

Araştırma Makalesi

Covid-19 Pandemisinin Esenboğa Havalimanı hava trafiğine ve uçak emisyonlarına etkisi

Erdem Öz ^{1*}, Özge Yalçın Erçoşkun,²

¹Department of Traffic Planning and Implementation, Gazi University, Ankara, Turkey

²Department of City and Regional Planning, Faculty of Architecture, Gazi University, Ankara, Turkey

*Correspondence: erdemoz13@hotmail.com

DOI: 10.51513/jitsa.1069097

Özet: Havacılık sektörünün son yıllarda gösterdiği gelişme ve büyüme sonucunda uçuş sayıları önemli ölçüde artmıştır. Uçuşlarda yakıtın yanmasıyla meydana gelen maddeler çevre için tehdit oluşturmaktadır. Artan hava trafiği ile çevreye verilecek zararın artışı kaçınılmaz olmasına rağmen olumsuz etkilerin azaltılması için çalışmalar ve düzenlemeler yapılmalıdır. Uçuş kaynaklı emisyonların hesaplanması, çevreyi koruyacak adımların planlanmasına ve uygulanmasına yardımcı olacaktır. Bu çalışmada, Covid-19 pandemisinin Esenboğa Havalimanı 2019 ve 2020 yılları uçuş sayılarına ve iniş kalkış(LTO-Landing and Take-off Cycle) aşamasındaki emisyon değerlerine etkisi araştırılmıştır. Emisyon hesaplamalarında IPCC' nin (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) önerdiği Tier yaklaşımı kullanılmıştır. Çalışmanın verileri Esenboğa havalimanına iniş ve kalkış yapan uçak sayıları ve tipleri DHMI' den (Devlet Hava Meydanları İşletmesi) alınan 2019 ve 2020 yılı uçuş istatistikleri kullanılarak elde edilmiştir. Esenboğa Havalimanı toplam uçuş sayısının 2020 yılında, 2019 yılına göre %49,2 oranında azaldığı tespit edilmiştir. 4 farklı uçak tipinin, 2019 yılında CO₂ emisyon değerinin %86,05'ini, 2020 yılında ise CO₂ emisyonunun % 87,18'ini oluşturduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tier emisyon hesaplamaları, Esenboğa Havalimanı, emisyon, IPCC

Effect of Covid-19 Pandemic on Esenboğa Airport air traffic and aircraft emissions

Abstract: As a result of the development and growth of the aviation industry in recent years, the number of flights has increased significantly. Substances produced by the combustion of fuel in flights pose a threat to the environment. Although the increase in damage to the environment is inevitable with the increasing air traffic, studies and arrangements can be made to reduce the negative effects. In this study, the effect of the Covid-19 pandemic on the number of flights at Esenboğa Airport in 2019 and 2020 and the emission values during the landing and take-off cycle (LTO-Landing and Take-off Cycle) were investigated. The Tier approach recommended by the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) was used in emission calculations. The number and types of aircraft landing and taking off at Esenboğa Airport were obtained using the flight statistics for 2019 and 2020 obtained from DHMI (General Directorate of State Airports Authority). It has been determined that the total number of flights to Esenboğa Airport in 2020 decreased by 49.2% compared to 2019. It has been determined that 4 different aircraft types accounted for 86.05% of the total CO₂ emission in 2019 and 87.18% of the total CO₂ emission in 2020.

Key Words: Tier emission calculation, Esenboğa Airport, emission, IPCC

* Corresponding author. Erdem Öz

E-mail address: erdemoz13@hotmail.com

ORCID: 0000-0002-9625-6291¹, 0000-0003-2734-0374²

Received 07.02.2022; accepted 31.03.2022

Peer review under responsibility of Bandirma Onyedi Eylül University.

1. Giriş

Atmosferdeki sera gazları yeryüzünden yansıyan güneş ışınlarının tutulumunu sağlayarak canlı yaşamına için olanak vermektedir. Ancak bu gazların kontrolsüz bir şekilde artışı yeryüzünün aşırı ısınmasına ve sera etkisine neden olmaktadır (Dündar ve Kolay, 2021). EASA (European Aviation Safety Agency/ Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı) 2019 yılı havacılık çevre raporuna göre, 2016 yılında havacılık sektörünün Avrupa Birliği ülkelerinin ürettiği toplam sera gazı emisyonunun %3,6'sı ve ulaşım sektörü içindeki emisyon payı ise %13,4'tür. Rapor, Avrupa'da bulunan yıllık hava trafik sayısı 50.000 üzerindeki büyük havalimanlarının 2017 yılında 82 olduğunu, 2040 yılında ise 110'a yükselmesi beklendiği ve bu durumun neden olacağı havacılık kaynaklı gürültü kirliliğinin insanoğlunu etkileyebileceğini belirtmektedir. (EASA, 2019). Uçak motoru emisyonlarının yaklaşık %70'ini CO₂ (karbondioksit) oluşturmaktadır. %30 dan az bir kısmı H₂O (su buharı), %1'den az kısmı ise NO_x (Azot oksitler), CO (karbonmonoksit), SO₂ (kükürt dioksit), NMVOC(Non-methane volatile organic compound /Metan olmayan uçucu organik bileşenler), partiküller ve tehlikeli hava kirleticileri içeren iz bileşenlerden meydana gelmektedir (IPCC, 2006). Lund vd. (2017), havacılık kaynaklı meydana gelen ozon (O₃), metan (CH₄), aerosol, NO_x emisyonlarının Dünya'nın farklı bölgelerinde sıcaklık ve iklim değişikliği üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Uçak motorlarının yanma aktivitesi sonucu gökyüzünde bıraktığı izlerin bazı bölgelerde 100 yıllık süre boyunca kalabildiği ve küresel ısınmaya sebep olduğunu belirtmişlerdir. Aydın ve Aydın (2021), bir Alman kuruluşu olan Atmosfair'in verilerini kullanarak 2011 ve 2018 yılları arasında havayolu şirketlerinin CO₂ verimliliklerini araştırmışlardır. Sonuç olarak 100'den fazla havayolu şirketinin CO₂ verimliliğinde 2018 yılı itibariyle olumlu bir değişim olmadığı belirtilmiş ve havayolu şirketlerinin CO₂ verimliliğini artırmak için önerilerde bulunmuşlardır. Kuzu (2018), uçak emisyonlarının özellikle kentsel bölgelerde hava kalitesi üzerinde olumsuz etkilerinin olduğunu ve insan sağlığına, bitki örtüsüne, biyosfere etki ettiğini belirtmiştir. ATAG

(2021), hazırladığı havacılık raporunda 2050 yılı itibariyle her yıl 10 milyar yolcunun

