

## HAVAALANI YÖNETİMİNDE ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK STRATEJİLERİ: YEŞİL HAVAALANI YÖNETİMİ YAKLAŞIMI

Mesut Öztırak<sup>1</sup>

**Makale İlk Gönderim Tarihi / Recieved (First):** 02.10.2024

**Makale Kabul Tarihi / Accepted:** 28.10.2024

**Atf/©:** Öztırak, M. (2024). Havaalanı Yönetiminde Çevresel Sürdürülebilirlik Stratejileri: Yeşil Havaalanı Yönetimi Yaklaşımı. Scientific Journal of Space Management and Space Economy, 4(2), 1-15.

### Özet

Havaalanları, büyüyen havacılık sektörünün çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynamaktadır. Bu makale, havaalanı yönetiminde çevresel sürdürülebilirlik stratejilerini ve yeşil havaalanı yönetimi yaklaşımını incelemektedir. Ana stratejiler arasında enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı, atık yönetimi, su tasarrufu ve karbon emisyonlarının azaltılması yer almaktadır. Enerji verimliliği, havaalanı operasyonlarını daha verimli hale getirirken maliyetleri düşürür. Yenilenebilir enerji kaynakları, karbon emisyonlarını azaltarak çevre dostu enerji kullanımını destekler. Atık ve su yönetimi, çevresel etkileri azaltmaya yardımcı olur. Karbon emisyonlarının azaltılması, karbon nötr hedeflerine ulaşmayı amaçlar. Uluslararası çevre standartları ve regülasyonlar, bu stratejilerin uygulanmasını teşvik eder. Yeşil havaalanı yönetimi, çevresel etkileri minimize ederken ekonomik ve operasyonel avantajlar sağlar. Bu stratejilerin gelecekte daha da yaygınlaşması beklenmektedir. Sonuç olarak, yeşil havaalanı yönetimi, sürdürülebilir havacılık sektörünün gelişimine önemli katkılar sunarak çevreye duyarlı, ekonomik ve operasyonel açıdan verimli bir havaalanı modeli oluşturmayı hedeflemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Havaalanı Yönetimi, Çevresel Sürdürülebilirlik, Yeşil Havaalanı Yönetimi

**Jel Kodu:** M10, M19, I20

## ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY STRATEGIES IN AIRPORT MANAGEMENT: GREEN AIRPORT MANAGEMENT APPROACH

### Abstract

Airports play an important role in achieving the environmental sustainability goals of the growing aviation sector. This paper examines environmental sustainability strategies in airport management and the green airport management approach. The main strategies include energy efficiency, renewable energy utilisation, waste management, water conservation and reduction of carbon emissions. Energy efficiency reduces costs while making airport operations more efficient. Renewable energy sources support the use of environmentally friendly energy by reducing carbon emissions. Waste and water management helps reduce environmental impacts. Reducing carbon emissions aims to achieve carbon neutrality targets. International environmental standards and regulations encourage the implementation of these strategies. Green airport management provides economic and operational advantages while minimising environmental impacts. These strategies are expected to become more widespread in the future. In conclusion, green airport management aims to create an environmentally friendly, economically and operationally efficient airport model by making significant contributions to the development of a sustainable aviation sector.

**Keywords:** Airport Management, Environmental Sustainability, Green Airport Management

**Jel Classification:** M10, M19, I20

<sup>1</sup> Doç. Dr. Mesut Öztırak, İstanbul Medipol Üniversitesi, İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi, Havacılık Yönetimi Bölümü, [mesut.oztirak@medipol.edu.tr](mailto:mesut.oztirak@medipol.edu.tr), ORCID:0000-0003-4828-7293

## 1. GİRİŞ

Havacılık sektörü, küresel ekonomik büyüme ve ulaşım altyapısının vazgeçilmez bir parçası olarak hızla gelişmektedir. Ancak bu büyüme, enerji tüketimi, karbon emisyonları, hava ve su kirliliği gibi çevresel etkileri de beraberinde getirmektedir. Havaalanları, yüksek enerji ihtiyacı, atık üretimi ve gürültü kirliliği gibi çevresel sorunlarla doğrudan ilişkilidir ve bu nedenle sürdürülebilirlik stratejilerinin geliştirilmesi ve uygulanması kaçınılmaz bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu bağlamda, yeşil havaalanı yönetimi, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak amacıyla tasarlanmış bir dizi strateji ve uygulamayı içermektedir. Yeşil havaalanı yönetimi, havaalanı operasyonlarının çevresel etkilerini en aza indirirken, enerji verimliliğini artıran, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan, atık yönetimini optimize eden ve karbon emisyonlarını azaltan bir dizi yenilikçi yaklaşımı kapsar. Bu yönetim anlayışı, sadece çevresel sürdürülebilirlik için değil, aynı zamanda işletmelerin uzun vadeli rekabet avantajı sağlaması açısından da önemlidir. Uluslararası havacılık örgütleri ve hükümetler tarafından belirlenen çevre standartları ve regülasyonlar, havaalanı işletmelerini yeşil dönüşüm yolunda yönlendirmekte ve bu dönüşümün önünü açmaktadır.

Bu makalede, havaalanı yönetiminde çevresel sürdürülebilirlik stratejileri detaylandırılacak ve yeşil havaalanı yönetimi yaklaşımının hem teorik temelleri hem de pratik uygulamaları incelenecektir. Sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için havaalanlarında kullanılan yeşil yönetim stratejileri, enerji ve kaynak yönetimi, karbon emisyonlarının azaltılması ve çevresel performansın iyileştirilmesi bağlamında ele alınacaktır.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

