

Yeşil Dönüşüm, Sürdürülebilirlik Politikaları ve Stratejileri: Havacılık Sektörü

Tuncel Öz¹

Özet

Yirminci yüzyılda gelişmeye başlayan sivil havacılık sektörü, her geçen gün artan talebe paralel olarak kendini büyütmeğe devam etmektedir. Günümüzde talebi karşılamak amacıyla farklı stratejiler benimseyen hava yolu işletmeleri kurulduğu gibi çeşitli bölgelere yeni havalimanları yapılarak dünyanın neredeyse her noktası uçulabilir hâle gelmiştir. Hâlihazırda dünya nüfusunun sebep olduğu doğa problemleri yaşanmaya devam ederken sivil havacılığın da bu problemlerin bir parçası olduğu gözlemlenmiştir. Kullanılan uçak yakıtları, apronda görevli araçlar, terminalde harcanan elektrik gibi öne çıkan sorunlara yönelik çalışmalar gerçekleştirilmesi planlanmıştır. Dünyanın daha yaşanabilir, daha sağlıklı ve daha uzun ömürlü olması amaçlanırken bunu bir yandan da verimli hâle getirerek hem hava yolu işletmelerinin hem de havalimanı işletmelerinin maliyetinin desteklenmesi sağlanır. Bu kapsamda havacılık sektörüne “Yeşil Havalimanı” ve “Yeşil Havacılık” gibi kavramlar girmiştir. Havayollarında operasyonel faaliyetlerin verimli bir şekilde gerçekleştirilmesi yolcular açısından önem arz etmektedir. Hem yolcu memnuniyeti hem de havayolu karlılığı açısından bu faaliyetlerin sürdürülebilir olması gerekmektedir. Bu nedenle havacılık sektöründe gerçekleştirilen hizmetlerin sürdürülebilirlik kavramı ve havayolu stratejileri kapsamında geliştirilmesi gerekmektedir.

Giriş

Havacılık sektörü, küreselleşmenin hız kazanmasıyla birlikte dünya ekonomisinin, ticaretin ve turizmin gelişiminde önemli bir rol üstlenmiştir. İnsanların ve yüklerin kısa sürede uzun mesafelere taşınabilmesini sağlayan hava taşımacılığı, günümüzde en hızlı büyüyen ulaşım türlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Artan yolcu ve kargo talepleri doğrultusunda havalimanlarının sayısı ve kapasitesi sürekli olarak genişlemekte, buna bağlı olarak havacılık

1 Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, toz@ticaret.edu.tr, 0000-0001-6603-0841

faaliyetlerinin çevresel etkileri de daha fazla önem kazanmaktadır. Özellikle son yıllarda iklim değişikliği, küresel ısınma ve çevresel sürdürülebilirlik konularının dünya gündeminde ön plana çıkması, havacılık sektörünün çevre üzerindeki etkilerinin daha yakından incelenmesine neden olmuştur.

Havacılık faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan karbon emisyonları, sera gazı salımlarının önemli kaynaklarından biri olarak değerlendirilmektedir. Uçak operasyonları başta olmak üzere yer hizmetleri, terminal binalarının enerji tüketimi, kara ulaşımı ve diğer havalimanı faaliyetleri karbon emisyonlarının oluşumuna katkı sağlamaktadır. Hava taşımacılığına olan talebin her geçen yıl artması, sektörün çevresel etkilerinin azaltılmasına yönelik çalışmaların önemini daha da artırmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilirlik anlayışı, yalnızca havayolu işletmeleri için değil, aynı zamanda havalimanları açısından da stratejik bir gereklilik haline gelmiştir.

Sürdürülebilir havacılık kavramı, çevresel etkilerin azaltılması, enerji kaynaklarının verimli kullanılması ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarının gözetilmesi amacıyla geliştirilen uygulamaları kapsamaktadır. Bu kapsamda havalimanlarında enerji verimliliği projeleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, atık yönetimi uygulamaları, karbon ayak izinin ölçülmesi ve emisyon azaltım stratejileri gibi birçok sürdürülebilirlik çalışması yürütülmektedir. Ayrıca uluslararası kuruluşlar tarafından belirlenen çevresel standartlar ve hedefler doğrultusunda havalimanları, karbon nötr işletme modellerine ulaşmak için çeşitli yatırımlar gerçekleştirmektedir.

Günümüzde sürdürülebilir havalimanı yönetimi, yalnızca çevresel sorumlulukların yerine getirilmesini değil, aynı zamanda operasyonel verimliliğin artırılmasını, maliyetlerin azaltılmasını ve kurumsal itibarın güçlendirilmesini de sağlamaktadır. Bu nedenle sürdürülebilirlik uygulamaları, havalimanlarının rekabet gücünü artıran önemli unsurlardan biri olarak değerlendirilmektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerde yaygınlaşan yeşil havalimanı projeleri, karbon emisyonlarının azaltılması konusunda sektöre önemli katkılar sunmaktadır.

Bu bölümde havalimanlarında sürdürülebilir havacılık uygulamaları ve karbon emisyonları konusu ele alınmıştır. Çalışma kapsamında sürdürülebilir havacılık kavramı incelenmiş, havacılık sektöründe karbon emisyonlarının kaynakları ve çevresel etkileri değerlendirilmiş, havalimanlarında uygulanan sürdürülebilirlik faaliyetleri ile emisyon azaltım yöntemleri açıklanmıştır. Ayrıca sürdürülebilir havacılığın operasyonel etkileri, yeşil havacılık teknolojileri uygulamaları, yeşil dönüşüm stratejileri, uluslararası düzenlemeler, karşılaşılan zorluklar ve geleceğe yönelik gelişmeler literatür çerçevesinde değerlendirilerek konuya ilişkin genel bir bakış sunulmuştur.

1. Havacılık Sektöründe Sürdürülebilirlik Kavramı

20. yüzyılda çevresel kaygılar nedeniyle ortaya çıkan sürdürülebilirlik kavramı resmi olarak ilk defa 1987'de Birleşmiş Milletler tarafından “sürdürülebilir kalkınma” şeklinde ortaya atılmıştır. Küresel iklim krizi nedeniyle neredeyse tüm sektörler sürdürülebilirlik kavramını işleyişlerine dahil etmiştir. Sürdürülebilir olan şey, onun kendini devam ettirmesi ya da kendini yenileyebilmesi olarak açıklanabilir (Güner, 2020). Dolayısıyla gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya, yani ekolojik ve sosyal olanakları sağlayabilen, ömrü uzun bir dünya bırakmak amaçlanmaktadır.

Sürdürülebilir kalkınma; sosyal, ekonomik ve çevresel olarak üç ana bileşenin kesişmesiyle ortaya çıkar (Güner, 2020). Sosyal sürdürülebilirlik; refahı yüksek bir toplum, insan hakları, eşitlik ve adaleti sağlayan bir yaşam tarzını benimser. Ekonomik sürdürülebilirlik; etkin kaynak kullanımı, ekonomik kalkınma ve adaletli bir gelir sistemini amaçlar. Çevresel sürdürülebilirlik ise gelecek nesillerin hayatını olumsuz etkilemeyecek bir şekilde doğal kaynakları verimli kullanmak, dengeli ekosistemi korumak ve daha az atık ve kirlilik yaşanması için çalışmaktır. Böylece her kavramın ideal durumda olması ekonomik kalkınmayı sağlayacaktır. Dolayısıyla sürdürülebilirlik yalnızca hava kirliliği, karbon salınımı ya da geri dönüşümü olmayan atıklar gibi çevresel değildir.

Sürdürülebilirlik kavramının, doğal ve beşeri kaynaklar üzerinden yapılan tartışmalardan dolayı zaman içinde farklı versiyonlarının ortaya çıktığı görülmektedir. Amaç sonraki nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmak olduğu için kaynakların önemi ön plana çıkmıştır. Zayıf sürdürülebilirlik ve güçlü sürdürülebilirlik olarak benimsenen iki farklı kavram vardır. *Zayıf sürdürülebilirlikte* beşeri kaynaklara yönelmek gerektiği savunulur. Doğal kaynakların yerine kullanılabildiği sürece problem olmayacağı, böylece gelecek nesillere daha fazla doğal kaynak bırakabileceği düşüncesi vardır. *Güçlü sürdürülebilirlikte* ise doğal kaynakların insan için bir ihtiyaç olduğundan ve naturel bir yaşam sunmasından bahsedilir. Yani içinde bulunduğumuz ekosistem hem bize yemek verir hem de atıklarımızı yok etmekte yardımcı olur. Bu yüzden hem doğal hem de beşeri kaynakların toplam değerini sabit tutmak gerekir. Bu konudaki bir başka yorum ise ikamesi mümkün olmayan doğal kaynakların fiziksel stoğudur. Çünkü ikamesi olmayan bir kaynağı harcamak negatif yatırım olarak ele alınır (Yeni, 2014).

Sivil havacılık sektörü için sürdürülebilir havacılık kavramı daha temiz, yenilikçi ve akıllı bir gelecek amacıyla planlanmış bir stratejidir. Sivil havacılık, insanların bir noktadan başka bir noktaya, istedikleri zaman, ticari uçak aracılığıyla gitmesi olarak tanımlanır. Aynı işlem yük ve kargolar için de aynı şekildedir ve buna hava kargo adı verilir.

Hava yolu işletmelerinin ellerindeki uçağı kullanmaması onlara maliyet olarak yansımaktadır. Bunun sebebi havalimanının bir bölümünü kullanmaları gerekmesidir. Çünkü havalimanı işletmesi buralardan gelir kazanır. Dolayısıyla bakım yapılması gerekmeyen tüm uçakları olabildiğince havada tutmak isterler. Böylece dünya çapında her saniye havada uçaklara rastlarız. COVID-19 sebebiyle yaşanan küresel pandemi, insanların seyahat etmesine engel tanımıştır ancak yük ve kargolar taşınmaya devam etmekteydi. Üstelik bazı yolcu uçakları kargo uçaklarına dönüştürülmüştü. Bu durum, yolcu taşımacılığı yapılmıyor olsa bile uçakların etkin bir şekilde kullanıldığını ve belki de vazgeçilemeyecek bir ulaşım yöntemi olduğu gerçeğini kanıtlar niteliktedir (Demirci ve Eroğlu, 2023).

