazla CO₂ eşdeğerinin B762 tipi uçaktan meydana geldiği görülmektedir. Yine bir önceki yıla benzer şekilde en fazla LTO payına sahip olan uçakların Boeing ve Airbus ailesinin uçakları olduğu görülmektedir. Bunların içinde ilk sırada yine B762 tipi uçağın yer aldığı ve LTO sayısının fazla olmasının emisyon miktarlarının fazla olmasında etkili olduğu görülmektedir.

Tablo 36. Sabiha Gökçen Havalimanı Yıllık Değişim Tablosu

Yıl	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Toplam CO ₂ Eşdeğer	LTO Başına Düşen CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi /kg
2015	1.474	8.481.390	908	232	8.568.182	5.813	40.434	39.249	8.905	2.682	2.682.240
2016	1.502	10.825.660	1.309	292	10.939.603	7.283	53.332	51.878	12.947	3.424	3.424.490
2017	1.771	13.387.860	1.699	361	13.531.020	7.640	67.501	65.251	16.865	4.235	4.235.970
2018	1.525	11.230.770	1.473	295	11.350.267	7.443	56.208	55.704	14.589	3.553	3.553.340
2019	1.161	7.038.150	489	181	7.099.920	6.115	34.928	24.130	4.650	2.225	2.225.460
2020	1.344	6.395.350	492	177	6.455.943	4.804	32.516	22.771	4.682	2.023	2.023.390

Sabiha Gökçen Havalimanı yıllar bazında incelendiğinde ilk olarak LTO sayılarının dalgalanmalı bir şekilde artışlar ve azalışlar gösterdiği görülmektedir. En az LTO sayısının 2019 yılında en fazla LTO sayısının ise 2017 yılında olduğu görülmektedir. Tüm emisyon türlerinde ve yakıt tüketimi miktarında da dalgalanmalı olarak artış ve azalışların gerçekleştiği görülmektedir. En fazla toplam CO₂ eşdeğer 2017 yılında en az toplam CO₂ eşdeğer ise 2020 yılında meydana gelmiştir.

**Şekil 7.** Sabiha Gökçen Havalimanı Yıllık Emisyon Değişim Grafiği

Grafik incelendiğinde toplam CO₂ eşdeğer emisyonlarının 2015-2017 yılları arasında sürekli bir artış gösterdiği, 2018-2020 yılları arasında ise azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. LTO başına düşen CO₂ eşdeğerinin de aynı şekilde 2015-2017

yılları arasında artış gösterdiği 2018 yılından itibaren azalma eğiliminde olduğu görülmektedir.

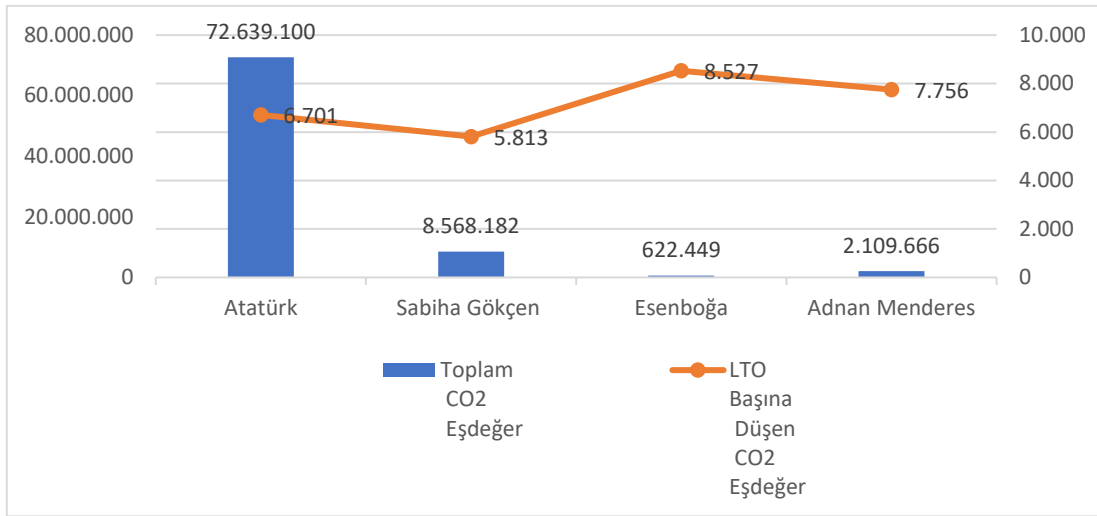
4.6.6.Havalimanlarının Karşılaştırılması

Aşağıda hesaplamaları yapılan beş havalimanının yıllık olarak karşılaştırma tabloları sunulmuştur. 2018' in ekim ayında açılmış olan İstanbul Havalimanı 2015-2018 arasında olmayıp 2019 ve 2020 yılları için tablolara dahil olmuştur.

Tablo 37. Havalimanları 2015 Yılı Emisyon Değerleri Karşılaştırması

Havaalanı	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Toplam CO ₂ Eşdeğer	LTO Başına Düşen CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/ kg
Atatürk	10.840	71.886.590	6.736	2.128	72.639.100	6.701	353.193	306.060	65.079	22.752	22.751.670
Sabiha Gökçen	1.474	8.481.390	908	232	8.568.182	5.813	40.434	39.249	8.905	2.682	2.682.240
Esenboğa	73	615.380	88	17	622.449	8.527	3.048	3.349	859	195	194.750
Adnan Menderes	272	2.084.680	386	54	2.109.666	7.756	10.756	13.006	3.856	660	659.710
Toplam	12.659	83.068.040	8.118	2.430	83.939.397	6.631	407.432	361.665	78.700	26.288	26.288.370

Dört havalimanının 2015 yılı değerleri incelendiğinde en çok uçak trafiğinin yaşandığı havalimanı 10.840 LTO sayısı ile Atatürk Havalimanı olmuş, en az LTO sayısı ise Esenboğa' da gerçekleşmiştir. Atatürk Havalimanı toplam CO₂ eşdeğer emisyonlarında ve diğer tüm emisyon türleri ve yakıt tüketiminde ilk sırada yer almaktadır. Diğer havalimanlarından LTO sayısı bakımından büyük bir farkla önde olmasının bu durum üzerinde etkili olduğu görülmektedir. LTO Başına Düşen CO₂ Eşdeğerinde ise en yüksek miktar Esenboğa' ya ait olup bunun sebebi de Esenboğa' nın en az LTO sayısına sahip havalimanı olmasıdır. Az miktardaki uçak trafiğine paralel olarak en az yakıt tüketimi Esenboğa Havalimanı' nda gerçekleşmiştir.