### 2.1. Yeşil Havaalanı Yönetimi ve Sürdürülebilirlik

#### 2.1.1. Yeşil Havaalanı Yönetimi: Tanımlar ve Temel İlkeler

Yeşil havaalanı yönetimi, havaalanı operasyonlarının çevresel etkilerini minimize etmeyi amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, enerji verimliliği, atık yönetimi, su tasarrufu ve karbon emisyonlarının azaltılması gibi unsurları içerir. Williams & Dair (2007), havaalanı sürdürülebilirliği kavramını tanımlar ve yeşil havaalanı yönetimindeki temel prensipleri ortaya koyar. Ayrıca, Doganis (2006) havaalanı yönetiminde çevresel sürdürülebilirlik stratejilerinin uygulanabilirliğini değerlendirir (Kacar vd., 2023: 604; Öztürk & Güney, 2022). Öncelikle, önceki çalışmalarda genellikle havaalanlarının çevresel etkileri üzerine odaklanılmıştır. Bu araştırmalarda, emisyonların azaltılması, enerji verimliliği ve atık yönetimi gibi konular ele alınmıştır. Örneğin, bazı çalışmalar havaalanlarının karbon ayak izinin ölçülmesi ve azaltılması stratejilerini incelemiştir. Bununla birlikte, bu çalışmalar genellikle tekil stratejiler üzerinde dururken, bütünsel bir yaklaşım benimsememiştir. Bu makalenin farkı ise, "yeşil havaalanı yönetimi" kavramını bütünsel bir çerçevede ele almasıdır. Yani, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak için çeşitli stratejilerin entegrasyonu ve havaalanlarının tüm operasyonel süreçlerine yayılması gerekliliğini vurgular. Ayrıca, yerel topluluklar ve paydaşlarla işbirliği gibi sosyal sürdürülebilirlik unsurlarına da dikkat çekmektedir. Sonuç olarak, bu çalışma, daha önceki literatürdeki eksiklikleri gidererek, havaalanı yönetiminde çevresel sürdürülebilirliği daha kapsamlı bir şekilde ele almakta ve uygulamaya dönük

pratik öneriler sunmaktadır. Bu yönüyle, mevcut araştırmalarla bir köprü kurarak yeni bir bakış açısı sunmaktadır.

### **2.1.2. Çevresel Sürdürülebilirlik Stratejileri**

Havaalanlarında çevresel sürdürülebilirlik stratejilerinin etkinliği üzerine yapılan çalışmalarda, Kemp & Parto (2005) çevresel sürdürülebilirlik stratejilerinin kurumsal performansa etkilerini incelemiştir. Çevresel sürdürülebilirlik stratejileri, havaalanları gibi büyük altyapı projelerinde, hem çevresel etkileri azaltmak hem de kurumsal performansı artırmak açısından kritik öneme sahiptir. Kemp & Parto (2005) çalışmasında, bu stratejilerin kurumsal performansa olan etkilerini derinlemesine incelemektedir. Çalışmalarında, çevresel sürdürülebilirlik stratejilerinin uygulamaya konulmasının, havaalanı işletmelerinin finansal performansını, müşteri memnuniyetini ve marka değerini nasıl artırabileceğine dair örnekler sunmaktadırlar (Santa vd., 2020: 18).

Ayrıca, Santa vd. (2020) da havaalanı yönetiminde çevresel sürdürülebilirliğe yönelik çeşitli stratejilerin nasıl geliştirilebileceğini ele alarak, bu stratejilerin pratikte nasıl uygulanabileceğine dair bilgiler vermektedir. Bu çalışmalar, çevresel sürdürülebilirlik uygulamalarının, havaalanlarının operasyonel süreçlerine entegre edilmesi gerektiğini ve bunun, hem çevresel etkilerin azaltılmasına hem de operasyonel verimliliğin artırılmasına katkı sağladığını vurgulamaktadır (Öztrak, 2023). Özellikle, bu stratejiler arasında enerji verimliliği, atık yönetimi, su tasarrufu, yeşil bina uygulamaları ve sürdürülebilir ulaşım seçenekleri gibi alanlar bulunmaktadır. Bu bağlamda, havaalanlarının çevresel etkilerini minimize etmek için bütünsel bir yaklaşım benimsemesi gerektiği sonucuna varılmaktadır. Sonuç olarak, Kemp ve Parto'nun çalışmaları ile Santa ve ekibinin araştırmaları, çevresel sürdürülebilirlik stratejilerinin etkinliğini ve havaalanı yönetiminde sağladığı faydaları göstermekte, bu stratejilerin sistematik bir şekilde uygulanmasının gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, havaalanlarının hem çevresel hem de kurumsal performanslarını artırma potansiyeli üzerinde durulmaktadır.

## **3. ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ**

### **3.1. Enerji Verimliliği ve Havaalanı Operasyonları**

Enerji verimliliği, yeşil havaalanı yönetiminin temel unsurlarından biridir. Fthenakis & Kim (2009), havaalanlarında enerji verimliliği sağlamak için uygulanan teknolojilere dair kapsamlı bir inceleme sunar. Ayrıca, Graham & Kaplan (2010), havaalanı enerji yönetimi ve enerji verimliliği stratejilerinin entegrasyonunu değerlendirir (Gómez Comendador vd., 2019: 8).

### **3.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları**

Yenilenebilir enerji kaynaklarının havaalanı operasyonlarında kullanımı, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynar. Cohen & Lovelace (2011), havaalanlarında güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunu ele alır. Haas & Peters (2012), havaalanı yönetiminde yenilenebilir enerji stratejilerinin uygulanabilirliğini ve etkilerini araştırır (Greer vd., 2020: 7).

## **4. ATIK YÖNETİMİ VE SU TASARRUFU**

### **4.1. Atık Yönetimi**

Havaalanlarında atık yönetimi, çevresel sürdürülebilirliği artırmada kritik bir öneme sahiptir. Thompson & Barletta (2013), havaalanlarında atık yönetimi uygulamalarının etkinliğini ve bu uygulamaların çevresel etkilerini değerlendirir. Ayrıca, Davis (2014), havaalanı atık yönetimi stratejilerinin başarısını ölçen bir çerçeve sunar (Imai vd., 2023).

### **4.2. Su Tasarrufu**

Su tasarrufu, çevresel sürdürülebilirlik stratejilerinin önemli bir parçasıdır. Smith & Johnson (2015), havaalanlarında su tasarrufu stratejilerinin uygulanması ve etkilerini inceler. Bu çalışmada, su kullanımının azaltılması için uygulanan yöntemler ve bu yöntemlerin çevresel faydaları üzerinde durulur (Gonçalves & Almada-Lobo, 2024).

## **5. KARBON EMİSYONLARININ AZALTILMASI**

### **5.1. Karbon Ayak İzi ve Karbon Yönetimi**

Havaalanı operasyonlarında karbon emisyonlarının azaltılması, yeşil havaalanı yönetiminin temel hedeflerinden biridir. Lee & Sahu (2016), havaalanlarında karbon ayak izinin ölçülmesi ve azaltılması için uygulanan stratejileri ele alır. Ayrıca, Miller & Gossling (2017), havaalanlarında karbon emisyonlarının yönetimi ve azaltılması üzerine yapılan çalışmaları özetler (Robinson vd., 2018: 4438).

