



GAZİANTEP UNIVERSITY JOURNAL OF SOCIAL SCIENCES

Journal homepage: <http://dergipark.org.tr/tr/pub/jss>



Araştırma Makalesi • Research Article

Çevre Dostu Teknolojiler, Sivil Havacılık ve Çevre Kalitesi Arasındaki İlişkisi: Panel Eşik Değer Regresyon Analizi

The Relationship Among Eco-Friendly Technologies, Civil Aviation and Environmental Quality: Panel Threshold Regression Analysis

Buket KIRCI ALTINKESKİ^a Oğuzhan ÖZYİĞİT^b Emre ÇEVİK^{c*}

^a Doktora Öğrencisi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Tekirdağ/TÜRKİYE
ORCID: 0000-0002-0188-7809

^b Öğretim Görevlisi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla Meslek Yüksekokulu / Pazarlama ve Reklamcılık Bölümü / Pazarlama Programı, Muğla/TÜRKİYE
ORCID: 0000-0001-9552-0938

^c Araştırma Görevlisi, Doktor, Kırklareli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Kırklareli/TÜRKİYE
ORCID: 0000-0002-2012-9886

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Başvuru tarihi: 1 Kasım 2021

Kabul tarihi: 17 Haziran 2022

Anahtar Kelimeler:

Sivil hava taşımacılığı,
Çevre kalitesi,
Panel eşik değer regresyon analizi

ARTICLE INFO

Article History:

Received: November 1, 2021

Accepted: June 17, 2022

Keywords:

Civil air transport,
Environmental quality,
Panel threshold value regression

ÖZ

Sivil havacılık milyonlarca insanı birbirine bağlayan, turizmi canlandıran, ticari değişimi hızlandırması sebebiyle de ekonomiyi canlandırıp kültürleri buluşturan önemli bir taşımacılık türüdür. Özellikle hız ve sağladığı ekonomik güç diğer sektörlerle göre hava yolu taşımacılığını en üst sıralara taşımaktadır. Havayolu sektörünün hızla büyümesiyle birlikte, insan ve yeryüzü üzerindeki artan olumsuz etkileri nedeniyle iklim değişikliği konusu da daha fazla dikkat çekmektedir. Gelecekte meydana gelecek talebin karşılanması için ulusal ve uluslararası hava taşımacılığı sisteminin daha verimli hale gelmesi, gürlü ve emisyon miktarının azalması birçok paydaşı etkileyeceği için çözümü de karmaşıktır. Hava taşımacılığının belirtilen çevresel hedeflere ulaşması temel kriterlere dayalı başarı faktörleri ve küresel çabalara bağlıdır. Çalışmanın amacı sivil hava taşımacılığının çevre kalitesi üzerindeki etkisini araştırmaktır. Ulaşım ile ilgili iklim değişikliğini azaltmaya yönelik inovasyon faaliyetlerinin sivil hava taşımacılığı ile çevre kalitesi arasındaki ilişkiyi değiştirip değiştirmediği seçili gelişmiş Avrupa ülkeleri için 1979-2019 yılları arasında Panel Eşik Değer Regresyon Modeli ile incelenmiştir. Çalışmada analiz için kişi başına düşen karbon emisyonları, hava yolu ile seyahat eden toplam yolcu sayısı, ulaşım ile ilgili iklim değişikliğini azaltan teknolojilere ilişkin patent başvuruları, büyüme oranı, birinci enerji tüketimi, ithalat ve ihracatın GSYİH'ye oranı ve doğrudan yabancı yatırımların GSYİH'ye oranı değişkenleri kullanılmıştır. Sonuçlar, ulaşım da iklim değişikliğini azaltan teknolojilerin belirli bir eşik değeri geçmesi durumunda sivil hava taşımacılığı çevre kalitesi üzerindeki olumsuz etkisinin ortadan kalktığını göstermektedir.

ABSTRACT

Civil aviation is an important type of transportation that connects millions of people, stimulates tourism, and accelerates commercial change, stimulating the economy and bringing cultures together. Especially the speed and the economic power it provides carries the air transportation to the top ranks compared to other types. With the rapid growth of the airline service sector, the issue of climate change attracts more attention due to its increasing negative effects on humans and the earth. Making the national and international air transport system more efficient in order to meet the future demand, the solution is also complex, as the reduction of noise and emissions will affect many stakeholders. Achieving the stated environmental targets of air transport depends on key criteria-based success factors and global efforts. The aim of the study is to investigate the effect of civil air transport on environmental quality. Whether the innovation activities aimed at reducing the climate change related to transportation change the relationship between civil air transportation and environmental quality was examined with the Panel Threshold Value Regression Model between 1979 and 2019 for selected developed European countries. For analysis in the study, carbon emissions per capita, total number of passengers traveling by air, patent applications for technologies that reduce transportation-related climate change, growth rate, primary energy consumption, ratio of imports and exports to GDP and the ratio of foreign direct investments to GDP variables are used. The results show that when technologies that reduce climate change in transportation pass a certain threshold value, the negative impact on the environmental quality of civil air transport disappears.

* Sorumlu yazar/Corresponding author.
e-posta: emre.cevik@klu.edu.tr

EXTENDED ABSTRACT

Air transport pollutes the environment with different outputs such as carbon dioxide (CO₂), nitrogen (NO_x) and sulfur oxides (SO_x), water vapor (H₂O), noise, and causes climate change. However, the aviation industry is a type of transportation that connects millions of people, revitalizes tourism, and accelerates commercial change, stimulating the economy and bringing cultures together. To meet the future demand, the national and international air transport system must become more efficient and the amount of noise and emission decreases, as it will affect many stakeholders. The Green Airline Rating System and success factors based on three basic criteria for air transportation to reach the stated goals are listed as follows: 1) Daily Operational Activities: Consists of technical activities including passenger exchange, crew, cargo, baggage, meal services, as well as refueling, cabin cleaning, and routinized control. 1a) Fuel management program: Airline companies tend to refuel aircraft in accordance with the time required for the planned destination, to both reduce air pollution from flights and avoid the cost of carrying extra fuel on the aircraft. 2a) Aircraft weight reduction incentives: Aircraft weight reduction is possible through continuous development or new aircraft designs. 3a) Flight Planning: The flight planning made to determine the arrival and departure route, speed, and altitude of the aircraft is an important factor in fulfilling the environmental obligations of air transport companies as well as cost and safety. 4a) Greening on Board: Another factor that should be taken into consideration to ensure environmentally-friendly flights is cabin waste resulting from consumption in the flight. Cabin waste includes food, kitchen, and cleaning wastes, as well as products brought by passengers to the aircraft. 5a) Ground Handling: Ground services including flight movements, baggage preparation, loading, ground support equipment, de-icing, personnel training, runway planning, and ground handling are one of the key points of sustainable air transportation, apart from active runways. Due to the fact that ground handling services are an important input in the emission of emissions, studies have been initiated by ground handling companies to use environmentally-friendly vehicles. 2) Corporate environmental management practices: As a result of pressures from both the internal and external environment of companies, it is expected that they will be more sensitive to the environment. In this context, corporate environmental management practices consisting of corporate social responsibility consisting of economic, legal, ethical, and optional expectations, environmental management system including continuous improvement, and ISO 14001 certification are of great importance. 2a) Corporate Social Responsibility and Environmental Management System: Corporate Social Responsibility, which has passed from an idea to reality by defining the roles of many organizations in society, has evolved from just the right thing to do to the idea that doing the right thing leads to better, resulting in the organization act. 3) Institutional policies / strategic planning: Due to the macroenvironmental and cyclical nature of air transport, it is important that airline policies and strategic plans take into account the synergetic and systematic nature of these factors. 3a) Fleet Renewal: Fleet managers should make decisions by observing performance, costs, uniform or multiple fleets, competition, and future changes when deciding on fleet renewal. 3b) Commute program options: This topic, which is about healthy transportation options, focuses on options such as public transportation to any workplace, and car-sharing by focusing on reducing carbon emissions while reducing the compulsion of employees to commute. Considering the increasing air traffic, increasing fuel amount, and costs, it is up to the civil aviation sector to take responsibility for the environmental effects of the emissions. Strict environmental targets based on the aforementioned criteria and efficient airport ground operations are one of the key elements of sustainable air transportation. The aim of this study is to investigate the effect of civil air transport on environmental quality. Studies in the literature indicate that civil air transportation has a negative impact on the quality of the environment and the said effect is caused by the fossil fuels used in transportation. However, it has been stated in the studies in the literature that civil transport has a positive effect on the economic growth of countries. For this reason, in this study, whether the innovation activities aimed at reducing the transportation-related climate change or the relationship between civil air transportation and environmental quality was examined with the Panel Threshold Regression Model. The sample of the study consists of developed European countries such as Austria, Germany, France, England, Italy, and the Netherlands. Carbon emissions per capita were taken into account as an environmental quality variable. As the civil aviation variable, the total number of passengers traveling to these countries by air is used. The total number of patents has been used as innovation activities to reduce climate change. In addition, energy consumption, economic growth, trade openness, and foreign direct investments, which affect carbon emissions, are taken into account in the models as control variables. The results of the analysis show that when technologies that reduce climate change in transportation pass a certain threshold value, the negative impact of civil air transportation on environmental quality disappears. The results obtained are very important for policymakers because the negative impact of civil transport on the environment, which makes a serious contribution to the country's economy, is eliminated. In line with the expectations, the effect of economic growth and energy consumption on carbon emissions was found to be positive and statistically significant. An increase in trade openness reduces carbon emissions, while an increase in foreign direct investments reduces carbon emissions.