Şekil 8. 2015 Yılı Havalimanları Emisyon Değerleri Karşılaştırma Grafiği

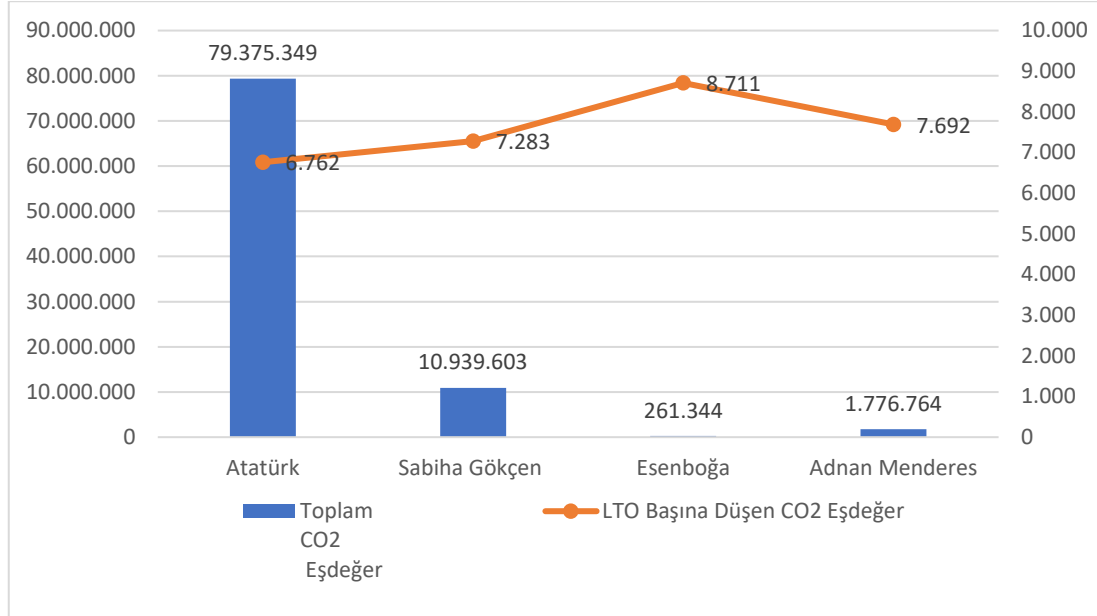
2015 yılı havalimanları toplam CO₂ eşdeğer ve LTO başına düşen CO₂ eşdeğer emisyonları şekil 8’ de gösterilmiştir. Burada toplam CO₂ eşdeğer en fazla Atatürk Havalimanı’ nda görülürken LTO başına düşen CO₂ eşdeğer en fazla Esenboğa Havalimanı’ nda görülmektedir. Diğer havalimanları ile karşılaştırıldığında Esenboğa Havalimanı’ nın çok az miktarda toplam CO₂ eşdeğer emisyonu meydana getirdiği görülmektedir.

Tablo 38. Havalimanları 2016 Yılı Emisyon Değerleri Karşılaştırması

Havaalanı	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Toplam CO ₂ Eşdeğer	LTO Başına Düşen CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/ kg
Atatürk	11.739	78.567.130	6.896	2.321	79.375.349	6.762	386.228	322.317	66.499	24.865	24.865.350
Sabiha Gökçen	1.502	10.825.660	1.309	292	10.939.603	7.283	53.332	51.878	12.947	3.424	3.424.490
Esenboğa	30	258.170	40	8	261.344	8.711	1.256	1.557	379	82	81.710
Adnan Menderes	231	1.755.700	325	45	1.776.764	7.692	9.057	10.945	3.252	556	555.610
Toplam	13.502	91.406.660	8.569	2.666	92.353.059	6.840	449.873	386.697	83.076	28.927	28.927.160

2016 yılında da bir önceki yıldaki gibi en fazla LTO sayısı Atatürk Havalimanı’ nda görülmüş olup toplam CO₂ eşdeğeri en fazla burada meydana gelmiştir. En az emisyon miktarları ve en az yakıt tüketimi payı ise 30 LTO sayısına sahip olan

Esenboğa Havalimanı' na aittir. 28.927.160 kg/yıl olarak gerçekleşen toplam yakıt tüketimi miktarında en fazla pay da Atatürk Havalimanı' na aittir.



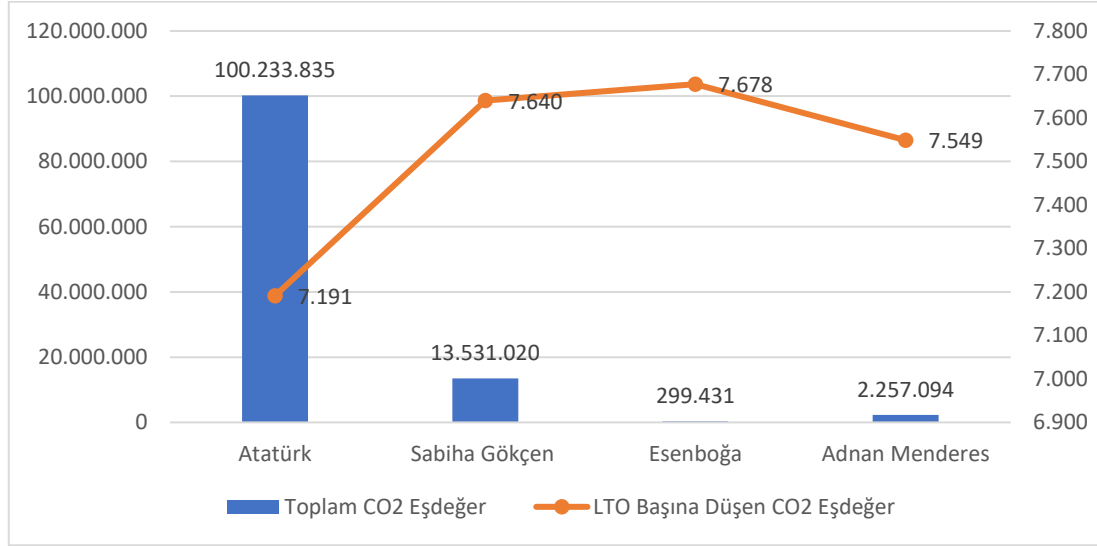
Şekil 9. 2016 Yılı Havalimanları Emisyon Değerleri Karşılaştırma Grafiği

2016 yılı karşılaştırma grafiği incelendiğinde en fazla toplam CO₂ eşdeğerin Atatürk Havalimanı' nda en fazla LTO başına düşen CO₂ eşdeğerin ise Esenboğa Havalimanı' nda olduğu görülmektedir. Grafikten görüldüğü üzere Atatürk Havalimanı' nın toplam CO₂ eşdeğer emisyonundaki payı diğer havalimanlarından çok daha yüksektir. Toplam CO₂ eşdeğer emisyonunda en az pay ise Esenboğa Havalimanı' na aittir.

Tablo 39. Havalimanları 2017 Yılı Emisyon Değerleri Karşılaştırması

Havaalanı	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Toplam CO ₂ Eşdeğer	LTO Başına Düşen CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi/ kg
Atatürk	13.938	99.219.630	9.182	2.857	100.233.835	7.191	491.391	413.239	89.217	31.400	31.400.430
Sabiha Gökçen	1.771	13.387.860	1.699	361	13.531.020	7.640	67.501	65.251	16.865	4.235	4.235.970
Esenboğa	39	296.210	36	8	299.431	7.678	1.533	1.410	363	94	93.720
Adnan Menderes	299	2.231.220	340	62	2.257.094	7.549	11.273	12.380	3.364	706	706.170
Toplam	16.047	115.134.920	11.258	3.288	116.321.379	7.249	571.698	492.280	109.808	36.436	36.436.290

Bu yılda tüm havalimanlarından toplam 116.321.379 kg/yıl CO₂ eşdeğer emisyonu meydana gelmiş olup bunlarda en fazla paya sahip olan Atatürk Havalimanı olmuştur. En az LTO sayısı yine Esenboğa Havalimanı'nda olup en az yakıt tüketimi bu havalimanında gerçekleşmiştir.