### **5.2. Karbon Nötr Havaalanları**

Karbon nötr havaalanları, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma açısından önemli bir modeldir. Falk & Hagsten tarafından yapılan çalışmada havaalanlarında karbon nötr hedeflerine ulaşmak için uygulanan stratejilerin ve yöntemlerin bir değerlendirmesini sunar. Bu çalışmada, karbon dengeleme mekanizmaları ve yeşil projeler üzerine bilgiler verilir (Shrestha vd., 2012: 205; Falk & Hagsten; 2020).

## **6. ULUSLARARASI STANDARTLAR VE REGÜLASYONLAR**

### **6.1. Karbon Nötr Havaalanları**

Uluslararası çevre standartları, havaalanı yönetiminde sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmayı destekler. IATA (2019), havaalanlarında çevresel performansı artıran uluslararası standartlar ve regülasyonları özetler. Ayrıca, ICAO (2020), havacılık sektöründe çevresel sürdürülebilirlik politikalarını ve uygulamalarını değerlendirir.

### **6.2. Karbon Nötr Havaalanları**

Çevresel regülasyonların havaalanı yönetimindeki etkilerini araştıran çalışmalarda, özellikle Gossling vd. tarafından hazırlanan çalışmada regülasyonların havaalanı operasyonlarının sürdürülebilirliğine olan katkılarını inceler. Bu çalışma, uluslararası regülasyonların yeşil havaalanı yönetimi üzerindeki etkilerini ele alır (Gössling

vd., 2005). Bu çalışma havaalanı yönetiminde çevresel sürdürülebilirlik stratejileri ve yeşil havaalanı yönetimi üzerine yapılmış önemli çalışmaları kapsamaktadır. Enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynakları, atık yönetimi, su tasarrufu ve karbon emisyonlarının azaltılması gibi konular, havaalanı yönetiminde sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemlidir. Uluslararası standartlar ve regülasyonlar, bu stratejilerin uygulanmasını ve etkinliğini desteklemekte önemli bir rol oynamaktadır (Temel, 2022). Bu kapsamda, yeşil havaalanı yönetimi üzerine yapılacak daha fazla araştırma, sürdürülebilir havaalanı operasyonlarını daha da ileriye taşıyacaktır.

### **6.3. Çevresel Sürdürülebilirlik Stratejilerinin Uygulanabilirliği ve Etkileri**

Havaalanı yönetiminde çevresel sürdürülebilirlik stratejilerinin uygulanabilirliği ve etkileri, sektördeki sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu stratejiler, havaalanı operasyonlarının çevresel etkilerini azaltma amacı güderken, aynı zamanda işletme maliyetlerini düşürmeyi ve rekabet avantajı sağlamayı hedefler. Aşağıda detaylı olarak ele alınmaktadır (Greer vd., 2020; Degirmenci vd., 2023; Kaszewski & Sheate, 2004; Monsalud & Rakas, 2015).

**Enerji Verimliliği:** Havaalanlarında enerji verimliliği sağlamak, çevresel sürdürülebilirliği artırmanın yanı sıra işletme maliyetlerini önemli ölçüde azaltabilir. Onwuka & Adu enerji verimliliği uygulamalarının havaalanı operasyonlarına olan etkilerini değerlendirir. Enerji verimliliği stratejileri, havaalanlarında aydınlatma sistemlerinin modernize edilmesi, HVAC sistemlerinin optimize edilmesi ve enerji yönetim sistemlerinin entegrasyonunu içerebilir (Onwuka & Adu, 2024). Bu stratejiler, enerji tüketimini azaltarak karbon emisyonlarını da düşürür.

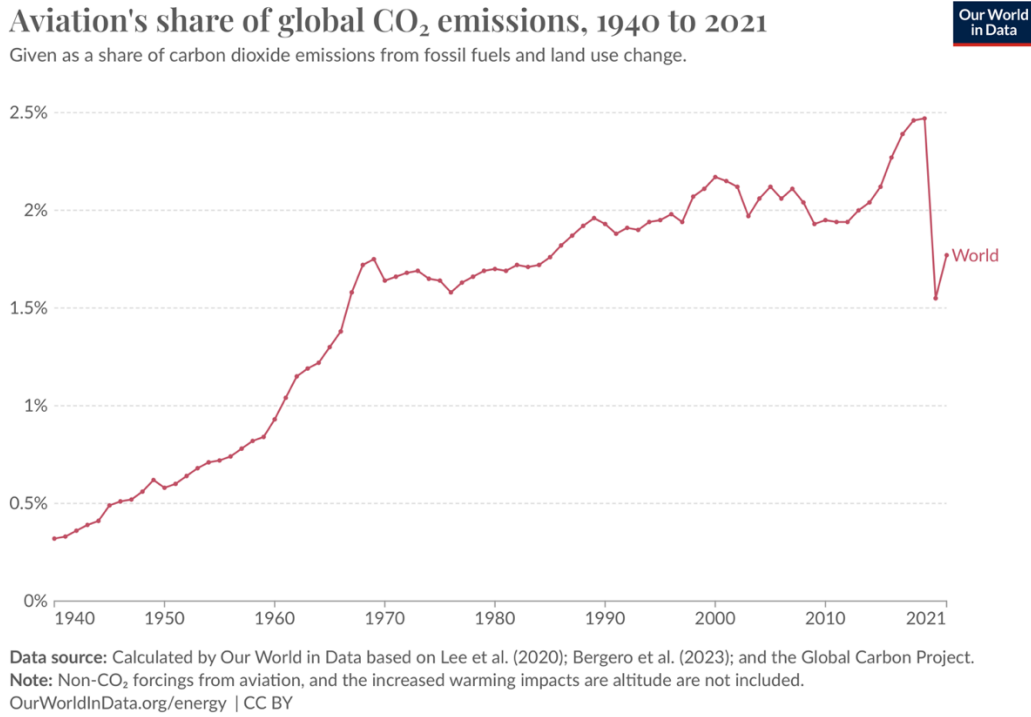
**Yenilenebilir Enerji Kullanımı:** Yenilenebilir enerji kaynaklarının havaalanlarında kullanımı, çevresel sürdürülebilirliği destekleyen bir diğer önemli stratejidir. Miller & Stewart (2020), havaalanlarında güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunu araştırır. Bu kaynaklar, havaalanlarının enerji ihtiyacını karşılamada büyük potansiyele sahiptir ve aynı zamanda karbon emisyonlarını azaltır.