Sivil havacılığın gerçekleştirilmesi için yalnızca uçağı sahip olunması yeterli değildir. Uçakların inip kalkması ve yolcu alıp bırakması için havalimanlarına, uçakların zorunlu ya da dönemsel bakımlarının yapılması için bakım hangarlarına, insan kaynağını kullanabilmek için ofislere, uçakları yönlendirmek için kulelere, kargo taşımacılığı yapabilmek için ise kargo terminallerine ihtiyaç duyulur. Dolayısıyla bir yolcunun taşınabilmesi için çeşitli bileşenler bir araya gelmelidir.

Havacılık sektörü giderek büyüyen bir sektördür. Geçmişte lüks olarak görülen bu ulaşım sistemi son yıllarda oldukça normalleşmiştir. Gerek dünya nüfusunun artışta olması, gerek hava yolu işletmelerinin yolcu çekmek adına benimsediğı stratejiler, gerekse uçuş yapılan noktaların her geçen gün artıyor olması sivil havacılık sektörünü büyütmektedir.

Havacılık sektörü büyüdükçe sürdürülebilirlik politikasını korumak zorlaşmaktadır. Sürdürülebilirliği sağlamak yalnızca hava yolu işletmesinin ya da havalimanı işletmesinin elinde değildir. Sürdürülebilirliğin tam anlamıyla uygulanabilmesi için havalimanı içerisinde yer alan kuruluşların da bu politikalara sorumluluk alarak ayak uydurması gerekmektedir.

- İnsanların iyi bir çevrede yaşama hakları olduğunu bilerek hareket etme,
- Doğal kaynakların koruyarak ve sorumluluk alarak kullanmak,
- Biyolojik çeşitliliğin önemini anlayarak korumak ve devamlılığı için uygulamalar yapmak,
- Çevreyi koruma kapsamında düzenlenen standartlara uymak,
- Kaynak kullanımı ve çevre ile ilgili bilgileri kamuoyuyla paylaşarak çevreyi bilinçlendirmek

gibi sorumluluklar ile sürdürülebilirliğin bir parçası olmak mümkündür.

Havacılık sektöründe sürdürülebilir yaşama engel oluşturabilecek en önemli şeyler karbondioksit (CO₂) ve sera gazı emisyonlarıdır (GHG). Küresel ısınma her geçen dakika artarken havacılık sektörünün yaşananlarda payının olması sorgulanmaktadır. Dünyadaki sera gazı emisyonlarını %2 ila %2,5 oranında havacılık sektörü oluşturmaktadır.

CO₂ ile GHG salınımını azaltmak ve sürdürülebilirliğin tüm sektörde yürütülebilmesi için IATA (Uluslararası Hava Taşımacıları Birliği) 2050 yılına bir hedef koyarak net sıfır karbon emisyonuna ulaşmayı amaçladıklarını yayınlamıştır (Barutçu ve Çolakoğlu, 2024). Bu hedefe ulaşmak için sürdürülebilir uçak yakıtları, yeni teknolojiler ve operasyonel değişiklikler yapılarak ilk adımlar atılmıştır. Aynı zamanda “Karbon Dengeleme ve Azaltma Planı” olan CORSIA da ICAO (Uluslararası Sivil Havacılık Otoritesi) tarafından geliştirilip yayınlanmıştır (Barutçu ve Çolakoğlu, 2024).

Uluslararası kuruluşların yanında hava yolu işletmeleri de sürdürülebilirliğe verdikleri önemi belgelerle desteklemektedirler.

1.1. Havacılık Sektörünün Çevresel Etkileri

Sivil havacılık endüstrisi çevreyi hem dolaylı hem de doğrudan etkilemektedir. Aynı zamanda olumlu etkileri yok denecek kadar azdır.

- a. **Karbon Salınımı:** Hava yolu işletmeleri maliyet kaybına uğramamak ve kâr elde etmek amacıyla uçaklarını devamlı uçurmaya çalışır. Bu nedenle küresel çapta havada kalan ve dolayısıyla çalışmakta olan uçak sayısı fazladır. Uçaklar fosil yakıt kullandığı için atmosfere CO₂ ve GHG salınımı yaparlar. Bu gazlar küresel ısınmaya sebebiyet verdiği için iklim değişikliği yaşanır. Yalnızca havacılık sektörü, tüm CO₂ salınımlarının %2 ila %2,5'ini oluşturur ve bu şekilde devam ettiği sürece 2050 yılında oranın %5'e çıkacağı beklenmektedir. Bu nedenle dünya çapında 2050 yılına kadar net sıfır karbon hedefi koyulmuş ve uygulamalara başlanmıştır.
- b. **Hava Kirliliği:** Uçak yakıtlarının sebep olduğu karbon emisyonları ve sera gazı salınımları dışında havalimanı ve çevresinde de hava kirlilikleri görülür. Yer hizmetlerinden alınan hizmetler, ısıtma-soğutma işlemleri vb. hava kirliliğine yol açar ve özellikle havalimanı çevresindeki ekosistemi olumsuz etkiler.
- c. **Gürültü Kirliliği:** Havalimanları çoğunlukla merkezden uzak konumlansalar da çevrede yaşayan insanlar ve diğer canlılar için rahatsız edici bir gürültü yaratırlar. Dolayısıyla yaşam şartlarını olumsuz etkilerler.

- d. Ekosistem:** Yeni bir havalimanı inşası, orada yaşayan canlıların habitatını bozar. Aynı zamanda uçuş emniyeti sebebiyle havalimanı apronunda ve özellikle pistinde yabancı cisim olmaması gerekir. Çevrede yaşayan kedi, köpek türevi canlıların piste girmemesi ve uçakların kuş çarpması yaşamaması için tuzak ya da öldürücü yöntemlerle hayvanları havalimanı çevresinden uzaklaştırmak gerekir (Kılıç ve Turgüt, 2019).
- e. Enerji ve Kaynak Tüketimi:** Havacılık sektöründe enerji tüketimi çoğunlukla fosil yakıt kullanma sebebiyle ortaya çıkar. Bu da karbon salınımı ve sera gazı emisyonuna neden olur. Sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıktığından beri sürdürülebilir yakıtlar (SAF) ile elektrikli ve hibrit uçaklar söz konusu olmuştur. Karbon salınımını ciddi miktarda azaltacağı düşünülen bu yöntemler henüz tüm sektörde kullanılıyor olmasa da 2030 yılına kadar oranın artırılması hedefleniyor.

1.2. Karbon Salınımı ve Küresel Isınma

Karbon salınımı, atmosfere yayılan karbondioksit ve sera gazları nedeniyle gerçekleşir. Doğalgaz, kömür, petrol vb. gibi karbon içeren fosil yakıtların yanması karbondioksit salınımına sebep olur. Atmosferde biriken bu gazlar önce sera etkisi yaratır, sera etkisinden dolayı da güneşten gelen ışınlar yansımaz ve geri dönemezler. Geri dönemeyen bu ışınlar yeryüzüne hapsolarak gezegenin ısınmasına neden olur.

Sırasıyla fosil yakıtların yanması, karbon salınımı, atmosferde biriken gazlar, sera etkisi, geri dönemeyen ışınlar ve yeryüzünün ısınması derken bu sürecin devamlı başa sararak gerçekleşiyor olması gezegeni her geçen gün daha da ısıtır. Dolayısıyla küresel çapta bir ısınma meydana gelir. Küresel ısınma nedeniyle buzullar erir, deniz seviyesi yükselir ancak bununla kalmaz, yaşam koşulları değişen canlıların ekosistemi bozulur. Bazı canlılar bu değişikliğe ayak uydurabilirken bazılarının ise nesli tükenme tehlikesine girer.

Bilim insanları ve iklim uzmanları tarafından atmosferdeki karbondioksit yoğunluğu güvenli üst sınırını 350 ppm olarak belirlenmiştir. Durmadan artmakta olan bu karbondioksit yoğunluğu 1980'lerde yıllık 1,6 ppm artış hızıyla yükseliyorken son on yıldır senelik 2,2 ppm civarına kadar çıkmıştır (Güner, 2020).

Karbon salınımı yalnızca fabrika ya da diğer kurumların kullandığı fosil yakıtlardan dolayı yaşanmaz. İnsanlar da kullandığı malzemeler ve eşyalarla bireysel olarak karbon salınımının bir parçası haline gelmiştir. Karbon ayak izi, kurumların, ülkelerin ya da insanların atmosfere saldırdığı sera gazları nedeniyle yaşanan iklim değişikliğini ölçmek için kullanılır. Yalnızca küresel ısınmaya etki eden emisyonları katsayılarla çarparak CO2 değeri bulunur (Güner, 2020).

2. Yeşil Havacılık Teknolojileri ve Uygulamaları

Dünya nüfusunun ve hava taşımacılığına olan ilginin artması, dünya çapındaki ulaşım noktalarını ve dolayısıyla uçuş miktarını da artırmıştır. Kullanılan uçak yakıtları, enerji tüketimi ve havalimanlarının yol açtığı çevresel kirlilikler küresel ısınmaya sebebiyet verdiğinden dolayı son yıllarda havacılık endüstrisinin küresel ısınmadaki payı artmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda 2050 yılında küresel ısınma oranının iki katına çıkması beklendiği için havacılık sektörü genelinde sürdürülebilirlik stratejileri ve hedefleri belirlenerek çalışmalara başlanmıştır (Küçük ve Yüce, 2022).