Şekil 10. 2017 Yılı Havalimanları Emisyon Değerleri Karşılaştırma Grafiği

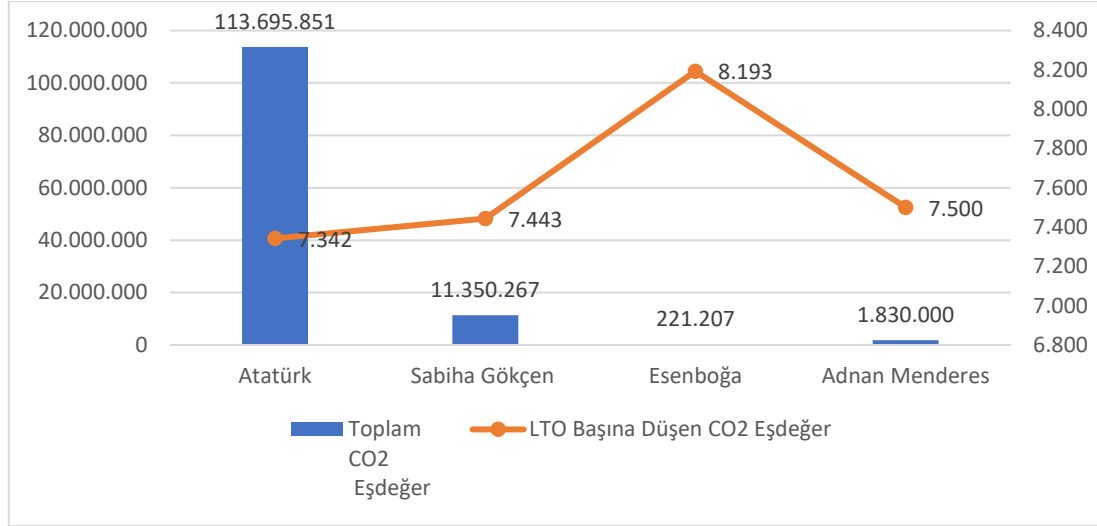
2017 yılına bakıldığında yine en fazla toplam CO₂ eşdeğerin Atatürk Havalimanı'nda olduğu en fazla LTO başına düşen CO₂ eşdeğerin ise Esenboğa Havalimanı'nda olduğu görülmektedir.

Tablo 40. Havalimanları 2018 Yılı Emisyon Değerleri Karşılaştırması

Havaalanı	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Toplam CO ₂ Eşdeğer	LTO Başına Düşen CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi /kg
Atatürk	15.485	112.560.560	8.686	3.366	113.695.851	7.342	565.639	428.342	83.327	35.619	35.618.650
Sabiha Gökçen	1.525	11.230.770	1.473	295	11.350.267	7.443	56.208	55.704	14.589	3.553	3.553.340
Esenboğa	27	218.590	38	6	221.207	8.193	1.099	1.331	372	69	69.180
Adnan Menderes	244	1.808.400	287	51	1.830.000	7.500	8.917	10.447	2.825	572	572.450
Toplam	17.281	125.818.320	10.483	3.719	127.097.324	7.355	631.862	495.824	101.113	39.813	39.813.620

2018' de aynı şekilde Atatürk Havalimanı' nın en yüksek LTO sayısına sahip olduğu ve LTO başına düşen CO₂ eşdeğer hariç tüm değerlerde ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Gerçekleşen yüksek LTO sayılarına bağlı olarak oluşan en yüksek yakıt

tüketimi miktarlarının CO₂ emisyonlarının en fazla bu havalimanında meydana gelmesine neden olduğu görülmektedir.



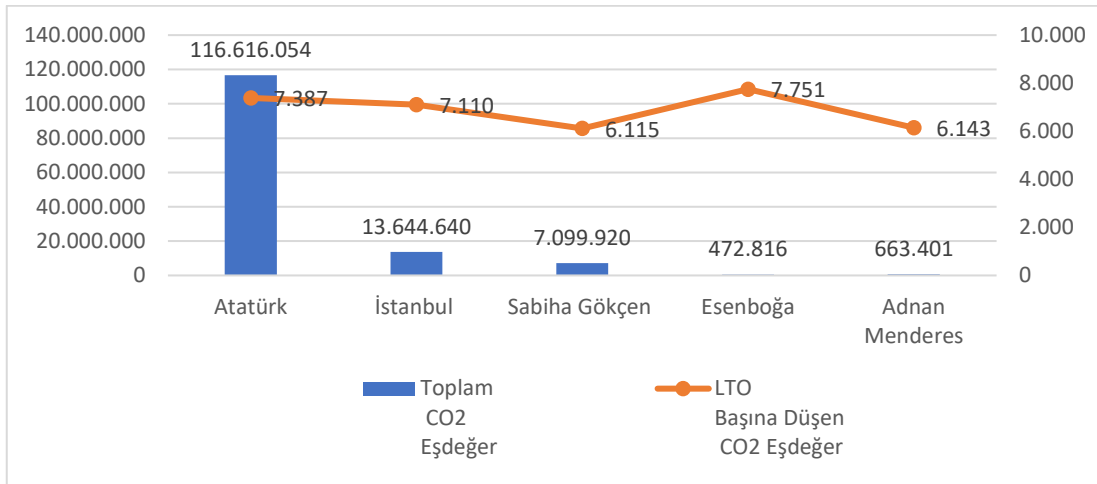
Şekil 11. 2018 Yılı Havalimanları Emisyon Değerleri Karşılaştırma Grafiği

2018 yılında toplam CO₂ eşdeğer en fazla Atatürk Havalimanı'nda, en az ise Esenboğa Havalimanı'nda meydana gelmiştir. LTO başına düşen CO₂ eşdeğer ise en fazla Esenboğa Havalimanı'nda, en az ise Atatürk Havalimanı'nda meydana gelmiştir.

Tablo 41. Havalimanları 2019 Yılı Emisyon Değerleri Karşılaştırması

Havaalanı	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Toplam CO ₂ Eşdeğer	LTO Başına Düşen CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi /kg
Atatürk	15.787	115.453.940	7.494	3.594	116.616.054	7.387	583.950	407.254	70.997	36.528	36.527.590
İstanbul	1.919	13.512.120	1.037	391	13.644.640	7.110	67.775	50.590	10.176	4.274	4.273.950
Sabiha Gökçen	1.161	7.038.150	489	181	7.099.920	6.115	34.928	24.130	4.650	2.225	2.225.460
Esenboğa	61	467.570	64	13	472.816	7.751	2.456	2.358	640	148	148.000
Adnan Menderes	108	656.250	46	22	663.401	6.143	3.123	2.532	423	208	207.800
Toplam	19.036	137.128.030	9.131	4.201	138.496.832	7.276	692.233	486.865	86.886	43.382	43.382.800

2019 yılında İstanbul Havalimanı açılmasına rağmen Atatürk Havalimanı'nın hala kargo taşımacılığı için kullanılmasının etkisiyle Atatürk Havalimanı bu yılda da en fazla LTO'ya sahip havalimanı olmuştur. En yüksek emisyon değerleri ve en yüksek yakıt tüketimi miktarı burada görülmektedir. En fazla LTO başına CO₂ eşdeğer ise en az LTO'ya sahip Esenboğa Havalimanı'nda görülmektedir.