havayolu seyahati gerçekleştireceğini ve bu durumun teknoloji, yakıt ve havacılık operasyonlarında gelişme olmaması halinde 2000 megatona yakın CO₂ emisyonuna sebep olacağını beklemektedir. Bu beklentiler havacılık sektörünün büyürken sürdürülebilir bir altyapıya ihtiyacı olduğunu göstermektedir. Uçuşların neden olduğu emisyonların hesaplanması ve emisyonların çevreye etkileri üzerine yapılan çalışmalar Tablo 1'de görülmektedir. Bu çalışmalardan bazıları: Pecorari vd. (2016), Marco Polo Havalimanı için çeşitli modeller kullanılarak uçak emisyonlarının çevreye dağılımı ve havalimanı yakınındaki yerleşim yerlerini nasıl etkilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca emisyonların havalimanı içindeki etkilerinin de incelenmesi gerektiğini vurgulamıştır. Gelecek yıllarda artması beklenen hava trafiğinin ve havalimanı sayısının hava kalitesini etkileyebileceğini belirtmiştir. Schürmann vd. (2007), Zürih havalimanında yapılan çalışmalarda taksi yolları üzerindeki uçak operasyonları ve rüzgârın, kirletici konsantrasyonlarına etkisi incelemiştir. Alınan hava örneklerindeki VOC (Volatile Organic Compounds) uçucu organik bileşikler karışım oranları araştırmıştır. Terminal sahasındaki yüksek CO oranının uçaklardan kaynaklandığı belirtmiştir. Yapılan bu çalışmalar uçuşlar kaynaklı emisyonların sadece havalimanı operasyon bölgesini değil aynı zamanda havalimanı yakındaki yerleşim yerlerini ve havalimanı terminallerin iç kısımlarını da etkilediğini ortaya koymuştur. Ashworth vd. (2020), seyir aşamasında yapılan bir emisyon ölçüm yöntemiyle BAe146 tipi atmosferik araştırma uçağının Londra şehri için 3 farklı uçuşla elde ettiği verilerden hava kalitesi ve kirleticileri oranları araştırmışlardır. Londra'nın dış bölgeleri ve banliyölerdeki VOCs, NO_x ve O₃ karışım oranlarının iç bölgelere göre genellikle daha az olmasına rağmen dış kesimlerdeki yüksek NO_x seviyelerine Heathrow Havalimanı uçak trafiğinin neden olduğunu belirtmişlerdir. Covid 19 pandemisinin havacılık sektörüne etkisine bakıldığında ise devletlerin salgın nedeniyle aldıkları uçuş kısıtlamaları ya da durdurma kararları sonrası yolcu ve sefer sayıları etkilenmiştir. Havacılık ve Covid 19

pandemisi ilişkisini ortaya koyan çalışmalar yapılmıştır. Akca (2020), pandemi önlemleri sonrası havacılık sektörü bileşenlerinin ekonomik olarak salgından ne şekilde etkilendikleri ortaya koymuştur. Türk havacılık sektörünün salgın dönemi politik durumunu araştırmıştır. IATA (Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği/ International Air Transport Association) 2020 raporuna göre havacılık endüstrisi Covid 19 salgını nedeniyle ikinci Dünya Savaşı sonrası en büyük düşüşü yaşamıştır. Küresel bazda kilometre başına yolcu geliri %66 oranında azalmıştır (IATA, 2020). Saban ve Trabzon (2021), Türk Hava Yolları'nın sefer sayılarının, pandeminin havacılıkta etkisini gösterdiği 2020 yılında, 2019 yılı pandemi dönemi öncesine göre %57 oranında düştüğünü tespit etmiştir. ICAO (International Civil Aviation Organization / Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü) tarafından hazırlanan raporda pandemi kaynaklı havacılıkta kısıtlamaları nedeniyle Nisan 2020 itibarıyla toplam yolcu sayısının 2019 yılına göre %92 oranında azaldığını belirtilmiştir (Url-1). Havacılık sektöründe emisyonlar kaynaklı çevreye verilen zararın azaltılması amacıyla havalimanlarında ve uçuş operasyonlarının organizasyonunda çeşitli projeler, düzenlemeler ve teknolojiler uygulanmaktadır. Uçuşlar kaynaklı emisyonların düşürülmesini hedefleyen regülasyonlardan biri ICAO tarafından yürürlüğe konulan CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation/ Uluslararası Havacılığa Yönelik Karbon Denkleştirme ve Azaltma Şeması) regülasyonudur. Bu regülasyon devletlerin uluslararası havacılık faaliyetlerinden kaynaklanan CO₂ emisyonlarını düşürmeyi hedeflemektedir (Url-2). Türkiye' de CORSIA regülasyonu için uçak şirketlerinin yerine getirmesi gereken kriterler SHGM'nin (Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü) hazırladığı uygulama talimatında belirtilmiştir (SHGM, 2018). Türk Hava Yolları, 2022 şubat itibarıyla İstanbul Paris seferinde sürdürülebilir havacılık yakıtı kullanmaya başlayacağını açıklamıştır (Url-3). Sürdürülebilir havacılık yakıtının, kullanılan geleneksel jet yakıtına oranla tüm yaşam döngüleri boyunca karbon ayak izini %80 oranında azalttığı belirtilmiştir (Url-4). Türkiye'de havacılık kaynaklı emisyonları

azaltmayı hedefleyen diğer proje ve uygulamalarda mevcuttur. SHGM, DHMİ ve askeri havacılık otoritelerinin yaptığı ortak çalışmalar neticesinde, SHGM tarafından hava sahası esnek kullanım yönetmeliği hazırlanarak bazı uçuş rotaları kısaltılmış, zaman ve yakıttan tasarruf sağlanarak çevreye verilen zararın azaltılması sağlanmıştır (SHGM, 2014). Havacılık operasyonlarının kara tarafında emisyon ve atıkları azaltmaya yönelik yapılan proje ve uygulamalar bulunmaktadır. SHGM, tarafından başlatılan yeşil havalimanı projesine birçok havalimanı ve havacılık kuruluşu tarafından katılım sağlanmıştır. Projenin amacı kuruluşların çevreye verdikleri zararı en aza indirmek ve mümkün derecede sıfır çevre etkisi oluşturmaktır (Url-5). DHMİ, Uluslararası Havalimanları Konseyi'nin (ACI-Airports Council International) sürdürdüğü Havalimanı Karbon Akreditasyonu programı kapsamında 12 havalimanını sertifikalandırıp, karbonsuz havalimanı olarak ilan etmiştir. Proje kapsamında havalimanlarının atık ve karbon emisyonlarının azaltılması hedeflenmektedir. Ek olarak havalimanlarının gürültü haritaları güncellenerek gürültü kirliliğine karşı önlemler alınmaktadır (Url-6). Uçuş operasyonlarının organize edilmesi ve emisyon ilişkisi incelenirken slot kavramı karşımıza çıkmaktadır. Slot, havayolu şirketlerinin bir havalimanını belirlenen süre içinde iniş kalkış ve havalimanının altyapı hizmetlerini kullanma hakkını ifade eder. Belirlenmiş olan slot zamanlarında gerçekleştirilmeyen uçuşlar havayolu şirketlerinin slotlarını kaybetmesine neden olmaktadır (IATA, 2014; İnan, 2020). Slot haklarını kaybetmek istemeyen havayolu şirketleri düşük yolcu sayısı ile mecburi uçuşlar gerçekleştirmek zorunda kalmaktadır (Url-7). Bu durum emisyonların artmasına neden olmaktadır. Büyüyen havacılık sektöründe Covid 19 pandemisi uçuş sayılarının azalmasına ve emisyon değerlerinin düşmesine sebep olmuştur. Eurocontrol tarafından kalkış meydanı Türkiye'deki havalimanları olan uçuşlar baz alınarak yapılan hesaplamalarda ülkemiz 2020 yılı CO₂ emisyonu 2019 yılına göre %53,8 azalmıştır. (EUROCONTROL, 2021). Pandemi sonrası eski günlerine dönmesi beklenen sektörün emisyonları düşürme noktasında yeniliklere ve düzenlemelere ihtiyacı olduğu açıktır. Bu

çalışmada, uçuş sayıları ve emisyon değerleri elde edilen Ankara-Esenboğa Havalimanı özelinde havacılık sektörü emisyonlarını ve

çevresel etkileri azaltmak için bulgular ve öneriler ortaya konulmaktadır.