2.1. Alternatif Yakıtlar ve Biyoyakıt Kullanımı

Hava taşımacılığı yalnızca yolcu taşımacılığı yapılan bir endüstri değildir. Aynı zamanda dünya çapında kargo ve yük taşımacılığı yaparak ticaretin bir parçası olurlar. Dolayısıyla havacılık biten ya da azalan bir ulaşım türü değildir, aksine her geçen gün artar. Bu da daha fazla fosil yakıt kullanımına, dolayısıyla karbon salınımına ve küresel ısınmaya sebep olur.

Sivil havacılık sektöründe küresel ısınmaya sebep olan en büyük problem, fosil yakıtlardır. Uçaklar başta olmak üzere havalimanı apronlarında görevli araçlar da fosil yakıt kullanmaktadır ancak uçakların uçuşlarını yüksek irtifalarda gerçekleştiriyor olması gazların küresel etkisini daha büyük oranda etkilemektedir. Dolayısıyla bu problemi çözmek bile en azından bir süreliğine karbon salınımı oranını ciddi miktarda azaltabilir.

Fosil yakıt kullanımından doğan karbon salınımını azaltmak amacıyla sürdürülebilir yakıtlar (SAF) ortaya çıkmıştır. Bu yakıtlar sürdürülebilirlik hedefine en uygun ve en yenilikçi çözümlerden biri olarak görülmektedir. Yüksek karbon salınımına sebep olan fosil yakıtlar yerine biyolojik ve sentetik kaynaklardan elde edilen bu yakıtlar karbon salınımını ciddi oranda azaltarak sürdürülebilir bir dünyayı hedefler.

Sürdürülebilir havacılık yakıtları (SAF), fosil yakıtlara alternatif olarak çıkmış olup, yenilenebilir bir enerji türüdür. Bitkisel/atık yağlar, tarımsal atıklar gibi sürdürülebilir kaynaklar kullanarak üretilen bu yakıtlar fosil yakıtlarla kıyaslandığında karbon emisyonu oranı %80 daha düşüktür (Şahin, 2024). Sürdürülebilir havacılık yakıtları, üretilmiş ve halihazırda hizmet veren uçaklarda kullanılacak şekilde hazırlanmıştır. Dolayısıyla bu, hava yolu işletmeleri için inanılmaz bir fırsattır. Aynı zamanda üretim kaynaklarının çeşitli olması da sürdürülebilir havacılık yakıtlarını cazip kılmaktadır. Ancak bu yakıtların geniş çaplı kullanılmasıyla yakıt üretim maliyetleri ve kaynak yetersizliği yaşandığından henüz hedeflendiği kadar yaygın bir kullanım sözü konusu değildir (Şahin, 2024).

Birleşmiş Milletlerin 2015 yılında imzaladığı Paris Anlaşması, iklim kriziyle mücadele kapsamında 195 ülke tarafından imzalanmış ve 2016'da yürürlüğe girmiş bir anlaşmadır ve Türkiye, 2030 yılına kadar karbon emisyonunu %21 azaltmayı hedeflemektedir (Karakaya, 2016). Paris Anlaşması nedeniyle havacılık sektörü sürdürülebilirlik konusunda çalışmalar yapmak zorundadır. Dolayısıyla sürdürülebilirlik konusunda en etkili çözüm olan SAF yakıtları kullanmaları kaçınılmazdır. Geleneksel havacılık yakıtı olarak bilinen fosil yakıtlar genelde iki ana gruba ayrılır:

- **Kerosen Bazlı Yakıtlar:** Petrolün damıtılmasıyla elde edilen bu jet yakıtları Jet A, Jet A-1 ve Jet B yakıtı olarak üçe ayrılır. Ticari uçuşlarda çoğunlukla Jet A ya da Jet A-1 kullanılmakla beraber daha düşük donma noktasına sahip olduğu için uluslararası uçuşlarda Jet A-1 daha çok tercih edilir ve gaz türbinli motora sahip uçaklarda kullanılır (Yaşar ve Onat, 2025).
- **AVGAS Yakıtı:** AVGAS yakıtı yüksek oktanlı ve benzin bazlı bir yakıt türü olarak pistonlu motora sahip uçaklarda, yani daha küçük uçaklarda kullanılır (Yaşar ve Onat, 2025).

2.2. Sürdürülebilir Havacılık Yakıt Türleri

Sürdürülebilir havacılık yakıtlarının halihazırda kullanılan uçaklarla uyumlu olmasının sebebi farklı hammaddeler kullanarak jet yakıtlarının ana bileşeni olan kerosen üretmektir. Bir hammaddeyi kerosen üretimi amacıyla kullanmak için gerekli bazı şartlar vardır. Bunlar;

- Hammaddenin kolay bulunabiliyor oluşu,
- Maliyetinin uygun olması,
- Gıda üretimini etkilemiyor oluşu,
- Çevresel ayak izinin düşük olmasıdır.

Bu şartları karşılamadığı sürece geniş çaplı ve uzun süreli bir üretim ya da tüketim yaşanmaz. Örneğin hammadde kolay bulunamıyorsa üretimde kesintiye uğrama ve talep edildenden az yakıt üretimi söz konusu olur. Maliyeti uygun olmayan bir hammadde ne kadar kolay bulunabiliyor olursa olsun fiyatı tüketicilere yansıtacağı için yakıtı tüketme oranını etkileyebilir. Gıda üretimini etkileyen bir hammadde kullanmak sürdürülebilirliğe direkt ters düşer. Bunun nedeni, biyoyakıt üretimi sürdürülebilirliği sağlama ve gelecek nesillere sağlıklı ve yaşanabilir bir dünya bırakma amacıyla yapılmasına rağmen yeryüzünde bulunan bir doğal kaynağı amacından farklı kullanmaktır. Çevresel ayak izinin yüksek olması ise karbon salınımı miktarını yeterince düşürmeyecek olmasıdır.

Dolayısıyla her bir şartı sağlayan bir hammadde, iklim kriziyle mücadele için en ideal çözüm olacaktır.

Sürdürülebilir havacılık yakıtı üretilirken hammaddeler üç gruba ayrılır.

- 1. Nesil Hammaddeler: Erişimi kolay olan ancak gıda olarak tüketilebilen kaynaklardır. Gıda olarak tüketilebilir olmaları ekolojik sistemi olumsuz etkileyebilir ve maliyeti artırabilir (Yaşar ve Onat, 2025). Bu gruba giren hammaddeler ise şöyle: Ayçiçeği, soya fasulyesi, palm yağı, mısır taneleri vb.
- 2. Nesil Hammaddeler: Gıda olarak tüketilmeyen, genellikle atıklardan oluşan hammaddelerdir. Gıda olarak tüketilmediği için yakıt üretimi konusunda daha iyi bir seçenek olarak görülüyor. Ancak hammaddelerin kalitesi ve tedarik edilme sürecinin dengesizliği bun dezavantaj oluşturabilir (Yaşar ve Onat, 2025). Bu hammaddeler ise: Yenilebilir olmayan yağlar (jojoba, jatropha vs.), orman ve kentsel atıklar, yemeklik yağ atıkları, hayvansal yağ atıkları vb.
- 3. Nesil Hammaddeler: Mikroalgler. Üremeleri hızlı olduğu için hammadde olarak kullanılması daha olasıdır ancak üretim maliyetleri yüksek olduğu için üzerinde yeterince çalışma yapılmamıştır (Yaşar ve Onat, 2025).

Üretilen sürdürülebilir havacılık yakıtlarının fosil yakıt, yani jet yakıtları yerine kullanılması için ASTM (Amerikan Test ve Malzeme Topluluğu) tarafından onaylanması gerekmektedir. Aşağıda ASTM onaylı ve potansiyel sürdürülebilir havacılık yakıtı türleri tabloları bulunmaktadır.

Tablo 1. ASTM Onaylı SAF Türleri

ASTM 7566	Hammadde	İşlem	Ara Ürün	SAF Dönüşüm Süreci	Max Karışım Oranı %v/v	Onay Yılı
Ek-1	Tarım ve Ormancılık kalıntıları, yağ içeren bitkiler, kentsel katı atıklar	Gazlaştırma	Sentez Gazı	FT-SPK Fischer Tropsch Sentetik Parafinik Kerosen	50	2009
Ek-2	Yağ içeren bitkiler, yemeklik yağ atıkları, hayvansal yağ	Nötralizasyon	Hidrokarbonlar ve Lipitler	HEFA-SPK Hidroproses-lenmiş Esterler ve Yağ Asitleri Sentetik Parafinik Kerosen	50	2011

Ek-3	Şeker kamışı, selüloz bazlı şekerler	Ekstraksiyon	Şeker	HFS-SIP Hidroproses-lenmiş Fermente Şekerler Sentezlenmiş İzoparafinler	10	2014
Ek-4	Ek-1'e aromatik bileşikler eklenir	Gazlaştırma	Sentez Gazı	FT-SPK/A Aromatikli Fischer Tropsh Sentezik Parafinik Kerosen	50	2015
Ek-5	Şekerler, nişasta, selüloz	Fermantasyon	Etanol ve İzobütanol	ATJ-SPK Alkolden Jete Sentezik Parafinik Kerosen	50	2016 (İzobütanol) 2018 (Etanol)
Ek-6	Trigliserit bazlı hammadde-ler	Katalitik Hidrotermoliz	Bioyağ	CHJ/CH-SK Katalitik Hidrotermoliz Sentezlenmiş Kerosen	50	2020
Ek-7	Alg	Ekstraksiyon	Bio türevli lipitler ve hidrokarbonlar	HC-HEFA-SPK Hidroproseslenmiş Hidrokarbonlar, Esterler ve Yağ Asitleri Sentezik Parafinik Kerosen	50	2020
Ek-8	Ek-5'e Aromatik Bileşikler Eklenir	-	-	ATJ-SKA Aromatikli Alkolden Jete Sentezik Kerosen	50	2023

Kaynak: (Yaşar ve Onat, 2025).

