

## İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR HAVACILIK KAVRAMLARI ÜZERİNE BİBLİYOMETRİK ANALİZ

Rafet Demir<sup>1</sup>  
Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

Serap Gürsel<sup>2</sup>  
Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

### ÖZET

Hava taşımacılığı, tüm endüstriler ve ulaşım modları arasında karbondioksit emisyonları açısından değerlendirildiğinde en büyük kirleticiler arasında yer almamakla birlikte, tüm iklim panellerinde hava taşımacılığında CO<sub>2</sub> ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik önlemler tartışılmaktadır. Bunun temel nedeni hava taşımacılığının uluslararası yapısı ve hava taşımacılığının doğrudan gökyüzünde oluşturduğu kirliliktir. Hava taşımacılığının iklim değişikliği açısından değer görmeye başlamasıyla hava taşımacılığının yarattığı çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Havacılık işletmeleri bu çabaları sürdürülebilirlik çalışmaları olarak yürütmektedir. Bu bağlamda çalışma kapsamında ilk olarak iklim değişikliği ile sürdürülebilir hava taşımacılığı arasındaki ilişki incelenmektedir. Havacılıkla ilgili uluslararası sürdürülebilirlik çalışmaları anlatılmakta ve havacılıkta iklim değişikliğine ilişkin alınan önlemler detaylandırılmaktadır. VoS analizi ile önceki literatürün iklim değişikliği ve sürdürülebilir havacılık kavramlarını nasıl bir araya getirdiği incelenmektedir. Bu analizlerin sonuçları sürdürülebilir havacılık ve iklim değişikliğine bakışın ilişkisini göstermektedir.

### GİRİŞ

Hava taşımacılığı taşımacılık endüstrisinde yeri doldurulamaz avantajlara sahip bir ulaşım türüdür. Kıtalar arası seyahatlerde zamandan tasarruf ettirmesi, doğrudan ya da dolaylı olarak istihdam olanağı sağlaması ve büyük bir sektör olan turizmi önemli ölçüde desteklemesi gibi birçok faydası ve sağladığı kolaylığı bulunmaktadır. Bu durum yalnızca sağladığı kolaylıklarla değil bu kolaylıklara bağlı yüksek talep verileri ile de açıklanabilir. Yalnızca 2019 yılında taşınan 4,5 milyar yolcu sayısına ve yıllık talep büyüme oranına (%4,5) bakıldığında havacılık gelecek yıllarda da aktif olarak büyümeye ve en çok tercih edilen ulaşım türü olmaya devam edecektir [ICAO, 2019]. Diğer yandan havacılığı küresel paydada vazgeçilmez kılan özelliği ticarete ekonomik katkısıdır. Havacılığın küresel gayri safi yurtiçi hasılda oranı %4,1 olarak açıklanmıştır [ATAG, 2020]. Bu ve benzer şekilde öne çıkan havacılık faydaları endüstriye olan ilginin yalnızca talep ya da tercih konusu olmasına sebep olmamaktadır. Sürdürülebilirlik ve iklim konularında da havacılık dikkat çekmektedir. Endüstri hacmi ve küresel katkılarının yanı sıra bir o kadar da etkileri incelenmekte ve tartışılmaktadır. Özellikle geçen on yılda iklim değişikliği üzerine yapılan çalışmalar ve anlaşmalar doğrultusunda küresel ısınmanın önüne geçmek üzere birtakım adımlar da havacılık faaliyetleri için atılmıştır. Elbette havacılık etkileri ilk olarak sera gazı emisyonları ile incelenmiş ve emisyon etkisinin artışının yavaşlatılması, azaltılması ve nötrlenmesi üzerine senaryolar kurulmuştur. Fakat dönüm noktası olarak belirlenen tarihlerden önce de havacılıkta teknolojik gelişmeler yaşanmasıyla özellikle 1990'lı yıllara oranla 2000'li yıllarda daha az emisyon verileri açıklanmıştır [ATAG, 2021]. Bu, havacılığın belirlenen hedeflere uyum sağlama konusunda umut vadettiğinin göstergesidir. Fakat özellikle 2020'li yıllarda havacılıktan doğan karbon emisyonları sıkı bir şekilde takip edilen konulardan biri olmakta ve bu doğrultuda endüstriye düzenlemeler getirilmektedir.

<sup>1</sup>Araştırma Görevlisi, Havacılık Yönetimi Bölümü, E-posta: rafet.demir@kocaeli.edu.tr

<sup>2</sup> Dr. Öğretim Üyesi, Havacılık Yönetimi Bölümü, E-posta: serap.gursel@kocaeli.edu.tr