Tablo 1. Uçakların neden olduğu emisyonlar ve çevreye etkilerini inceleyen çalışmalar

Yazar/Literatür	Çalışma Alanı	Çalışma konusu
Schürmann vd. (2007)	Zürih Havalimanı	NO _x , VOC, CO emisyonlarının havalimanı hava kalitesi üzerindeki etkisinin incelenmesi
Çağatan (2011)	İstanbul Atatürk Havalimanı	LTO safhasında emisyonların hesaplanması
Song ve Shon (2012)	Güney Kore'deki 4 havalimanı:Incheon, Gimpo Gimhae, Jeju .	LTO safhasında hava kirleticileri ve sera gazları hesaplanması
Sarı vd. (2013)	Antalya ve Van Ferit Melen Havalimanları	Havalimanları gürültü haritalama çalışmaları
Ünal (2014)	Nevşehir Havalimanı	Nevşehir Havalimanı gürültü ve emisyonlarının araştırılması
Pecorari vd. (2016)	Marco Polo Havalimanı	Uçuşlar kaynaklı emisyonların farklı metodolojiler ile hesaplanması ve karşılaştırılması
Canarslanlar (2017)	Türkiye'deki 30 havalimanı	LTO safha sürelerinin gerçek zamanlı uçuş verileriyle belirlenmesi
Yılmaz (2017)	Kayseri Havalimanı	LTO safhasında hava kirleticileri (HC, CO, NO _x) hesaplanması
Kuzu (2018)	İstanbul Atatürk Havalimanı	LTO emisyonlarının hesaplanması ve çevreye dağılımının modellenmesi
Kumaş vd. (2019)	Dalaman Havalimanı	LTO safhasında karbon ayak izinin belirlenmesi
Ekici ve Şöhret (2020)	Süleyman Demirel Havalimanı	Uçuşların neden olduğu emisyonların çevresel ve ekonomik olarak incelenmesi
Kito vd. (2020)	Japonya'daki iki havayolu Şirketi	Japon ve All Nippon Havayollarının 2005-2015 yılları arasındaki CO ₂ emisyonlarının hesaplanması
Aydin ve Aydin (2021)	Havayolu şirketleri	Havayolu şirketlerinin 2011-2018 yılları arasındaki CO ₂ verimliliğinin incelenmesi
Keskin ve Ercoşkun (2021)	Adnan Menderes Havalimanı	LTO safhasında emisyonların çevreye etkisinin incelenmesi
Domogolla vd. (2022)	Orta menzilli uçaklar	Çevre etkisi azaltılmış düşük gürültülü uçak tasarımı

2. LTO döngüsünde emisyonlar

Hava araçlarının uçuşun LTO safhasında meydana getirdikleri emisyonların hesaplandığı, ulusal ve uluslararası çalışmalar bulunmaktadır. Yılmaz (2017), DHMİ'den elde ettiği verilerle 2010 yılı Kayseri Havalimanı için yolcu uçaklarının yarattığı emisyon değerlerini hesaplamış ve LTO döngüsündeki %25'lik artışın emisyon değerlerinde %11'lik artışa sebep olduğunu ortaya koymuştur. Canarlanlar (2017), Türkiye'de bulunan havalimanlarının LTO döngüsünün safha sürelerini gerçek uçuş verileri kullanarak hesaplamıştır. Esenboğa Havalimanı için bu değerler taksi için 15,2 dakika, yaklaşma için 3,6 dakika, kalkış için 0,6 dakika, tırmanma için 1,1 dakika olmuştur. Daha sonraki çalışmalarda emisyon hesaplaması için LTO safha sürelerinin kullanılacağını belirtmiştir. Çağatan (2011), İstanbul Atatürk Havalimanı LTO döngüsündeki emisyon değerlerini hesaplamış ve havalimanı kaynaklı hava kirleticilerinin rüzgar etkisiyle taşınımı üzerine analizler yapmıştır. Emisyonların çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yarattığını bu yüzden emisyonların türleri haricinde miktarlarının da hesaplanmasının önemli olduğunu belirtmiştir. Lu vd. (2018) Shuangliu Havalimanı LTO döngüsündeki uçakların yarattığı emisyonları farklı analiz metotları kullanarak hesaplamış ve sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Song ve Shon (2012), Güney Kore'de bulunan dört ayrı havalimanı için LTO hesaplamalarını uçak serilerini tek bir uçak tipi ve motoru olacak şekilde kabul ederek yapmışlardır. Örneğin; Boeing uçak üreticisinin, B737, B738, B735 serisindeki uçakların emisyonlarını B737 uçak tipinin emisyon faktörü ve CFM56-7B22/2 motor tipi için hesaplamışlardır. Tırmanış aşamasındaki en büyük emisyon değerinin NOx'den kaynaklandığını tespit etmişlerdir. Keskin ve Ercoşkun (2021), Adnan Menderes Havalimanı için LTO emisyonlarını Tier analiz yöntemini kullanarak hesaplamışlardır. Hesaplama 2019 ve 2020 yılları için belirledikleri günün emisyon değerlerini karşılaştırmışlardır. Adnan Menderes Havalimanını en çok tercih eden uçak tipinin B738 olduğunu belirlemişlerdir. Tablo 1'de LTO aşamasında yapılan diğer emisyon çalışmaları bulunmaktadır.

3. Esenboğa Havalimanı (Çalışma Alanı)

IATA: ESB ve ICAO: LTAC kodlu Esenboğa Havalimanı iç ve dış hatlar olarak Ekim 2006 dan itibaren hizmet vermekte olup sivil havalimanı statüsündedir. Terminal alanı 182.000 m²'dir. Coğrafi koordinatları ise 40°07'41"N, 032°59'42"E'dir. Esenboğa Havalimanının 3752x60 ve 3750x45 metre boyutlarında iki adet pisti bulunmaktadır (Şekil 1). Hava araçları için 4 apronda 50 adet park yeri mevcuttur. İç ve dış hatlarda yıllık 20 milyon yolcu kapasitesi bulunmaktadır (Url-8). DHMİ 2020 yılı faaliyet raporuna göre Esenboğa Havalimanının Türkiye'deki havalimanları arasındaki iç hat yolcu trafiği payı %9 iken, dış hatlarda %2 olarak gerçekleşmiştir (DHMİ, 2020). Esenboğa Havalimanı bu değerlerle yurtiçi yolcu sıralamasında üçüncü, dış hat yolcu sıralamasında ise beşinci sıradadır. Hava trafiği oldukça yoğun olan bir havalimanının Covid 19 pandemisi nedeniyle uçuş sayılarındaki ve emisyon değerlerindeki değişimin araştırması çalışma alanı olarak Esenboğa Havalimanının seçilmesine neden olmuştur. Ayrıca Esenboğa Havalimanını kullanan uçak ve helikopter tiplerinin çeşitliliğinin fazla oluşu, hava ulaşımının 2019 ve 2020 yılları arasındaki durumunun daha iyi ortaya konabilmesi için Esenboğa Havalimanının seçimi noktasında diğer bir kriter olmuştur.



Şekil 1. Esenboğa Havalimanı (Url-9)

4. Metodoloji

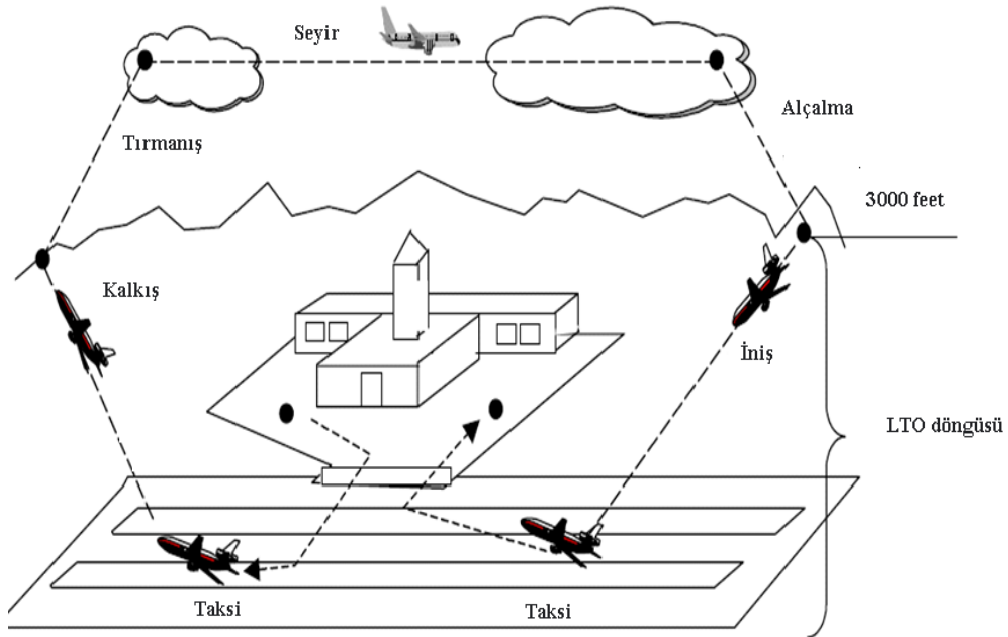
Standart uçuş döngüsü tanımı, ICAO tarafından seyir safhası (cruise) ve iniş-kalkış safhası (LTO, landing-take off cycle) olarak iki kısımda yapılmıştır. LTO safhası, 3000 feet