Şekil 12. 2019 Yılı Havalimanları Emisyon Değerleri Karşılaştırma Grafiği

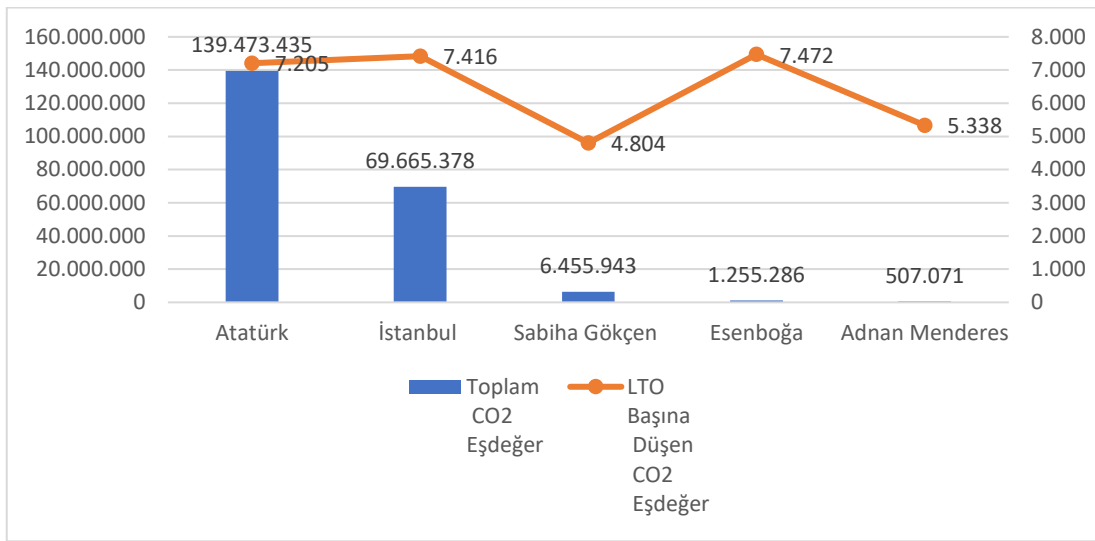
2019 yılında en fazla toplam CO₂ eşdeğer Atatürk Havalimanı'nda en az toplam CO₂ eşdeğer ise Esenboğa Havalimanı'nda meydana gelmiştir. LTO başına düşen CO₂ eşdeğer ise en fazla Esenboğa Havalimanı'nda en az ise Sabiha Gökçen Havalimanı'nda meydana gelmiştir.

Tablo 42. Havalimanları 2020 Yılı Emisyon Değerleri Karşılaştırması

Havaalanı	LTO Sayısı	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Toplam CO ₂ Eşdeğer	LTO Başına Düşen CO ₂ Eşdeğer	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	Yakıt Tüketimi /kg
Atatürk	19.358	138.105.960	7.011	4.420	139.473.435	7.205	733.223	419.486	66.639	43.683	43.682.950
İstanbul	9.394	68.981.170	2.984	2.267	69.665.378	7.416	397.367	185.200	28.851	21.810	21.811.200
Sabiha Gökçen	1.344	6.395.350	492	177	6.455.943	4.804	32.516	22.771	4.682	2.023	2.023.390
Esenboğa	168	1.242.460	123	35	1.255.286	7.472	6.436	5.231	1.211	393	393.080
Adnan Menderes	95	500.890	47	18	507.071	5.338	2.386	2.302	427	159	158.670
Toplam	30.359	215.225.830	10.657	6.917	217.357.114	7.160	1.171.929	634.990	101.810	68.068	68.069.290

2020 yılında İstanbul Havalimanı'nın LTO sayısı bir önceki yıla göre artmış olsa da yine bu yılda da en fazla LTO sayısı Atatürk Havalimanı'na aittir. Gerçekleşen yüksek LTO sayıları dolayısıyla en yüksek yakıt tüketimi miktarı oluşmuş buna bağlı

olarak da en fazla CO₂ emisyonu Atatürk Havalimanı'nda meydana gelmiştir. En az LTO sayısının ise diğer beş yıldan farklı bir şekilde Adnan Menderes Havalimanı'nda olduğu görülmektedir. En az yakıt tüketimi Adnan Menderes Havalimanı'nda gerçekleşmiş olup buna bağlı olarak da en az CO₂ emisyonu burada meydana gelmiştir. Sonuç olarak tüm yıllarda olduğu gibi bu yılda da toplam CO₂ eşdeğer emisyonunda en büyük pay Atatürk Havalimanı'na aittir. En az toplam CO₂ eşdeğer emisyonu ise diğer beş yıldan farklı bir şekilde Adnan Menderes Havalimanı'nda meydana gelmiştir.



Şekil 13. 2020 Yılı Havalimanları Emisyon Değerleri Karşılaştırma Grafiği

Son olarak 2020 yılında toplam CO₂ eşdeğer emisyonu en fazla Atatürk Havalimanı'nda en az ise Adnan Menderes Havalimanı'nda meydana gelmiştir. LTO sayılarının düşük olmasına bağlı olarak en fazla LTO başına düşen CO₂ eşdeğeri ise Esenboğa Havalimanı'nda görülmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyanın ikliminde yaşanan doğal değişime ek olarak insan faaliyetlerinin bu değişim üzerindeki etkisinin özellikle Sanayi Devrimi'nden bu yana hızlı bir şekilde artış göstermesi hükümetleri gerekli önlemleri almaya zorlamakta ve bu konu üzerindeki hassasiyetler artmaktadır. Artan nüfusla birlikte çoğalan insan ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik ısınma, ulaşım, endüstriyel faaliyetler, enerji üretimi gibi alanlarda genellikle fosil kökenli yakıtların kullanılması hava kirliliğine neden olmakta ve iklim değişikliği üzerinde önemli rol oynamaktadır. Oluşan hava kirliliğinde en çok paya sahip olan sektörlerin başında kullanılan fosil yakıtlar nedeniyle ulaşım sektörü gelmektedir. Ulaşım türleri arasında ise küresel ticaretin önem kazanmasıyla ön plana çıkan hava yolu taşımacılığı son yıllarda hızlı bir gelişim göstermektedir. Uçaklarda kullanılan jet yakıtının içeriğindeki karbon nedeniyle LTO ve seyir aşamaları esnasında salınan gazlar atmosferin doğal içeriğini bozarak küresel sıcaklıkların artmasına neden olmaktadır. Hava taşımacılığının gelişimine paralel olarak artan uçak trafiği havacılık kaynaklı sera gazı emisyon miktarlarının artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle uçaklardan kaynaklanan çevresel etkilerin azaltılabilmesi için bu sera gazı emisyonlarının hesaplanarak gerekli azaltım önlemlerinin alınması gerekmektedir.

Bu çalışmada Türkiye' de hava kargo trafiğinin yoğun olarak yaşandığı beş havalimanında (Sabiha Gökçen, Atatürk, İstanbul, Adnan Menderes ve Esenboğa) 2015-2020 yılları arasında uçakların LTO esnasında meydana getirdiği sera gazı emisyonları hesaplanmış ve daha sonra sonuçlar karşılaştırmalı olarak analiz edilerek yorumlanmıştır.