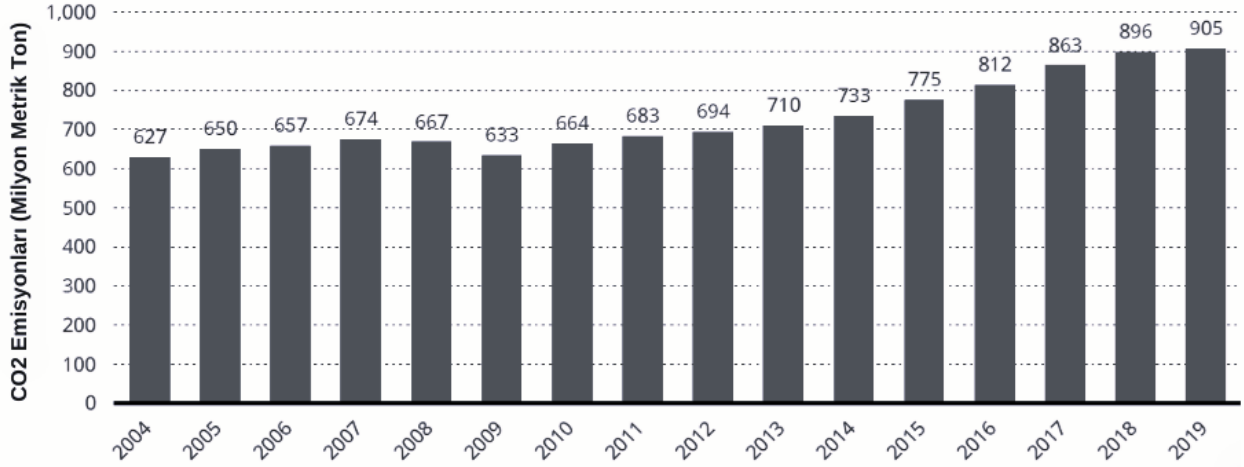
Karbon emisyonları iklim değişikliğine etki kapsamında önemli bir konu olarak ele alınmaktadır. Nitekim bu önem emisyonların kümülatif olmasından kaynaklanır ve bu sebebin dışında tehlikeli gazların yok edilmesi mümkün olmamaktadır. Artan talebe cevap vermek için sürekli olarak büyüyen bir endüstride emisyon oranlarının azaltılması çalışmaları farklı örgütler tarafından yapılmış ve kısmen zorunlu kapsamlar da gelecek hedeflerine dahil edilmiştir. Bu hedefler ve geliştirilen politikalar ile havacılık endüstrisi 2020 yılından itibaren kısıtlamalar altında sürdürülmeye başlanmıştır. Havacılığın en önemli paydaşlarından havayolları ve havalimanları sürdürülebilirlik faaliyetlerini artırmış ve operasyonlarını bu kapsamda düzenleme yoluna gitmiştir. Elbette bu düzenlemeler havacılığın düzenleyici ve denetleyici kurumları tarafından getirilmiştir. Bu düzenlemelerin yanı sıra teknolojik gelişmeler de havacılıkta verimli operasyonlar gerçekleştirilmesi için bir çıkış yolu olmuştur. Öyle ki düşük karlılığın bulunduğu endüstride sıklıkla üzerine düşülen konu verimli operasyonlar olmaktadır. Bu kapsamda havacılık hem operasyonel olarak verimli ve kârlı hale gelmeye çalışmakta hem de sürdürülebilirlik hedeflerine uyum sağlamaya çalışmaktadır. Ülkeler bazında havacılığın etkileri farklılaşsa da belirlenen stratejiler ve hedefler nispeten ortak yürütülmektedir. Küresel anlamda havacılığın etkileri 2020'ye kadar kaygı verici olmamış olsa da gelecek senaryolarında tahmin edilen etkiler havacılığın dünyaya verdiği fazlasını alacağı yönündedir. Bu doğrultuda alınacak önlemler farklılaşmıştır. Her bir önlem ayrı şekilde ele alınmakta ve beklendiği şekilde gittiği takdirde her önlemin sonucu aynı olmaktadır. Sonuç tabii ki emisyon oranlarının düşürülmesi ve çevreci bir havacılık endüstrisi inşa etmektir. Bir diğer husus ise artan seyahat talebini sürdürülebilirlik çabalarıyla birlikte yönetmektir. Bu, havacılık kuruluşlarının aldığı önlemlerle birlikte çabaların yoğunlaştırılması ve yaratıcı çözümler üretilmesi ile gerçekleşecektir. Bu bağlamda, havayolu şirketleri ve havalimanları, operasyonlarını çevresel etkileri en aza indirmek için yenilikçi teknolojilerin yanı sıra enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımı gibi sürdürülebilirlik uygulamalarını benimsemektedirler. Ayrıca, uluslararası düzeyde yapılan iş birlikleri ve sektörel girişimler de havacılık endüstrisinin çevresel etkilerini azaltma yolunda önemli bir rol oynamaktadır. Bu çabaların etkili bir şekilde uygulanması ve devam ettirilmesi, gelecek nesiller için temiz ve sürdürülebilir bir havacılık endüstrisinin inşası için kritik öneme sahiptir.

## İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE HAVACILIK

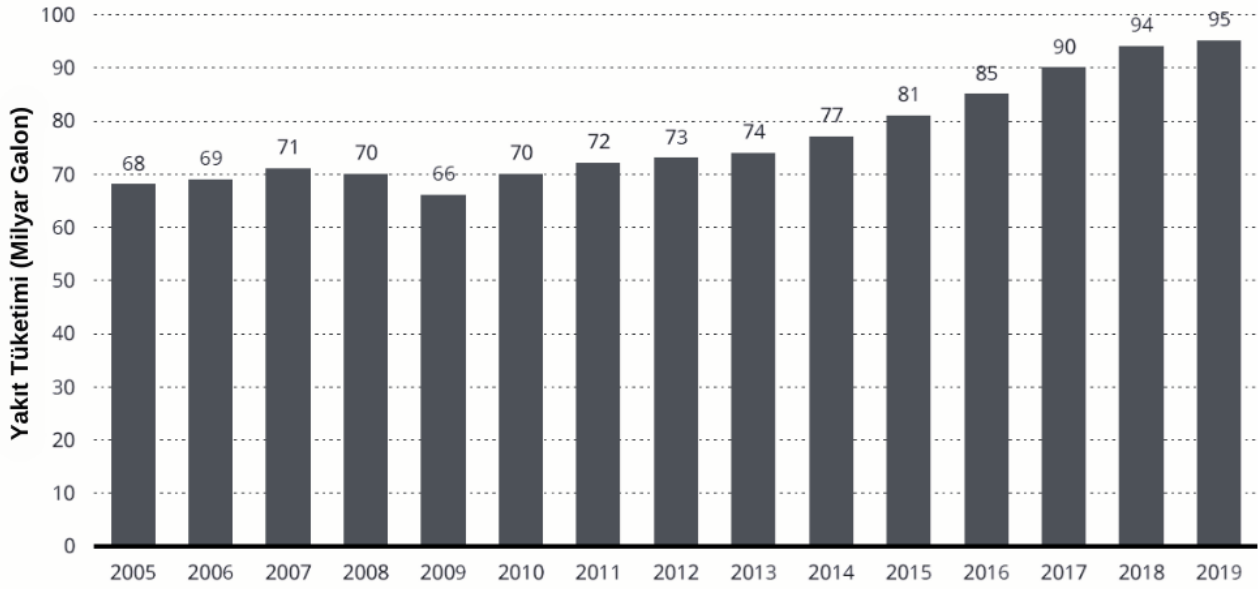
### Havacılığın Çevresel Etkileri

Havacılığın çevresel etkilerinin önemi nedeniyle sürdürülebilir havacılık kavramı literatürde ortaya çıkmıştır. Çeşitli boyutları olduğu kabul edilen sürdürülebilir havacılık kavramı içerisinde en çok uygulamaya sahip boyut çevresel sürdürülebilirlik boyutudur. Ekonomik katkılarının büyüklüğü nedeniyle havacılığın çevresel etkilerinin son yıllarda üzerinde sıklıkla durulmuş ve sürdürülebilir havacılık literatürde çalışmalara konu olmuştur [Etchebehere, 2023]. Her endüstride olduğu gibi havacılık da çevreye nötr olmayan etkilerden sorumludur ve bunlar başlıca emisyon kaynaklı hava kirliliği, toprak ve su kirliliği, havalimanları ve çevresindeki uçaklardan kaynaklanan gürültü, tehlikeli madde atığı, geri dönüştürülemeyen atık oluşumu ve arazi kullanımını olarak sıralanabilir [Jakubiak, 2015; Wincewicz-Bosy, 2020]. Elbette bu etkilerin uluslararası toplumda en çok incelenen ve üzerine düşülen emisyonlar olmaktadır. Bu etki bahsedildiği üzere kümülatif yani havada biriken gazların salınımı ile doğrudan ilgilidir. Yıllar bazında talebe bağlı olarak yaşanan uçuş sayılarında ve yer operasyonlarındaki artış emisyon ve diğer etkilerin de aynı oranda yükselmesine sebep olmuştur. Havacılığın toplam emisyonun yüzde 2,5'lük kısmından ve emisyon dışı etkiler dahil edildiğinde küresel ısınmanın yüzde 3,5'lük kısmından sorumlu olduğu bilinmektedir [Ritchie, 2020].

Şekil 1'e bakıldığında emisyon oranlarının sürekli olarak artış trendine sahip olduğu görülmektedir. 2019'da yani pandemi öncesi yılda havacılığın ulaştığı emisyon değeri neredeyse milyar tona yaklaşmıştır. Bu etkinin dışında bahsedildiği üzere yüksek enerji tüketimi kaynakların azalmasına yol açmaktadır. Bu Şekil 2'de ele alınmıştır. Atık ise havacılığın çevre etkileri içerisindeki bir diğer konu olarak değerlendirilmektedir. Bu etki yüksek oranda havalimanlarına atfedilmiştir. Havalimanlarında atık yönetimi karmaşık ve zorluklar içeren çok paydaşlı bir süreçtir [Sebastian & Louis, 2021]. Bu karmaşık süreçlerin yönetimi için ICAO bir atık yönetim raporunu endüstriye sunmuştur.



Şekil 1. Ticari Havacılığın Küresel Karbon Emisyon Oranlar



Şekil 2. Ticari Havacılıkta Toplam Yakıt Tüketimi

Gürültü, hava operasyonlarının çevresel etkileri incelendiğinde sıklıkla ortaya çıkan bir konudur. Öyle ki havalimanı çevresi bu etkinin en çok incelendiği alandır. Uçak gürültüsü, hava taşımacılığı gelişiminin önünde bir engeldir ve bu nedenle gürültü azaltma teknolojileri üzerine araştırmaları teşvik edilmektedir [Sadeghian & MofidGorji, 2020]. Gürültüyle beraber gelen yine bölgesel olarak havacılığın bölgesel etkilerinden olan bir diğer etki grubu su ve hava kirliliğidir. Sular kullanıma bağlı olarak bir atık yönetimi süreci olmadığında çevreye ve doğal yaşama ciddi zararlar vermektedir. Hava kirliliği ise havacılığın emisyon etkisine de bağlı olarak değerlendirilen ve genellikle havalimanlarının ve çevresinin hava kalitesinin etkilenmesiyle ilişkilendirilir. Havacılık kaynaklı emisyonlar, küresel sera gazı emisyonlarına katkıda bulunan ve çeşitli sağlık etkileri olan kirleticileri içinde barındırır [Harrison et al., 2015]. Havacılığın tüm bu etkileri sürdürülebilir havacılık kavramının çevresel etkiler başlığında incelenmektedir.

### İklim Değişikliği

İklim değişikliği temel olarak insan faaliyetleri yoluyla oluşan sera gazı emisyonlarının küresel ısınma yaratmasına denmektedir. Küresel yüzey sıcaklığı 2011-2020'de 1850-1900 sıcaklığının 1,1°C üzerine çıkmıştır. Sürdürülebilir olmayan enerji kullanımı, arazi kullanımı, ülkelerin ve bireylerin yaşam tarzları ve tüketim ve üretim kalıplarının değişimi sera gazı artışının sebeplerindedir [Lee &

Romero, 2023]. İklim değişikliği ile ilgili en son uluslararası toplantı 2015 Paris Anlaşmasının imzalanmasını sağlamıştır. Bu anlaşmaya göre ülkeler karbon emisyonlarını azaltmaya ve dolaylı yoldan dünyadaki sıcaklık artışını kontrol altına almak için küresel adımlar atmaya gönüllü olmuşlardır. Anlaşmanın ana hedefleri arasında; küresel ortalama sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelerin 2 °C üzerinde tutmak ve sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelerin 1,5 °C üzerinde sınırlamak için çaba sarf etmek ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine uyum sağlama yeteneğini artırmak ve gıda üretimini tehdit etmeyecek şekilde iklim direncini ve düşük sera gazı emisyonu gelişimini teşvik etmek yer almaktadır [United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 2016:4]. İklim değişikliğinin muhtemel olumsuz sonuçları arasında fiziksel su bulunabilirliğinde düşüş, tarımsal üretimde düşüş, hayvan türlerinde azalma ya da sağlık sorunları, balıkçılık alanlarında düşüş, bulaşıcı hastalıklarda artış, sıcaklık nedeniyle vahşi yaşamdan kaynaklı zararlı etkiler, zihinsel hastalıklarda artış, kuraklık nedeniyle yaşanan göçler, seller ve su seviyelerinde artış, fırtınalarda (ekstrem hava olaylarında) artış, altyapı bozulmaları, temel ekonomik sektörler gelen zararlar, ekosistem değişiklikleri temiz su bulmada zorlanma ve okyanus sistemine bozulma görülmektedir [Lee & Romero, 2016]. İklim değişikliği ile havacılık arasındaki ilişki bazı alanlarda basit ve sadeyken bazı açılardan da oldukça karmaşıktır. İklim değişikliğinin sürdürülebilir havacılığa muhtemel olumsuz etkileri olacağı tahmin edilmektedir ve havacılığın çevresel olumsuz etkilerinin de iklim değişikliğine neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle iklim değişikliği ve sürdürülebilir havacılık ilişkisi doğru tanımlanmalıdır.

## YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde amaç, yapılan analizlerin tanımı ve veri kaynaklarına yer verilmiştir.

### Çalışmanın Amacı

Çalışmada mevcut literatürden yararlanılarak havacılık endüstrisinin sürdürülebilirliğine dair çalışmaların, iklim değişikliği konuları ile ilişkisini incelemek ve bu kapsamda yapılan çalışmaların farklı türde dağılım analizleri ve haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır.

### Veri ve Analiz

Araştırmada bibliyometrik analiz araçlarından olan VOSviewer kullanılmıştır. Bu araç literatürden alınan çalışma verilerini görselleştirme açısından kolaylıklar sağlamaktadır. Anahtar kelime, sık tekrar eden metinler ve yazarlar gibi farklı seçeneklerde görsel haritalardan yararlanılacaktır. Analizde incelenecek literatür "Scopus" veri tabanından seçilmiştir. Verilerin bu kaynaktan seçilmesi güvenilirlik açısından önemli bir faktördür. Tüm alanlarda taranan kavramlar neticesinde ulaşılan toplam kaynak sayısı 1334 olarak elde edilmiştir. Çalışmalar 2002 ve 2024 yılları arasında kapsar. Disiplinler arası çalışmaların da birlikte incelenmesi bu analizin güçlü yanlarından biridir. Kelimelerin tekrar sıklığı analiz aşamasında belirlenerek haritaların doğruluğu sağlanmıştır. Analiz aracının manueli kaynak alındığında ortaya çıkan bazı tanımlar ve açıklamalar mevcuttur. Buna bağlı olarak bazı sık kullanılan bulgu kavramları "küme, bağlantı ve toplam bağlantı gücü" olarak sınırlandırılabilir. Bu kavramları anlamak analizin sağlığı açısından önemlidir.

### Küme

Analiz edilen veri setindeki öğelerin (bilimsel makaleler, anahtar kelimeler, araştırmacılar vb.) belirli bir bağlamda aralarındaki ilişkilerin yoğunluğunu ve birbirine ne kadar yakın olduğunu gösteren bir sınıflandırmadır.

*Tematik Gruplar:* Anahtar kelimeler ya da araştırma konuları belirli araştırma temalarına ve konularına göre kümelendirir. Bu belirli bir alandaki farklı araştırma temalarını ve bu temaların birbirleriyle olan ilişkilerini anlamaya yardımcı olur.

*Ağ Yapısı:* Araştırmacılar ya da makaleler aralarındaki iş birliği veya atıf ilişkilerine göre kümelendirir. Bu bir alandaki iş birliği ağlarını, hangi grupların birlikte çalıştığını ve birbirlerinden etkilenip etkilenmediğini ortaya çıkarabilir.

*Yoğunluk:* Küme renkleri ve boyutları belirli bir alanın ve konunun ne kadar yoğun çalışıldığını ve ne kadar popüler olduğunu gösterebilir.

VOSviewer'da kümeler genellikle farklı renklerle gösterilir ve her küme içindeki öğelerin yoğun ilişkilerini yansıtır. Kümeler arasındaki bağlantılar ise farklı kümeler arasındaki ilişkileri veya iş birliklerini gösterir.

### Bağlantı ve Toplam Bağlantı Gücü

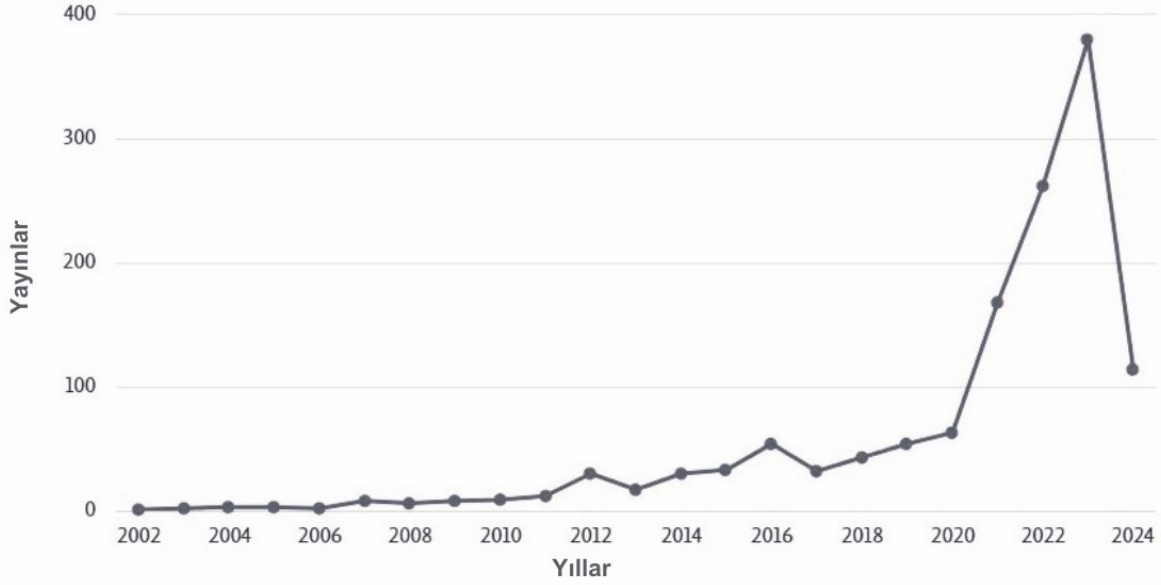
*Bağlantı,* belirli bir öğenin diğer öğelerle olan bağlantı sayısını ifade eder. Örneğin bir araştırmacının kaç farklı araştırmacıyla iş birliği yaptığını gösterir. Yani bir kişinin bir sosyal ve akademik ağdaki ne kadar geniş kitleyle etkileşimde bulunduğunu açıklar.

*Toplam Bağlantı Gücü,* belirli bir öğenin diğer öğelerle olan bağlantılarının toplam gücünü gösterir. Ortak yazarlık örneği üzerinden gidecek olursak; bu belirli bir araştırmacının diğer araştırmacılarla birlikte ne kadar sık çalıştığının ve bu iş birliklerinin ne kadar güçlü olduğunu belirtir. İki araştırmacının birlikte yazdığı makalelerin sayısı bu araştırmacıların arasındaki toplam bağlantı gücünü açıklar. Bu bağlantıların sadece varlığını değil aynı zamanda bu bağlantıların ne kadar güçlü olduğunu da ölçen bir niteliktir.