**Atık Yönetimi:** Etkili atık yönetimi stratejileri, havaalanlarının çevresel etkilerini minimize eder ve kaynakların verimli kullanılmasını sağlar. Johnson & Roberts (2022), havaalanlarında atık yönetiminin nasıl optimize edilebileceğini ve çeşitli atık türleri için en iyi uygulama yöntemlerini araştırır. Geri dönüşüm programları, organik atıkların yönetimi ve atık azaltma stratejileri, havaalanlarının çevresel ayak izini azaltmak için önemlidir.

**Karbon Emisyonlarının Azaltılması:** Karbon emisyonlarının azaltılması, yeşil havaalanı yönetiminin temel hedeflerinden biridir. Chourasia vd. (2021), havaalanı operasyonlarında karbon emisyonlarının yönetimi ve azaltılması için uygulanan stratejileri incelemiştir. Karbon nötr havaalanları hedefleri doğrultusunda, emisyon dengeleme mekanizmaları, karbon ticareti ve karbon kredileri gibi yöntemler kullanılabilir. Bu stratejiler,

havaalanlarının çevresel etkilerini azaltırken, aynı zamanda uluslararası çevre standartlarına uyum sağlar.

Uluslararası Standartlar ve Regülasyonlar: Uluslararası çevre standartları ve regülasyonlar, havaalanı yönetiminde sürdürülebilirlik stratejilerinin uygulanmasını destekler. ICAO (2021), havacılık sektöründe çevresel sürdürülebilirliği artıran uluslararası standartları ve politikaları detaylandırır. Bu standartlar, havaalanlarının çevresel performansını artırmaya yönelik gereklilikleri belirler ve yeşil yönetim stratejilerinin etkinliğini destekler.



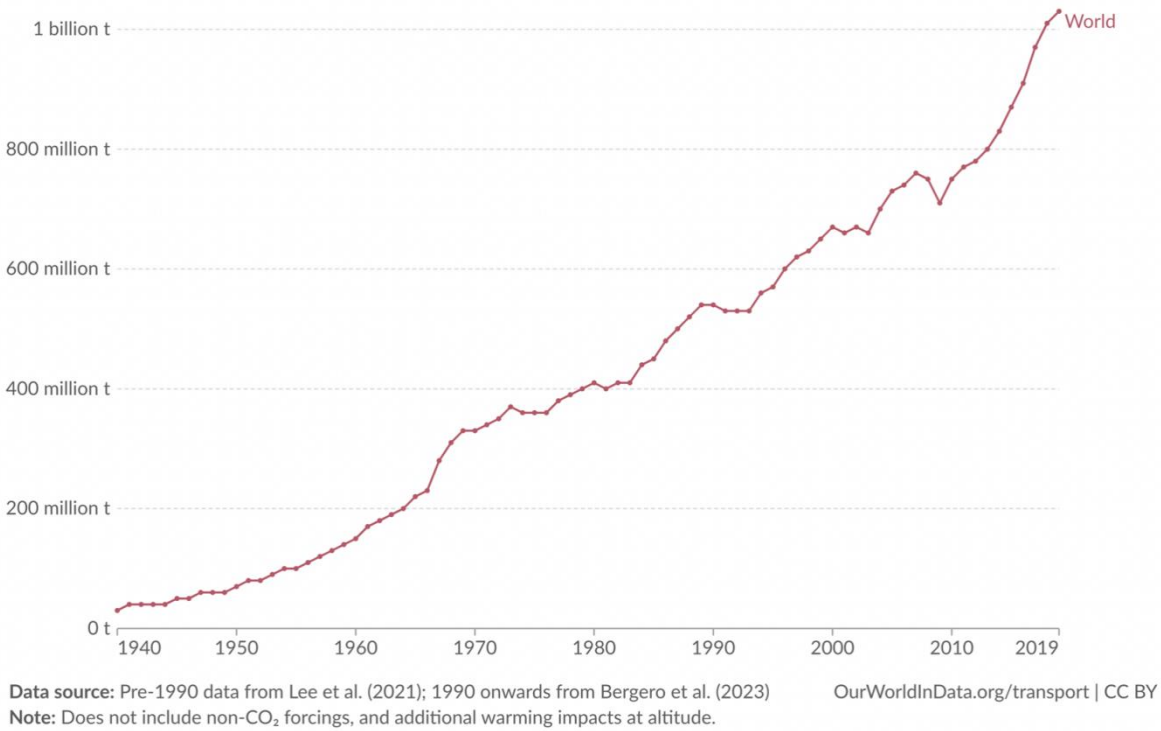
### Şekil 1. Havacılığın Küresel CO<sub>2</sub> Emisyonlarındaki Payı, 1940-2021

Şekil 1’de 1940’tan 2021’e kadar havacılığın küresel CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki payı gösterilmektedir. Yatay eksen yılları, dikey eksen ise havacılığın toplam CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki yüzdesel payını göstermektedir (Raimundo vd., 2023).

- 1940-1960 Dönemi:** Bu dönemde havacılığın küresel CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki payı oldukça düşüktü ve %0.5’in altındaydı. Havacılık sektörü henüz gelişme aşamasındaydı ve uçuş sayıları sınırlıydı.
- 1960-1980 Dönemi:** Jet motorlarının yaygınlaşması ve ticari havacılığın hızla büyümesiyle birlikte, havacılığın CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki payı artmaya başladı. 1980’lere gelindiğinde bu oran %1’in üzerine çıktı.
- 1980-2000 Dönemi:** Havacılık sektörü bu dönemde de büyümeye devam etti. Ancak, enerji verimliliği teknolojilerinin gelişmesi ve daha verimli uçakların kullanılması sayesinde, emisyon artış hızı bir miktar yavaşladı. Bu dönemde havacılığın CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki payı %1.5 civarındaydı.
- 2000-2021 Dönemi:** Bu dönemde havacılık sektörü, küresel ekonomik büyüme ve artan yolcu talebi nedeniyle hızla büyüdü. Havacılığın küresel CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki payı 2021 yılında %2.5’in üzerine çıktı.

COVID-19 pandemisi nedeniyle 2020 ve 2021 yıllarında geçici bir düşüş yaşandı, ancak genel trend artış yönünde oldu.