altında gerçekleşen yaklaşma, kalkış, tırmanış ve taksi aşamalarını içermektedir. Seyir safhası ise 3000 feet üzerindeki uçuş aktivitelerini ifade eder. Şekil 2’de IPCC standart uçuş döngüsü görülmektedir (IPCC, 2006). IPCC, LTO döngüsündeki emisyon değerlerini ve yakıt tüketimini hesaplamak için Tier 1 ve Tier 2 analizini önermiştir. Tier 2 analizi ile jet yakıtı kullanan uçaklar için emisyon hesaplaması yapılmaktadır. Tier 2 analizinde LTO döngüsü emisyon hesaplaması yapılırken 1 nolu denklem kullanılmaktadır. Denklem havalimanında gerçekleştirilen LTO sayısı ve uçak tipi için belirlenen emisyon faktörü ile çarpımını ifade etmektedir. Tier 1 analizi ile emisyon miktarı hesaplanırken denklem 2 kullanılır. Denklem 2 yakıt tüketim değerinin emisyon faktörü ile çarpılmasını ifade eder. Tier 1 analizine kıyasla ayrıntılı kriterler içerdiği için Tier 2 analizi daha hassas emisyon sonuçları vermektedir. Hesaplama formülleri denklem 1 ve denklem 2’de görülmektedir. Bu çalışmada Esenboğa Havalimanı için emisyon değerleri hesaplanırken Tier 2 analiz yöntemi kullanılmıştır (IPCC, 2006).

- (Denklem 1)
İniş kalkış döngüsü(LTO)
Emisyonu = LTO sayısı × LTO
Emisyon Faktörü

- (Denklem 2) Emisyon Miktarı =
Emisyon faktörü × Yakıt tüketimi

IPCC dokümanı, uçuşun LTO safhası için CO₂, CO, SO₂, CH₄, NMVOC, NO_x, N₂O emisyonlarını hesaplamak amacıyla, uçak tiplerine özel standart emisyon faktörleri sunmaktadır. Uçakların LTO emisyon faktörleri, IPCC emisyon faktör veritabanında bulunan sırasıyla enerji, yakıt yanma aktiviteleri, ulaşım, sivil havacılık başlıkları altındaki bölümden elde edilmiştir (IPCC 2006). IPCC dokümanı tüm uçak tipleri için emisyon faktörlerini göstermemektedir. Bu yüzden DHMİ den alınan uçuş istatistikleri incelenmiş, Esenboğa Havalimanını kullanan bütün uçak tipleri içerisinde IPCC dokümanında emisyon faktörleri mevcut olan 29 uçak tipi belirlenmiş ve bu uçaklara ait emisyon faktör değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir. Çalışmanın devamında oluşturulan diğer tablo ve şekiller Tablo 2’deki uçak tipleri esas alınarak yapılan hesaplamalar ile hazırlanmıştır. Esenboğa Havalimanı uçuş istatistikleri, DHMİ web sitesi üzerinden, iletişim merkezi mail adresine yapılan başvuru sonucu kurum tarafından sağlanmıştır.



Şekil 2. Standart uçuş döngüsü (IPCC, 1997)

Tablo 2. IPCC uçak tipleri için emisyon faktörleri (IPCC,2006)

UÇAK TİPİ	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVO		YAKIT TÜKETİMİ
						C	SO ₂	
A320	2440	0,06	0,1	9,01	6,19	0,51	0,77	770
A321	3020	0,14	0,1	16,72	7,55	1,27	0,96	960
A300	5450	0,12	0,2	25,86	14,8	1,12	1,72	1720
A310	4760	0,63	0,2	19,46	28,3	5,67	1,51	1510
A319	2310	0,06	0,1	8,73	6,35	0,54	0,73	730
A330-A332-A333	7050	0,13	0,2	35,57	16,2	1,15	2,23	2230
A342	5890	0,42	0,2	28,31	26,19	3,78	1,86	1860
A343	6380	0,39	0,2	34,81	25,23	3,51	2,02	2020
A345 -A346	10660	0,01	0,3	64,45	15,31	0,13	3,37	3370
BE20-B350-BE40- BE9L	230	0,06	0,01	0,3	2,97	0,58	0,07	70
BAe146	1800	0,14	0,1	4,07	11,18	1,27	0,57	570
B737	2740	0,45	0,1	6,74	16,04	4,06	0,87	870
B738-739	2780	0,07	0,1	12,3	7,07	0,65	0,88	880
B743	11080	0,27	0,4	65	17,84	2,46	3,51	3510
B744	10240	0,22	0,3	42,88	26,72	2,02	3,24	3240
B752	4320	0,02	0,1	23,43	8,08	0,2	1,37	1370
B762	4620	0,33	0,1	23,76	14,8	2,99	1,46	1460
B763	5610	0,12	0,2	28,19	14,47	1,07	1,77	1780
B772-B773	8100	0,07	0,3	52,81	12,76	0,59	2,56	2560
C525-C560	1070	0,33	0,03	0,74	34,07	3,01	0,	340
GLF 4	2160	0,14	0,1	5,63	8,88	1,23	0,68	680
GLF 5	1890	0,03	0,1	5,58	8,42	0,28	0,6	600
RJ85	1910	0,13	0,1	4,34	11,21	1,21	0,6	600
TU-134	2930	1,8	0,1	8,68	27,98	16,19	0,93	930
J328	870	0,06	0,03	2,99	5,35	0,52	0,27	280
B733-734-735	2480	0,08	0,1	7,19	13,03	0,75	0,78	780
B742	11370	1,82	0,4	49,52	79,78	16,41	3,6	3600
B722	4610	0,81	0,1	11,97	27,16	7,32	1,46	1460
F100	2390	0,14	0,1	5,75	13,84	1,29	0,76	760

29 farklı uçak tipinin Esenboğa Havalimanına 2019 ve 2020 yıllarında gerçekleştirdiği iniş ve kalkış sayıları Tablo 3’ te gösterilmiştir. Tablo 3, DHMİ’den elde edilen veriler kullanılarak hazırlanmıştır. Çalışmada ICAO uçak tanıtımları kullanılan uçak tiplerinden A320, A321, A300, A310, A319, A330, A332, A333, A342, A343, A345-346 gösterimli uçaklar Airbus uçak üreticisinin modelleridir. B737,

B738, B739, B743, B744, B752, B762, B763, B772, B773, B733, B734, B735, B742, B722 Boeing üreticisinin uçak modelleridir. GLF4 ve GLF5, Gulfstream uçak şirketi üretimidir. TU-134 Tupolev, J328 Dornier, RJ85 ve BAe 146, British Aerospace, F100 Fokker, BE20-B350-BE40-BE9L ise Beechcraft uçak üreticilerinin modellerini ifade etmektedir.