Emisyon hesaplamaları yapılan beş havalimanında en fazla LTO gerçekleştiren uçak tipleri incelenmiştir. Buna göre Adnan Menderes Havalimanı'nda en fazla LTO'ya sahip olan uçakların SW4 ve A310 tipleri olduğu görülmektedir. Esenboğa Havalimanı incelendiğinde ise IL76, B742, AN12, A332 tipleri en fazla görülen uçaklar olmuştur. Atatürk Havalimanı'nda tüm yıllarda en fazla LTO'ya sahip uçağın A332 tipi olduğu görülmektedir. Sabiha Gökçen Havalimanı'nda en fazla LTO sayısı B762, A306 ve B744 tipi uçaklara aittir. İstanbul Havalimanı'nda ise en fazla LTO sayısının A332 ve B77W tipi uçaklarına ait olduğu tespit edilmiştir.

Sonuçlar genel olarak incelendiğinde bir uçağın emisyon miktarının yüksek çıkmasında bazı durumlarda emisyon faktörünün bazı durumlarda ise LTO sayısının belirleyici olduğu görülmektedir. Adnan Menderes Havalimanı 2015 yılı hesaplamalarında SW4 tipi uçağın emisyon faktörünün B742 ve B744 uçaklarından daha düşük olmasına rağmen LTO sayısının bu uçaklardan çok daha yüksek olması bu uçağın CO₂ emisyon miktarının en yüksek olmasına neden olmuştur. Esenboğa Havalimanı 2020 örneğinde ise IL76 tipi uçağın A332 tipi uçaktan daha az LTO sayısına sahip olmasına rağmen CO ve NMVOC emisyon faktörlerinin A332’ den çok daha yüksek olması IL76’ nın bu emisyon türlerinde daha fazla salınım gerçekleştirmesinde etkili olmuştur. Burada belirleyici olanın emisyon faktörü olduğu görülmektedir.

Genel olarak bakıldığında 2015-2020 yılları arasında tüm havalimanlarında toplamda 775.565.105 kg CO₂ eşdeğer emisyonu meydana gelmiştir. Tüm yıllarda en fazla LTO sayısı ve en fazla Toplam CO₂ Eşdeğer emisyonuna sahip olan havalimanı Atatürk Havalimanı’ dır. En az LTO sayısı ve en az Toplam CO₂ Eşdeğer emisyonu ise 2015-2019 yıllarında Esenboğa Havalimanı’ nda, 2020 yılında Adnan Menderes Havalimanı’ nda görülmektedir. LTO Başına Düşen CO₂ Eşdeğer miktarının 2016, 2017 ve 2018 yıllarında Atatürk Havalimanı’ nda; 2015, 2019 ve 2020 yıllarında ise Sabiha Gökçen Havalimanı’ nda en az olduğu görülmektedir.

2015-2020 yılları arasında toplamda 87.147 LTO sayısı ile en yoğun uçak trafiğinin yaşandığı havalimanı Atatürk Havalimanı olmuştur. Tüm yıllarda toplam CO₂ eşdeğerinde ve diğer tüm emisyon türleri ve yakıt tüketimi miktarında Atatürk Havalimanı ilk sırada yer almaktadır. Bu havalimanında toplam 622.033.623 kg CO₂ eşdeğer emisyon meydana gelmiştir. Yüksek LTO sayılarına bağlı olarak en fazla yakıt tüketimlerinin burada gerçekleşmesi Atatürk Havalimanı’ nın CO₂ emisyonlarında en büyük paya sahip olan havalimanı olmasına neden olmuştur.

Atatürk Havalimanı’ nda tüm yıllarda artış gösteren LTO sayıları (uçak trafiği) ile birlikte Toplam CO₂ Eşdeğer miktarı 2015-2020 yılları arasında sürekli artmıştır. 2019 yılında İstanbul Havalimanı açılmış olmasına rağmen Atatürk Havalimanı’ nın LTO sayıları (uçak trafiği) ve Toplam CO₂ Eşdeğerinde azalma olmayıp aksine artış meydana gelmiştir. Bu durumda, Atatürk Havalimanı’ nın 2022 yılına kadar kargo

uçuşlarına hizmet vermeye devam etmesinin etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca 2020 yılının mart ayında yaşanan COVID-19 pandemisine rağmen Adnan Menderes Havalimanı hariç tüm havalimanlarında 2020 yılında uçak trafiğindeki artışlar devam etmiştir. Dolayısıyla genel olarak emisyonlar artmaya devam etmiştir. Bu durumda kargo trafiğinin pandemiden yolcu trafiğine göre daha az etkilenmesi, kargo taşımacılığindeki toparlanmanın daha hızlı gerçekleşebilmesi, bu dönemde yolcu uçaklarının kargo amaçlı olarak uçuşlar gerçekleştirmesinin etkili olduğu düşünülmektedir.

2022 yılından itibaren Atatürk Havalimanı'ndaki kargo tesisleri yeni açılan İstanbul Havalimanı'na taşınmıştır. İstanbul Havalimanı'nın 2019-2020 arasındaki trafik artışı ve emisyonların artışı yoğunluğun yavaş yavaş İstanbul Havalimanı'na kaydığını göstermektedir. Atatürk Havalimanı'nın tamamen kapanması ile de emisyon miktarlarında İstanbul Havalimanı'nın sahip olduğu büyük kargo tesisleri ile çok büyük payı olacağı beklenmektedir. Bu nedenle öncelikli olarak İstanbul Havalimanı'nda sera gazı emisyonlarını azaltıcı önlemlerin alınması ve gerekli denetlemelerin yapılması gerekmektedir.

Şekertekin (2017) tarafından yapılan Türkiye'de aktarmasız iç hat uçuşlarının meydana getirdiği emisyonların hesaplandığı çalışmada en çok emisyon miktarlarının İstanbul ve Ankara kentlerinde görüldüğü bulgusuna ulaşılmıştır. Bu tez çalışmasında ise incelenen beş havalimanı içerisinde emisyon miktarlarında en çok paya sahip olan havalimanlarının Atatürk Havalimanı, Sabiha Gökçen Havalimanı ve İstanbul Havalimanı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kumaş vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada ise Muğla Havalimanı'nın 2017 yılı karbon ayak izinin belirlenmesi amaçlanmış ve buna yönelik olarak CO₂ emisyon hesaplamaları yapılmıştır. Çalışmada yakıt tüketimi ve CO₂ emisyonlarının doğru orantılı olarak artış gösterdiği sonucuna ulaşılmış, en fazla emisyonun temmuz ve ağustosta, Boeing-737 tipi uçaktan kaynaklandığı görülmüştür. Bu tez çalışmasında da ilgili havalimanlarının emisyon hesaplamaları sonucunda yakıt tüketiminde meydana gelen artışların CO₂ emisyon miktarlarını arttırdığı sonucuna ulaşılmış olup en fazla toplam CO₂ eşdeğer emisyonunun Atatürk, Esenboğa ve İstanbul Havalimanlarında 2020 yılında, Sabiha Gökçen ve Adnan Menderes Havalimanlarında ise 2017 yılında meydana geldiği

görülmüştür. En fazla CO₂ eşdeğer emisyonunun A332, A306, SW4 ve B77W tipi uçaklardan kaynaklandığı görülmüştür. Aydın vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada Türkiye’ de hava kargo trafiği sera gazı emisyonları açısından değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda kargo trafiğinde meydana gelen %1’lik bir artışın sera gazı emisyon miktarlarında %0.38 oranında bir yükselişe yol açtığı belirtilmiştir. Bu tez çalışmasında da Sabiha Gökçen Havalimanı 2019-2020 yılları arası hariç tüm havalimanlarında uçak trafiği arttıkça toplam CO₂ eşdeğer emisyonlarının da arttığı tespit edilmiştir.