Giriş

1992 yılında imzalanan ve 1994 yılında yürürlüğe giren 196 ülkenin taraf olduğu Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile taraf ülkeler sera gazı salımını azaltmayı ve belirli bir seviyede tutmayı amaçlamaktadır. Bu anlaşmanın genişletilmiş bir uzantısı olarak 1997 senesinde imzalanan ve yasal bağlayıcılığı olan Kyoto protokolü ile 192 taraf ülke, doğaya saldıkları sera gazı ve karbon dioksit miktarını 1990 yılına kıyasla % 5.2 oranında azaltmayı taahhüt etmiştir (UNFCCC, 2006). Taraf olan birçok kıtadan farklı ülke, gereklilikleri sağlamak için çaba sarf etse de bu düzenlemelerin en ciddi uygulandığı alan Avrupa Birliği olmuştur. Avrupa Birliği, 1990-2018 yılları arasında gerekli düzenlemeleri ve modernizasyonları yaparak sera gazı emisyonlarını birliğin ekonomisi % 61 büyümesine rağmen % 23 oranında azaltmayı başarmıştır. İlerleyen yıllarda mevcut planlarını aynen sürdürmeye devam etmeleri durumunda bu oranın ulaşacağı rakamın 2050 yılına kadar % 60'lık bir sera gazı emisyon azalması olacağı belirtilmiştir (EEA, 2011). Mevcut düzenlemelerle devam edilmesi halinde, Avrupa birliğinde yaz ayları hava sıcaklığının 2030 yılına kadar 4.5 dereceye kadar artması beklenmektedir. Avrupa Birliğinin dünyadaki sera gazı üretimi kaynaklı ozon tabakası delinmesinde büyük oranda sorumludur (EEA). Avrupa Birliğinde kirlilik kaynaklı hastalanmalara 200 milyar dolara yakın sağlık harcamaları (EEB, 2020), işletmelerin, dünyanın toplam GSYİH'nin yarısına denk gelen 40 trilyon dolara yakın değerdeki girdisinin doğaya bağlı olması (EC, 2020) gibi sebeplerle Avrupa Birliği yeni bir eylem planı hazırlama gerekliliği duymuştur. İlk olarak 2005 senesinde birçok sektör için uygulanmaya konulan "Cap-and-Trade" adı verilen prensip üzerine kurulu Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Sistemi (AB ETS), üretilen emisyonun üst sınır getirilerek Avrupa Birliğinin iklim değişikliği ile mücadelesinde ilk önemli girişimidir (EC, 2009). 2019 yılında ise Avrupa Birliği Yeşil Mutabakat Eylem Planı adında bir sözleşmeye 28 ülkenin katılımıyla imza atmış ve karbon emisyonunu azaltma hedeflerini 2030 yılına kadar 1990 senesinden en az % 55, 2050 senesine kadar ise bu rakamı sıfırlama amacıyla hareket etmeyi taahhüt ederek ilk CO2 sıfır kıta olma amacını kendisine yüklemiştir (EC, 2019).

Yukarıda anlatılan düzenlemelerden birçok işkolu etkilenmekte ve gereken sorumlulukları yerine getirmeye çalışmaktadır. Bu iş kollarından özellikle taşımacılık türleri arasında en çok etkilenecek sektör, şüphesiz hava taşımacılığıdır. Sera gazı emisyonlarının %13.9'u havayolu taşımacılığından kaynaklanmaktadır (Atag, 2020; Eurocontrol, 2021). Havayolu taşımacılığı, karbon dioksit (CO₂), nitrojen (NO_x) ve kükürt oksitler (SO_x), su buharı (H₂O), gürültü gibi farklı çıktılarla çevreyi kirletir ve iklim değişikliğinin oluşmasına sebep olur, fakat bu zararlarının yanında havacılık sektörü milyonlarca insanı birbirine bağlayan, turizmi canlandıran, ticari değişimi hızlandırması sebebiyle de ekonomiyi canlandırıp kültürleri buluşturan bir taşımacılık türüdür. Yarattığı iş olanakları ve sağladığı katma değeri ile G20 ülkelerinin bazılarında daha büyük bir ekonomik güçtür (Tierney, 2014; Atag, 2020). Bunlarla beraber taşıma sistemlerinin değerlendirilmesinde önemli kriterler olarak hız, ekonomi ve menzil girdilerinin kullanılmasından dolayı hava yolu taşımacılığının sektör profesyonelleri için vazgeçilemeyecek bir yol olduğu açıktır. Özellikle hız ve menzil açısından diğer sektörlerle göre hava yolu taşımacılığı ön sırada gelmektedir. Gelecekte oluşacak talebin karşılanması için ulusal ve uluslararası hava taşımacılığı sisteminin daha verimli hale gelmesi, gürültü ve emisyon miktarının azalması birçok paydaşı etkileyeceği için çözümü de karmaşık haldedir (Kotegawa vd., 2014).

Bu karmaşık yapıyı düzenlemek amacıyla ilk olarak 2011 senesinde Avrupa Komisyonu Avrupa Birliği Havacılık Sektörü Vizyonu, geleceğin havacılık yapısını belirli bir düzleme oturtmak, Avrupalı yolcuların kapıdan kapıya ulaşmalarını 4 saat gibi bir sürede tamamlayacak şekilde evirmek, hızlı boarding, hava şartlarına bakılmaksızın yolcuları

zamanında varmak istedikleri noktaya ulaştırmak ve tüm bunların paralelinde de kayıp zaman kaynaklı emisyonu azaltmak amacıyla Flightpath 2050 isimli bir rapor sunmuştur (EU, 2011). 2012 senesinde ise tüm Avrupa Ekonomik Alanı (EEA = EU27 + Norveç, İzlanda ve Lihtenştayn) içerisindeki uçuşların emisyon şemaları Avrupa Emisyon Ticaret Sistemi (AB ETS) tarafından düzenlenmeye başlanmıştır (EU, 2021). 2012 senesinde üst sınır yüksek bir rakamdan 2004, 2005, 2006 yıllarının ortalama emisyonunun % 97'si olarak belirlenmiş, 2013-2020 yılları arasında ise % 95'e çekilmiş, askeri, dairesel ve kamu hizmeti yükümlülüğü uçuşları bu sistemden ayrı tutulmuştur (Scheelhaase vd., 2018). Dünyadaki birçok hava taşımacılığı şirketi, AB ETS'yi Birleşmiş Milletlerin uluslararası havacılığı düzenlemek ve koordine etmek için 1944'te kurduğu Chicago Konvansiyonu ya da diğer adıyla Uluslararası Sivil Havacılık Konvansiyonuna (ICAO) aykırı olduğu gerekçesiyle reddetmiş ve Airlines for America (A4A) Avrupa Adalet Divanına başvurarak AB ETS'nin birçok uluslararası sözleşmeyi ihlal ettiğini belirtse de Adalet Divanı talepleri olumsuz olarak neticelendirmiştir (Efthymiou ve Papatheodorou, 2019). Takip eden süreçte muhalif olan devletler ICAO ile devam eden görüşmeler neticesinde 2016 senesinde Uluslararası Havacılığa Yönelik Karbon Denkleştirme ve Azaltma Şeması (CORSA) olarak isimlendirilen 2021-2023 yılları arasında pilot uygulama, 2024-2027 arasında ilk aşama ve 2027 senesinden 2035 yılına kadar olacak süreçte tam etkinlik aşaması olarak hayata geçecek planı kabul etmişlerdir (Lyle, 2018). Bu plan kapsamında ICAO üye devletler SARPs'a (CORSA ile ilgili standartlar ve tavsiye edilen uygulamalar) uyum sağlamak için bünyesindeki yönetmeliklerde gerekli düzenlemeleri ve değişiklikleri yapmaları gerekecektir (Mikolajczyk vd., 2019).

Havayolu sektörünün hızla büyümesiyle birlikte, insan ve yeryüzü üzerinde artan olumsuz etkileri nedeniyle iklim değişikliği konusu daha fazla dikkat çekmektedir. Hava yolu taşımacılığı gerek yolcu taşıma kapasitesi gerekse uçakların kullanmış olduğu yakıt miktarı göz önüne alındığında dünyada önemli bir yere sahiptir. Sürekli büyüme potansiyeline sahip olan sivil havacılık sektörü, 1980'lerden bu yana büyümesiyle orantılı olarak yakıt tüketimi de önemli miktarda artmıştır. Artan yakıt miktarı göz önüne alındığında ortaya çıkan emisyonların çevresel etkileri de ele alındığında sivil havacılık sektörüne de sorumluluk düşmektedir. Artan hava trafiği, artan yakıt maliyetleri ve daha sıkı çevresel hedefler ile verimli havalimanı yer operasyonları, sürdürülebilir hava taşımacılığının kilit unsurlarındandır. Bu karmaşık sistem, yer hareketi, pist planlaması ve yer hizmetleri gibi unsurları da içermektedir (Weiszer vd., 2015). Küresel hava trafiği istikrarlı bir şekilde büyümeye devam etmektedir. Ancak, COVID-19 pandemisiyle gelen seyahat kısıtlamaları hava trafiğini neredeyse durdurmuştur. 2021 yılında ülkeler tarafından getirilen seyahat kısıtlamalarının kademeli olarak kalkmasıyla birlikte ise havacılık sektöründe toparlanmalar görülmüştür. Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO)'nın yayınladığı verilere göre 2021 yılında, uluslararası yolcu trafiği 2.3 milyar olarak gerçekleşmiştir. 2030 yılına gelindiğinde havayolu yolcu sayısının 6 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir (ICAO, 2013). O zamana kadar, birçok havaalanı maksimum kapasitelerine ulaşacak ve bu da mevcut kaynakları tam olarak kullanmak için büyük bir baskı ve verimli yer operasyonları ihtiyacı ile sonuçlanacaktır. Ayrıca, 2050 yılına kadar Avrupa'da emisyonsuz bir havalimanı yer hareketine ulaşmak gibi iddialı çevresel hedeflere yönelik küresel çaba, artan yakıt maliyetleriyle birlikte havayollarındaki yakıt tüketimini mümkün olduğunca azaltmaya zorlayacaktır. Çalışmanın giriş kısmında konunun kuramsal alt yapısı ele alınmıştır. Çalışma özellikle sivil hava taşımacılığının çevre kalitesi üzerindeki etkisinin ampirik olarak araştırılması nedeniyle önemlidir. Ulaşım ile ilgili iklim değişikliğini azaltmaya yönelik inovasyon faaliyetlerinin sivil hava taşımacılığı ile çevre kalitesi arasındaki ilişkiyi değiştirip değiştirmediği gelişmiş seçili Avrupa ülkeleri için 1979-2019 yılları arasında Panel Eşik Değer Regresyon Modeli ile incelenmiştir. Çalışmada analiz için kişi başına düşen karbon