Özetle "Bağlantı" bir öğenin kaç bağlantısı olduğunu gösterirken "Toplam Bağlantı Gücü" bu bağlantıların ne kadar güçlü olduğunu ve ne kadar sıkı iş birlikleri olduğunu ifade eder. Toplam Bağlantı Gücü kavramı, ağ yapılarını ve bunların verimliliğini ve istikrarını değerlendirmede önemlidir.

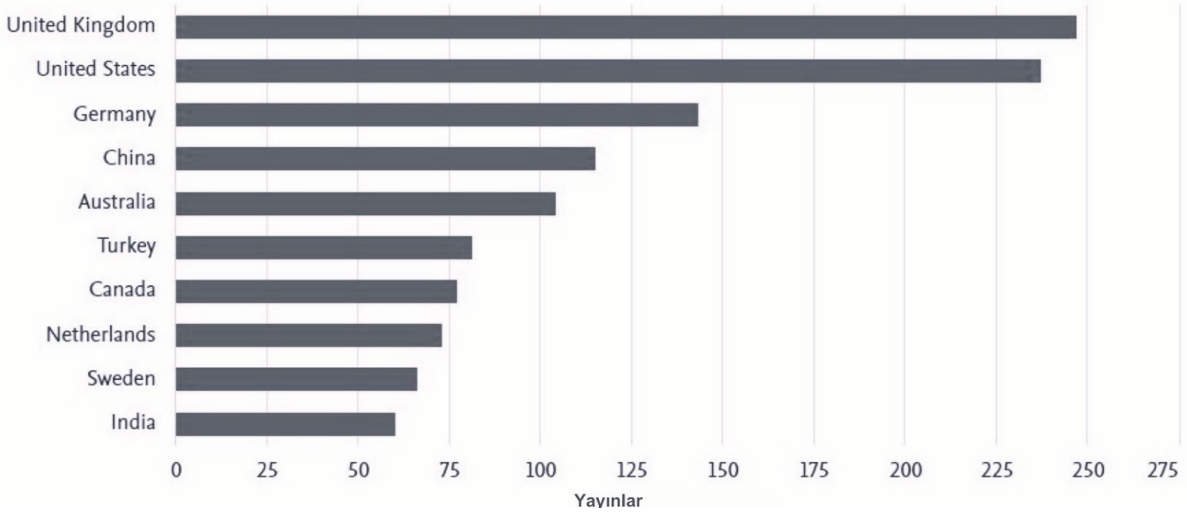
## BULGULAR

Elde edilen kaynaklar incelendiğinde ortaya çıkan analiz sonuçları şekiller vasıtasıyla açıklanmıştır. Analizlerin anlaşılabilirliği için öncelikle Scopus üzerinden elde edilen verilere göre hazırlanan grafikler gösterilmektedir.



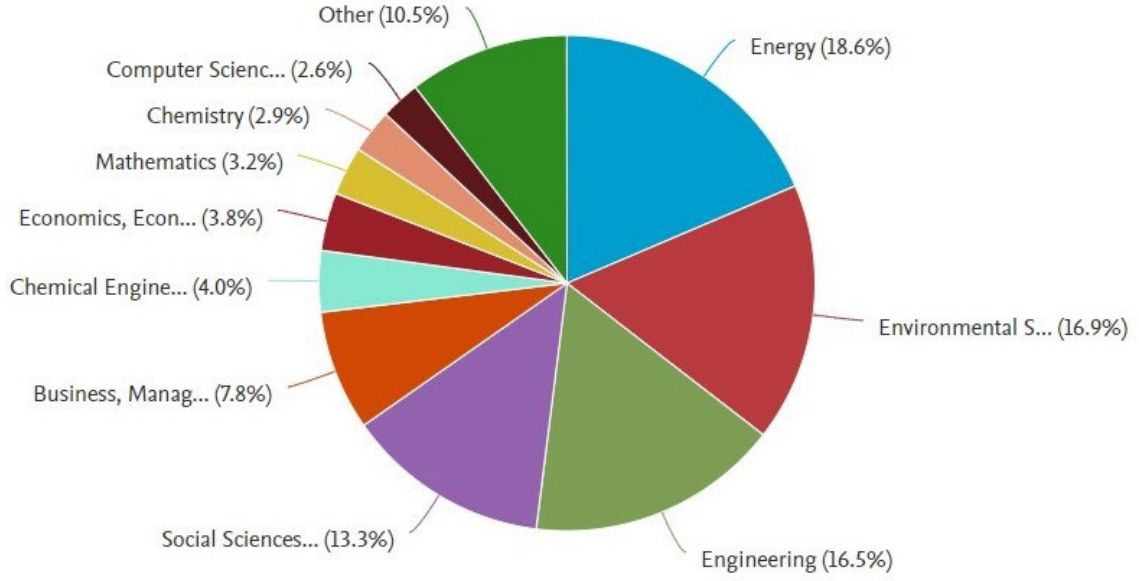
Şekil 3: Yıllara Göre Yayınlar

İklim değişikliği ve sürdürülebilirlik kavramlarının 21. yüzyıl öncesinde de var olduğu ve yayınların bu yönde sürdürüldüğü de bilinmektedir. Şekil 3 incelendiğinde özellikle pandemi sonrası bu iki kavramın birlikte kullanılması ise havacılık otoritelerinin 2020'den itibaren havacılığa getirdiği gönüllü ya da zorunlu düzenlemeleri açıklar bir grafik içermektedir.