Elde edilen bulgulardan yola çıkılarak LTO sayısının artışıyla paralel bir şekilde artan yakıt tüketimleri sonucunda emisyon miktarlarının da arttığı görülmüştür. Hava taşımacılığının önümüzdeki yıllarda da artış göstermeye devam edeceğine dair öngörüler göz önünde bulundurulursa havacılık faaliyetlerinin çevresel etkilerinin azaltılması için gerekli önlemlerin alınması önem arz etmektedir.

Öncelikle uçak üreticilerinin daha verimli çalışan motor üretimleri gerçekleştirmeleri ve uçaklarda çevre dostu yakıtların kullanılmasının artan uçak trafiğine rağmen emisyon miktarlarını azaltmada etkili olabileceği düşünülmektedir. Buna ek olarak havalimanı operasyonlarında daha etkili bir hava trafik kontrol yönetimi LTO esnasında oluşan emisyon miktarlarının azalmasında etkili olabilecektir. Doğru uçuş planlamaları yapılması ve uçakların tam kapasite olarak kalkış gerçekleştirmeleri ile daha az uçak hareketi meydana gelmesi sonucunda yakıt tüketimlerinin azaltılması da uçakların oluşturduğu emisyonlar üzerinde azaltıcı bir etki yapacaktır.

(Turan, 2020), uçakların daha az taksi süresi gerçekleştirmesine imkan verecek buna ek olarak uçağın kalkışa kadar yerdeki hareketinde motor çalıştırmadan ilerlemesini sağlayacak emisyon sıfır veya düşük emisyonlu yeni teknolojik araçların havalimanlarında kullanımının emisyonların azaltılmasında etkili olabileceğini vurgulamıştır. Ayrıca Postorino vd., (2019) tarafından ulaşılan uçağın tek motor çalışır durumda taksi yapmasının yakıt tüketimi ve emisyonlarda %25 oranında düşüş sağladığı bulgusunun havalimanlarının yeşil havalimanı unvanı elde etmeleri konusunda operasyonlarında uygulamaları gerekebileceğini belirtmiştir.

Havacılık sektörünün meydana getirdiği emisyonları azaltma konusunda kamu kurumlarının uygulayacağı politikalar da önem arz etmektedir. DHMİ' nin başlatmış olduğu Karbonsuz Havalimanı projesi, SHGM' nin Yeşil Havaalanı projesi gibi çevre politikalarının havalimanlarında doğru bir şekilde uygulanması için gerekli kontrol ve denetlemelerin yapılması gerekmektedir. Ayrıca hava yolu şirketleri sürdürülebilir havacılık yakıtı kullanılması konusunda teşvik edilmelidir.

Hava yolu şirketlerinin filolarına yeni uçaklar eklerken verimli motorlara sahip yeni nesil ve çevre dostu uçakları tercih etmelerinin havacılığın çevresel etkilerinin azaltılması konusunda faydalı olabileceği düşünülmektedir. Dünya örneklerine bakıldığında tamamen çevreci bir anlayışla inşa edilen ekolojik havalimanlarının bulunduğu görülmektedir. Ülkemizde de uçakların meydana getirdiği emisyonların azaltılması için havalimanı çevresi ağaçlandırılabilir. Buna ek olarak havalimanı binalarının ısı yalıtımlı yapılması, hem havalimanının tasarım aşamasında hem de bakım onarım gibi faaliyetlerde daha düşük karbon emisyonu sağlayacak malzemelerin tercih edilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, yakıt tasarrufu sağlayan sürdürülebilir taksileme işlemi gibi uygulamalar dünyadaki sürdürülebilirlik konusunda önde gelen havalimanlarında gerçekleştirilen uygulamalar olup ülkemizde de bu uygulamaların hayata geçirilmesinin uçakların meydana getirdiği sera gazı emisyonlarını azaltmada etkili olabileceği düşünülmektedir.

Emisyon hesaplamalarında kullanılan uçak tipleri için emisyon faktörleri IPCC kılavuzlarında sunulmaktadır. Ancak bazı uçak tiplerinin bu kılavuzlarda yer almaması sonucunda daha genel hesaplamalar yapılabilmektedir. Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmalar için daha kesin sonuçlara ulaşılabilecek yöntemlerin geliştirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Akoğlu, B., & Fidan, Y. (2020, Haziran 30). Dünyada Hava Kargo Taşımacılığı Pazarı ve Türkiye' nin Yeri. *Ekonomi, İşletme ve Yönetim Dergisi*, 4(1), s. 30-51. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jebm/issue/55609/739226> adresinden alındı
- Atabey, T. (2013, Ekim). Karbon Ayak İzinin Hesaplanması: Diyarbakır Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. Türkiye: T.C. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. <https://openaccess.firat.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11508/17513/346227.pdf?sequence=1> adresinden alındı
- Aydın, A., Öztürk, E., & Akgül, G. (2021). Hava Kargo Yük Trafığının Sera Gazı Emisyonları Üzerindeki Etkisi: Türkiye Uygulaması. *Pearson Journal of Social Sciences & Humanities*, 6(13), s. 10-32. <https://www.pearsonjournal.com/index.php/pub/article/view/195> adresinden alındı
- Aydoğan, B. (2008, Ağustos). Biyodizel Kullanılan Dizel Motorlarda NOX Emisyonlarının ve NOX Emisyonları Azaltma Yöntemlerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Denizli, Türkiye: Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/241955> adresinden alındı
- Balık, F. M. (2015). Hava Kargo Taşımacılığı ve Türkiye' deki Gelişimini Etkileyen Faktörler. *Yüksek Lisans Tezi*. Afyonkarahisar, Türkiye: T.C. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim ve Organizasyon Anabilim Dalı. <https://acikerisim.aku.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11630/4942/tez.pdf?sequence=1&isAllowed=y> adresinden alındı
- Canarslanlar, A. O. (2015, Mart). Hava Trafik Yönetiminin Uçaklarda Yakıt Tüketimi ve Emisyona Olan Etkilerinin Gerçek Uçuş Verilerine Dayalı Analizi ve Bir Model Önerisi. *Doktora Tezi*. Türkiye: Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Hava Trafik Kontrol Anabilim Dalı. <https://earsiv.anadolu.edu.tr/xmlui/handle/11421/5206?locale-attribute=en> adresinden alındı
- Chao, C.-C. (2014). Assessment of Carbon Emission Costs for Air Cargo Transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 33, s. 186-195. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920914000698> adresinden alındı
- Cui, Q., Lei, Y., Li, Y., & Wanke, P. F. (2022, Eylül 16). Impacts of the COVID - 19 on all Aircraft Emissions of International Routes in South America. *iScience*, 25(9), s. 1-15. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589004222011373> adresinden alındı
- Çağatan, K. (2011, Haziran). İstanbul Atatürk Havalimanı İçin Uçak Emisyonlarının Belirlenmesi ve Çevresel Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*. Türkiye: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

<https://polen.itu.edu.tr:8443/server/api/core/bitstreams/31e81187-24d8-4b81-907c-a9959ac7cd85/content> adresinden alındı