emisyonları, hava yolu ile seyahat eden toplam yolcu sayısı, ulaşım ile ilgili iklim değişikliğini azaltan teknolojilere ilişkin patent başvuruları, büyüme oranı, birincil enerji tüketimi, ithalat ve ihracatın GSYİH'ye oranı ve doğrudan yabancı yatırımların GSYİH'ye oranı değişkenleri kullanılmıştır. Aynı zamanda hava taşımacılığının çevresel hedeflere ulaşması temel kriterlere dayalı başarı faktörleri ve küresel çabalara bağlıdır. Sivil havacılıkta belirtilen hedeflere ulaşılması amacıyla başarı faktörleri sonraki bölümde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümündeki genel bilgilerin ardından öncelikle sivil havacılık sektöründe başarı faktörleri ele alınmıştır ve bu faktörlere detaylı şekilde yer verilmiştir. İkinci bölümde konu ile ilgili teorik ve ampirik literatür taraması yapılmıştır. Üçüncü bölümde veri seti ve ekonometrik yöntem yer almaktadır. Sonraki bölümde ise, analiz sonucundan elde edilen bulgulara yer verilirken, çalışmanın son bölümünde sivil havacılıkta başarı faktörleri ve sivil havacılık faaliyetlerinin çevresel etkilerine dair genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Başarı Faktörlerinde Sivil Havacılık

Hava Taşımacılığının belirtilen hedeflere ulaşması amacıyla üç temel kritere dayalı Yeşil Havayolu Derecelendirme Sistemi ve başarı faktörleri Abdullah, Chew and Hamid (2016) tarafından aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

Tablo 1: Yeşil Havayolu Derecelendirme Sistemi ve Başarı Faktörleri

Günlük Operasyonel aktiviteler	Yakıt yönetim programı Hava taşıtı ağırlık azaltma teşvikleri Uçuş Planlama Greening on Board Yer Hizmetleri
Kurumsal çevre yönetimi uygulamaları	Kurumsal sosyal sorumluluk Çevre yönetim sistemi
Kurumsal politikalar / stratejik planlama	Filo Yenileme İşe Gidiş Opsiyon Programları

1)Günlük operasyonel aktiviteler: Yolcu değişimi, mürettebat, kargo, bagaj, yemek hizmetlerini bununla beraber yakıt ikmali, kabinin temizlenmesini ve rutinleşmiş kontrolü içeren teknik faaliyetlerden oluşmaktadır (Wu, 2008).

a) Yakıt yönetim programı: Havayolu firmaları hem uçuşlardan kaynaklanan hava kirliliğini azaltmak hem de uçağa fazladan koyulan yakıtın taşıma maliyetinden kurtulmak amacıyla, uçaklara planlanan varış noktası için gerekli zamana uygun olarak yakıt yükleme eğilimindedirler (Ryerson vd., 2015). Stroup ve Wollmer (1992) doğru bir şekilde planlanmış yakıt miktarının uçağa ikmali vasıtasıyla kısa ve orta menzilli uçuşlarda maliyetlerin %6'ya kadar azalacağını ve bu rakamın % 8'e kadar yükseleceğini belirtmiştir. Bunu sağlamak amacıyla Hava Trafik Yönetimi (Air Traffic Management-ATM) tarafından koyulan kurallar belirli zaman aralıkları, uçuşların noktalar arasındaki varışı için belirlenecek Varış İçin Gerekli Süre (Required Time of Arrival-RTA) ve rotaları optimum uçağın uçmasına elverişli şekilde geleneksel enlem, boylam ve yükseklikten oluşan yörünge kavramına zaman parametresini de ekleyerek düzenlenmektedir (ICAO, 2012). Yakıt yönetim programında ayrıca kullanılan yakıt tipi değiştirilerek de çevreci politikaların karşılanması amacıyla çalışmalar sürdürmektedir. IATA'nın 2013'de yayınladığı rapora göre sürdürülebilir yakıtların CO2 emisyonlarını % 80'e kadar azaltmakta başarılı olabileceğini belirtmiştir. Sürdürülebilir yakıtlar farklı girdiler ile elde edilmiş olsa da yenilebilir ve yenilemeyen bitkisel kökenli yağlardan meydana getirilen HEPA isimli yakıtlar % 50 oranında geleneksel jet yakıtlarıyla karıştırılabilir niteliktedir (Kousoulidou and Lonza, 2016). Bu yağlardan elde

edilen yakıtlar sektöründe Air France ve KLM gibi hava yolu şirketleri tarafından kullanılarak uçuşlar gerçekleştirilmiştir (IATA, 2012).

b) Hava taşıtı ağırlık azaltma teşvikleri: Hava taşıtlarının ağırlıklarının azaltılması sürekli geliştirme veya yeni uçak tasarımları ile mümkün olabilmektedir (OECD, 2012). İlk olarak, daha sonra Boeing ismini alan McDonnell Douglas ve Northrop firmasının 1990'ların başında Gelişmiş Hafif Uçak Gövde Yapıları Programı (Advanced Lightweight Aircraft Fuselage Structures Program-ALAFS) olarak adlandırılan süreç daha hafif materyali kullanarak aynı ya da daha gelişmiş performansı yakalamak amacıyla başlatılmıştır (Holzwarth, 1998). Kabin içinde yapılan çalışmalarda ise, "Kabin Değişim Planı" adı verilen yöntem kabin içi yolcu koltuklarının ve teknik ekipmanlardaki ağırlığının azaltılması ve ICAO'nun önerdiği 'gerekli hallerde 1 dakika içerisinde yolcuların koltuklarını boşaltması gerekliliğini' de hesaba katarak yapılmaktadır (Tsai vd., 2014). Bu programlar sayesinde Boeing Firması % 20 ağırlıktan tasarruf etmiş bunun paralelinde ise % 12'lik bir yakıt tasarrufu sağlamıştır (Zhu, Li and Childs, 2018). Airbus Firması ise A320neo modeliyle %30 A321 modeliyle % 20 yakıt tasarrufu yapmasının yanında 900 km ek menzili yeni uçaklarına kazandırmıştır (Airbus, 2021).

c) Uçuş Planlama: Uçağın varış ve kalkış rotasını, hızını, irtifasını belirlemek için yapılan uçuş planlaması maliyet ve güvenliğin yanın da hava taşımacılığı yapan firmaların çevreye karşı olan yükümlülüklerini yerine getirmede önemli bir unsurdur. Bunu sağlamak amacıyla kullanılacak yollardan birisi olan uçuş optimizasyon algoritması, hava durumu verilerini de hesaba katarak, uçuşlar için en iyi rotayı tayin edip, yakıt tüketimini azaltarak uçuş maliyetlerini azaltmaya bu sayede de çevre kirliliğinde uçuşun payını düşürmeye yardımcı olur. (Murrieta-Mendoza vd., 2016). Tian vd., 2020 yılında Frankfurt Barcelona arası bir uçuşun 4 farklı model üzerinde yaptığı çalışmada, farklı yörüngelerin farklı maliyet, uçuş mesafesi ve uçuş süresi sonuçlarının olduğunu bulmuş, uçuş mesafesinin doğru tayini ile bu rotada %1 oranında düşürülebileceğini belirtmiştir.

d) Greening on Board (Kabin Temizliği): Çevreye duyarlı uçuşların sağlanabilmesi için göz önünde bulundurulması gereken diğer bir unsur ise uçuş içerisinde tüketimden kaynaklanan kabin atıklarıdır. Kabin atıkları yolcuların uçağa getirdiği ürünlerin yanında yemek, mutfak ve temizlik atıklarını içerir. Uçuş içerisinde üretilen çöplerin analizi için (Li vd., 2003) kısa, orta ve uzun menzilli uçuşlardan 14 adet ürün seçmiş ve çıkan atıkların analizini yapmıştır.

Tablo 2: Kabin Atıkları

Uçuş menzili	Kişi Başı üretilen Çöp (kg)			
	Ortalama	Ekonomi	Business	First Class
Uzun Menzilli	0.56	0.38	1.14	2.84
Orta Menzilli	0.58	0.48	0.85	1.57
Kısa Menzilli	0.4	0.21	1.2	-

Bu atıkların sektöre 927 milyon dolara mal olduğu düşünülmektedir (IATA, 2019). Bu atıkların geri dönüştürülmesi ve atık üretiminin azaltılması için havayolu şirketleri gerekli düzenlemeleri yapmaktadır. THY 2020 senesinde 69 ton ambalaj kaynaklı olmak üzere ve 1000 tondan fazla atığın geri dönüştürülme sürecine girmesini sağlamıştır.

e) Yer Hizmetleri: Aktif pistler dışında, uçağın hareketinden önce meydana gelen uçuş hareketlerini, bagaj hazırlama, yükleme, yer destek ekipmanları, buz çözme, personel eğitimi pist planlaması ve yer hizmetleri içeren yer hizmetleri sürdürülebilir hava taşımacılığının anahtar noktalarından birisidir (Weiszer vd., 2015). Yer hizmetlerinin emisyonun salınımında önemli bir girdi olmasından dolayı yer hizmetleri şirketleri tarafından çevreye duyarlı araçların kullanılması için çalışmalar başlatılmıştır (Aerospace, 2012).

Uçakların 15 dakikalık bir taksimde yakıt tüketiminin % 7'ye denk gelen yaklaşık 1600 arabanın yaktığı yakıta denk gelmesi sebebiyle elektrikle çalışan çekicilerin kullanılması (Soltani vd., 2020) tarafından önerilmiştir. Ayrıca Lufthansa havayolu şirketi TaxiBot ismi verilen çekiciler sayesinde Frankfurt havaalanındaki merkezinde gerçekleşen uçuşlardan yaklaşık olarak 2700 ton yakıttan tasarruf etmektedir (IAI, 2015).