Tabloda (Tablo 1) ASTM onaylı sürdürülebilir havacılık yakıtlarının hammaddeleri ve nasıl bir işlemde geçtikleri oranlarıyla birlikte verilmiştir. Belirtilen tarihlerde ASTM tarafından doğrulanmış hammaddelerin ASTM 7566 standartlarında yer aldığı ekler tablonun en solunda bulunuyor.

Tablo 2. ASTM Onaylı Alınmamış Potansiyel SAF Türleri

Hammadde	SAF Dönüşüm Süreci
Islak Alg	HtL. Hidrotermal Sıvılaştırma (Sıvı Jet Yakıtı)
Şeker	APR. Sulu Faz Reformu (Sıvı Jet Yakıtı)
Lignin	Piroliz Hidroproseslenmiş Depolimerize Selülozik (Sıvı Jet Yakıtı)
Karbondan Zengin Hammadde	Fotofermantasyon (Hidrojen)

Kaynak: (Yaşar ve Onat, 2025).

ASTM tarafından henüz doğrulanmamış ancak üzerinde çalışmaların devam ettiği sürdürülebilir havacılık yakıtları hammaddeleri de vardır. Bunlar tabloda (Tablo 2) listelenmiş ve elde edilen dönüşümleri yanında bulunmaktadır.



Şekil 1. Sürdürülebilir Havacılık Yakıtı Kullanan Türk Hava Yollarına ait bir uçak.

2.3. Havayolu İşletmelerinin Yeşil Dönüşüm Stratejileri

Yeşil dönüşüm, her türlü sektör ve endüstride yaşam şartlarını iyileştirmeye yönelik çalışmalardır. Küresel bir yeşil dönüşüm hedeflendiği için hem bireysel hem toplumsal hem de kurumsal olarak her kesimin bu mücadelede bir görevi vardır.

Öncelikli amaç karbon emisyonunu sıfıra indirerek küresel ısınma hızını yavaşlatmaktır. Aynı zamanda gelecek nesillere daha yaşanabilir ve daha sağlıklı bir gezegen bırakmak adına atık dönüşümleri yapılır ve karbon emisyonunu geri kazanmak için ağaç dikimi çalışmaları yapılır. Konu yaşanan dünya olduğundan dolayı yeryüzündeki her insan bu çalışmaların bir parçasıdır, bu nedenle gerekli eğitim ve farkındalıkların aşılması gerekmektedir.

Havacılık sektörü durmadan büyüyen ve gelişen bir sektör olduğu için küresel ısınmanın büyük bir parçası olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla yeşil dönüşüm konusunda sivil havacılığa önemli görevler düşüyor.

Yıllar içinde yeşil dönüşüm ve yeşil büyüme ile ilgili uluslararası anlaşmalar yapılmış ve stratejik kararlar alınmıştır. Hava yolu işletmeleri ve havacılık faaliyeti yapan her ülke uluslararası kuruluşlara üye olduğu için bu kuruluşların

benimsediği, yayınladığı ve strateji haline getirmiş olduğu politikalar onlara yol gösterici durumdadır. Tüm sivil havacılık sektörünü -ya da yalnızca ülkelerin bir kısmını- altında toplayan bu kuruluşlardan bazıları, uygulamaya başladıkları stratejileriyle birlikte aşağıda belirtilmiştir:

- **Paris Anlaşması:** 2015 yılında Birleşmiş Milletler altında toplanan 195 ülke, bu anlaşmayı kabul etmiş ve imzalayan her ülkenin emisyon azaltımı konusunda yükümlü durumda olduğu konusunda anlaşmaya varılmıştır. Ancak gelişmiş ülkelere karşı beklenti daha fazladır. Gelişmiş ülkelerin 2050 yılı sonrasında net sıfır karbon salınımı yapmaları beklenmektedir (Karakaya, 2016). Aynı zamanda gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ülkelere gerekli yardımı sağlayacaklardır.
- **CORSIA:** Sivil havacılık sektöründe her yıl %5 büyüme gözlemlenir. Dolayısıyla her yıl bu oranda büyüme yaşanmaya devam ederse 2040 yılında yalnızca havacılık sektörü kaynaklı 1700-1800 milyon ton karbondioksit doğaya salınmış olacak (Taşdemir ve Aydın, 2021). Bu nedenle ICAO, CORSIA planını yayınlamıştır. Uygulanmanın başlangıcı 2020 olarak kararlaştırılmış olup 2021-2023 pilot faz, 2024-2026 ilk faz ve 2027-2035 ikinci faz olmak üzere üç fazdan oluşmaktadır (Taşdemir ve Aydın, 2021). İkinci faz döneminde küçük ada ülkeleri, az gelişmiş ülkeler ya da denize kıyısı olmayan ülkeler haricinde tüm ülkelere katılım zorunlu tutulmuştur. Aynı zamanda hava yolu işletmelerinin SAF kullanmaları gerektiği kararlaştırılmıştır.
- **EU ETS:** Avrupa Birliği tarafından yayınlanan bu sistemin amacı, karbon salınımı yapılması durumunda yaptırım uygulayarak karbon emisyonunu yıllar içinde düşürmektir.

3. Ülkemizdeki Havacılık Sektöründe Yeşil Dönüşüm Çalışmaları

Uluslararası kuruluşlar tarafından yayınlanan ya da ülkelerin bir araya gelerek imzaladığı anlaşmalar, ülkelerin ve hava yolu işletmelerinin kendi stratejilerini geliştirmesini sağlamıştır.

SHGM tarafından geliştirilen “Yeşil Havaalanı” projesi bunlardan biridir. Havalimanı içerisinde hizmet veren kuruluşlar için “Yeşil Kuruluş” unvanı verilirken havalimanı işletmeleri de “Yeşil Havaalanı” unvanını alabilmektedirler. Verilen cazip hizmetler dolayısıyla bu unvanlara sahip olma isteği artmaktadır ancak bu unvanları alabilmek için gereken şartları yerine getirmek gereklidir. Dolayısıyla “Yeşil Havaalanı” unvanını almak “Yeşil Kuruluş” unvanını almaktan daha zordur.

3.1. Ülkemizdeki Havayolu İşletmelerinin Sürdürülebilirlik Politikaları

Türkiye’deki hava yolu işletmeleri sürdürülebilirlik kapsamında stratejiler geliştirmiş ve planlamalar yaparak uygulamaya geçmişlerdir. Bu konuda en geniş çaplı uygulamaları gerçekleştiren işletme Türk Hava Yolları olmuştur.

Bu kapsamda Türk Hava Yolları ve Pegasus örneği üzerinden Türkiye’deki hava yolu işletmelerinin sürdürülebilirlik politikaları aşağıda açıklanmaktadır.

- **Türk Hava Yolları:** Türkiye’nin bayrak taşıyıcısı olan Türk Hava Yolları, 130’dan fazla ülkeyle, dünyanın en çok ülkesine uçan hava yolu konumundadır (THY, 2025).

Dünyanın en çok ülkesine uçuyor olmak firmanın imajı için ne kadar olumlu bir durum olursa olsun bu, havacılık sektörünün yaratmış olduğu karbon emisyonunun ciddi bir parçası olduğu anlamına gelmekte. Dolayısıyla gerek uluslararası kararlar gerekse ulusal otorite olan SHGM’nin yayınladığı projeler, Türk Hava Yolları’nın sürdürülebilirlik konusunda adımlar atmasını sağlamıştır. Türk Hava Yolları yalnızca karbon emisyonu bazında çalışmalar yapmamaktadır. Genel olarak “Sürdürülebilir kalkınma”yı hedeflemiştir. Yani sürdürülebilirliği hem sosyal hem ekonomik hem de çevresel olarak ele alır.

Türk Hava Yolları sürdürülebilir kalkınma konusunda benimsedikleri politikaları “Tomorrow On Board” sloganı adı altında toplayarak aşağıdaki şekilde paylaşmıştır (THY, Sürdürülebilirlik Raporu, 2022).

- Kurumsal Yönetim Kültürünün Benimsenmesi
- İklim Değişikliği ile Mücadele
- Büyürken İnsanı ve Çevreyi Düşünmek
- Paydaşlarına Değer Katmak
- Kadın-Erkek Çalışan Dengesini Geliştirmek
- İnovasyona Destek
- Topluma Değer Katmak
- Etik ve Davranış İlkelerine Uyum
- Sürdürülebilir Büyüme ve Karlılık
- Sürekli İyileştirme

Türk Hava Yolları A.O yönetim kurulu başkanının 2023 yılı sürdürülebilirlik raporunda yapmış olduğu açıklamada Türk Hava Yolları’nın 2050 yılına kadar

karbon nötr hedefi belirledikleri belirtilmiştir. Aynı raporda sürdürülebilir havacılık yakıtları konusunda daha fazla çalışmalar yapılmakta olduğu ve Global SAF Deklarasyonu katılımcılarından biri olarak 2023 yılında yalnızca yakıt tasarrufu projeleri sayesinde 226.265 ton karbon emisyonunun azaltıldığı açıklanmıştır (THY, Sürdürülebilirlik Raporu, 2023).

Tablo 3. Türk Hava Yolları'nın 2020/2023 Yılları Yakıt ve Karbon Emisyonu Tasarrufu.

	2020	2021	2022	2023
Yakıt Tasarrufu (ton)	22.760	37.082	57.581	71.830
Engellenen CO2 Emisyonu (ton)	71.695	116.808	181.379	226.265

Kaynak: Türk Hava Yolları'nın 2020, 2021, 2022 ve 2023 yıllarına ait sürdürülebilirlik raporlarından derlenmiştir (THY, Sürdürülebilirlik Raporu, 2020, 2021, 2022, 2023).

Yukarıda Türk Hava Yolları'nın son dört yıllık yakıt tasarrufu ve bundan doğan engellenmiş karbon emisyonu miktarları verilmiştir. Tasarruf miktarları o sene kullanılan ve kullanılmayan yakıtların oranıyla ortaya çıkıyor olsa da her geçen sene daha fazla karbon emisyonu engellendiği bir gerçektir.