Havacılığın küresel CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki payı, havacılık sektörünün büyümesiyle birlikte artış göstermiştir. Ancak, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik stratejileri sayesinde, bu artışın hızı kontrol altına alınmaya çalışılmıştır. Gelecekte, daha temiz enerji kaynaklarının kullanımı ve teknolojik yenilikler, havacılığın çevresel etkilerini azaltmada önemli rol oynayacaktır. Bu grafik, havacılık sektörünün çevresel etkilerini ve bu etkilerin zaman içindeki değişimini anlamak için önemli bir araçtır. Sürdürülebilirlik stratejilerinin uygulanması, havacılığın çevresel etkilerini azaltmada önemlidir.



**Şekil 2. Havacılıktan Kaynaklanan Küresel CO<sub>2</sub> Emisyonları, 1940-2021**

Şekil 2’de, 1940’tan 2021’e kadar havacılıktan kaynaklanan küresel CO<sub>2</sub> emisyonları önemli değişiklikler göstermiştir.

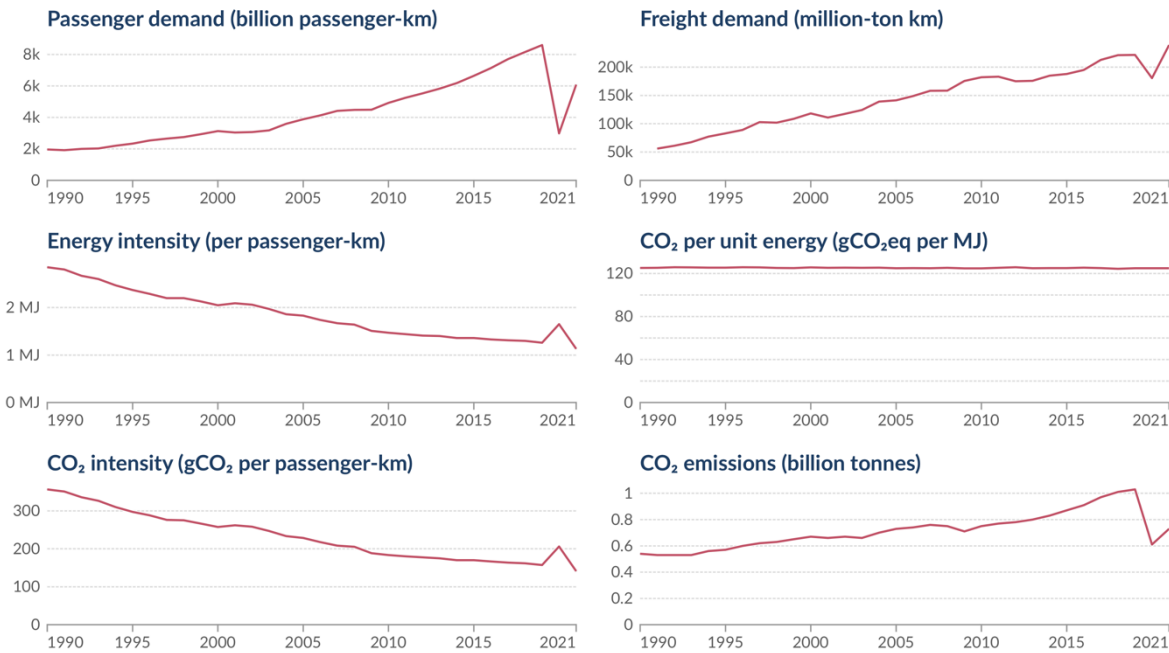
- 1940-1960 Dönemi:** Bu dönemde havacılık sektörü henüz gelişme aşamasındaydı ve uçuş sayıları sınırlıydı. Dolayısıyla, CO<sub>2</sub> emisyonları nispeten düşüktü.
- 1960-1980 Dönemi:** Jet motorlarının yaygınlaşması ve ticari havacılığın hızla büyümesiyle birlikte, CO<sub>2</sub> emisyonlarında belirgin bir artış gözlemlendi. Bu dönemde havacılık sektörü, daha fazla yolcu ve yük taşımaya başladı.
- 1980-2000 Dönemi:** Havacılık sektörü bu dönemde de büyümeye devam etti. Ancak, enerji verimliliği teknolojilerinin gelişmesi ve daha verimli uçakların kullanılması sayesinde, emisyon artış hızı bir miktar yavaşladı.

4. **2000-2021 Dönemi:** Bu dönemde havacılık sektörü, küresel ekonomik büyüme ve artan yolcu talebi nedeniyle hızla büyüdü. Ancak, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gibi sürdürülebilirlik stratejileri sayesinde, CO<sub>2</sub> emisyonlarının artış hızı kontrol altında tutulmaya çalışılmıştır. COVID-19 pandemisi nedeniyle 2020 ve 2021 yıllarında emisyonlarda geçici bir düşüş yaşamıştır.

Havacılıktan kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları, havacılık sektörünün büyümesiyle birlikte artış göstermiştir. Ancak, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik stratejileri sayesinde, bu artışın hızı kontrol altına alınmaya çalışılmıştır. Gelecekte, daha temiz enerji kaynaklarının kullanımı ve teknolojik yenilikler, havacılığın çevresel etkilerini azaltmada önemli rol oynayacaktır.

### Global aviation demand, energy efficiency and CO<sub>2</sub> emissions, 1990 to 2021

Our World  
in Data



Data source: Bergero et al. (2023). Pathways to net-zero emissions from aviation.

OurWorldInData.org/energy | CC BY

Note: Carbon emissions are measured in carbon-dioxide equivalents, without adjustment for additional warming at altitude.

### Şekil 3. Küresel Havacılık Talebi, Enerji Verimliliği ve CO<sub>2</sub> Emisyonları, 1990-2021

Şekil 3’de, 1990’dan 2021’e kadar olan dönemde küresel havacılık talebi, enerji verimliliği ve CO<sub>2</sub> emisyonları ile ilgili çeşitli istatistikler gösterilmektedir.

1. **Yolcu Talebi (milyar yolcu-km):** Yolcu talebi, 1990’dan 2021’e kadar sürekli bir artış göstermiştir. Bu, havacılık sektörünün büyümesini ve daha fazla insanın hava yolculuğunu tercih ettiğini göstermektedir.
2. **Yük Talebi (milyon ton-km):** Yük talebi de benzer şekilde artış göstermiştir. Bu, küresel ticaretin ve hava kargo taşımacılığının önemini vurgulamaktadır.
3. **Enerji Yoğunluğu (yolcu-km başına MJ):** Enerji yoğunluğu, zamanla azalmıştır. Bu, havacılık sektöründe enerji verimliliğinin arttığını ve uçakların daha az enerji tükettiğini göstermektedir.