2) Kurumsal çevre yönetimi uygulamaları: Şirketlerin hem iç hem de dış çevresinden gelen baskıların neticesinde, onların çevreye karşı daha duyarlı olması beklenmektedir bu bağlamda ekonomik, yasal, etik ve isteğe bağlı beklentilerden oluşan kurumsal sosyal sorumluluk, sürekli iyileştirme ve ISO 14001 sertifikasyonunu içeren çevre yönetim sisteminden oluşan kurumsal çevre yönetimi uygulamaları büyük önem arz etmektedir (Abdullah vd. 2016).

a) Kurumsal Sosyal Sorumluluk ve Çevre Yönetimi Sistemi: Birçok organizasyonun toplumdaki rollerini tanımlayarak bir düşünceden gerçekliğe geçmiş olan Kurumsal Sosyal Sorumluluk, sadece yapılması doğru olandan, doğru olanı yapmak daha iyisine yol açar düşüncesine evrilerek, organizasyonun belirli sosyal ve etik standartlar çerçevesinde hareket etmesiyle sonuçlanmıştır (Lindgreen ve Swaen, 2010). Kurumsal çevre yönetimi ise çevresel sorunlara dair kurumsal anlayışlar vasıtasıyla çevresel konuların çözümünde organizasyonların stratejik önlemler ve planlamalar almasına odaklanır (Hoffman, 2001). Cowper-Smith ve De Grosbois (2011)'un 14 hava yolu üzerine yaptığı çalışmada 13 havayolunun atık azaltma hedefi ve geri dönüşüm için çalıştığını, 12 havayolunun enerji tüketimi ve su kullanımı azaltma hedefini, ekolojik çeşitliliğin sağlanması için 4 havayolunun girişimde bulunduğunu, çevre koruma projelerinin ise 11 havayolu şirketi tarafından amaçlandığını ve bu hava yolu şirketlerinden ormanlaştırma, eğitim finansmanı nesli tükenmekte olan türler için çalışmaların başlatıldığı bulunmuştur.

3) Kurumsal politikalar / stratejik planlama: Hava yolu taşımacılığının makro çevreden etkilenen doğası ve döngüsel yapısı sebebiyle havayolu politikaları ve stratejik planlarının bu faktörlerin sinerjik ve sistematik doğasını dikkate alması önemlidir (Itani vd., 2014). Birçok sektörde uluslararası düzenlemeler neticesinde geleceğin doğa temelli şekilleneceği gerçeği sebebiyle uygulanmaya koyulmak istenen politikalar ve hazırlanan planlar bu gerçekliğin gölgesinde oluşturulmalıdır.

a) Filo Yenileme: Filo yöneticileri filo yenilenmesine karar verirken performansı, maliyetleri, tek tip ya da çoklu filoları, rekabeti ve gelecekte meydana gelebilecek değişimleri gözlemleyerek karar vermelidirler (Karagülle, 2012). Bu bakımdan filo yenilemenin maliyetli bir süreç olması, daha önce yapılan yatırımlar ve yeni taşıtların gerektireceği yeni teknik uzmanlık sebebiyle havayolu taşımacılığında filo yenileme karmaşık bir süreci içermektedir. Özellikle filo yenileme sürecinde LTO süreci dikkate alınmalıdır (Scheelhaase, 2010).

Statista (2020) tarafından hazırlanan rapora göre: Airbus A320-321 ve Boeing 737 tipi uçaklar doğaya en fazla CO₂ salan uçak tipleridir. Hem eski tip uçaklar olması hem de Dünya sivil havacılık sektöründe en çok kullanılan dar gövde uçaklar olması sebebiyle bu oran yüksektir. Tokuşlu (2021), Batum havaalanında uçakların LTO döngüsünde CO miktarını hesaplamış ve aşağıdaki sonuca ulaşmıştır.

Tablo 3: LTO döngüsünde CO miktarları

Aircraft	CO (kg/LTO)
Boeing 737	16.9
Airbus A319	6.35
Airbus A320	24.6

Kaynak: Tokuşlu, 2021.

AirFrance (2011)'a göre modern uçaklar hem doğayı kirletmemesi hem de performans açısından daha verimlidir. Bu sebep dolayısıyla filo yenilemelerinde bu faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Amizadeh vd., (2016), AB içerisinde bulunan 6 ülkede filo temelli olarak yaptığı değerlendirmede 2010-2013 yılları arasında yıllık % 1.2 oranında karbondioksit emisyonunun azaldığını belirtmiştir.

b) İşe gidip gelme programı opsiyonları: Sağlıklı ulaşım seçenekleriyle ilgili olan bu başlık çalışanların işe gidip gelme zorunluluklarını hafifletirken karbon emisyonlarını azaltmaya odaklanarak herhangi bir işyerine toplu taşıma, araç paylaşımı tele-çalışma gibi seçeneklere odaklanır (Abdullah vd., 2016). Garcia-Sierra ve van den Bergh (2014), Barselona şehri içerisinde bir araştırma yapmış ve 2006 senesinde işe gidiş gelişlerin toplam yolculuk sayısının %15,8'ini oluşturduğunu ve alışveriş gibi günlük aktivitelere kıyasla daha uzun mesafeleri içerdiğini belirtmiştir. Sutton-Parker (2021), Covid19 etkisiyle uzaktan çalışmanın yaygınlaşması sebebiyle meydana gelen işe gidiş geliş kaynaklı emisyonların 2020 senesinde % 97oranında azaldığını belirtmiştir. Jack ve Glover (2021), ise AB içerisinde iş seyahatlerinin uzaktan çalışma yöntemlerinin yaygınlaşması %30'a kadar azalabileceğini ve bu durumun yaklaşık 35 milyon ton karbondioksit tasarrufunu beraberinde getireceğini belirtmiştir.

Artan hava trafiği, artan yakıt miktarı ve maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda, emisyonların çevresel etkileri sivil havacılık sektörünün de sorumluluğundadır. Gelecekte oluşacak talebin karşılanması için ulusal ve uluslararası hava taşımacılığı sisteminin daha verimli hale gelmesi, emisyon miktarının azaltılması birçok paydaşı etkileyeceği için oldukça önemlidir. Diğer bir ifadeyle hava taşımacılığının belirtilen çevresel hedeflere ulaşması temel kriterlere dayalı başarı faktörleri ve küresel çabalara bağlıdır. Sivil hava taşımacılığının çevre kalitesi üzerindeki etkisini araştıran çalışmaların az olması konuyu ön plana çıkarmaktadır.

Literatür

Itani ve Mason (2014), çalışmalarında ulusal makro-çevre faktörlerinin hava taşımacılığı sektörü performansı üzerindeki etkisine ilişkin hipotezini 21 değişken ile test etmektedirler. 17 girdi makro-ortam (bağımsız) değişkeni, hava taşımacılığı sektörü çıktısını temsil eden dört çıktı (bağımlı) değişken Yapısal Eşitlik Modellemesi ile test etmişlerdir. Hava taşımacılığı sektörü çıktısına ilişkin tutarlı ve güvenilir verilerin azlığı nedeniyle, 52 ülke ele alınmıştır. Elde edilen analiz sonuçları, belirtilen makro çevre kuvvetleri ile hava taşımacılığı çıktısı arasında bir bağımlılık olduğunu göstermektedir. Kotegawa (2014), çalışmalarında yolcu, havayolu ve hava trafiği hizmet sağlayıcısı perspektifleri etrafında oluşturulan verimlilik ölçütleri arasındaki ödünleşimleri incelemek için hizmet ağlarının topolojik yapılarını kullanmışlardır. Bulgular, metriklerin çoğunda ölçeksiz tip topolojilerin tercih edildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, yeterli yoğunlukta rastgele topolojiler, yüksek sağlamlık özelliği ve ölçeksiz ile karşılaştırılabilir performansı ile daha çekici hale gelebilmektedir. Pandemi kaynaklı seyahatten önce, akademisyenler genellikle sürekli seyahat halindeydiler ve bazıları konferanslar, yönetim kurulu toplantıları, işbirlikleri, saha çalışmaları, seminerler ve konferanslar için yılda 150.000 kilometreden fazla seyahat etmekteydi. Bu nedenle, akademik uçuşlar üniversitelerin sera gazı emisyonlarının önde gelen nedenleri arasındadır. Jack ve Glover (2021), çalışmalarında ani bir seyahat zemini bağlamında akademik ortamın uluslararasılaşma hedeflerini karşılamak için nasıl adapte olduğunu keşfetmek için dijital etnografiden ilham alan akademik uluslararasılaşmayı incelenmektedir. Elde edilen bulgular, COVID-19 sonrası döneme girerken, diğer sektörlerde hava yolculuğu yeniden başlasa bile, akademisyenler ve kurumlar düşük karbonlu konferans uygulamalarını sürdürmek için ortak bir çaba göstermelidir. Cowper-Smith ve Grosbois (2011), çalışmaları ile havayolu endüstrisindeki kurumsal sosyal sorumluluk ile ilgili

girişimleri belirlemekte ve en büyük üç havayolu ittifakının üyeleri tarafından bildirildiği üzere, bunların benimsenme durumunun genel durumunu değerlendirmektedirler. 41 havayolundan sadece 14'ünün Ocak 2009'da kamuya açık yıllık kurumsal sosyal sorumluluk raporlarına ulaşılarak nitel analizler kullanılmıştır. Sonuçlar, kurumsal sosyal sorumlulukların sosyal veya ekonomik boyutlarından ziyade çevresel konulara daha güçlü bir şekilde odaklanıldığını göstermektedir.