ICAO ve IATA'nın hedefleriyle paralel bir şekilde ilerleyen Türk Hava Yolları 2014 yılından beri sürdürülebilirlik raporları yayınlayarak bu mücadelede ne kadar ciddi ve istekli olduğunu tüm dünyaya duyurmayı başarmıştır (Kasa, Göçmen ve Sümer, 2024).

- **Pegasus:** Düşük maliyetli bir hava yolu işletmesi olan Pegasus, 2015 yılından itibaren ürettikleri karbon emisyon oranlarını raporlamaktadır. IATA'nın 2021 yılında aldığı karar olan 2050 yılı net sıfır karbon emisyonu hedefini benimseyerek bu konuda çalışmalara başlamış bir hava yolu işletmesidir. Bu hedef doğrultusunda belirledikleri dört ana başlık şöyledir (Pegasus, 2025):
 - Uçak Teknolojileri
 - Operasyonel Verimlilik
 - Yasal Karbon Dengeleme
 - Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları (SAF)

2050 hedefine ulaşmak için atılan en büyük adım, filoyu 2016'dan itibaren Airbus NEO gibi yeni uçaklarla genişletmek olmuştur. Üretilen bu yeni uçaklar

diğer uçaklara nazaran %20 oranında yakıt tasarrufu sağladığından dolayı sürdürülebilirliğe daha uygundur.



Şekil 2. Pegasus'un sürdürülebilirlik stratejilerini uygularken benimsemiş olduğu "Rotamız Sürdürülebilir Bir Gelecek" sloganı.

4. Uluslararası Düzenlemeler ve Ülkemizin Durumu

Havacılık sektörünün küresel çaptaki karbon salınımı nedeniyle iklim krizinde payının büyük olduğu iklim uzmanları tarafından söylenmektedir. Bu nedenle uluslararası ve ulusal örgütler iklim kriziyle mücadele kapsamında çeşitli kararlar alarak uygulamalar başlatmışlardır. Dolayısıyla havacılık endüstrisi dünya çapında bir değişim süreci geçirmektedir.

Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği olan IATA'nın net sıfır karbon emisyonu 2050 hedefi ve Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü olan ICAO'nun 2016 yılında yayınlamış olduğu CORSIA planı, hava yolu işletmelerinin politikalarına yol gösterici şekildedir. Bu da hem hava yolu işletmelerinin hem de ulusal organizasyonların iklim mücadelesi konusunda paralel ilerlediklerini gösterir. ICAO ve IATA gibi Avrupa Birliği de, yayınlamış olduğu strateji olan Avrupa Yeşil Mutabakatı'yla bu mücadelenin bir parçası olmuştur (Canöz ve Ertek, 2020).

4.1. Kyoto Protokolü

Özellikle sanayi devrimiyle beraber artan karbon emisyonu oranı ve sera gazı salınımları dikkat çekmeye başlamıştı ve bilim insanlarına göre eğer önüne geçilmezse dünya geri dönülemez bir hale gelebilirdi. Bu bağlamda bir araya gelen Birleşmiş Milletler, öncelikle 1992 yılında "İklim Değişikliği

Çerçeve Sözleşmesi” imzalamış, ardından ise 1997 yılında Kyoto Protokolü onaylanmıştır (Öztürk ve Toprak, 2024). Birleşmiş Milletler’ in bu sözleşmesi iklimle mücadele için ilk adım olarak sayılabilir. Burada alınan karar, 2000 yılına kadar tekrar 1990 yılı emisyon oranına dönmektir ancak bu bir zorunluluk değil, gönüllülük işi olarak ele alınmıştır (Öztürk ve Toprak, 2024).

Japonya’nın Kyoto şehrinde gerçekleşen protokol, adını buradan alır ve Birleşmiş Milletler’in imzalamış olduğu sözleşmenin bir devamı şeklindedir. 2005’te yürürlüğe giren bu protokol, iklimle mücadele konusunda kapsamlı bir biçimde ilk anlaşma olarak kabul edilir, bunun sebebi Birleşmiş Milletler’e göre daha sorumluluk içeren, bağlayıcı hedefler olmasıdır (Öztürk ve Tooprak, 2024). Bu hedefler, karbon emisyonu ve sera gazı salınımını azaltmaya yöneliktir.

Bu protokol iki ayrı dönemden oluşur. Bunlar (Öztürk ve Toprak, 2024):

- **I. Taahhüt Dönemi:** 2008-2012 arası dönemi kapsar. Katılımcılar, Ek-I ve Ek-II olarak iki gruba ayrılmıştır ve Ek-I ülkelerinden sorumluluk beklenmiştir. Bu ülkeler karbon emisyonu ve sera gazı salınımlarını 1990 yılına kıyasla %5 azaltmakla yükümlüdürler. Ek-2 ülkeleri ise gelişmiş ülke olduklarından geliştirmekte olan ülkelere destek verme sorumluluğuna sahiptirler.
- **II. Taahhüt Dönemi:** Bu dönem ise 2003 ve 2020 arasını kapsar. Burada sorumlu ülkeler Ek-B olarak ele alınır ve 2020 yılına kadar karbon salınımı ve sera gazı emisyonu oranını 1990 yılına kıyasla %18 düşürme yükümlülüğü verilmiştir.

Tablo 4. Kyoto Protokolü Ek-1, Ek-2 ve Ek-B listesi

Ek-I	Ek-II	Ek-B
Sanayileşmiş: Almanya, ABD, AB, Avustralya, Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İngiltere, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Kanada, Lihtenştayn, Lüksemburg, Monako, Norveç, Portekiz, Türkiye, Yeni Zelanda, Yunanistan Sanayileşme Geçiş Süreci: Beyaz Rusya, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Letonya, Litvanya, Rusya, Macaristan, Polonya, Romanya, Slovakya, Slovenya, Ukrayna, Hırvatistan	Almanya, ABD, AB, Avustralya, Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İngiltere, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Kanada, Lüksemburg, Norveç, Portekiz, Yeni Zelanda, Yunanistan	Almanya, ABD, Avustralya, Avusturya, Belçika, Beyaz Rusya, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hırvatistan, Hollanda, İngiltere, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Kanada, Letonya, Lihtenştayn, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Monako, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Rusya, Slovakya, Slovenya, Ukrayna, Yeni Zelanda, Yunanistan

Kaynak: (Öztürk ve Toprak, 2024).

Türkiye, alınan özel bir kararla Ek-II listesinden silinerek yalnızca Ek-I ülkesi olmuştur. Böylece Türkiye Kyoto Protokolü'ne hâlâ bir taraftır ancak karbon emisyonu ve sera gazı salınımı konusunda herhangi bir sorumluluğu yoktur. Yine de 2015 yılında Türkiye, 2030'a kadar olan hedefinin 1990 yılına kıyasla %21 daha az salınım gerçekleştirmek olduğunu belirtmiştir (Öztürk ve Toprak, 2024).

4.2. ICAO VE IATA' nın Çevre Politikaları

Her geçen gün artan karbon salınımı ve buna bağlı olarak gelişmeye devam eden iklim krizi kapsamında her türlü sektör ve her türlü bireyin iklim kriziyle mücadelesi öne sürülmüştür. Daha yeşil ve daha yaşanabilir bir dünya için el birliğiyle hareket edilirse yeşil dönüşüm sürecini hızlandırmak mümkündür. Dolayısıyla bu birliği sağlamak adına ortak kararlar almak gerekir. Aynı zamanda o sektörün yalnızca bir parçasını ya da çoğunluğunu değil tamamını bu mücadelenin bir parçası haline getirmek için öncelikle uluslararası organizasyonların harekete geçmesi önemlidir. Böylece kitleler halinde hareket ederek çok daha hızlı bir dönüşüm yaşanabilecektir.

Havacılık sektöründe iki önemli kuruluş olan ICAO ve IATA da iklimle mücadele kapsamında politikalar belirlemiş, hem hava yolu işletmelerinin hem de üye olan ülkelerin ulusal organizasyonlarını yeşil dönüşüm sürecine dahil etmişlerdir. Bu uluslararası kuruluşlar ve benimsedikleri politikalar sonraki başlıklarda ayrı ayrı açıklanmıştır.

4.2.1. ICAO ve CORSIA

ICAO (Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu) 1944'te düzenlenmiş olan Şikago Konvansiyonu sonucunda, havacılık faaliyeti gerçekleştiren her ülkenin ulusal organizasyonlarının üye olduğu uluslararası bir kuruluştur (Bağcı, 2022). Sivil havacılık taşımacılığı gerçekleştirmek için ICAO üyeliği zorunludur, bu nedenle bu faaliyeti gerçekleştirmekte olan tüm ülkeler üyedir. ICAO'nun amacı, tüm havacılık faaliyetlerinin emniyetli, güvenli, konforlu ve verimli olarak yürütülmesidir. Uçuş deneyimlerinin iyileşmesi için hava yolu işletmelerine, havalimanlarına ya da bağımlı diğer kuruluşların gelişmesine olanak sağlar, ihtiyaçları karşılar, sorunlara çözüm bulur. Aynı zamanda eğer birden fazla ülke sorun yaşarsa konuya tarafsız yaklaşmak ve ülkelere eşit fırsatlar sunmak da amaçlarının bir parçasıdır. Yani uçuşlar tüm dünyada ortak bir standart altında birleştirilirken ulusal örgütlerin ise tek bir noktadan yönetilmesi sağlanmıştır.