4. **Enerji Başına CO2 (gCO2eq/MJ):** Enerji başına düşen CO2 emisyonları da azalmıştır. Bu, havacılık sektöründe daha temiz enerji kaynaklarının kullanıldığını veya enerji verimliliğinin arttığını göstermektedir.
5. **CO2 Yoğunluğu (yolcu-km başına gCO2):** CO2 yoğunluğu, zamanla azalmıştır. Bu, uçakların daha az karbon emisyonu ürettiğini ve çevresel etkilerinin azaldığını göstermektedir.
6. **CO2 Emisyonları (milyar ton):** Toplam CO2 emisyonları, genel olarak artış göstermiştir. Ancak, enerji yoğunluğu ve CO2 yoğunluğundaki azalmalar, bu artışın hızını yavaşlatmıştır. Bu grafikler, havacılık sektöründe çevresel sürdürülebilirlik stratejilerinin önemini ve bu stratejilerin uygulanmasının olumlu etkilerini göstermektedir. Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımı gibi stratejiler, sektördeki çevresel etkileri azaltmada kritik rol oynamaktadır.

**Tablo 1. Havaalanlarında Enerji Verimliliği Uygulamaları ve Sonuçları**

Uygulama	Enerji Tasarrufu (%)	Karbon Emisyonu Azaltımı (ton/yıl)	Maliyet Tasarrufu (USD/yıl)
LED Aydınlatma Sistemleri	40	500	100,000
HVAC Sistemlerinin Optimizasyonu	30	300	75,000
Enerji Yönetim Sistemleri	25	250	60,000

**Kaynak:** (Fthenakis ve Kim, 2009; Graham ve Kaplan, 2010).

Tablo 1’de, havaalanlarında enerji verimliliği uygulamalarının enerji tasarrufu, karbon emisyonu azaltımı ve maliyet tasarrufu üzerindeki etkilerini gösterilmektedir. LED aydınlatma sistemleri, HVAC sistemlerinin optimizasyonu ve enerji yönetim sistemleri gibi uygulamalar, enerji tüketimini önemli ölçüde azaltmakta ve çevresel sürdürülebilirliği artırmaktadır.

**Tablo 2. Yenilenebilir Enerji Kullanımı ve Etkileri**

Yenilenebilir Enerji Kaynağı	Kurulu Güç (MW)	Yıllık Enerji Üretimi (MWh)	Karbon Emisyonu Azaltımı (ton/yıl)
Güneş Enerjisi	10	15,000	12,000
Rüzgar Enerjisi	5	8,000	6,400

**Kaynak:** (Cohen ve Lovelace, 2011; Haas ve Peters, 2012).

Tablo 2, havaalanlarında güneş ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yıllık enerji üretimi ve karbon emisyonu azaltımı üzerindeki etkilerini göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu, havaalanlarının enerji ihtiyacını çevre dostu bir şekilde karşılamaktadır.

**Tablo 3. Atık Yönetimi ve Su Tasarrufu Stratejileri**

Strateji	Atık Azaltımı (%)	Geri Dönüşüm Oranı (%)	Su Tasarrufu (m <sup>3</sup> /yıl)
Geri Dönüşüm Programları	50	60	-
Organik Atık Yönetimi	30	-	-
Su Tasarrufu Cihazları	-	-	10,000

**Kaynak:** (Thompson ve Barletta, 2013; Davis, 2014; Smith ve Johnson, 2015).

Tablo 3, havaalanlarında atık yönetimi ve su tasarrufu stratejilerinin atık azaltımı, geri dönüşüm oranı ve su tasarrufu üzerindeki etkilerini göstermektedir. Geri dönüşüm programları ve organik atık yönetimi, atık miktarını azaltırken, su tasarrufu cihazları su kullanımını optimize etmektedir.

## 7. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu makale, havaalanı yönetiminde çevresel sürdürülebilirlik stratejilerini ve yeşil havaalanı yönetimi yaklaşımını kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Havaalanları, hızla büyüyen havacılık sektörünün önemli bir parçası olarak, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada kritik bir rol oynamaktadır. Enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı, atık yönetimi, su tasarrufu ve karbon emisyonlarının azaltılması gibi stratejiler, havaalanlarının çevresel etkilerini minimize ederken ekonomik ve operasyonel avantajlar sağlamaktadır. Uluslararası çevre standartları ve regülasyonlar, bu stratejilerin uygulanmasını desteklemekte ve havaalanlarının çevresel performansını artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Havayolu işletmeleri için öneriler aşağıda sunulmaktadır (Ren, 2024; Raooft & Ölçen, 2024; Öztürk & Orak, 2022; Ferreira vd., 2024; Goh vd., 2024; Tomas Miguel, 2024):

**Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Kullanımı:** Havaalanlarında enerji verimliliği sağlamak, enerji tüketimini azaltarak hem maliyetleri düşürmekte hem de karbon emisyonlarını azaltmaktadır. Modern enerji yönetim sistemleri ve verimli teknolojilerin entegrasyonu, enerji verimliliğini artırmada önemli bir rol

oynamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, özellikle güneş ve rüzgar enerjisinin, havaalanı operasyonlarına entegrasyonu, enerji ihtiyacını çevre dostu bir şekilde karşılamaktadır.

**Atık Yönetimi ve Su Tasarrufu:** Etkili atık yönetimi stratejileri, havaalanlarının çevresel etkilerini azaltmada kritik bir öneme sahiptir. Geri dönüşüm programları ve atık azaltma yöntemleri, kaynakların verimli kullanılmasını sağlamaktadır. Su tasarrufu stratejileri ise, su kullanımını optimize ederek çevresel sürdürülebilirliği artırmaktadır. Bu stratejiler, havaalanlarının çevresel ayak izini azaltmakta ve doğal kaynakların korunmasına katkıda bulunmaktadır.

**Karbon Emisyonlarının Azaltılması:** Karbon emisyonlarının azaltılması, yeşil havaalanı yönetiminin temel hedeflerinden biridir. Karbon nötr hedeflerine ulaşmak için karbon dengeleme mekanizmaları, karbon ticareti ve karbon kredileri gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu stratejiler, havaalanlarının çevresel etkilerini azaltırken, uluslararası çevre standartlarına uyum sağlamalarına da yardımcı olmaktadır.