Tokuşlu (2021), çalışmasında Gürcistan'daki Batum Uluslararası Havalimanı'nda 2018 yılı için iniş ve kalkış döngüleri sırasında uçak emisyonlarını (azot oksitler, karbon monoksit ve hidrokarbonlar) tahmin etmiştir. Hesaplama modeli, Gürcistan'daki TAV Havalimanları Holding Şirketleri tarafından kaydedilen uçak tipi ve sayısı, motor tipi, yolcu sayısı ve Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü Motor Egzoz Emisyonu Veri Bankası'ndaki emisyon faktörleri dahil olmak üzere uçuş verilerine dayanmaktadır. İç hat uçuşları, 2018'deki toplam iniş ve kalkış emisyonlarının % 68'inden sorumlu olarak hesaplanmıştır. Bulgular, Nox'in esas olarak tırmanış modları sırasında salındığını ve toplam emisyonların % 27'sini ve %37'sini oluşturduğunu göstermektedir. CO ve HC emisyonları çoğunlukla taksi modunda salınmıştır ve toplam emisyonların % 77 ve % 70'inden sorumlu olarak hesaplanmıştır. Değerlendirme, taksi modunda 2 dakikalık bir azalmanın iniş ve kalkış emisyonlarında yaklaşık % 6'lık bir azalmayla sonuçlandığını göstermektedir. Gelecekteki emisyonları tahmin etmek için, iniş ve kalkış döngülerinde % 50'lik bir artışın emisyonlarda yaklaşık % 55-60'lık bir artışla sonuçlanacağı değerlendirilmiştir.

Tian vd. (2020), yeşil sivil havacılığın mevcut gelişimi için çalışmalarında, geleneksel maliyet ve çevresel maliyeti hesaba katarak ticari uçuşun yeşil dört boyutlu (4D) yörüngesini optimize etmeyi amaçlamaktadırlar. Yörünge optimizasyonunun çerçevesini oluşturmak için bazı temel modeller, verimli işleme metodolojileri ve geleneksel hedefler önermişlerdir. Sera gazı maliyeti ve zararlı gaz maliyetini içeren çevresel maliyete dayalı olarak yeşil amaç fonksiyonları sunulmuştur. Barselona Havalimanı'ndan Frankfurt Havalimanı'na A320 için bir örnek olay incelemesi, farklı hedefler altında optimum maliyetlerin elde edilebileceği ve çevresel maliyet ve geleneksel maliyet ağırlıkları ayarlanarak toplam maliyetin daha iyi optimize edilebileceği sonuçlarını vermektedir. Çalışma, gelecekte uçuş yörüngesini oluştururken çevresel faktörlerin ve geleneksel faktörlerin kapsamlı bir şekilde dikkate alınması gerektiğini ve hava taşımacılığı endüstrisinin yeşil ve sürdürülebilir gelişimini destekleyebileceğini göstermektedir. Habib vd. (2022), çalışmalarında 1990-2016 dönemi için G20 ülkelerinde hava taşımacılığı yoğunluğunun, hava yolcu taşımacılığının ve hava kargo taşımacılığının hava taşımacılığı karbon emisyonları üzerindeki heterojen etkisini panel regresyon modeli araştırmışlardır. Ampirik sonuçlar, hava taşımacılığı yoğunluğunun, hava yolcu taşımacılığının ve hava kargo taşımacılığının karbon emisyonları üzerindeki etkisinin pozitif olduğunu göstermektedir. Ekonomik büyüme, kentleşme ve turizm, hava taşımacılığı CO2 emisyonlarını artırmada önemli katkı sağlayan faktörler olarak karşımıza çıkarken, ham petrol fiyatının CO2 emisyonlarını önemli ölçüde azalttığı sonucu elde edilmiştir. Bulgular, hava taşımacılığı operasyonları için daha temiz, yenilenebilir ve çevresel açıdan sürdürülebilir enerji kaynaklarına duyulan ihtiyacı işaret etmektedir.

Sivil hava taşımacılık faaliyetlerindeki artış çevre kalitesi üzerinde olumsuz bir etki yaratmaktadır. Taşımacılıkta fosil yakıtların yoğun bir şekilde kullanılması çevre kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bununla birlikte, sivil hava taşımacılık faaliyetlerindeki artış ülkelerin ekonomisine pozitif katkı yapmaktadır. Bu bağlamda, ulaşım ile ilgili iklim değişikliğini azaltan teknolojilerin artması sivil hava taşımacılığının çevre üzerindeki etkisini azaltabilir mi sorusuna cevap aramak amacıyla çalışma panel eşik değer regresyon modeli ile tahmin edilmiştir. Sivil taşımacılığın ülkelerin ekonomik büyümesi üzerinde olumlu etkisi

olduğu literatürde yer alan çalışmalarda belirtilmiştir. Çalışmada ulaşım ile ilgili iklim değişikliğini azaltmaya yönelik inovasyon faaliyetlerinin sivil hava taşımacılığı ile çevre kalitesi arasındaki ilişkiyi değiştirip değiştirmediğinin incelenmesi ilgili literatürden farklılığını ortaya çıkarmaktadır.

Veri ve Yöntem

Çalışmada karbon emisyonları ve sivil hava taşımacılığı arasındaki ilişki doğrusal ve doğrusal olmayan modeller ile analiz edilmektedir. Bu doğrultuda, öncelikle doğrusal regresyon modeli aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$CO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 YOL_{it} + \beta_2 INOV_{it} + \beta_3 BÜY_{it} + \beta_4 TİC_{it} + \beta_5 DYY_{it} + \beta_6 ET_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

burada; $CO2_{it}$ kişi başına düşen karbon emisyonlarını, YOL_{it} havayolu ile seyahat eden toplam yolcu sayısını, $INOV_{it}$, ulaşım ile ilgili iklim değişikliğini azaltan teknolojilere ilişkin patent başvuru sayısını, $BÜY_{it}$ reel kişi başına GSYİH'deki büyüme oranını, $TİC_{it}$ ithalat ve ihracatın GSYİH'ye oranını, DYY_{it} doğrudan yabancı yatırımların GSYİH'ye oranını ve ET_{it} , Birincil Enerji Tüketimi göstermektedir. $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$ eğim katsayılarıdır ve söz konusu değişkenlerin karbon emisyonları üzerindeki etkisini göstermektedir.

Denklem (1)'deki reel kişi başına GSYİH'deki büyüme oranı, ithalat ve ihracatın GSYİH'ye oranı, enerji tüketimi ve doğrudan yabancı yatırımların GSYİH'ye oranı kontrol değişkenleri olarak dikkate alınmıştır. Ekonomik büyüme enerji talebini artırdığından, kişi başına düşen GSYİH ile karbon emisyonları arasında pozitif bir ilişki olması beklenmektedir (Murthy vd., 1997, Shahbaz vd., 2013, Wang vd., 2016). Ampirik çalışmalar, ihracatın teknoloji transferi nedeniyle karbon emisyonlarını düşürmesine rağmen, ithalat ile karbon emisyonları arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, ticari açıklık ile karbon emisyonları arasındaki ilişkinin, ülkenin net ithalatçı veya ihracatçı olmasına bağlı olarak değiştiği söylenebilir. Bu bağlamda, Sun vd. (2019), ticari açıklığın karbon emisyonları üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkileri olduğunu, ancak etkinin ülkelere göre değişiklik gösterdiğini belgelemişlerdir. Literatürde doğrudan yabancı yatırım ve karbon emisyonları arasındaki ilişki hakkında kirlilik cenneti ve kirlilik halesi olmak üzere iki zıt hipotez vardır. Bu nedenle doğrudan yabancı yatırımlar ve karbon emisyonları arasındaki ilişki katsayısı negatif veya pozitif olabilir.

Uçaklarda fosil yakıtların yoğun bir şekilde kullanılmasından dolayı, hava yolu ile seyahat eden yolcu sayıları ile karbon emisyonları arasında aynı yönlü bir ilişkisi olması beklenmektedir. Diğer taraftan, ulaşım da çevre dostu teknolojilerin artmasının hem enerji verimliliğine hem de çevre kalitesine olumlu katkılar sağladığı bilinmektedir. Bu nedenle, sivil ulaşım ve karbon emisyonları arasındaki çevre dostu teknolojilerin artmasına bağlı olarak değişkenlik gösterebilecektir. Dolayısıyla ulaşım da çevre dostu teknolojiler açısından belirli bir yenilik düzeyinden sonra sivil ulaşımın çevre kirliliği üzerindeki olumlu etkisi daha az olabilir. Bu noktada sivil ulaşım ile karbon emisyonları arasındaki ilişkide belirli bir inovasyon düzeyine bağlı olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığının araştırılmasında eşik regresyon modeli öne çıkmaktadır. Bu bağlamda Hansen (1999) tarafından geliştirilen eşik regresyon modelinde, değişkenler arasındaki ilişki gözlemlenen bir değişkenin belirli değerine göre rejimlere ayrılabilen ve değişkenler arasındaki ilişki farklı rejimlere göre elde edilebilmektedir. Bu nedenle, çalışmada Hansen (1999) tarafından önerilen panel sabit etkili eşik regresyon modelini kullanarak, sivil hava yolu taşımacılığı ile karbon emisyonları arasındaki ilişki incelenmiştir. Eşik değişken olarak ulaşım a yönelik çevre dostu teknolojiler için patent sayısına dikkate alınmış ve patent başvurularının düşük ve yüksek olduğu rejimlere bağlı olarak değişkenler arasındaki ilişki analiz edilmiştir.

Hansen (1999), panel eşik regresyon modelini aşağıdaki gibi formüle etmiştir:

$$y_{it} = \mu_i + \beta'_1 x_{it} I(q_{it} \leq \gamma) + \beta'_2 x_{it} I(q_{it} > \gamma) + e_{it} \quad (2)$$

burada; bağımlı değişken (karbon emisyonları) skaler bir eşik değişkeni, q_{it} (ulaşım ile ilgili iklim değişikliğini azaltma teknolojileri için patent sayısı) eşik değişkeni, bağımsız değişken x_{it} (hava yolu ile seyahat eden yolcu sayısı, enerji tüketimi, ekonomik büyüme, ticari açıklık ve doğrudan yabancı yatırım) bir k vektörüdür. $I(.)$ gösterge fonksiyonu ve γ eşik değerini göstermektedir.