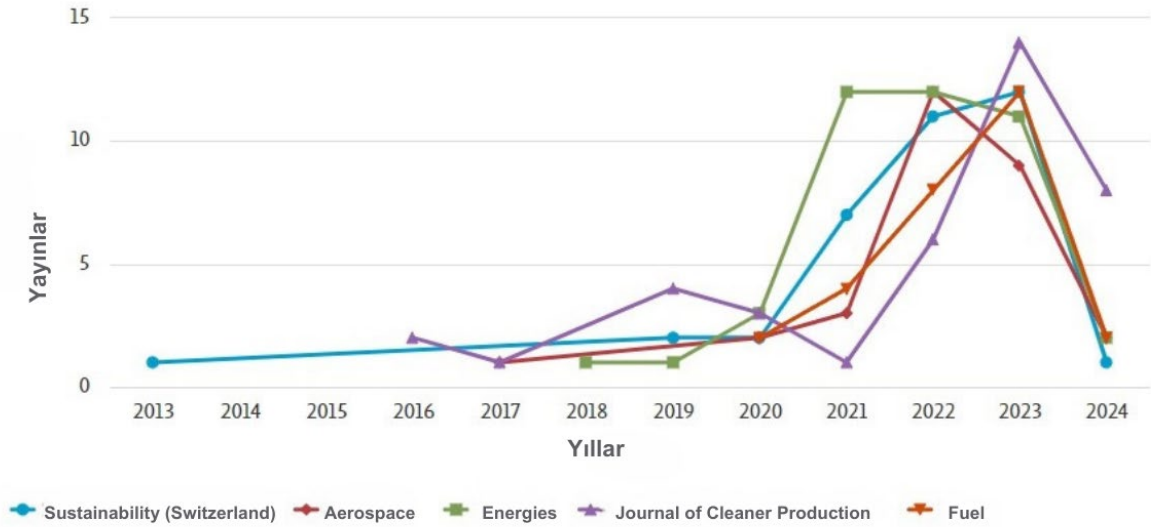
Şekil 4: Ülkelere Göre Yayınlar

Çalışmaların menşei ülkeleri göz önünde alındığında anahtar arama kavramlarının sıklıkla birlikte kullanıldığı yayınlar çoğunlukla İngiltere ve Amerika kaynaklıdır. Şekil 4 incelendiğinde ülkelerin atıf bağlantısı analizini de destekler bir grafik söz konusudur. İlk iki ülke sonrası yayın sayıları ortalama seviyede genellikle Avrupa, Amerika ve Asya kıtasına dağılmış ve literatür küresel/bölgesel analizler içeren çalışmalarla şekillenmiştir.



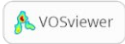
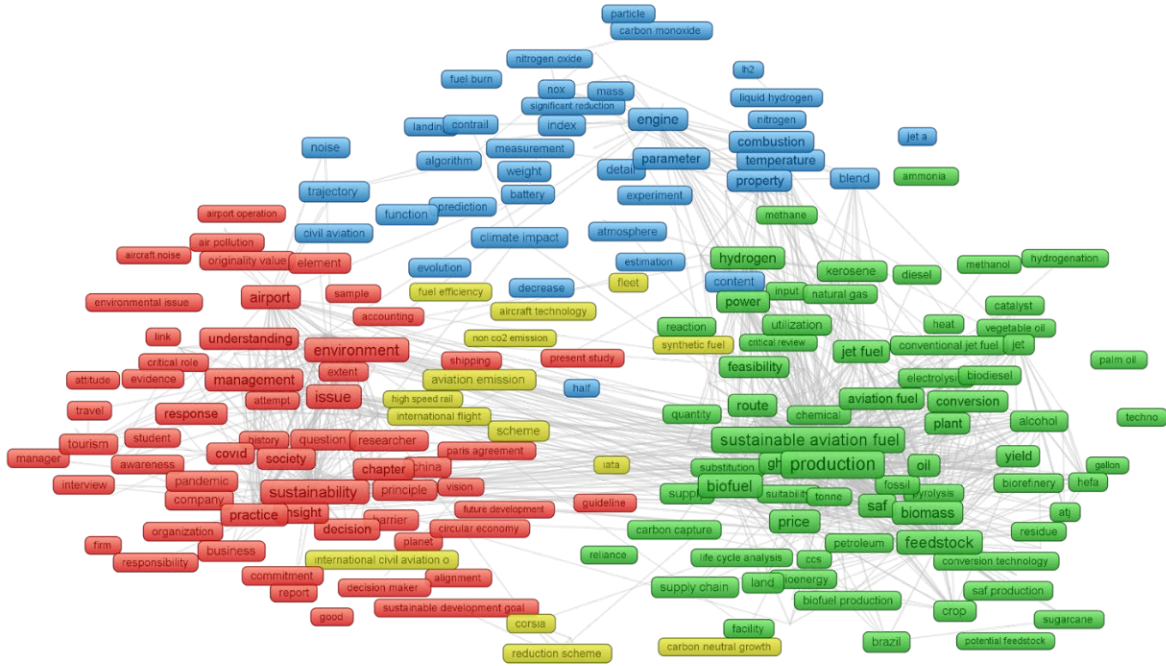
Şekil 5: Konu Alanlarına Göre Dağılımlar

Şekil 5, “Sürdürülebilir Havacılık” ve “İklim Değişikliği” kavramlarının aranmasıyla ulaşılan yayınların konu alanlarına göre dağılımları gösterilmektedir. Bu pasta grafiği VoS analizlerini destekler. İncelendiğinde yayınlarının yarısından fazlasının “Energy, Environmental Science, Engineering ve Social Science” alanlarında gerçekleştiği görülebilmektedir.



Şekil 6: Dergilerin Yıllara Göre Yayın Dağılımı

Yıllara göre yayın sayısına paralel bir grafik olarak ortaya çıkan Şekil 6, özellikle Energies ve Sustainability dergilerinin yayın sayılarının 2020’li yıllardan sonra bu alanda sıklıkla yayın yapması ve atıf alması konunun popülerliğini kanıtlar niteliktedir. Bu şeklin çizdiği grafik ise dergilerin atıf alma analizini destekler.