Büyümekte olan iklim krizi dolayısıyla ICAO da bir politika belirleyerek tüm üyelerine yol gösterici olmaktadır. Şimdiye kadar yapılmış anlaşmalar ve yapılan planlar ile paralel ilerleyen ICAO, yine Kyoto Protokolü'nün izinden giderek havacılık alanında alınacak önlemleri, koyulacak sınırları ve hedefleri CORSIA planını belirlemiştir. 2016 yılında yapılan ICAO kurul toplantısıyla 2020 yılı belirlenmiş, sonraki yıllarda 2020 yılının baz alınarak sınırlanması karar alınmıştır (Taşdemir ve Aydın, 2021). Bu plan kapsamında 'karbon sertifikası' diye bir şey ortaya çıkmıştır. Bu sertifikayı karbon salınımı fazla olan işletmelerin temin etmesi gerekmektedir ancak aynı zamanda işletmeler arası takas yöntemi de söz konusudur (Taşdemir ve Aydın, 2021). CORSIA planı 3 fazdan oluşacak şekilde planlanmıştır. Sırasıyla;

- **2021-2023 (Pilot Faz):** Katılım gönüllüdür. İnceleme, analiz, raporlama yapılmıştır.
- **2024-2026 (İlk Faz):** Katılım gönüllüdür. Salınım azaltma hedefleri uygulanmaya başlanmıştır.
- **2027-2035 (İkinci Faz):** Tüm ICAO üyeleri için şartlar zorunlu kılınmıştır. Sürdürülebilirlik çalışmalarının en yoğun yapıldığı dönem olarak açıklanabilir. Gelişmekte olan ada ülkeleri ve denize kıyısı olmayan ülkeler ile az gelişmiş ülkeler bu zorunluluktan hariç tutulmuştur (Taşdemir ve Aydın, 2021).



Şekil 3. ICAO CORSIA logosu.

4.2.2. IATA ve Fly Net Zero

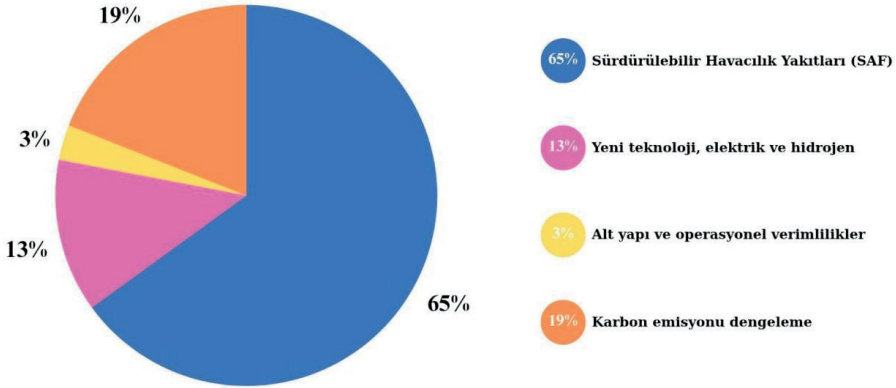
Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği olan IATA (International Air Transport Association), dünya çapında havacılık faaliyetleri gerçekleştiren her türlü hava yolu işletmesinin üye olması gerektiği uluslararası bir kuruluştur. 19 Nisan 1945'te, Küba'nın Havana şehrinde kurulmuştur. ICAO gibi IATA'ya da üye olmak zorunludur. IATA'nın amacı, uçuşları standardize ederek dünyanın her yerinde aynı uçuş deneyimlerinin yaşanmasıdır. Örneğin; bilet fiyatları için tavan ve taban fiyatı IATA tarafından belirlenir ve hava yolu işletmeleri bu kapsamda biletlendirme yaparlar. Bu fiyatlandırmada low-cost (düşük maliyetli) hava yolu işletmeleri için de, uçulan mesafeye göre de farklı fiyatlandırma söz konusudur.

ICAO'nun ilgi odağı ulusal organizasyonlar iken IATA direkt uçuş faaliyetleri gerçekleştiren hava yolu işletmeleri ile ilgilidir. Dolayısıyla bu hava yolu işletmelerinin kullandığı yakıtlar, yaptıkları karbon salınımları vs. IATA'ya bağlıdır. Sürdürülebilirlik kapsamında IATA da 2050 yılına kadar net sıfır karbon emisyonu hedefi belirleyerek hava yolu işletmelerini de iklim kriziyle mücadelenin bir parçası haline getirmiştir.

Birleşmiş Milletler tarafından 2015 yılında imzalanmış olan Paris Anlaşması'yla paralel olan 'Fly Net Zero' havacılık kaynaklı meydana gelen tüm salınımların 2050 yılına kadar sektörden arındırılması anlamına gelir. Ancak havacılık sektöründe hiçbir şekilde karbon salınımı yaşanmadan faaliyetleri gerçekleştirmek tam anlamıyla mümkün olmadığından dolayı 2050 yılına kadar bu salınımları minimuma düşürmek ve salınan karbon emisyonlarını ise farklı tekniklerle dengelemek amaçlanmaktadır. Bu sürdürülebilirlik hedefi kapsamında en geniş çaplı etki edecek olanı uçak yakıtlarını değiştirmektir. Fosil yakıt yerine sürdürülebilir havacılık yakıtları (SAF) kullanılması teşvik edilmektedir. Bu yakıtların avantajı, üretilmiş ve halihazırda kullanılan uçaklarda da sorunsuz bir şekilde kullanılabilir olmasıdır. IATA'nın benimsediği diğer sürdürülebilirlik hedefleri şu şekildedir (Mazıoğlu, 2024):

- Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları (SAF)

- Yeni Uçak Teknolojileri
- Kabin Atık Yönetimi ve Geri Dönüşüm
- Daha Yeşil Seyahatler
- Enerji, Kaynak ve Operasyonel Verimlilik



Şekil 4. IATA'nın Fly Net Zero kapsamında emisyon azaltım yöntemleri ve payları grafiği (IATA FLY NET ZERO, 2025).

Yukarıdaki grafik, IATA'nın sürdürülebilirlik projesi olan 'Fly Net Zero' kapsamında 2050 yılına kadar karbon emisyonunu sıfıra çekme hedefinin paylarını göstermektedir. Grafikte de görüldüğü üzere en geniş etkiye sahip olan yöntem havacılık yakıtlarıdır. Kullanılan tüm havacılık yakıtlarının sürdürülebilir havacılık yakıtlarına dönüştürülmesi, havacılık faaliyetlerinden kaynaklanan karbon salınımı oranının yarısından daha fazladır. Yani tek bir yöntemle bile salınan karbon emisyonunu yarıya indirmek mümkündür. 13% ile %3 oranına sahip olan parçalar, yeni teknolojiler ve operasyonel verimlilikler olarak belirtilmiştir. Bu parçalar, kalan emisyonların neredeyse yarısını oluştururken %19 oranlık parça ise dengelenmesi gereken karbon emisyonu oranıdır. Çözümü olmayan, karbon salınımı yapılması engellenemeyen durumlarda bu salınımları dengelemek adına yapılacak çalışmalardır. Bu kapsamda ortamı yeşillendirmek, ağaç dikme projeleri düzenlemek gibi dengeleme yollarından bahsedilebilir.

Bu grafikteki yöntemler gerçekleştirildiği sürece 2050 yılında net sıfır karbon emisyonu hedefine ulaşılmaması mümkün değildir. Ancak bu yöntemlerin tüm hava yolu işletmeleri, tüm havaalanı işletmeleri gibi vs. tarafından istisnasız bir şekilde hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bunun yönetilmesi ve kontrolü de IATA'ya aittir ki 2050 yılına gelindiğinde havacılık faaliyetleri kaynaklı karbon emisyonu oranı sıfırlanmış olsun.



Şekil 5. IATA'nın sürdürülebilirlik projesi olan 'Fly Net Zero' logosu.

4.3. Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Türkiye' nin Uyumu

Avrupa Yeşil Mutabakatı, 2019 yılında Avrupa Komisyonu tarafından ortaya koyulmuş bir iklim eylem planıdır (Ecer, Güner ve Çetin, 2021). Avrupa Birliği'nin bu kapsamdaki hedefi hem Avrupa'nın kalkınması hem de kısa süreli olarak nötr karbon salınımı yapılarak dünyaya karşı 'zararsız' olmaktır. Uzun süreli hedef olarak ise Avrupa'nın 2050 yılına kadar karbondan arındırılması söz konusudur (Ecer, Güner ve Çetin, 2021). Bu hedefleri güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, karbon salınımının ve sera gazı emisyonunun azaltılması, sürdürülebilir yakıtlar, su ve atık geri dönüşümü, tarım alanlarını kimyasal gübrelere arındırmak gibi yöntemlerle gerçekleştirmek mümkündür. Ancak sadece bu yöntemler karbon salınımını sıfırlamaya yetmeyecektir. Çünkü ikamesi mümkün olmayan durumlardan dolayı karbon salınımı, az miktarda olsa da devam edecektir. Dolayısıyla yeşillendirme faaliyetleri gerçekleştirilerek, ormanlar büyütülerek karbon emisyonunun dengelenmesi sağlanabilir, böylece sıfır karbon emisyonu hedefine ulaşılır.

Avrupa Yeşil Mutabakatı bir yasa olarak değil, bir vizyon olarak ele alınmalıdır. Avrupa'nın, kaynaklarını verimli kullanarak ekonomik kalkınması, yalnızca insanların değil, tüm canlıların refah içinde yaşaması, modernleşmesi

gibi noktalara değinir. Bu hedeflere ulaşmak için Avrupa'daki tüm üye ülkelerin ve sektörlerin sorumluluk alması beklenmektedir.

Türkiye'nin Yeşil Mutabakat Eylem Planı kapsamında Ticaret Bakanlığı tarafından yayınlanmış olan 9 adet başlık vardır.

Tablo 5. Ticaret Bakanlığı'nın Yeşil Mutabakat kapsamında Türkiye hedefleri.