Denklem (2) aşağıdaki gibi de yazılabilir:

$$y_{it} = \begin{cases} \mu_i + \beta'_1 x_{it} + e_{it} & q_{it} \leq \gamma, \\ \mu_i + \beta'_2 x_{it} + e_{it} & q_{it} > \gamma. \end{cases} \quad (3)$$

Denklem (2) ayrıca aşağıdaki gibi de tanımlanabilir:

$$y_{it} = \mu_i + \beta' x_{it}(\gamma) + e_{it} \quad (4)$$

burada; $\beta = (\beta'_1 \beta'_2)$ ve $x'_{it}(\gamma) = [x_{it} I(q_{it} \leq \gamma) \beta'_2 x_{it} I(q_{it} > \gamma)]$. γ eşik değerine göre gözlemler iki rejime ayrılır. Eşik değişkeni q_{it} eşik değerinden küçük (yüksek) olduğunda, rejim birinci (ikinci) rejim olarak adlandırılır. Böylece rejime bağlı regresyon katsayılarını elde edebiliriz. Hansen (1999), regresyon katsayılarının en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilebileceğini belirtmiştir. Eşik etkisinin varlığını incelemek için, Hansen (1999), eşik etkisinin olmadığını belirten sıfır hipotez için ($H_0: \beta_1 = \beta_2$) bir LR testi önermiştir. Bununla birlikte, sıfır hipotezi altında γ eşiği tanımlanmadığından, test istatistiğinin dağılımının standart olmaması nedeniyle bir sorun ortaya çıkmaktadır. Hansen'de (1999) olduğu gibi, test istatistiği için kritik değer elde etmek için özyineleme prosedürü kullanılmaktadır.

Çalışmanın amacı, sivil hava taşımacılığının çevre kalitesi üzerindeki etkisini araştırmaktır. Literatürde yer alan çalışmalar sivil hava taşımacılığının çevre kalitesi üzerinde olumsuz etki yarattığını ve söz konusu etkinin taşımacılıkta kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklandığını belirtmektedir. Bununla birlikte, sivil taşımacılığın ülkelerin ekonomik büyümesi üzerinde olumlu etkisi olduğu literatürde yer alan çalışmalarda belirtilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada, ulaşım ile ilgili iklim değişikliğini azaltmaya yönelik inovasyon faaliyetlerinin sivil hava taşımacılığı ile çevre kalitesi arasındaki ilişkiyi değiştirip değiştirmediği incelenmiştir. Çalışmanın örnekleme gelişmiş seçili Avrupa ülkeleri olan Avusturya, Almanya, Fransa, İngiltere, İtalya, İspanya ve Hollanda'dan oluşmaktadır. Analizlerde kullanılan veriler 1979-2019 yılları arasında olup, değişkenlere ait bilgiler Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4: Değişkenlerin Tanımları

Değişken	Açıklama	Veri Kaynağı
CO2	Kişi başına düşen karbon emisyonları	BP Statistical Review
YOL	Hava yolu ile seyahat eden toplam yolcu sayısı	WDI
INOV	Ulaşım ile ilgili iklim değişikliğini azaltan teknolojilere ilişkin patent başvuruları	OECD
BÜY	Reel kişi başına GSYİH'deki büyüme oranı	WDI
ET	Birincil Enerji Tüketimi	BP Statistical Review
TİC	İthalat ve İhracatın GSYİH'ye oranı	WDI
DYY	Doğrudan Yabancı Yatırımların GSYİH'ye oranı	WDI

Çevre kalitesi değişkeni olarak kişi başına düşen karbon emisyonları dikkate alınmıştır. Sivil havacılık değişkeni olarak söz konusu ülkelere hava yoluyla seyahat eden toplam yolcu sayısı kullanılmıştır. İklim değişikliğini azaltmaya yönelik inovasyon

faaliyetleri olarak toplam patent sayısı kullanılmıştır. Ayrıca karbon emisyonlarını etkileyen enerji tüketimi, ekonomik büyüme, ticari açıklık ve doğrudan yabancı yatırımlar kontrol değişkenleri olarak modellerde dikkate alınmıştır. Yolcu sayıları, patent sayıları ve enerji tüketimi değişkenlerinin doğal logaritmaları analizlerde dikkate alınmıştır.

Bulgular

Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 5'te gösterilmiştir. Tablo 5'teki verilere göre, örneklem dönemi içinde kişi başına düşen ortalama karbon emisyonu 8.613 iken, en düşük 4 ve en yüksek 14 olarak belirlenmiştir. Ortalama yolcu sayısının logaritması 17.062 olup bu değer yaklaşık olarak 25 milyon yolcuya tekabül etmektedir. Patent başvurularının ortalaması 68 (logaritması 4.214 olarak hesaplanmış) olup en yüksek patent başvurusu Almanya'da belirlenmiştir. Örneklem dönemi içinde ortalama büyüme oranı %1.5 olarak belirlenmiştir. Ortalama enerji tüketiminin logaritması 1.731'dir ve Almanya örneklem içinde en yüksek enerji tüketimine sahip ülke konumundadır. Dış ticaretin ve doğrudan yabancı yatırımların milli gelire oranının ortalaması sırasıyla %4.1 ve %3.2 olarak belirlenmiştir.

Tablo 5: Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	n	Ortalama	Std Sap.	Min.	Mak.
CO2	287	8.613	2.659	4.445	14.283
YOL	287	17.062	1.017	14.066	18.924
INOV	287	4.214	1.691	-0.693	8.352
BÜY	287	1.535	1.838	-5.712	5.870
ET	287	1.731	0.751	0.052	2.757
TİC	287	4.117	0.376	3.326	5.068
DYY	287	3.231	8.677	-37.731	86.589

Değişkenlere ait korelasyon katsayıları Tablo 6'da verilmiştir. Tablo 6'daki sonuçlara göre, karbon emisyonları ile yolcu sayısı, inovasyon ve enerji tüketimi arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyonlar bulunamamıştır. Bunların birlikte, karbon emisyonları ile ekonomik büyüme, ticari açıklık ve doğrudan yabancı yatırımlar arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı korelasyon bulunmuştur.

Tablo 6: Değişkenler Arasındaki Korelasyonlar

	CO2	YOL	INOV	BÜY	ET	TİC	DYY
CO2	1.000						
YOL	-0.096	1.000					
INOV	0.003	0.645***	1.000				
BÜY	0.099*	-0.129**	-0.167***	1.000			
ET	0.066	0.755***	0.611***	-0.036	1.000		
TİC	0.497***	-0.120**	0.056	-0.037	-0.451***	1.000	
DYY	0.321***	0.081	-0.040	0.052	-0.065	0.364	1.000

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı katsayıları göstermektedir.

Regresyon analizine geçmeden önce, değişkenlerin bütünleşme derecelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, paneli oluşturan yatay kesitler arasında yüksek bir ilişki olması durumunda birinci nesil birim kök testlerinin sapmalı sonuçlar verdiği bilinmektedir. Bu amaçla birim kök analizine geçmeden önce, öncelikle paneli oluşturan birimler arasında yatay kesit bağımlılığı olup olmadığı Pesaran (2015) tarafından geliştirilen CD testi ile araştırılmış ve sonuçlar Tablo 7'de gösterilmiştir. Tablo 7'deki sonuçlara göre, paneli oluşturan birimler arasında zayıf düzeyde yatay kesit bağımlılığı olduğunu belirten sıfır hipotez tüm değişkenler için %1 önem düzeyinde reddedilmiştir. Bu sonuçlara göre, paneli

oluşturan birimler arasında yüksek düzeyde yatay kesit bağımlılığı mevcuttur ve bu nedenle değişkenlerin bütünleşme dereceleri yatay kesit bağımlılığını dikkate alan birim kök testleri ile araştırılmalıdır. Bu amaçla çalışmada Pesaran (2007) tarafından geliştirilen birim kök testi (CIPS) uygulanmış ve sonuçlar Tablo 7’de verilmiştir. Tablo 7’deki sonuçlara göre, yolcu sayısı değişkeni dışındaki tüm değişkenler için birim kökün varlığını belirten sıfır hipotez en az bir model formunda (sabit ve trendsiz, sabitli ve sabit ve trendli) ve %5 önem düzeyinde reddedilmiştir. Bununla birlikte, yolcu sayısı değişkeni için birim kök testi sonuçları serinin düzey değerlerde durağan olmadığını belirtmektedir. Yolcu sayısı değişkeninin birinci farkı alındıktan sonra birim kök testi tekrar uygulanmış ve test istatistiği -5.288 (%1 önem düzeyinde sıfır hipotez reddedilmekte) olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, yolcu sayısı değişkeni fark durağan, diğer değişkenler ile düzeyde durağan olarak belirlenmiştir ve bu nedenle ekonometrik analizlerde yolcu sayısı değişkeninin birinci farkı kullanılmıştır.

Tablo 7: Yatay Kesit Bağımlılığı ve Birim Kök Testi Sonuçları

	CD Testi	CIPS		
		Sabitsiz ve Trendsiz	Sabitli	Trendli
CO2	28.983 [0.000]	-1.893**	-2.154	-2.796*
YOL	29.336 [0.000]	-0.604	-2.035	-2.641
INOV	28.870 [0.000]	-3.139***	-4.346***	-4.447***
BÜY	29.342 [0.000]	-3.944***	-3.966***	-3.895***
ET	28.734 [0.000]	-0.182	-1.728	-3.434***
TİC	29.329 [0.000]	-2.201***	-2.500**	-2.369
DYY	18.155 [0.000]	-3.787***	-4.404***	-4.458***

Not: Parantez içindeki değerler p-değerleridir. *** ve ** sırasıyla %1 ve %5 önem düzeyinde serilerin durağan olduğunu göstermektedir.