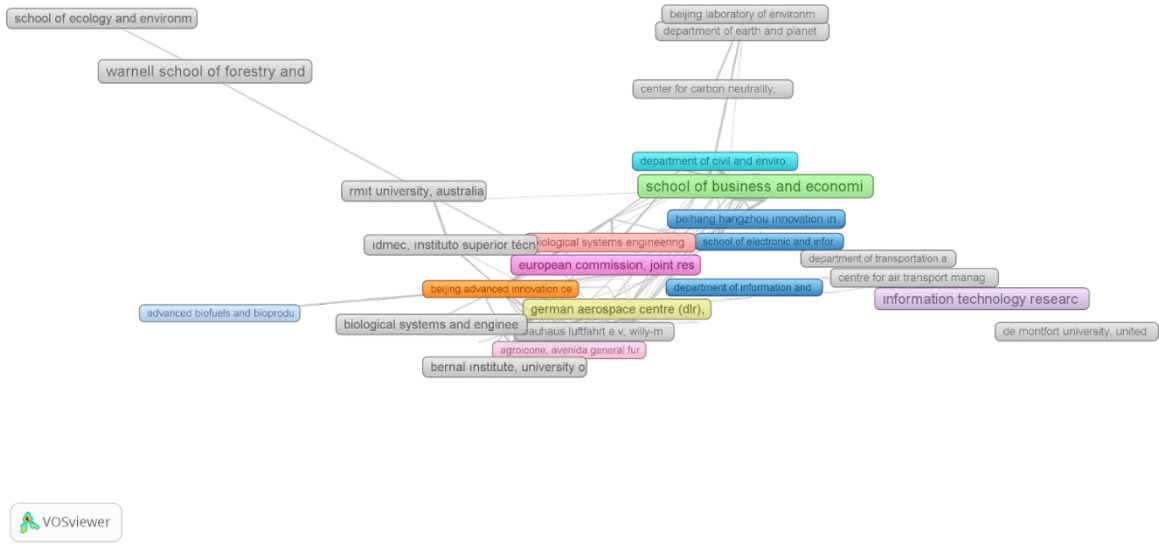
Şekil 7: Sık Tekrar Eden Kavramların Metin Tabanlı Analizi

Şekil 7'deki ağ haritasında bibliyografik analizden farklı olan metin tabanlı analiz tercih edilmiştir. Burada amaç yayınların özet ve başlıklarında sık tekrar eden kavramları saptayabilmektir. 29146 kavramdan en az 10 kez tekrar edenler (varsayılan) seçilerek bu sayı aralarında ilişki olan 743 kavrama düşürülmüştür. Bu kavramlar yeniden varsayılan ön ayar olan en alakalıları alacak şekilde küçültülmüş ve toplam kavram sayısı 446'ya indirilmiştir. Bu 446 kavram arasında 4 küme, 40712 bağlantı ve 95783 toplam bağlantı gücü tespit edilmiştir. Aralarında en sık tekrar eden kavramlar 0,53 ilişki skoru Production (278 tekrar), 0,49 ilişki skoru ile Sustainable Aviation Fuel (178 tekrar), 0,63 ilişki skoru ile Sustainability (173 tekrar) olarak; ilişki skorunda ilk 3 sırayı oluşturanlar ise 3,42 ilişki skoru ile Destination (22 tekrar), 3,35 ilişki skoru ile Tourist (11 tekrar), 3,24 ilişki skoru ile United Kingdom (12 tekrar) olarak gözlemlenmiştir. Havacılığın üretim ile yakın ilişkisi Production kavramı ile bağlantıyı kanıtlamaktadır. Sürdürülebilir havacılık denince akla neredeyse ilk gelen uygulama SAF kullanımınıdır. Bu nedenle Sustainable Aviation Fuel ile ilişki yüksek çıkmıştır. Diğer ilişkili kavramlar da hava taşımacılığının etkilerinin her destinasyonda aynı olup olmadığını inceleyen yayınlar sayesinde oluşmuştur.



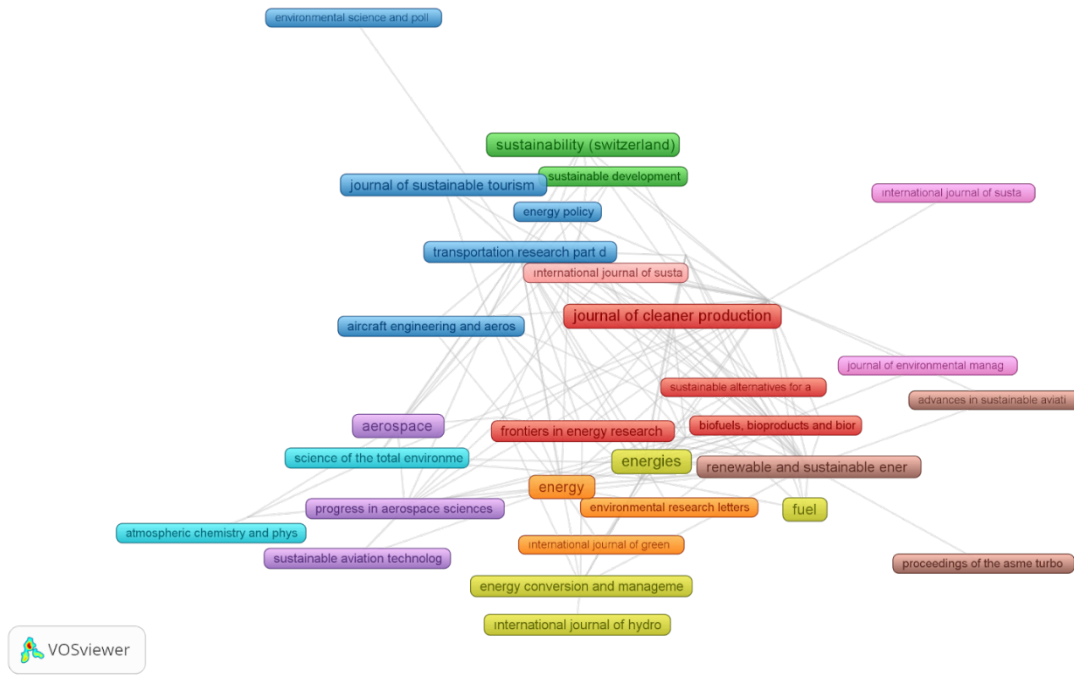


Çalışmaların yapıldığı ülkelere göre aldıkları atıflara dair ağ haritası oluşturmak (Şekil 9) üzere bir ülke tarafından en az 5 eser yayınlanması ve atıf aranmaması kriteri (varsayılan kriter) kapsamında aralarında ilişki bulunan 53 ülke üzerinden analiz gerçekleştirilmiştir. Toplamda 10 küme, 418 bağlantı ve 2123 toplam bağlantı gücü tespit edilmiştir. En fazla atıf alan ülkeler İngiltere (5815 atıf), Amerika (3056 atıf) ve İsveç (2353 atıf) olmuştur. Toplam bağlantı gücü açısından bu ülkeler ilk dörtte yer almaktadır. Eser sayısı olarak ise sıralama İngiltere (247 yayın), Amerika (237 yayın) ve Almanya (143 yayın) şeklindedir. Bu bağlamda sürdürülebilir havacılık çalışmalarının yoğun olarak İngiltere ve Amerika'da yapıldığı ve diğer ülkelerde üretilen yayınların bu çalışmalara atıfta bulunduğu ve literatürü desteklediği gözlemlenmiştir.