- Çarıkçı, O., & Öçal, B. (2019). İç Hat Seferi Yapan Bir Kargo Uçağının Emisyon Maliyetlerinin Çevre Muhasebesi Açısından Değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 3(2), s. 324-337. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/823871> adresinden alındı
- Demirbilek, A., Öz, S., & Fidan, Y. (2018). Lojistik Performans Endeksi ve Hava Yolu Kargo Taşımacılığı İlişkisi: 2007-2016 Türkiye Örneği. *Ekonomi, İşletme ve Yönetim Dergisi*, 2(1), s. 1-24. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/493622> adresinden alındı
- Dündar, A. O. (2021, Temmuz). Türkiye' deki Büyükşehirlerin Karayolu Ulaşımı Kaynaklı Sera Gazı Emisyon Miktarının Karşılaştırmalı Analizi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(2), s. 318-337. [353379839_Turkiye'deki_Buyuksehirlerin_Karayolu_Ulasimi_Kaynakli_Sera_Gazi_Emisyon_Miktarinin_Karsilastirmali_Analizi_Comparative_Analysis_of_the_Greenhouse_Gas_Emissions_from_Road_Transport_in_The_Metropolitan](https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/353379839_Turkiye'deki_Buyuksehirlerin_Karayolu_Ulasimi_Kaynakli_Sera_Gazi_Emisyon_Miktarinin_Karsilastirmali_Analizi_Comparative_Analysis_of_the_Greenhouse_Gas_Emissions_from_Road_Transport_in_The_Metropolitan) adresinden alındı
- EASA. (2022). *European Aviation Environmental Report - 2022*. EASA. https://www.easa.europa.eu/eo/sites/default/files/2023-02/230217_EASA%20EAER%202022.pdf adresinden alındı
- FAA. (2015, Ocak). *Aviation Emissions, Impacts and Mitigation: A Primer*. faa.gov: https://www.faa.gov/regulations_policies/policy_guidance/envir_policy/media/primer_jan2015.pdf adresinden alındı
- Forsyth, P. (2011, Ocak). Environmental and financial sustainability of air transport: Are they incompatible? *Journal of Air Transport Management*, 17(1), s. 27-32. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096969971000092X> adresinden alındı
- Genç, R., & Behçet, R. (2022, haziran 20). Malatya Erhaç Havalimanını Kullanan Uçakların Çevresel Etkileri. *EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, 6(22), s. 437-449. <https://ejons.org/index.php/ejons/article/view/301/281> adresinden alındı
- Gillenwater, M., Van Pelt, M. M., & Peterson, K. (2002, April). Greenhouse Gases and Global Warmin Potential Values, Excerpt from the Inventory of U.S. Greenhouse Emissions and Sinks: 1990-2000 . *Belge*. U.S. Environmental Protection Agency . <https://cires.colorado.edu/outreach/sites/default/files/2020-03/Climate%20Resiliency%20HS4%20-%20Greenhouse%20Gases%20and%20Global%20Warming.pdf> adresinden alındı
- Gonzalez, R., & Hosoda, E. B. (2016, Ekim). Environmental Impact of Aircraft Emissions and Aviation Fuel Tax in Japan. *Journal of Air Transport Management*, 57, s. 234-240.

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969699716300412> adresinden alındı
- IATA. (2020). *Air Cargo Market Analysis*. <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-freight-monthly-analysis---october-2020/> adresinden alındı
- IPCC. (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Reference Manual. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6a.html> adresinden alındı
- IPCC. (1999). *IPCC Special Report Aviation and The Global Atmosphere Summary for Policymakers*. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/aviation-and-the-global-atmosphere-2/> adresinden alındı
- IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC. içinde Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> adresinden alındı
- IPCC. (2006a). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Overview. Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/0_Overview/V0_1_Overview.pdf adresinden alındı
- IPCC. (2006b). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - V2_Ch1-Introduction. IPCC. içinde Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html> adresinden alındı
- IPCC. (2006c, Nisan). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Mobile Combustion. IPCC. içinde Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html> adresinden alındı
- IPCC. (2015). *Climate Change 2014 Synthesis Report*. IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf adresinden alındı
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023 Synthesis Report*. IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf adresinden alındı
- Keskin, B. N., & Ercoşkun, Ö. Y. (2021, Nisan 30). Covid-19' un havacılık sektörüne çevresel etkisi: Adnan Menderes Havalimanı örneği. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 4(1), s. 74-86. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1577970> adresinden alındı
- Kumaş, K., İnan, O., Akyüz, A., & Güngör, A. (2019). Muğla Dalaman Havalimanı Uçaklardan Kaynaklanan Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 7(2), s. 291-297. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/683696> adresinden alındı

- Miyoshi, C., & Mason, K. (2009, Mayıs). The Carbon Emissions of Selected Airlines and Aircraft Types in Three Geographic Markets. *Journal of Air Transport Management*, 15(3), s. 138-147. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969699708001579> adresinden alındı
- National Academies. (2008). *Appendices to ACRP Report 11: Guidebook on Preparing Airport GHG Emissions Inventories*. Washington, DC: National Academies Press. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/22022/appendices-to-acrp-report-11-guidebook-on-preparing-airport-ghg-emissions-inventories> adresinden alındı
- Öz, E., & Ercoşkun, Ö. Y. (2022, Nisan 28). Covid-19 Pandemisinin Esenboğa Havalimanı hava trafiğine ve uçak emisyonlarına etkisi. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 5(1), s. 45-59. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2236178> adresinden alındı
- Özgünoğlu, K. (2017b). Tier Metoduyla Uçaklardan Kaynaklanan Emisyonların Belirlenmesi Kahramanmaraş Havalimanı Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. Kahramanmaraş, Türkiye: T.C. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> adresinden alındı
- Özgünoğlu, K., & Uygur, N. (2017a). Kahramanmaraş Havalimanı İçin Uçaklardan Kaynaklanan Emisyonların Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Engineering Sciences*, 20(3), s. 24-30. https://www.researchgate.net/publication/320722794_Kahramanmaraş_Havalimanı_Icin_Ucaklardan_Kaynaklanan_Emisyonların_Belirlenmesi adresinden alındı
- Pearce, B. (2020). *Air travel slows in September, but cargo speeding up, IATA*. <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-travel-slows-in-september-but-cargo-speeding-up/> adresinden alındı
- Pecorari, E., Mantovani, A., Franceschini, C., Bassano, D., Palmeri, L., & Rampazzo, G. (2016, Ocak). Analysis of the Effects of Meteorology on Aircraft Exhaust Dispersion and Deposition Using a Lagrangian Particle Model. *Science of the Total Environment*, 541, s. 839-856. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969715306495> adresinden alındı
- Postorino, M. N., Mantecchini, L., & Paganelli, F. (2019, Ağustos). Improving taxi-out operations at city airports to reduce CO2 emissions. *Transport Policy*, 80, s. 167-176. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0967070X17305085> adresinden alındı
- Rissman, J., Arunachalam, S., BenDor, T., & West, J. J. (2013, Aralık). Equity and Health Impacts of Aircraft Emissions at the Hartsfield-Jackson Atlanta International Airport. *Landscape and Urban Planning*, 120, s. 234-247.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204613001382>
adresinden alındı

Schürmann, G., Schafer, K., Jahn, C., Hoffmann, H., Bauerfeind, M., Fleuti, E., & Rappenglück, B. (2007, Ocak). The Impact of NOX, CO and VOC Emissions on the Air Quality of Zurich Airport. *Atmospheric Environment*, 41(1), s. 103-118.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231006007989>
adresinden alındı