<p>Sınırdaki Karbon Düzenlemeleri</p> <p>Enerji yoğun ve kaynak yoğun sektörlerde sınırdaki karbon düzenleme mekanizmasından doğacak etkilerin senaryosu çıkarılarak yapılması gerekenler belirlenmelidir. İmalat sanayi sektörlerinde sera gazı emisyonunun azaltılmasına yönelik destek verilmelidir. Avrupa Birliği'nin sınırdaki karbon düzenlemesi planına sadık kalarak karbon fiyatlandırmaları belirlenmelidir. Sektörlere yansıtacak ekonomik etkiler incelenerek destek yolları değerlendirilecektir. İhtiyaçlar baz alınarak sanayi kaynaklı emisyonların izlenmesi sistemi geliştirilecektir. Avrupa Birliği standartları kapsamında belgelendirme çalışmaları yürütülecektir. Raporlama hususunda gerekli teknik destek sağlanacaktır.</p>
<p>Yeşil ve döngüsel bir ekonomi:</p> <p>Döngüsel ekonomi konusunda öncelikli sektörler belirlenecek ve her sektörün etki ve ihtiyaç analizleri yapılacaktır. Avrupa Birliği'nin Döngüsel Ekonomi Eylem Planı ile paralel bir eylem planı hazırlanacaktır. Yeşil OSB ve Yeşil Endüstri Bölgesi sertifikasyon sistemi çalışmaları tamamlanacaktır. Yeşil Dönüşümün hayata geçirilebilmesi için ihtiyaç duyulan altyapı güçlendirilecektir. Teknoloji yol haritası belirlenerek AR-GE çalışmaları desteklenecektir. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi çalışmalarının Türkiye'de yaygınlaştırılması amacıyla Ulusal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Platformu kurulacaktır. Avrupa Birliği'nin Sürdürülebilir Ürün Mevzuatı, Kimyasallar Mevzuatı, Eko-Tasarım ve Enerji Etiketlemesi Mevzuatları ile paralel olarak yeşil ve döngüsel ekonomiyi destekleyecek düzenlemeler yapılacaktır. İçme suyu kaynaklarında endokrin bozucu kimyasalların kontrolleri ve takibi yapılacaktır. Fazla su tüketimine sahip olan tekstil sektöründe temiz üretim mevzuatı güncellenecektir. Aynı zamanda deri sektörü için de bir mevzuat oluşturulacak ve bu sektörlerde temiz üretim hakkında eğitim verilecektir. Avrupa Birliği Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol mevzuatını uygulamak amacıyla ulusal eylem planı oluşturulacak ve uygulama takvimi hazırlanacaktır. Ulusal Sürdürülebilir Tüketim ve Üretim Eylem Planı hazırlanacaktır. Atık suların arıtılması ve kullanılması geliştirilerek kullanımının yaygınlaştırılması sağlanacaktır. "Su Yeniden Kullanım Ulusal Master Planı" hazırlanacaktır. Su ayak izi ile ilgili rehber doküman hazırlanacaktır. Su kaynaklarını yönetme konusunda sensör, uzaktan algılama, bilişim uygulamalarının kullanımı, faydaları ve geliştirilebilir yönleri üzerine analiz yapılacaktır. Türkiye Çevre Etiket Sistemi yaygınlaştırılacaktır. Çevre etiketi ve atık yönetimi konusunda bilgilendirme çalışmaları yapılacaktır. Kalkınma Ajansları tarafından kaynak verimliliği faaliyetleri yürütülecektir. Yeşil dönüşüme katkıda bulunacak sanayi projelerinde uluslararası finansman kaynakları ve IPA fonlarının kullanımı sağlanacaktır.</p>

<p>Yeşil Finansman:</p> <p>İhtiyaçların belirlenmesi, Avrupa Birliği'nde sağlanan teşvik unsurlarından yola çıkarak ulusal teşvik sistemi gözden geçirilecektir. Ulusal Enerji Verimliliği Finansman Mekanizması geliştirilecektir. Türkiye'deki yeşil finansmanın gelişmesi için ekosistem güçlendirilecektir.</p> <p>Avrupa Birliği ve uluslararası kuruluşların taksonomi (Sınıflandırma ve sınıflandırma kuralları anlamına gelir.) mevzuatı ile paralel olarak, sürdürülebilir yatırımların belirlenmesi için bir mevzuat hazırlanacaktır. Hazine ve Maliye Bakanlığı'nın yeşil ve sürdürülebilir tahvil ihracı gerçekleştirilmesi söz konusuysa Sürdürülebilir Tahvil Çerçeve Dokümanı hazırlıkları tamamlanacaktır ve Yeşil Tahvil Rehberi hazırlanacaktır. Yeşil Sukuk alanında çalışmalar yürüterek Yeşil Sukuk Rehberi hazırlanacaktır. Sürdürülebilir bankacılığın geliştirilmesi konusunda çalışmalar yapılacaktır. Türkiye'nin uluslararası finansmanlara ulaşabilmesi açısından diplomatik ve teknik faaliyetler gerçekleştirilecektir. Avrupa Birliği ve üye ülkelerin finansman imkanlarına erişim için girişimde bulunulacaktır. Hem uluslararası hem ulusal finansman imkanlarına dair bilgiler derlenecektir ve mevcut finansmanlardan azami fayda sağlanması için bilgilendirme ve teşvik çalışmaları yapılacaktır.</p>
<p>Temiz, Ekonomik ve Güvenli Enerji Arzu:</p> <p>Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği faaliyetlerine yönelik açıklık analizi yapılacak geliştirilebilecek alanlar değerlendirilecektir. Sanayi tesisleri yetkilileri için enerji verimliliği ile ilgili bilinçlendirme ve farkındalık eğitimleri verilecektir. Yeşil Tarife ve YEK-G Belgesi hakkında bilinçlendirme çalışmaları yapılacaktır. Enerji verimli ve düşük karbonlu ısıtma-soğutma sistemlerinin yaygınlaştırılması amacıyla ulusal strateji belgeleri, kılavuzları ve yol haritası hazırlanacaktır.</p>
<p>Sürdürülebilir Tarım:</p> <p>Türkiye'de daha az pestisit ve anti-mikrobiyallerin kullanılması için çalışmalar yapılacak ve bu konuda biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemlerinin kullanılması yaygınlaştırılacaktır. Avrupa Birliği'nin kimyasal gübre kullanımının azaltılması konusunda yapmış olduğu değişiklikler göz önüne alınarak çalışmalar yürütülecektir. Organik tarımın geliştirilmesi için faaliyetler yürütülecektir. Arazi toplulaştırma tescil çalışmaları yapılacaktır. Tarıma Dayalı İhtisas Organize Sanayi Bölgelerinde jeotermal kaynaklardan yararlanılarak bitkisel üretimler gerçekleştirilecek ve yenilenebilir enerji kullanan seralar ile üretim tesisleri desteklenecektir. Atık ve artıkların geri dönüşümü hakkında farkındalık yaratma ve tüketici bilinçlendirme çalışmaları yapılacaktır. Tarladan Sofraya ve Biyoçeşitlilik Stratejileri konusunda bilgilendirici çalışmalar yürütülecektir.</p>

<p>Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım:</p> <p>Kombine Taşımacılık Yönetmeliği ve Lojistik Merkezler Yönetmeliği yürürlüğe konarak ulaşım türlerinin dengeli gelişmesine katkı sağlanacaktır. Avrupa Birliği ve Türkiye arasındaki demir yolu altyapısı konusunda iyileştirmesi ve geliştirilmesi için çalışmalar yapılacaktır. Yeşil Liman Sertifika Programı kapsamında ulusal mevzuat hazırlanacak ve bundan azami yarar sağlamak için bilgilendirme toplantıları gerçekleştirilecektir. Kükürt Emisyon Kontrol Alanı olarak ilan edilen Akdeniz'in uyuma yönelik hazırlıkları yapılacaktır. Denizcilik sektörü kaynaklı emisyonların azaltılarak yeşil denizcilği teşvik edecek çalışmalar yürütülecektir. Elektrikli araç ve şarj istasyonları kapsamında altyapı geliştirilmesi için stratejik planlamalar yapılacaktır. Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesinin etkin bir şekilde uygulanması takip edilecektir. Bisikletli Ulaşım Master Planları hazırlanarak bisiklet yolları, park ve şarj istasyonları yapılacaktır. Kentsel ulaşım projelerinde IPA fonları kullanılacaktır.</p>
<p>İklim Değişikliği ile Mücadele:</p> <p>İklim Değişikliği ile Mücadele Raporu hazırlanacaktır. 2023-2030 yıllarını kapsayan İklim Değişikliği Eylem Planı ve 2050 hedefi için İklim Değişikliği Stratejisi hazırlanacaktır.</p> <p>Finansman ihtiyacı da göz önüne alınarak Türkiye'nin Paris Anlaşması'ndaki pozisyonu çok boyutlu bir şekilde değerlendirilecektir. İklim değişikliği sebebiyle gerçekleşen çölleşme ve arazi tahribatının biyolojik çeşitlilik ve ekosistemlerin üzerindeki etkileri ve tedbirleri, AR-GE projeleri ve çalışmalar ile yürütülecektir. Kıyı ve tatlı su kaybı olasılığının belirlenerek kıyı ve sulak alanlar için doğa temelli iklim değişikliğine uyum tedbirleri belirlenecektir. "Arazi Tahribatının Dengelenmesi" yaklaşımının ulusal yatırım programlarına dahil edecek, karar destek mekanizmaları geliştirilerek Arazi Tahribatının Dengelenmesi hakkındaki hedefler güncellenecektir. Arazi Tahribatının Dengelenmesi prensibiyle planlama ve uygulama yapılarak yüksek arazi tahribatı olan bölgelerde yaygınlaştırılması sağlanacaktır. Karbon stoklarının artırılması sağlanarak, bu stokları artırmak için araştırma çalışmaları yapılacaktır. Sürdürülebilir tarım teknikleri hakkında eğitimler verilerek AR-GE projeleri yürütülecektir. Doğa temelli yaklaşımı benimseyen çalışmalar arazi uygulamalarında gerçekleştirilecektir.</p>
<p>Diplomasi:</p> <p>Avrupa Birliği ve üye ülkeleri ile iş birliği olanakları geliştirilmelidir. Avrupa Birliği'nin sınırda karbon düzenlemeleri ve diğer mevzuatlara uyum çalışmalarında Gümrük Birliği, Dünya Ticaret Örgütü ve diğer uluslararası anlaşmaların sunduğu hakları korumak amacıyla çalışmalar yapılacaktır.</p>
<p>Bilgilendirme ve Bilinçlendirme Faaliyetleri:</p> <p>Türkiye'nin Avrupa Yeşil Mutabakat'ına uyumunu teşvik etmek amacıyla ilgili tüm kurum ve paydaşların katılımı sağlanarak bilgilendirme ve bilinçlendirme çalışmaları yapılacaktır.</p>

Kaynak: (Ticaret Bakanlığı, 2021).