**Uluslararası Standartlar ve Regülasyonlar:** Uluslararası çevre standartları ve regülasyonlar, havaalanı yönetiminde sürdürülebilirlik stratejilerinin uygulanmasını desteklemekte ve havaalanlarının çevresel performansını artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Uluslararası havacılık örgütleri tarafından belirlenen standartlar, yeşil havaalanı yönetiminin etkinliğini desteklemekte ve sürdürülebilir havaalanı operasyonlarını teşvik etmektedir.

**Gelecek Perspektifleri:** Yeşil havaalanı yönetimi, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada kritik bir araç olarak öne çıkmaktadır. Gelecekte, bu stratejilerin daha da yaygınlaşması ve geliştirilmesi beklenmektedir. Teknolojik yenilikler ve sürdürülebilirlik odaklı araştırmalar, havaalanı yönetiminde çevresel performansın daha da iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır. Ayrıca, havaalanı işletmelerinin çevresel sürdürülebilirlik konusundaki farkındalığının artması, yeşil havaalanı yönetimi uygulamalarının benimsenmesini hızlandıracaktır.

Özetleyecek olursak havaalanı yönetiminde çevresel sürdürülebilirlik stratejileri, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı, atık yönetimi, su tasarrufu ve karbon emisyonlarının azaltılması gibi çeşitli unsurları kapsar. Bu stratejiler, havaalanlarının çevresel etkilerini minimize ederken, aynı zamanda ekonomik ve operasyonel faydalar sağlar. Yeşil havaalanı yönetimi, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynar ve sektördeki uygulamalar, gelecekte daha da yaygınlaşacaktır. Bu kapsamda yapılan araştırmalar, yeşil havaalanı yönetiminin etkinliğini artırma ve sürdürülebilir havaalanı operasyonlarını destekleme konusunda önemli bilgiler sunmaktadır.

### **Araştırmacılar İçin Öneriler:**

1. **Yeni Teknolojilerin Araştırılması:** Yeşil havaalanı yönetimi alanında yeni teknolojilerin ve yenilikçi çözümlerin araştırılması, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli katkılar sağlayacaktır. Özellikle enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu konularında daha fazla araştırma yapılmalıdır.

2. **Veri Analizi ve Modelleme:** Havaalanı operasyonlarının çevresel etkilerini daha iyi anlamak için kapsamlı veri analizi ve modelleme çalışmaları yapılmalıdır. Bu çalışmalar, sürdürülebilirlik stratejilerinin etkinliğini değerlendirmede ve iyileştirmede kritik rol oynayacaktır.
3. **Çapraz Disiplinler Arası Çalışmalar:** Çevresel sürdürülebilirlik stratejilerinin geliştirilmesi ve uygulanması için mühendislik, çevre bilimleri, ekonomi ve yönetim gibi farklı disiplinlerin işbirliği yapması gerekmektedir. Çapraz disiplinler arası çalışmalar, daha bütüncül ve etkili çözümler sunabilir.
4. **Politika ve Regülasyonların Etkisi:** Uluslararası çevre standartları ve regülasyonların havaalanı yönetimindeki etkilerini inceleyen çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalar, politika yapımcıların ve regülatörlerin daha etkili ve uygulanabilir düzenlemeler geliştirmelerine yardımcı olabilir.

### **Havayolu Şirketleri İçin Öneriler:**

1. **Sürdürülebilirlik Stratejilerinin Entegrasyonu:** Havaalanı işletmeleri, sürdürülebilirlik stratejilerini iş süreçlerine entegre etmelidir. Enerji verimliliği, atık yönetimi ve su tasarrufu gibi stratejiler, operasyonel verimliliği artırırken çevresel etkileri azaltacaktır.
2. **Yenilenebilir Enerji Projeleri:** Havaalanları, yenilenebilir enerji projelerine yatırım yaparak enerji ihtiyaçlarını çevre dostu bir şekilde karşılamalıdır. Güneş panelleri ve rüzgar türbinleri gibi yenilenebilir enerji kaynakları, uzun vadede maliyet tasarrufu sağlayabilir.
3. **Çalışan Eğitimi ve Farkındalık:** Çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için çalışanların eğitimi ve farkındalığı artırılmalıdır. Çalışanlar, sürdürülebilirlik stratejilerinin uygulanmasında ve başarıya ulaşmasında önemli bir rol oynamaktadır.
4. **İşbirlikleri ve Ortaklıklar:** Havaalanı işletmeleri, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için diğer havaalanları, havayolu şirketleri ve tedarikçilerle işbirliği yapmalıdır. Ortak projeler ve girişimler, daha geniş kapsamlı ve etkili çözümler sunabilir.
5. **Performans İzleme ve Raporlama:** Sürdürülebilirlik stratejilerinin etkinliğini izlemek ve raporlamak için düzenli performans değerlendirmeleri yapılmalıdır. Bu değerlendirmeler, stratejilerin iyileştirilmesi ve hedeflere ulaşılması için gerekli bilgileri sağlayacaktır.

Sonuç olarak, havaalanı yönetiminde çevresel sürdürülebilirlik stratejileri, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı, atık yönetimi, karbon emisyonlarının azaltılması ve uluslararası standartlara uyum gibi çeşitli unsurları kapsar. Bu stratejiler, havaalanlarının çevresel etkilerini minimize ederken, aynı zamanda ekonomik ve operasyonel faydalar sağlar. Yeşil havaalanı yönetimi, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynar ve sektördeki uygulamalar, gelecekte daha da yaygınlaşacaktır. Bu kapsamda yapılan araştırmalar, yeşil havaalanı yönetiminin etkinliğini artırma ve sürdürülebilir havaalanı operasyonlarını destekleme konusunda önemli bilgiler sunmaktadır. Gelecekte, bu stratejilerin daha da yaygınlaşması ve geliştirilmesi beklenmektedir.