Song, S.-K., Shon, Z.-H., & Kang, Y.-H. (2015, Eylül). Comparison of Impacts of Aircraft Emissions within the Boundary Layer on the Regional Ozone in South Korea. *Atmospheric Environment*, 117, s. 169-179.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231015302090>
adresinden alındı

Şekertekin, Y. Y. (2017, Şubat). Türkiye İç Hat Uçuşlarından Kaynaklanan Emisyonların Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Zonguldak, Türkiye: Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
<https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/596897> adresinden alındı

Timko, M. T., Albo, S. E., Onasch, T. B., Fortner, E. C., Yu, Z., Miake-Lye, R. C., . . . Worsnop, D. R. (2014). Composition and Sources of the Organic Particle Emissions from Aircraft Engines. *Aerosol Science and Technology*, 48(1), s. 61-73. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02786826.2013.857758>
adresinden alındı

Turan, P. (2020). Yeşil Havalimanı Kapsamında Sera Gazı Emisyonları: İstanbul Havalimanı Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. Kocaeli, Türkiye: T.C. Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı Havacılık Yönetimi Bilim Dalı.
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> adresinden alındı

UTİKAD. (2021). *UTİKAD Lojistik Sektörü Raporu - 2020*.
<https://www.utikad.org.tr/images/HizmetRapor/utikadlojistiksektoruraporu2020-53923.pdf> adresinden alındı

Ünal, İ., Türkoğlu, F., & Doğan, B. (2014). Nevşehir Kapadokya Havalimanının Emisyon ve Gürültü Açısından Değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makina*, 55(654), s. 24-29.
https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/3ba8dca6322c09d_ek.pdf
adresinden alındı

Vaccari, M., & Vitali, F. (2011). A methodology for the calculation of Greenhouse Gases emissions from office - based projects. *Proje/Rapor/Belge*. Italy: CeTAmb.
https://scholar.google.com/scholar?hl=tr&as_sdt=0%2C5&q=A+methodology+for+the+calculation+of+Greenhouse+Gases+emissions+from+office-based+projects&btnG= adresinden alındı

Elektronik Kaynaklar

- Adnan Menderes Havalimanı. (tarih yok). Haziran 16, 2023 tarihinde [tr.wikipedia.org: https://tr.wikipedia.org/wiki/Adnan_Menderes_Havaliman%C4%B1](https://tr.wikipedia.org/wiki/Adnan_Menderes_Havaliman%C4%B1) adresinden alındı
- Ankara Esenboğa Havalimanı. (tarih yok). Haziran 16, 2023 tarihinde [esenbogaaairport.com: https://esenbogaaairport.com/tr-TR/tav-hakkinda/page/terminal-bilgileri](https://esenbogaaairport.com/tr-TR/tav-hakkinda/page/terminal-bilgileri) adresinden alındı
- Ekolojist. (2018, mart 21). *Ekolojist.net*. mayıs 29, 2023 tarihinde [ekolojist.net: https://ekolojist.net/sera-gazi-emisyonu-nedir/#Baslica_Sera_Gazlari_Nelerdir](https://ekolojist.net/sera-gazi-emisyonu-nedir/#Baslica_Sera_Gazlari_Nelerdir) adresinden alındı
- Ekoyapı*. (2019, Temmuz 24). Temmuz 17, 2023 tarihinde [ekoyapidergisi.org: https://www.ekoyapidergisi.org/dunya-dan-surdurulebilir-havalimanlari](https://www.ekoyapidergisi.org/dunya-dan-surdurulebilir-havalimanlari) adresinden alındı
- Gordillo, D. (2019, Haziran 26). *Golondrina Yacht*. Temmuz 20, 2023 tarihinde [golondrinayachtgalapagos.com: https://golondrinayachtgalapagos.com/galapagos-airport-reduced-40-of-co2-emissions/](https://golondrinayachtgalapagos.com/galapagos-airport-reduced-40-of-co2-emissions/) adresinden alındı
- Havalimanları, T. (tarih yok). *TAV Havalimanları-Politikalarımız*. Haziran 16, 2023 tarihinde [webcmsesb.tav.aero: https://webcmsesb.tav.aero/files/1685110885_CEVRE_POLITIKASI.pdf](https://webcmsesb.tav.aero/files/1685110885_CEVRE_POLITIKASI.pdf) adresinden alındı
- İSO Yeşil Blog*. (2022, Aralık 30). Temmuz 17, 2023 tarihinde [isoyesilblog.com: https://www.isoyesilblog.com/avrupada-havacilik-sektorunde-radikal-adimler/](https://www.isoyesilblog.com/avrupada-havacilik-sektorunde-radikal-adimler/) adresinden alındı
- İstanbul Atatürk Havalimanı - DHMİ. (tarih yok). Haziran 16, 2023 tarihinde [dhmi.gov.tr: https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Havalimani/Ataturk/AnaSayfa.aspx](https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Havalimani/Ataturk/AnaSayfa.aspx) adresinden alındı
- İstanbul Havalimanı. (tarih yok). Haziran 16, 2023 tarihinde [istairport.com: https://www.istairport.com/kurumsal/hakkimizda/](https://www.istairport.com/kurumsal/hakkimizda/) adresinden alındı
- İstanbul Sabiha Gökçen Uluslararası Havalimanı. (2023, Haziran 11). Haziran 11, 2023 tarihinde [sabihagokcen.aero: https://www.sabihagokcen.aero/kurumsal-bilgiler/havalimani/yesil-havaalani-projesi](https://www.sabihagokcen.aero/kurumsal-bilgiler/havalimani/yesil-havaalani-projesi) adresinden alındı
- İstanbul Sabiha Gökçen Uluslararası Havalimanı. (2023, Haziran 9). Haziran 9, 2023 tarihinde [sabihagokcen.aero: https://www.sabihagokcen.aero/kurumsal-bilgiler/hakkimizda/isg-hakkinda](https://www.sabihagokcen.aero/kurumsal-bilgiler/hakkimizda/isg-hakkinda) adresinden alındı
- İzmir Adnan Menderes Havalimanı. (tarih yok). Haziran 16, 2023 tarihinde [dhmi.gov.tr: https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Havalimani/Adnanmenderes/IcHatlarTerminali.aspx](https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Havalimani/Adnanmenderes/IcHatlarTerminali.aspx) adresinden alındı
- İzmir Adnan Menderes Havalimanı. (tarih yok). Haziran 16, 2023 tarihinde [dhmi.gov.tr:](https://www.dhmi.gov.tr)

<https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Havalimani/Adnanmenderes/DisHatlarTerminali.aspx> adresinden alındı

Ocak, M. E. (2015, ocak 15). *Bilim Genç*. mayıs 28, 2023 tarihinde bilimcenc.tubitak.gov.tr: <https://bilimcenc.tubitak.gov.tr/makale/sera-etkisi-nedir> adresinden alındı

Set Teknik Gaz Kütüphanesi. (2023, haziran 8). *set teknik emniyet ve çevre teknolojileri*. haziran 8, 2023 tarihinde setteknik.com.tr: <https://www.setteknik.com.tr/sulfur-dioksit-gazinin-ozelliklerini-ve-tehlikelerini-biliyor-musunuz> adresinden alındı

Soysal, M. S. (2019, Temmuz 16). *Yeşil Ekonomi*. Mayıs 23, 2023 tarihinde yesilekonomi.com: <https://yesilekonomi.com/icao-corsia/> adresinden alındı