4.4. Türkiye İçin Politika ve Strateji Önerileri

Dünya genelinde yeşil dönüşüm konusunda 2050 hedefleri koyulmuştur. Bu nedenle tüm sektörler hâlâ yeşil dönüşüm süreci içinde bulunmaktadır. Eksik altyapı, teknoloji ya da finansal kaynak nedeniyle süreci tamamlamak mümkün olmamaktadır. Bu nedenle 2050 net sıfır karbon hedeflerinin gerçekleştirilmesi için hayata geçirilmesi gereken yöntemler vardır. Bu yöntemler:

- **Ulusal Mevzuatlar ve Denetim:** Ulusal çapta sürdürülebilirlik alanında mevzuatlar hazırlanarak bu mevzuata uyum oranlarının denetlenmesi gerekmektedir.
- **Bilinçlendirme:** Henüz sürdürülebilirlik konusunda bilgisi olmayan ve ne yapacağını bilemeyen insanlar başta olmak üzere işletmeler ve kuruluşlar için bilgilendirme faaliyetleri gerçekleştirilerek konunun ciddiyeti aşılmalıdır.
- **Teknoloji:** Uluslararası çapta maliyet gibi engellerden dolayı temin edilemeyen sürdürülebilir havacılık yakıtların Türkiye sınırları içinde yapılmasına olanak sağlanmalıdır. Aynı zamanda elektrikli uçaklar konusunda da çeşitli teknoloji yarışmaları düzenlenmeli, alanında uzman kişiler desteklenmelidir.
- **Havalimanlarında Sürdürülebilirlik:** Çeşitli mevzuatlar kapsamında her havalimanının güneş enerjisi üretmesi sağlanmalı, su ve diğer atıkların ayrıştırılması, geri dönüşümü konusunda kurallar koyularak havalimanı işletmeleri desteklenmeli.
- **Rekabet:** İşletmelerin karbon salınımına, atık oranına ve bunları nasıl dengeleyerek üstesinden geldiklerine dair puanlama sistemleri oluşturulmalıdır. Bu kapsamda olması gereken performansı gösteren işletmeler de olumsuz performans gösteren işletmeler de ayrı ayrı sertifikalandırılmalı, sonucunda ödül ve ceza sistemleri devreye girmelidir. Böylece işletmeler hem kendi içlerinde rekabet edecek hem de cezalardan uzak durmak ve ödüllere ulaşabilmek adına performanslarını artıracaktır. Ayrı bir cezalandırma yapılmassa bile kötü performans sertifikasının işletmenin değerini zedelediği gerekçesiyle bile performansların yükselmesi olasıdır.
- **Finans:** Tüm bu yöntemlerin hayata geçirilebilmesi için hem uluslararası hem de ulusal çapta finans olanakları araştırılmalı ve harekete geçilmeli.

Sonuç

Havacılık sektörü, küresel ekonomik faaliyetlerin ve uluslararası ulaşım sistemlerinin temel bileşenlerinden biri olmakla birlikte çevresel etkileri nedeniyle sürdürülebilirlik çalışmalarının odak noktalarından biri haline gelmiştir. Özellikle iklim değişikliği, küresel ısınma ve karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik uluslararası hedefler, havacılık sektörünü çevresel açıdan daha sorumlu uygulamalara yönlendirmiştir. Bu süreçte havalimanları, yalnızca hava taşımacılığı faaliyetlerinin yürütüldüğü merkezler değil, aynı zamanda sürdürülebilirlik politikalarının uygulandığı önemli yapılar olarak öne çıkmıştır.

Bu çalışma kapsamında öncelikle sürdürülebilirlik kavramı ve sürdürülebilir havacılık anlayışının tarihsel gelişimi incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda sürdürülebilirliğin çevresel, ekonomik ve sosyal boyutları kapsayan bütüncül bir yaklaşım olduğu belirlenmiştir. Havacılık sektöründe sürdürülebilirlik uygulamalarının gelişiminde uluslararası kuruluşların, çevre politikalarının ve iklim değişikliğiyle mücadeleyle yönelik küresel girişimlerin önemli rol oynadığı görülmüştür.

Araştırmada havacılık sektöründeki karbon emisyonları ve bu emisyonların çevresel etkileri ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Uçak operasyonlarının yanı sıra havalimanı faaliyetlerinin de önemli emisyon kaynakları arasında yer aldığı belirlenmiştir. Terminal binalarında gerçekleşen enerji tüketimi, yer hizmetleri faaliyetleri, ulaşım sistemleri ve teknik altyapılar karbon emisyonlarının oluşumuna katkı sağlayan temel unsurlar olarak değerlendirilmiştir. Bunun yanında karbon emisyonlarının küresel ısınma, iklim değişikliği ve ekolojik denge üzerindeki etkilerinin sürdürülebilirlik çalışmalarını zorunlu hale getirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmada havalimanlarında uygulanan sürdürülebilirlik faaliyetleri incelendiğinde yeşil havalimanı uygulamalarının, enerji verimliliği projelerinin, yenilenebilir enerji sistemlerinin ve çevresel yönetim uygulamalarının karbon emisyonlarının azaltılmasına önemli katkılar sağladığı görülmüştür. Özellikle enerji tüketiminin azaltılması, güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve geri dönüşüm faaliyetlerinin yaygınlaştırılması sayesinde havalimanlarının çevresel performanslarının geliştirilebildiği belirlenmiştir. Bu uygulamaların yalnızca çevresel fayda sağlamakla kalmayıp aynı zamanda operasyonel verimlilik ve maliyet avantajları da oluşturduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak havalimanlarında sürdürülebilir havacılık uygulamaları ve karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik çalışmalar, çevresel etkilerin azaltılması ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılması açısından

büyük önem taşımaktadır. Havalimanlarının enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı, karbon yönetimi ve çevresel performans alanlarında gerçekleştirecekleri yatırımların gelecekte daha da önem kazanacağı değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda sürdürülebilirlik odaklı uygulamaların yaygınlaştırılması, havalimanlarının çevresel sorumluluklarını yerine getirmelerine katkı sağlayacak ve havacılık sektörünün daha sürdürülebilir bir yapıya kavuşmasını destekleyecektir.

Kaynakça

- Bağın, H. (2022). Sürdürülebilir Kalkınmaya Yönelik Bir Sivil Havacılık Master Plan Önerisi.
- Barutçu, S. B., & Çolakoğlu, Ü. (2024). Havayolu Taşımacılığında Sürdürülebilirlik Analizi; Türkiye.
- Canöz, N., & Ertek, A. (2020). Yeşil Kuruluş Sertifikasının Yeşil İmaj Oluşumuna Katkısı: Türk Sivil Havacılık Üzerine Bir Araştırma.
- Demirci, S., Doğan, T. G., & Eroğlu, E. (2023). Havalimanlarında Sürdürülebilirlik: Singapur Changi Havalimanı.
- Ecer, K., Güner, O., & Çetin, M. (2021). Avrupa Yeşil Mutabakat Ve Türkiye Ekonomisinin Uyum Politikaları.
- Güner, U. (2020). Çevresel Sürdürülebilirlik Kitabı. Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi.
- Karakaya, E. (2016). Paris İklim Anlaşması: İçeriği Ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme.
- Kasa, H., Göçmen, F., & Sümer, S. (2024). Türk Hava Yolları Örneklemleri İle Havacılık Sektöründe Sürdürülebilirliğin Önemi.
- Kılıç, D., & Turğut, M. (2019). Kentsel Lojistik Açısından İstanbul Havalimanı Ve Atatürk Havalimanı'nın Değerlendirilmesi.
- Küçük, G., & Yüce Dural, B. (2022). Avrupa Yeşil Mutabakatı Ve Yeşil Ekonomiye Geçiş: Enerji Senaryoları Üzerinden Bir Değerlendirme.
- Mazıoğlu, V. (2024). Küresel Havayolu İşbirliklerinin Sürdürülebilirlik Faaliyetlerinin ICAO ve IATA'nın Sürdürülebilirlik Hedefleri Kapsamında İncelenmesi.
- Öztürk, Ş. T., & Toprak, Z. (2024). Kyoto Protokolü ve Türkiye'nin Uyum Sürecinin Değerlendirilmesi.
- PEGASUS. (2025). <https://www.flypgs.com/surdurulebilirlik/2050-net-sifir-karbon-emisyonu-yolculugumuz> adresinden alındı
- SHGM, S. (2025). <https://web.shgm.gov.tr/tr/kurumsal-projeler/194-yesil-havaalani-green-airport-projesi> adresinden alındı
- Şahin, Y. (2024). Havacılık Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları.
- Taşdemir, M., & Aydın, E. (2021, Şubat). Havacılıkta Karbon Azaltım Uygulamaları ve Şirket Stratejileri.
- THY, T. (2020, 2021, 2022, 2023). Sürdürülebilirlik Raporu.
- THY, T. (2025). <https://www.turkishairlines.com/tr-tr/turk-hava-yollarinda-surdurulebilirlik/> adresinden alındı
- TİCARET BAKANLIĞI. (2021). Yeşil Mutabakat Eylem Planı.
- Yaşar, G., & ONAT, B. (2025). Derleme: Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları Üretimi ve Çevresel Etkileri.
- Yeni, O. (2014). Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Kalkınma: Bir Yazın Taraması.