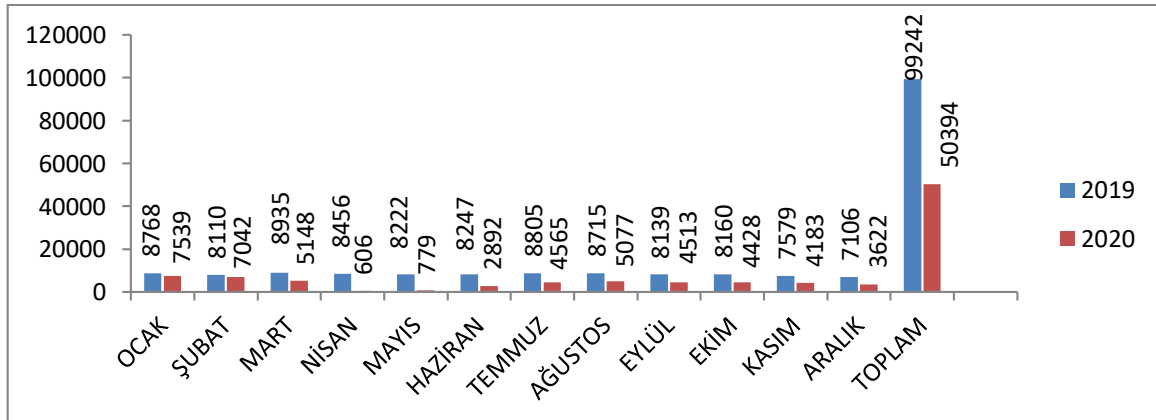
Tablo 3. 2019 ve 2020 yılı Esenboğa Havalimanı uçak tipine göre gerçekleştirilen LTO sayıları

UÇAK TİPİ	2019	2020	UÇAK TİPİ	2019	2020
A320	10284	5321	B752	36	5
A321	5137	1757	B762	24	8
A300	214	33	B763	20	14
A310	506	138	B772-B773	1706	587
A319	919	759	C525- C560	637	799
A330-A332- A333	1697	565	GLF4	344	325
A342	2	3	GLF5	164	182
A343	153	28	RJ85	4	3
A345 -A346	26	43	TU-134	11	12
BE20-B350-BE40-BE9L	576	674	J328	10	6
BAe146	0	12	B733-B734-B735	178	258
B737	766	119	B742	0	4
B738-B739	69595	31044	B722	0	2
B743	6	2	F100	2	4
B744	26	8			

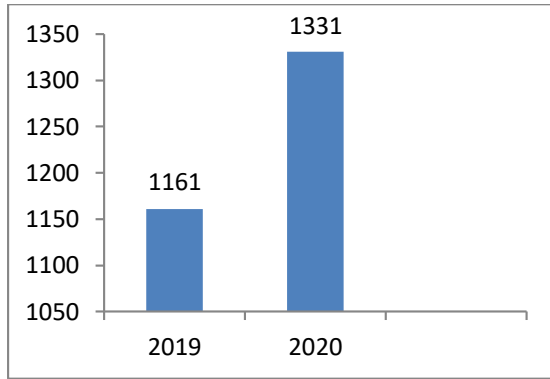
5. Bulgular

2019 ve 2020 yılı Esenboğa Havalimanı iniş kalkış sayılarının aylara göre dağılımı, DHMİ uçuş veri istatistikleri kullanılarak hazırlanan Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekil 3'teki uçuş verileri incelendiğinde; Türkiye'de Covid 19 kaynaklı havayolu seyahat kısıtlamalarının uygulamaya girmesiyle beraber 2020 yılı Nisan ayı itibarıyla Esenboğa Havalimanına gerçekleştirilen uçuş sayısında ciddi bir azalma gerçekleştiği görülmektedir.

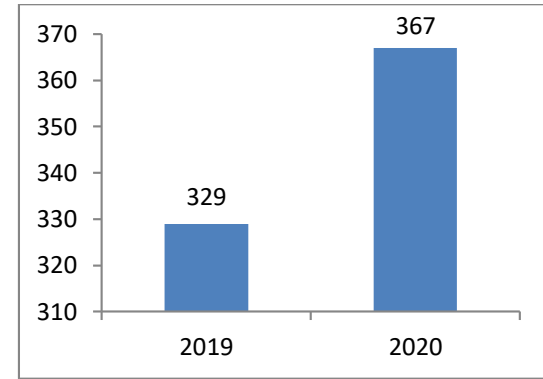
Temmuz ve Aralık ayları arasında seyahat düzenlemeleri etkisinde aylık uçuş sayısı 4000 üzerinde olmuştur. Covid 19 pandemisi nedeniyle 2020 yılında Esenboğa Havalimanı toplam uçuş sayısı 2019 yılına göre %49,2 oranında azalmıştır.

**Şekil 3.** 2019 ve 2020 yılı Esenboğa Havalimanı iniş kalkış sayılarının aylara göre dağılımı

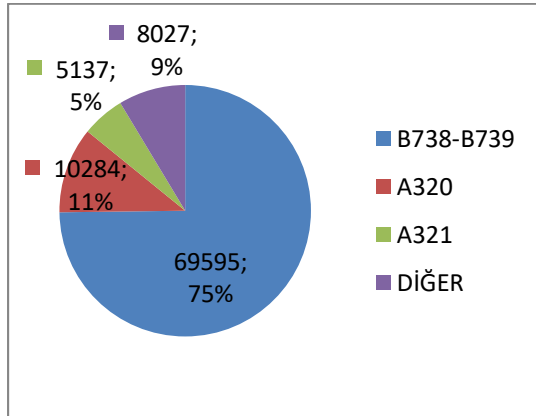
Hesaplama da kullanılan jet uçakları Fokker 100, RJ85, Bae146, C525-C560, GLF 4, GLF5, J328 tipte uçaklar 2019 da toplam 1161 uçuş gerçekleştirmişlerdir (Şekil 4). Bu sayı 2020 yılında 1331 olmuştur. Helikopter iniş kalkış sayısı 2019 yılında 329, 2020 yılında 367 olmuştur (Şekil 5). Hesaplaması yapılan uçuşlar için 2020 yılında 2019 yılına kıyasla toplamda %54,09 oranında azalma görülürken, bölgesel jet uçaklarında %14,64 ve helikopter uçuş sayılarında %11,55 oranında artış olduğu tespit edilmiştir.



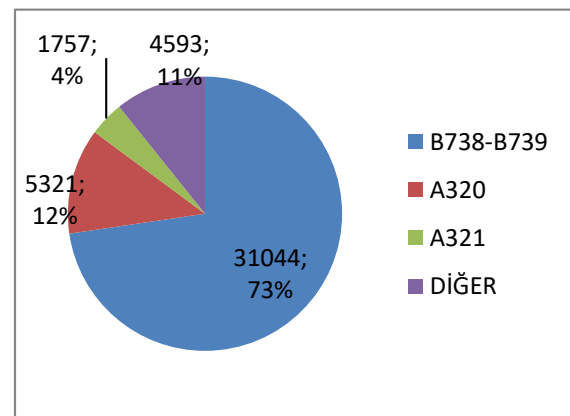
Şekil 4. Yıllık jet uçakları uçuş sayıları



Şekil 5. Yıllık helikopter uçuş sayıları



Şekil 6. 2019 yılı hesaplanan uçak tipine göre uçuş sayısı ve yüzdeleri



Şekil 7. 2020 yılı hesaplanan uçak tipine göre uçuş sayısı ve yüzdeleri

Esenboğa Havalimanı LTO safhası emisyon değerleri Tier 2 analizi yaklaşımıyla, Tablo 2' deki emisyon faktörleri ile Tablo 3'teki LTO

sayıları kullanılarak hesaplanmıştır. Emisyon sonuçları ve yakıt tüketimi değerleri Tablo 4 ve Tablo 5'te görülmektedir.