Tablo 8’de sabit etkiler model sonuçları yer almaktadır. Tablo 6’daki sonuçlara göre, yolcu sayısı ile enerji tüketimi arasında yüksek korelasyon olması nedeniyle iki farklı model tahmin edilmiştir. İlk modelde enerji tüketimi değişkeni modelden dışlanmış ve yolcu sayısı ile karbon emisyonları arasındaki ilişki incelenmiştir. Tablo 8’te yer alan Model 1 sonuçlarına göre, yolcu sayısındaki artış karbon emisyonlarını pozitif yönde ve istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde etkilemektedir. Tablo 8’deki Model 2 sonuçlarına göre, analize enerji tüketimi değişkeni dahil edildiğinde yolcu sayısı değişkeni için tahmin edilen katsayısı istatistiksel olarak anlamsız hale gelmekte ve yolcu sayısının karbon emisyonları üzerindeki etkisi enerji tüketimi üzerinden dolaylı bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Ekonomik büyüme değişkeninin katsayısı Model 1 sonuçlarına göre istatistiksel olarak anlamlı değilken, Model 2’de pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Beklentilere uygun bir şekilde, enerji tüketimi karbon emisyonlarını pozitif yönde ve istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttırmaktadır. Doğrudan yabancı yatırımlardaki artış karbon emisyonlarını arttırırken, ticari açıklık değişkeni karbon emisyonlarını anlamlı bir şekilde azaltmaktadır.

Tablo 8: Sabit Etkiler Model Sonuçları

	Model 1			Model 2		
	Katsayı	Std. Hata	p-değeri	Katsayı	Std. Hata	p-değeri
Sabit	16.817	2.665	0.000	12.787	2.606	0.000
ΔYOL_{it}	0.508	0.290	0.088	-0.308	0.262	0.247
$BÜY_{it}$	0.034	0.036	0.352	0.066	0.035	0.069
ET_{it}	-	-	-	6.540	0.918	0.000
$TİC_{it}$	-2.035	0.671	0.004	-3.796	0.542	0.000
DYY_{it}	0.024	0.005	0.000	0.008	0.002	0.006
Gözlem Sayısı	280			280		

Ülke Sayısı	7	7
Zaman Etkisi	Hayır	Hayır
R²	0.153	0.591
F-ist	13.20 [0.000]	23.43 [0.000]

Not: Model tahminlerinde Driscoll ve Kraay (1999) tarafından geliştirilen dirençli varyans kovaryans matrisi kullanılmıştır. F-ist regresyon katsayılarının topluca anlamlı olup olmadığını test eden istatistiktir. Köşeli parantez içindeki değerler p-değeridir.

Tablo 8'deki sonuçlar, sivil hava taşımacılık faaliyetlerindeki artışın çevre kalitesi üzerinde olumsuz bir etki yarattığını göstermektedir. Bu sonuç beklentiler ile uyumludur çünkü taşımacılıkta fosil yakıtların yoğun bir şekilde kullanılması çevre kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bununla birlikte, sivil hava taşımacılık faaliyetlerindeki artış ülkelerin ekonomisine pozitif katkı yapmaktadır. Bu bağlamda, ulaşım ile ilgili iklim değişikliğini azaltan teknolojilerin artması sivil hava taşımacılığın çevre üzerindeki etkisini azaltabilir mi sorusuna cevap aramak amacıyla panel eşik değerli regresyon modeli tahmin edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, belirli bir teknoloji seviyesinden sonra sivil hava taşımacılığın çevre kalitesi üzerindeki olumsuz etkisinin değişip değişmediği araştırılacaktır. Ulaşım ile ilgili iklim değişikliğini azaltan teknolojilere yönelik patent sayısı eşik değişken olarak dikkate alınmış 1000 tekrarlı özyineleme yöntemi kullanılarak LR istatistiği hesaplanmıştır. Çalışmada optimal eşik değer hata kareler toplamını en küçükleyen arama yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda, Tablo 9'da verilen sonuçlara göre eşik değer etkisinin olmadığını belirten sıfır hipotez %10 önem düzeyinden reddedilmiştir. Ayrıca birden fazla eşik değer varlığı araştırılmış ve Tablo 9'daki sonuçlara ikinci bir eşik değer varlığı tespit edilememiştir. Bu sonuçlara göre, sivil hava taşımacılığı ile karbon emisyonları arasındaki ilişkide ulaşım ile ilgili iklim değişikliğini azaltan teknolojilere yönelik patent sayıları eşik değer rolü üstlenmekte ve belirlenen eşik değere göre değişkenler arasında asimetrik bir ilişki bulunmaktadır. Burada eşik değer logaritması 5.881 olarak bulunmuş ve bu yaklaşık 358 patent sayısına denk gelmektedir. Buna göre, yıllık patent başvurusunun 358'in altında ya da üstünde olmasına göre sivil hava taşımacılığın çevre kalitesi üzerindeki etkisi farklılaşmaktadır.

Tablo 9: Eşik Değer Etkisi Testi

H ₀	H ₁	Eşik	SSR	LM İstatistiği	Karar
Yok	Tek	5.881	125.929	14.00 [0.090]	Ret
Tek	İki	2.351	123.619	4.49 [0.658]	Kabul

Not: SSR hata kareler toplamıdır.

4) Panel regresyon model sonuçları Tablo 10'da gösterilmiştir. Model tahminlerinde yolcu sayısı ile karbon emisyonları arasındaki ilişkinin rejimlere göre farklılaştığı ve diğer değişkenler için tahmin edilen katsayıların rejimlere göre aynı kaldığı varsayılmıştır. Tablo 10'daki sonuçlara göre, yolcu sayısı değişkeninin katsayısı ilk rejimde pozitif olmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bununla birlikte, ikinci rejim için katsayı negatif olarak bulunmuş ve %1 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu sonuçlar ulaşım da iklim değişikliğini azaltan teknolojilerin belirli bir eşik değeri geçmesi durumunda sivil hava taşımacılığının çevre kalitesi üzerindeki olumsuz etkisinin ortadan kalktığını göstermektedir. Bu sonuç politika yapımcılar için oldukça önemlidir çünkü ülke ekonomisine ciddi katkı sağlayan sivil taşımacılığın çevre üzerindeki olumsuz etkisi inovasyon faaliyetleri ortadan kalkmaktadır.

5) Beklentilere uygun bir şekilde ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin karbon emisyonları üzerindeki etkisi pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Ticari

açıklığın artması karbon emisyonlarını azaltırken, doğrudan yabancı yatırımların artması ise karbon emisyonlarını artırmaktadır.

6) Burada dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta ise, ikinci rejimde sadece 49 gözlem döneminin olduğudur. Diğer bir ifadeyle, örneklem dönemi içinde yıllık patent başvuru sayısının 358'in üzerinde olduğu sadece 49 dönem mevcuttur. Bu nedenle ulaşımda çevreye duyarlı teknolojileri arttırmaya yönelik teşviklerin artırılması gerekmektedir.

Tablo 10: Eşik Değer Model Sonuçları

	Birinci rejim ($\gamma \leq 5.881$)			İkinci rejim ($\gamma > 5.881$)		
	Katsayı	Std. Hata	p-değeri	Katsayı	Std. Hata	p-değeri
ΔYOL_{it}	0.059	0.436	0.891	-6.197	1.551	0.000
Sabit	12.849	0.944	0.000			
$BÜY_{it}$	0.064	0.023	0.007			
ET_{it}	6.523	0.375	0.000			
$TİC_{it}$	-3.798	0.243	0.000			
DYY_{it}	0.009	0.005	0.079			
n	238			49		
R^2	0.614					
F-stat	70.87 [0.000]					

Sonuç ve Değerlendirme

Havayolu hizmet sektörünün hızla büyümesiyle birlikte, insan ve yeryüzü üzerindeki artan olumsuz etkileri nedeniyle iklim değişikliği konusu daha fazla dikkat çekmektedir. Hava yolu taşımacılığı gerek yolcu taşıma kapasitesi gerekse uçakların kullanmış olduğu yakıt miktarı göz önüne alındığında dünyada önemli bir yere sahiptir. Artan hava trafiği, artan yakıt miktarı ve maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda, emisyonların çevresel etkileri sivil havacılık sektörünün de sorumluluğundadır. Gelecekte meydana gelecek talebin karşılanması için ulusal ve uluslararası hava taşımacılığı sisteminin daha verimli hale gelmesi, emisyon miktarının azaltılması birçok paydaşı etkileyeceği için oldukça önemlidir. Diğer bir ifadeyle hava taşımacılığının belirtilen çevresel hedeflere ulaşması temel kriterlere dayalı başarı faktörleri ve küresel çabalara bağlıdır.

Bu çalışmada sivil hava taşımacılığının çevre kalitesi üzerindeki etkisi ampirik olarak araştırılmıştır. Bu nedenle, ulaşımına bağlı iklim değişikliğini azaltmaya yönelik inovasyon faaliyetlerinin sivil hava ulaşımı ile çevre kalitesi arasındaki ilişkiyi değiştirip değiştirmediği, gelişmiş Avrupa ülkeleri örneğinde 1979-2019 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak Panel Eşik Değer Regresyon Modeli ile incelenmiştir. Ekonometrik analiz, ulaşımda iklim değişikliğini azaltan teknolojilerin belirli bir eşik değeri geçtiğinde, sivil hava taşımacılığının çevresel kalite üzerindeki olumsuz etkisinin ortadan kalktığına dair kanıtlar sağlamıştır. Elde edilen bulgular, ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin karbon emisyonları üzerindeki etkisini pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte ticari açıklığın artması karbon emisyonlarını azaltırken, doğrudan yabancı yatırımların artması karbon emisyonlarını artırmaktadır. Yolcu sayısının karbon emisyonları üzerindeki etkisi enerji tüketimi üzerinden dolayı bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Ekonometrik analiz sonuçlarına göre; sivil hava taşımacılığı ile karbon emisyonları arasındaki ilişkide, ulaşım ile ilgili iklim değişikliğini azaltan teknolojilere yönelik patent sayıları eşik değer rolü üstlenmekte ve belirlenen eşik değere göre değişkenler arasında asimetric bir ilişki bulunmaktadır. Yıllık patent başvurusunun 358'in altında ya da üstünde olmasına göre sivil hava taşımacılığının çevre kalitesi üzerindeki etkisi farklılaşmaktadır.