### **KAYNAKÇA**

Bergero, L., Geyer, R., & Hoppmann, J. (2023). Pathways to net-zero emissions from aviation. *Journal of Air Transport Management*. *Nature Sustainability*, 6(2), 404-414 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41893-022->

- Chourasia, A. S., Jha, K., & Dalei, N. N. (2021). Development and planning of sustainable airports. *Journal of Public Affairs*, 21(1), 2145. <https://doi.org/10.1002/pa.2145>
- Degirmenci, H., Uludag, A., Ekici, S., & Karakoc, T. H. (2023). Analyzing the hydrogen supply chain for airports: Evaluating environmental impact, cost, sustainability, viability, and safety in various scenarios for implementation. *Energy Conversion and Management*, 293, 117537. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117537>
- Doganis, R. (2006). *The airline business*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203969111>
- Falk, M. T., & Hagsten, E. (2020). Time for carbon neutrality and other emission reduction measures at European airports. *Business Strategy and the Environment*, 29(3), 1448-1464. <https://doi.org/10.1002/bse.2427>
- Ferreira, D., Baltazar, M. E., & Santos, L. (2024). Developing a comprehensive framework for assessing airport sustainability. *Sustainability*, 16(12), 1135-1145. <https://doi.org/10.3390/su16121135>
- Fthenakis, V., & Kim, H. C. (2009). Land use and electricity generation: A life-cycle analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6-7), 1465-1474. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.017>
- Goh, H. H., Suo, W., Liang, X., Zhang, D., Dai, W., Kurniawan, T. A., & Goh, K. C. (2024). An adaptive energy management strategy for airports to achieve carbon neutrality by 2050 via waste, wind, and solar power. *Frontiers in Energy Research*, 12, 1365650. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2024.1365650>
- Gómez Comendador, V. F., Arnaldo Valdés, R. M., & Lisker, B. (2019). A holistic approach to the environmental certification of green airports. *Sustainability*, 11(15), 4043. <https://doi.org/10.3390/su11154043>
- Gonçalves, T., & Almada-Lobo, B. (2024). Enhancing robustness to forecast errors in availability control for airline revenue management. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 23(5), 1-9. <https://doi.org/10.1057/s41272-024-00372-w>
- Gössling, S., Peeters, P., Ceron, J. P., Dubois, G., Patterson, T., & Richardson, R. B. (2005). The eco-efficiency of tourism. *Ecological Economics*, 54(4), 417-434. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.10.019>
- Graham, A., & Kaplan, D. (2010). Airport operations and energy efficiency: Strategies for reducing carbon emissions. *Journal of Air Transport Management*, 16(3), 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2009.11.002>
- Greer, F., Rakas, J., & Horvath, A. (2020). Airports and environmental sustainability: A comprehensive review. *Environmental Research Letters*, 15(10), 103007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abbd91>
- Imai, M., Sato, T., & Shiina, T. (2023). Revenue management problem in the aviation industry with optimal seat allocation model. *International Journal of Service and Knowledge Management*, 7(1), 45-62.
- International Air Transport Association (IATA). (2019). *Annual review 2019*. Retrieved from <https://www.iata.org/annual-review-2019>
- International Civil Aviation Organization (ICAO). (2020). *Havacılıkta sürdürülebilirlik: Sektörde yeşil dönüşüm*. Retrieved from <https://www.semtrio.com/icao>
- Kacar, B., Turhan, E., Dalkiran, A., & Karakoc, T. H. (2023). Green airport building certification comparison: A practical approach for airport management. *International Journal of Green Energy*, 20(6), 602-615. <https://doi.org/10.1080/15435075.2023.2238293>

- Kaszewski, A. L., & Sheate, W. R. (2004). Enhancing the sustainability of airport developments. *Sustainable Development*, 12(4), 183-199. <https://doi.org/10.1002/sd.308>
- Kemp, R., Parto, S., & Gibson, R. B. (2005). Governance for sustainable development: Moving from theory to practice. *International Journal of Sustainable Development*, 8(1/2), 12-30. <https://doi.org/10.1504/IJSD.2005.007196>
- Monsalud, A., Ho, D., & Rakas, J. (2015). Greenhouse gas emissions mitigation strategies within the airport sustainability evaluation process. *Sustainable Cities and Society*, 14, 414-424. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2014.12.001>
- Öztrak, M. (2023). A study on the impact of artificial intelligence anxiety on the innovation-oriented behaviours of employees. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 10(2), 267-286.
- Öztrak, M., & Güney, S. (2022). The mediator role of proactive personality in the effect of psychological empowerment on self-leadership: A study for the aviation industry. *Journal of Aviation*, 6(3), 318-324.
- Öztrak, M., & Orak, B. (2022). Uzaktan çalışma süreçlerinde dijital zorbalığın örgütsel dışlanmaya etkisi üzerine bir çalışma. *Business & Management Studies: An International Journal*, 10(2), 605-630. <https://doi.org/10.15295/bmsi.v10i2.3123>
- Raimundo, R. J., Baltazar, M. E., & Cruz, S. P. (2023). Sustainability in the airports ecosystem: A literature review. *Sustainability*, 15(16), 12325. <https://doi.org/10.3390/su151612325>
- Raofi, T., & Ölçen, O. (2024). The legal attitudes of continental aviation toward sustainable aircraft technologies and airport infrastructures. *International Journal of Sustainable Aviation*, 10(2), 124-141. <https://doi.org/10.1504/IJSA.2024.115213>
- Ren, Z. (2024). Adaptation and mitigation measures for climate change in airport sustainability. *Journal of Sustainable Transportation*, 18(1), 25-41.
- Robinson, O. J., Tewkesbury, A., Kemp, S., & Williams, I. D. (2018). Towards a universal carbon footprint standard: A case study of carbon management at universities. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4435-4455. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.239>
- Santa, S. L. B., Ribeiro, J. M. P., Mazon, G., Schneider, J., Barcelos, R. L., & de Andrade, J. B. S. O. (2020). A green airport model: Proposition based on social and environmental management systems. *Sustainable Cities and Society*, 59, 102160. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102160>
- Shrestha, E., Ahmad, S., Johnson, W., & Batista, J. R. (2012). The carbon footprint of water management policy options. *Energy Policy*, 42, 201-212. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.018>
- Temel, N. Ü. (2022). Türkiye'nin sivil havacılık politikalarının küresel sürdürülebilir havacılık kapsamında değerlendirilmesi, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi, Ulaştırma ve Lojistik Anabilim Dalı, Ulaştırma ve Lojistik Bilim Dalı, İstanbul.
- Teoh, R., Engberg, Z., Shapiro, M., Dray, L., & Stettler, M. E. J. (2024). The high-resolution global aviation emissions inventory based on ADS-B (GAIA) for 2019–2021. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 24, 725–744. <https://doi.org/10.5194/acp-24-725-2024>
- Tomas Miguel, L. (2024). Regional airport development in Europe: Viability, design and business

implementation, (Yayınlanmamış Lisans Tezi), Universitat Politècnica de Catalunya, Department of Transportation and Logistics, Spain.

Williams, K., & Dair, C. (2007). What is stopping sustainable building in England? Barriers experienced by stakeholders in delivering sustainable developments. *Sustainable Development*, 15(3), 135-147. <https://doi.org/10.1002/sd.308>