Tablo 4. 2019 yılı uçak tiplerine göre LTO emisyon sonuçları(kg) (IPCC,2006)

UÇAK TİPİ	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NM _{VOC}	SO ₂	YAKIT TÜKETİMİ
A320	25092960	617,04	1028,4	92658,84	63657,96	5244,84	7918,6	7918680
A321	15513740	719,18	513,7	85890,64	38784,35	6523,99	4931,52	4931520
A300	1166300	25,68	42,8	5534,04	3167,2	239,68	368,08	368080

A310	2408560	318,78	101,2	9846,76	14319,8	2869,02	764,06	764060
A319	2122890	55,14	91,9	8022,87	5835,65	496,26	670,87	670870
A330- A332-A333	11963850	220,61	339,4	60362,29	27491,4	1951,55	3784,31	3784310
A342	11780	0,84	0,4	56,62	52,38	7,56	3,72	3720
A343	976140	59,67	30,6	5325,93	3860,19	537,03	309,06	309060
A345-A346	277160	0,26	7,8	1675,7	398,06	3,38	87,62	87620
BE20-B350-BE40-BE9L	132480	34,56	5,76	172,8	1710,72	334,08	40,32	40320
BAe146	0	0	0	0	0	0	0	0
B737	2098840	344,7	76,6	5162,84	12286,64	3109,96	666,42	666420
B738-B739	193474100	4871,65	6959,5	856018,5	492036,7	45236,75	61243,6	61243600
B743	66480	1,62	2,4	390	107,04	14,76	21,06	21060
B744	266240	5,72	7,8	1114,88	694,72	52,52	84,24	84240
B752	155520	0,72	3,6	843,48	290,88	7,2	49,32	49320
B762	110880	7,92	2,4	570,24	355,2	71,76	35,04	35040
B763	112200	2,4	4	563,8	289,4	21,4	35,4	35600
B772-B773	13818600	119,42	511,8	90093,86	21768,56	1006,54	4367,36	4367360
C525-C560	681590	210,21	19,11	471,38	21702,59	1917,37	216,58	216580
GLF4	743040	48,16	34,4	1936,72	3054,72	423,12	233,92	233920
GLF 5	309960	4,92	16,4	915,12	1380,88	45,92	98,4	98400
RJ85	7640	0,52	0,4	17,36	44,84	4,84	2,4	2400
TU-134	32230	19,8	1,1	95,48	307,78	178,09	10,23	10230
J328	8700	0,6	0,3	29,9	53,5	5,2	2,7	2800
B733-B734-B735	441440	14,24	17,8	1279,82	2319,34	133,5	138,84	138840
B742	0	0	0	0	0	0	0	0
B722	0	0	0	0	0	0	0	0
F100	4780	0,28	0,2	11,5	27,68	2,58	1,52	1520

Tablo 5. 2020 yılı uçak tiplerine göre LTO emisyon sonuçları(kg) (IPCC,2006)

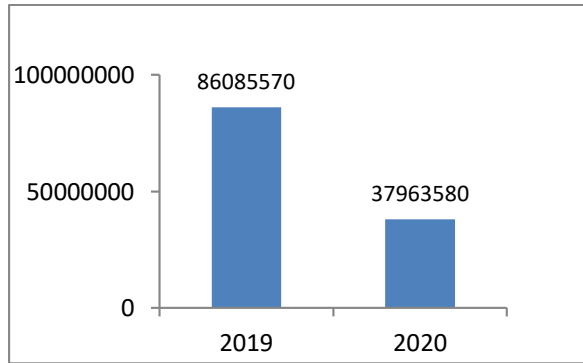
UÇAK TİPİ	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂	YAKIT TÜKETİMİ
A320	12983240	319,26	532,1	47942,21	32936,99	1,02	4097,17	4097170
A321	5306140	245,98	175,7	29377,04	13265,35	2,54	1686,72	1686720
A300	179850	3,96	6,6	853,38	488,4	2,24	56,76	56760
A310	656880	86,94	27,6	2685,48	3905,4	11,34	208,38	208380
A319	1753290	45,54	75,9	6626,07	4819,65	1,08	554,07	554070
A330-A332-A333	3983250	73,45	113	20097,05	9153	2,3	1259,95	1259950
A342	17670	1,26	0,6	84,93	78,57	7,56	5,58	5580
A343	178640	10,92	5,6	974,68	706,44	7,02	56,56	56560
A345-A346	458380	0,43	12,9	2771,35	658,33	0,26	144,91	144910
BE20-B350-BE40-BE9L	155020	40,44	6,74	202,2	2001,78	1,16	47,18	47180
BAe146	21600	1,68	1,2	48,84	134,16	2,54	6,84	6840
B737	326060	53,55	11,9	802,06	1908,76	8,12	103,53	103530
B738-B739	86302320	2173,08	3104,4	381841,2	219481,1	1,3	27318,72	27318720

B743	22160	0,54	0,8	130	35,68	4,92	7,02	7020
B744	81920	1,76	2,4	343,04	213,76	4,04	25,92	25920
B752	21600	0,1	0,5	117,15	40,4	0,4	6,85	6850
B762	36960	2,64	0,8	190,08	118,4	5,98	11,68	11680
B763	78540	1,68	2,8	394,66	202,58	2,14	24,78	24920
B772-B773	4754700	41,09	176,1	30999,47	7490,12	1,18	1502,72	1502720
C525-C560	854930	263,67	23,97	591,26	27221,93	6,02	271,66	271660
GLF 4	702000	45,5	32,5	1829,75	2886	2,46	221	221000
GLF 5	343980	5,46	18,2	1015,56	1532,44	0,56	109,2	109200
RJ85	5730	0,39	0,3	13,02	33,63	2,42	1,8	1800
TU-134	35160	21,6	1,2	104,16	335,76	32,38	11,16	11160
J328	5220	0,36	0,18	17,94	32,1	1,04	1,62	1680
B733-B734 -B735	639840	20,64	25,8	1855,02	3361,74	1,5	201,24	201240
B742	45480	7,28	1,6	198,08	319,12	32,82	14,4	14400
B722	9220	1,62	0,2	23,94	54,32	14,64	2,92	2920
F100	9560	0,56	0,4	23	55,36	2,58	3,04	3040

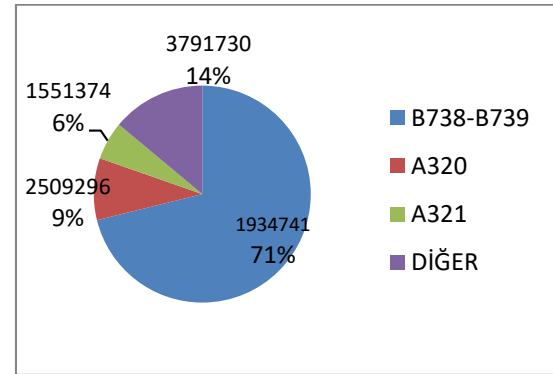
2019 ve 2020 yılları için hesaplama sonuçları karşılaştırıldığında; 2019 yılında 86 bin ton üzerinde olan toplam yakıt tüketimi 2020 yılında yaklaşık 38 bin ton olarak gerçekleşmiştir (Şekil 8). Uçak tiplerine göre yakıt tüketiminde her iki yıl için de ilk sırada B738 ve B739 tipi uçakların olduğu belirlenmiştir. Hesaplama kullanılan 29

farklı uçak tipinin yakıt tüketim ortalaması alındığında bir LTO için 1431 kg çıkmaktadır. B738-B739 uçak tipleri bir LTO için yakıt tüketimi 880 kg'dır. Bu değer ortalama değer altında olmasına rağmen gerçekleştirilen LTO sayısının fazla oluşu bu uçak tiplerinin yakıt tüketiminin fazla olmasına sebep olmuştur.

CO₂'nin 2019 da %86,05'ini 2020 yılında %87,18'ini oluşturduğu saptanmıştır.