Burada dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta ise, örneklem dönemi içinde patent başvuru sayısının 358'in üzerinde olduğu sadece 49 dönem (kesit ve zaman toplamı) mevcuttur. Örneklemedeki toplam dönem sayısının 287 olduğu göz önüne alındığında, söz konusu sürenin oldukça az olduğu görülmektedir. Bu nedenle, ülke ekonomisine ciddi katkı sağlayan sivil hava taşımacılığının çevresel olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması için ulaşımda çevreye duyarlı teknolojileri üretmeye imkan sağlayacak teşviklerin ve arge faaliyetleri artırılması gerekmektedir.

Kaynakça

- Abdullah, M., Chew, B. and Hamid, S., 2016. Benchmarking Key Success Factors for the Future Green Airline Industry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 224, pp.246-253.
- Aerospace (2012), *Reducing the Environmental Impacts of Ground Operations and Departing Aircraft: An Industry Code of Practice*. 1st ed. United States: Practice Working Group.
- Airbus (2021). <https://aircraft.airbus.com/en/aircraft/a320/a321neo>.
- AirFrance Annual Report (2011), [/https://www.airfranceklm.com/sites/default/files/publications/air_france_klm_annual_report_2011_bd_va.pdf](https://www.airfranceklm.com/sites/default/files/publications/air_france_klm_annual_report_2011_bd_va.pdf).
- Amizadeh, F., Alonso, G., Benito, A. and Morales-Alonso, G. (2016). Analysis of the recent evolution of commercial air traffic CO2 emissions and fleet utilization in the six largest national markets of the European Union. *Journal of Air Transport Management*, 55, 9-19.
- Atag (2020). *Aviation: Benefits Beyond Borders*. Air Transport Action Group.
- Cowper-Smith, A. and De Grosbois, D. (2011). The adoption of corporate social responsibility practices in the airline industry. *Journal of Sustainable Tourism*, 19(1), 59-77.
- EC (2009). *EU action against climate change*. European Commission.
- EC (2019). *The European Green Deal*. European Commission.
- EC (2020). *Bringing nature back into our lives*. European Commission.
- EEA (2011). *Greenhouse gas emissions in Europe: a retrospective trend analysis for the period 1990–2008*. Copenhagen: Publications Office of the European Union.
- EEA (2020). *Europe's environment: The Dobris Assessment - An overview Problems*. European Environment Agency.
- EEB (2020). *A New Industry Framework For Achieving the EU Green Deal 'Zero Pollution' Goal*.
- Efthymiou, M. and Papatheodorou, A. (2019). EU Emissions Trading scheme in aviation: Policy analysis and suggestions. *Journal of Cleaner Production*, 237, 117734.
- EU (2011). *Flightpath 2050. Europe's Vision for Aviation; Maintaining Global Leadership and Serving Society's Needs*. European Union.
- EU (2021). *Reducing emissions from aviation*. European Commission.
- Garcia-Sierra, M. and van den Bergh, J. (2014). Policy mix to reduce greenhouse gas emissions of commuting: A study for Barcelona, Spain. *Travel Behaviour and Society*, 1(3), 113-126.
- Habib, Y., Xia, E., Hashmi, S. H., & Yousaf, A. U. (2022). Testing the heterogeneous effect of air transport intensity on CO2 emissions in G20 countries: An advanced empirical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-22.
- Hansen, B. E. (1999). Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference. *Journal of econometrics*, 93(2), 345-368.
- Hoffman, A. J. (2001). *From heresy to dogma: an institutional history of corporate environmentalism*. Stanford University Press.
- Holzwarth, R. (1998). *The structural cost and weight reduction potential of more unitized*

- aircraft structure. In 39th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference and Exhibit, 1872.
- IAI (2015). Innovative TaxiBot now used in real flight operations, IAI. <https://www.iai.co.il/innovative-taxibot-now-used-real-flight-operations>.
- IAIG, 2020. British Airways Plc Annual Report.
- IATA (2012). Annual Report.
- IATA (2013). IATA 2013 Report on Alternative Fuels, eighth ed.
- IATA (2019). IATA Cabin Waste Handbook. IATA.
- ICAO (2012). Flightpath to a Sustainable Future: The Rio +20 Global Biofuels Initiative. ICAO.
- ICAO (2012). PBN in the ATM World. ICAO.
- Itani, N., O'Connell, J. and Mason, K. (2014). A macro-environment approach to civil aviation strategic planning. *Transport Policy*, 33, 125-135.
- Jack, T. and Glover, A. (2021). Online conferencing in the midst of COVID-19: an “already existing experiment” in academic internationalization without air travel. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 17(1), 292-304.
- Karagülle, A. (2012). The Evaluation of Fleet Structures in Turkish Aviation Industry from Strategic Management Point of View. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 58, 93-97.
- Kotegawa, T., Fry, D., DeLaurentis, D. and Puchaty, E. (2014). Impact of service network topology on air transportation efficiency. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 40, 231-250.
- Kousoulidou, M. and Lonza, L. (2016). Biofuels in aviation: Fuel demand and CO2 emissions evolution in Europe toward 2030. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 46, 166-181.
- Li, X., Poon, C., Lee, S., Chung, S. and Luk, F. (2003). Waste reduction and recycling strategies for the in-flight services in the airline industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 37(2), 87-99.
- Lindgreen, A. and Swaen, V. (2010). Corporate Social Responsibility. *International Journal of Management Reviews*, 12(1), 1-7.
- Lyle, C. (2018). Beyond the icao's corsia: Towards a More Climatically Effective Strategy for Mitigation of Civil-Aviation Emissions. *Climate Law*, 8(1-2), 104-127.
- Mikolajczyk, S., Gilde, L., Chagas, T., Liese, E., Clara, S. and Kaya, G. (2019). Opportunities For Turkey Under CORSIA. *Climate Focus*.
- Murrieta-Mendoza, A., Romain, C. and Botez, R. (2016). Commercial Aircraft Lateral Flight Reference Trajectory Optimization. *IFAC-PapersOnLine*, 49(17), 1-6.
- Murthy, N. S., Panda, M., & Parikh, J. (1997). Economic growth, energy demand and carbon dioxide emissions in India: 1990-2020. *Environment and Development Economics*, 2(2), 173-193.
- OECD (2012). Green Growth and the Future of Aviation. OECD.
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross - section dependence. *Journal of applied econometrics*, 22(2), 265-312.
- Pesaran, M. H. (2015). Testing weak cross-sectional dependence in large panels. *Econometric reviews*, 34(6-10), 1089-1117.
- Ryerson, M., Hansen, M., Hao, L. and Seelhorst, M. (2015). Landing on empty: estimating the benefits from reducing fuel uplift in US Civil Aviation. *Environmental Research Letters*, 10(9), 094002.
- Scheelhaase, J., Maertens, S., Grimme, W. and Jung, M. (2018). EU ETS versus CORSIA – A critical assessment of two approaches to limit air transport's CO2 emissions by market-

- based measures. *Journal of Air Transport Management*, 67, 55-62.
- Shahbaz, M., Hye, Q. M. A., Tiwari, A. K., & Leitão, N. C. (2013). Economic growth, energy consumption, financial development, international trade and CO2 emissions in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 109-121.
- Soltani, M., Ahmadi, S., Akgunduz, A. and Bhuiyan, N. (2020). An eco-friendly aircraft taxiing approach with collision and conflict avoidance. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 121, 102872.
- Statista (2020). Passenger carbon dioxide emissions of narrowbody aircraft in 2019, by aircraft model. Statista.
- Stroup, J. S., & Wollmer, R. D. (1992). A Fuel Management Model for the Airline Industry. *Operations Research*, 40(2), 229–237. <http://www.jstor.org/stable/171449>
- Sun, H., Attuquaye Clottey, S., Geng, Y., Fang, K., & Clifford Kofi Amisah, J. (2019). Trade openness and carbon emissions: evidence from belt and road countries. *Sustainability*, 11(9), 2682.
- Sutton-Parker, J. (2021). Determining commuting greenhouse gas emissions abatement achieved by information technology enabled remote working. *Procedia Computer Science*, 191, 296-303.
- THY (2020). 2020 sustainability report. THY.
- Tian, Y., He, X., Xu, Y., Wan, L. and Ye, B. (2020). 4D Trajectory Optimization of Commercial Flight for Green Civil Aviation. *IEEE Access*, 8, 62815-62829.
- Tierney (2021). Plane and train: Getting the balance right. Eurocontrol.
- Tierney, S. (2014). *The Geographies of Air Transport in North America*, 159-182: 1st ed. Routledge.
- Tokuşlu, A. (2021). Calculation of Aircraft Emissions During Landing and Take-Off (LTO) Cycles at Batumi International Airport, Georgia. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 8(2), 186-192.
- Tsai, W., Chang, Y., Lin, S., Chen, H. and Chu, P. (2014). A green approach to the weight reduction of aircraft cabins. *Journal of Air Transport Management*, 40, 65-77.
- UNFCCC (2006). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Bonn: UNFCCC.
- UNFCCC (2009). *Kyoto Protocol – Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amount*. UNFCCC.
- Wang, S., Li, Q., Fang, C., & Zhou, C. (2016). The relationship between economic growth, energy consumption, and CO2 emissions: Empirical evidence from China. *Science of the Total Environment*, 542, 360-371.
- Weiszer, M., Chen, J. and Locatelli, G. (2015). An integrated optimisation approach to airport ground operations to foster sustainability in the aviation sector. *Applied Energy*, 157, 567-582.
- Wu, C. (2008). *Monitoring Aircraft Turnaround Operations – Framework Development, Application and Implications for Airline Operations*. *Transportation Planning and Technology*, 31(2), 215-228.
- Zhu, L., Li, N. and Childs, P. (2018). Light-weighting in aerospace component and system design. *Propulsion and Power Research*, 7(2), 103-119.
-