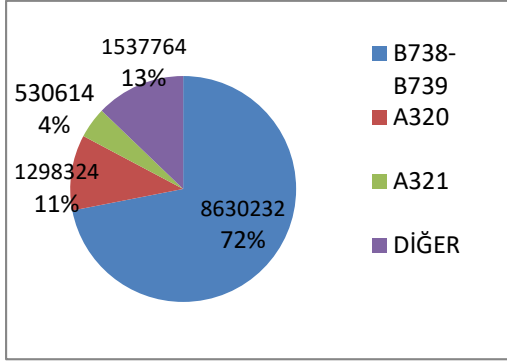


Şekil 8. Yıllık toplam yakıt tüketim değerleri(kg)



Şekil 9. 2019 yılı CO₂ emisyonunun uçak tiplerine göre miktar(kg) ve yüzdeleri

Şekil 9 ve 10'da görüldüğü üzere 2019 yılında en çok CO₂ emisyonu gerçekleştiren uçak tipleri sırasıyla B738-B739, A320 ve A321 olmuştur. B738 ve B739, 2019 yılı toplam CO₂ emisyonunun %71'ini oluşturmaktadır. 2019 ve 2020 yılında A320 ve A321 uçak tipleri toplam CO₂ emisyonunun %15'ini oluşturmuştur. Bu dört uçağın toplam salınan



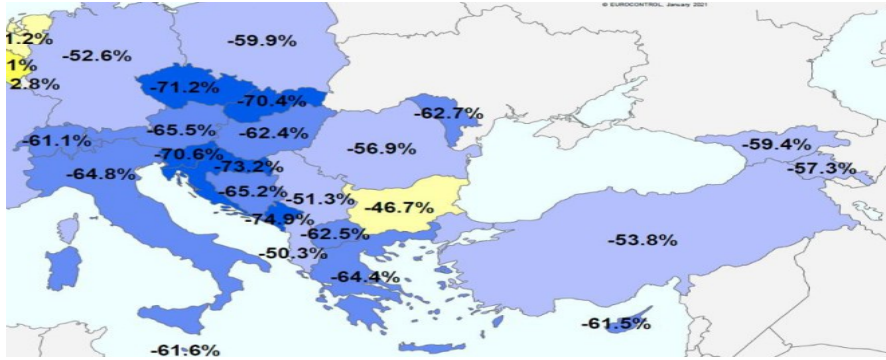
Şekil 10. 2020 yılı CO₂ emisyonunun uçak tiplerine göre miktar(kg) ve yüzdeleri

2019 yılı ve 2020 yılı hava kirleticilerinin toplam emisyon değerlerinin yüzdesel olarak değişimi Tablo 6'da gösterilmiştir. Tablo 6'daki Esenboğa Havalimanı CO₂ emisyon değişim yüzdesi %55,89 Eurocontrol havacılık teşkilatının Türkiye için belirlediği %53,8'lik

değişim yüzdesine benzerlik göstermektedir (Şekil 11). Tüm kirleticilerin emisyonları uçuş sayılarının düşmesiyle yarıdan fazla oranda azalmıştır.

Tablo 6. Sera gazları ve hava kirleticilerin yüzdeleri

Sera gazı ve kirleticiler	2019 -2020 değişim yüzdesi
CO ₂	%55,89 azalma
CH ₄	%54,94 azalma
N ₂ O	%55,57 azalma
NO _x	%56,70 azalma
CO	%53,42 azalma
NM VOC	%54,92 azalma
SO ₂	%55,92 azalma



Şekil 11. Avrupa ülkeleri 2019-2020 yılları CO₂ emisyon değişim yüzdeleri (EUROCONTROL, 2021)

6. Sonuç ve öneriler

Çalışma sonucunda Esenboğa Havalimanı uçuş sayıları ve emisyon değerleri 2019 ve 2020 yılları için tespit edilmiştir. 2020 yılında ulusal ve uluslararası havacılıkta uygulanan uçuşların durdurulması ve kısıtlanması kararları sonucu Esenboğa Havalimanında uçuş sayılarında düşüş yaşanmıştır.

2019 Yılı uçuş sayısı yüz bine yaklaşan Esenboğa Havalimanı için 29 farklı uçak tipinin, emisyon değerlerine etkisi araştırılmıştır. B738-B739 tipi uçaklar iniş kalkış ve emisyon değerleri sıralamasında ilk sırada yer almıştır. B742 ve A345 gibi yüksek emisyon ve yakıt tüketim faktörleri bulunan

uçakların iniş kalkış sayılarının az oluşu Esenboğa Havalimanı için hesaplamalarda paylarının düşük kalmasını sağlamıştır.

Çalışmada, IPCC kılavuzunda emisyon faktörleri olmayan %6'lık bir uçak ve helikopter yüzdesi hesaplanamamıştır. Emisyon hesabı için farklı uçak tiplerine ait emisyon faktörlerinin de erişilebilir olması yapılan hesaplamaları daha doğru ve hassas yapacaktır.

Esenboğa Havalimanında, jet uçakları ve helikopter uçuş sayılarında 2020 yılında az da olsa artış gerçekleşmiştir. Pandemi döneminde azalan uçuş sayıları içerisinde jet uçakları ve

helikopter uçuş sayılarının artış göstermiş olması dikkat çekmektedir.

Çalışmada uçuş sayılarının azalışının emisyon değerlerinde azalmaya neden olduğu görülmüştür. Ancak, 2050 yılı itibarıyla Dünya genelinde yıllık 10 milyar havayolu yolcu sayısına ulaşılması beklenmektedir. Havacılığa olan talebin artışı, emisyon azaltımı için yeni teknoloji ve gelişmelere ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Havacılık sektöründe emisyonların azaltılması için şu adımların atılması fayda sağlayabilir;

- Mevcut uçuş rotalarının kısaltılması ve güncellenmesini içeren proje ve uygulamaların artışı ile tüketilen yakıt azalacak ve çevreye zarar veren emisyon miktarı düşecektir.
- Havayolu şirketlerinin slot haklarını kaybetmemek için düşük yolcu sayısı ile gerçekleştirdikleri zorunlu uçuşlarla ilgili yapılacak düzenlemelerle uçuş sayısında ve emisyonlarda azalma gerçekleştirilecektir.
- Yeni ve daha çevreci olan sürdürülebilir havacılık yakıt üretiminin ve kullanımının yaygınlaştırılması emisyon değerlerinin azalmasını sağlayacaktır. Ayrıca yerli imkanlarla sürdürülebilir havacılık yakıtı üretimi yapılması için çalışmalar yapılmalıdır. Yerli sürdürülebilir yakıtın kullanılabilmesi ülke ekonomisi için olumlu etkiler yaratacaktır.
- Havalimanı apron hizmetlerinde elektrikli araçların kullanımı emisyon değerlerinin azalmasını sağlayacaktır.
- SHGM'nin gerçekleştirdiği yeşil havalimanı projesi ve DHMİ'nin yürüttüğü karbonsuz havalimanı projesi benzeri çevreci projelerin terminal ve çevresinde yaygınlaşması emisyonları azaltacaktır.
- Uçakların pas geçme sayılarının azaltılması LTO döngüsündeki emisyon artışının önüne geçecektir.
- Havayolu şirketleri emisyon verimliliği yüksek, gürültü değeri düşük, aerodinamik açıdan gelişmiş yeni nesil uçaklarla filolarını gençleştirerek CORSIA regülasyonun gerekliliklerini yerine getirmelidir.

Hesaplamalar sonucu elde edilen bulgular ışığında Esenboğa Havalimanı düzeyinde yoğun bir havalimanında Covid 19 pandemisi

etkisiyle uçuş sayılarının ve uçuşlar kaynaklı emisyonların ciddi oranda azaldığı ortaya konmuştur. Sektörün neden olduğu emisyonların hem hava tarafı hem de kara tarafında azaltılmasını sağlayabilecek öneri ve görüşler sunulmuştur. Sonuç olarak havacılık sektörünün tüm paydaşlarının aldıkları kararlarda çevre koruma bilinciyle hareket etmesi, gelişen ve büyüyen sektörün iklim değişikliğine karşı olumsuz etkilerini azaltacağı anlaşılmaktadır.

Araştırmacıların katkı oranı beyanı

Yazarların çalışmadaki katkı oranları eşittir.

Destek ve teşekkür beyanı

DHMİ'ye veri temini sağladığı için teşekkür ederiz.

Çıkar çatışması beyanı

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

Ali Ozan Canarlanlar. (2017) İniş Kalkış Döngüsündeki Safha Sürelerinin Gerçek Uçuş Verileri Kullanılarak Değerlendirilmesi. *Sürdürülebilir Havacılık Araştırmaları Dergisi* , Cilt 2 sayı 1, DOI: 10.23890/SUHAD.2017.0105

Ashworth, K., Bucci, S., Gallimore, P. J., Lee, J., Nelson, B. S., Sanchez-Marroquín, A., ... & McQuaid, J. B. (2020). Megacity and local contributions to regional air pollution: an aircraft case study over London. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20(12), 7193-7216.

ATAG. (2021). WAYPOINT 2050. Erişim adresi https://aviationbenefits.org/media/167418/w2050_v2021_27sept_summary.pdf

DHMİ. (2020). DHMİ 2020 Havayolu Sektör Raporu. Erişim adresi https://www.dhmi.gov.tr/Lists/HavaYoluSektorRaporlari/Attachments/14/2020_Havayolu_Sektor_raporu.pdf

Domogalla, V., Bertsch, L., Plohr, M., Stumpf, E., & Spakovszky, Z. S. (2022). Low-Noise Design of Medium-Range Aircraft

for Energy Efficient Aviation. *Aerospace*, 9(1), 3.

Dündar, A. O., & Kolay, A. (2021). Karayolu yük ve yolcu taşımacılığının çevresel sürdürülebilirlik bakımından değerlendirilmesi ve Konya ili sera gazı emisyonunun hesaplanması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1), 317-334.

EASA. (2019). European Aviation Environmental Report 2019. Erişim adresi: https://www.easa.europa.eu/eaer/system/files/ua_uploaded/219473_EASA_EAER_2019_WEB_HI-RES_190311.pdf

EUROCONTROL. (2021). EUROCONTROL Data Snapshot. Erişim Adresi <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-01/eurocontrol-data-snapshot-co2-emissions-2020.pdf>

Lu, C., Liu, H., Song, D., Yang, X., Tan, Q., Hu, X., & Kang, X. (2018). The establishment of LTO emission inventory of civil aviation airports based on big data. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 128, No. 1, p. 012069). IOP Publishing.

IATA. (2014). The Worldwide Airport Slot Guidelines. Erişim adresi <https://www.iata.org/contentassets/4ede2aabfc14a55919e468054d714fe/wasg-edition-1-english-version.pdf>

IATA. (2020). Annual review 2020. Erişim adresi <https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a4e0bb4ff6ced0126f0bb/iata-annual-review-2020.pdf>

Inan, T. T. (2020). Slot Kavramının Havalimanları ve Havayolları Açısından İncelenmesi. *International Journal of Management and Social Research*, 7(13), 46-55.

IPCC. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Erişim adresi <https://www.ipccggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

İlker Yılmaz. (2017). Emissions from passenger aircraft at Kayseri Airport, Turkey. *Journal of Air Transport Management* 58 (2017) 176-182, <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2016.11.001>

Kaya Aydın, G., & Aydın, U. (2021). Is there any convergence in the CO2 emission efficiency of airlines?. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-10.

Kazım Çağatan. (2011) İstanbul Atatürk Havalimanı İçin Uçak Emisyonlarının Belirlenmesi ve Çevresel Etkileri İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek lisans tezi <http://hdl.handle.net/11527/7135>

Keskin, B. N., & Ercoşkun, Ö. Y. (2021). Covid-19'un havacılık sektörüne çevresel etkisi: Adnan Menderes Havalimanı örneği. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 4(1), 74-86.

Kito, M., Nagashima, F., Kagawa, S., & Nansai, K. (2020). Drivers of CO2 emissions in international aviation: the case of Japan. *Environmental Research Letters*, 15(10), 104036.

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), 291-297.

Kuzu, S. L. (2018). Estimation and dispersion modeling of landing and take-off (LTO) cycle emissions from Atatürk International Airport. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 11(2), 153-161.

Lund, M. T., Aamaas, B., Berntsen, T., Bock, L., Burkhardt, U., Fuglestvedt, J. S., & Shine, K. P. (2017). Emission metrics for quantifying regional climate impacts of aviation. *Earth System Dynamics*, 8(3), 547-563.

Meltem Akça. (2020). COVID-19'UN HAVACILIK SEKTÖRÜNE ETKİSİ. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(4), 45-64.

Pecorari, E., Mantovani, A., Franceschini, C., Bassano, D., Palmeri, L., & Rampazzo, G. (2016). Analysis of the effects of meteorology on aircraft exhaust dispersion and deposition using a Lagrangian particle model. *Science of the Total Environment*, 541, 839-856.

Saban, M., & Trabzon, O. (2021) Covid-19 Salgınının Havacılık Sektöründeki Şirket Performansları Üzerindeki Etkileri: Türk Havayolları Örneği. *International Review of Economics and Management*, 9(1), 64-79.

Sarı, D., Hamamcı, S. F., Akdağ, A., Kütükoğlu, M., Özkurt, N., & Şti, H. M. M. T. L. (2013). Havalimanlarında Gürültü Haritalama Çalışmaları-Türkiye'den Örnekler.

Song, S. K., & Shon, Z. H. (2012). Emissions of greenhouse gases and air pollutants from commercial aircraft at international airports in Korea. *Atmospheric Environment*, 61, 148-158.

Schürmann, G., Schäfer, K., Jahn, C., Hoffmann, H., Bauerfeind, M., Fleuti, E., & Rappenglück, B. (2007). The impact of NO_x, CO and VOC emissions on the air quality of Zurich airport. *Atmospheric Environment*, 41(1), 103-118.

SHGM. (2014). Hava Sahasının Esnek Kullanımı Yönetmeliği (SHY FUA). Erişim adresi <https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/yonetmelikler/SHY-FUA.pdf>

SHGM. (2018). Uluslararası Havacılığa Yönelik Karbon Denkliği Azaltma Şeması Uygulama Talimatı (SHT-CORSIA). Erişim adresi <https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/talimatlar/2020/SHT-CORSIA.PDF>

Ünal, İ., Türkoğlu, F., & Doğan, B. (2014). Nevşehir Kapadokya Havalimanının Emisyon ve Gürültü Açısından

Değerlendirilmesi. *Engineer & the Machinery Magazine*, (654).

Url-1

<<https://www.icao.int/Newsroom/Pages/2020-passenger-totals-drop-60-percent-as-COVID19-assault-on-international-mobility-continues.aspx>>, erişim tarihi 15.01.2022.

Url-2 <<https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/default.aspx>>, erişim tarihi 09.03.2022.

Url-3

<<https://blog.turkishairlines.com/tr/yepyeni-bir-proje-parise-surdurulebilir-havacilik-yakitiyla-ucuyoruz/>>, erişim tarihi 06.03.2022.

Url-4

<https://www.atag.org/component/factfigures/?Itemid=>, erişim tarihi 10.03.2022.

Url-5 <<https://web.shgm.gov.tr/tr/s/194-yesil-havaalani-green-airport-projesi>>, erişim tarihi 25.12.2021.

Url-

6<<https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Havalimani/Yenisehir/karbonsuzHavalimaniProjesi.aspx>>, erişim tarihi 10.01.2022.

Url-7

<<https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2021-07-23-01/>>, erişim tarihi 10.01.2022.

Url-8

<<https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Havalimani/Esenboga/GenelBilgiler.aspx>>, erişim tarihi 15.01.2022.

Url-9

<https://www.airporthaber.com/havacilik-haberleri/esenbogada-yeni-pist-heyecani.html>, erişim tarihi 12.03.2022.