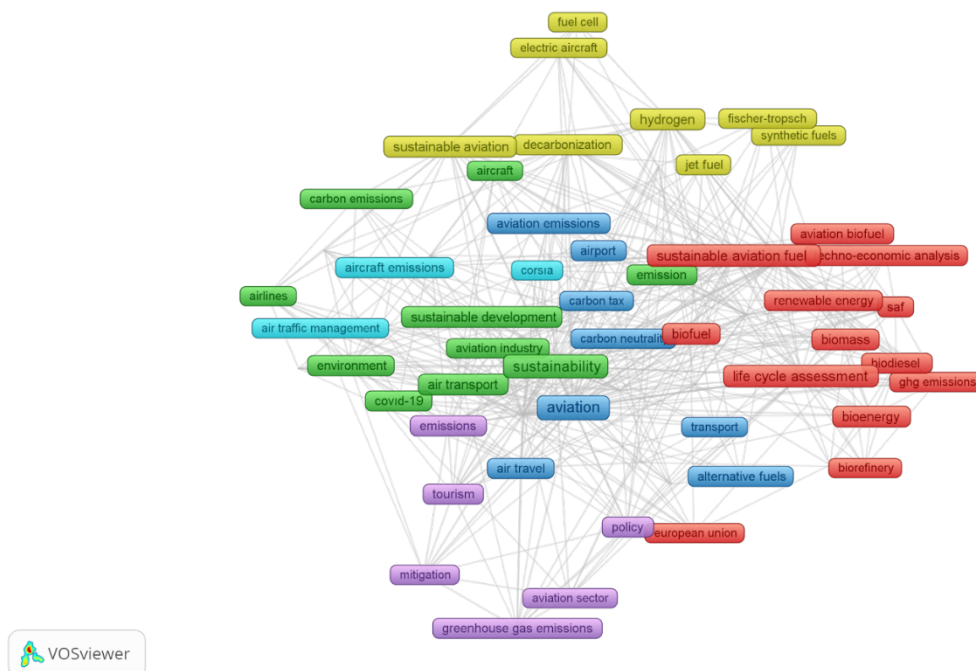
Şekil 10: Kurumlar Atıf Bağlantısı

Yayınların yapıldığı kurumların arasında bir atıf bağlantı haritası (Şekil 10) oluşturulmak üzere yapılan analizde 977 kurum için 37 küme, 5021 bağlantı ve 5410 toplam bağlantı gücü tespit edilmiştir. Bu analiz için varsayılan ön ayarın dışına çıkılarak (kurum sayısının artırılması adına) kurumlarda en az 1 yayın ve 1 atıf şartı aranmıştır. Bu analiz ile en çok atıf alan kurumlar Western Norway Research Institute (423), Linnaeus University (302), Utrecht University (292) olarak; toplantı bağlantı gücü en yüksek kurumlar ise 167 atıf ile Howard University (109 bağlantı gücü), 167 atıf ile Milli Savunma Üniversitesi (109 bağlantı gücü), 231 atıf ile Linnaeus University (Kalmar) (96 bağlantı gücü) olarak gözlemlenmiştir.



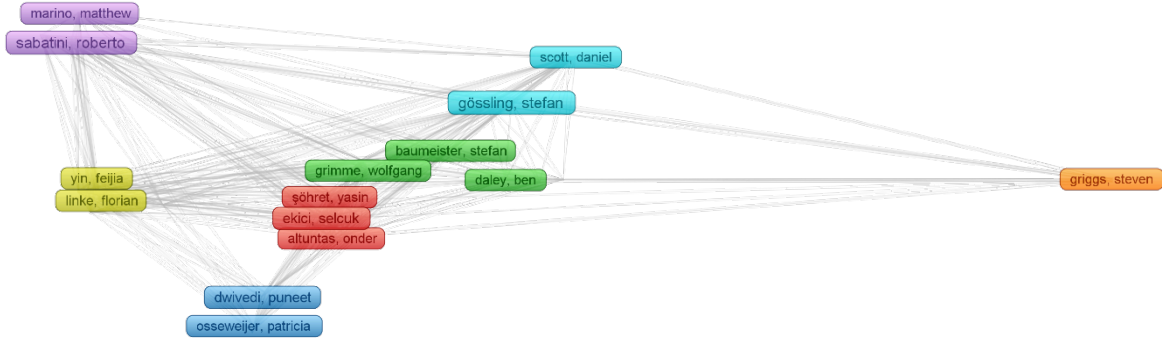
Şekil 11: Dergiler Atıf Bağlantısı

Yayınlanan çalışmaların kaynaklarının aldıkları atıfların bağlantı gücünü tespit etmek üzere, en az 5 yayın şartı ve atıf aranmaması şartı ile 49 kaynak belirlenmiştir. 49 kaynaktan 41'i arasında bağlantı belirlenerek 10 küme 150 bağlantı ve 273 toplam bağlantı gücü tespit edilmiştir. En fazla atıf alan kaynaklar Şekil 11'de görüleceği üzere Renewable and Sustainable Energy Reviews (1190), Energy (948), Journal of Cleaner Production (744) olarak belirlenmiştir. Buna karşılık en çok bağlantı gücü tespit edilen kaynaklar ise sırasıyla Transportation Research Part D: Transport and Environment (64), Journal of Air Transport Management (50), Renewable and Sustainable Energy Reviews (45) olarak gözlemlenmiştir. Bu bilgilere bağlı anahtar kelimelerle yapılan aramada ulaşılan yayınların kaynakları incelendiğinde disiplinlerarası bir atıf bağlantısı söz konusudur. Literatürün enerji ve hava taşımacılığı kapsamında (Bkz. Şekil 5) bir çerçeveye sahip olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 12: Sık Kullanılan Anahtar Kelimeler Bağlantısı

İklim değişikliği ve sürdürülebilir havacılık ile ilgili yapılan yayınlarda en sık kullanılan anahtar kelimelerin bir haritası oluşturulduğunda (Şekil 12); en az 10 kez tekrar eden ve aralarında ilişki görülen 61 kavram için 6 küme, 462 bağlantı ve 888 toplam bağlantı gücü tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak en sık tekrar eden kelimeler; aviation (119), climate change (97), sustainability (95) en çok bağlantı gücüne sahip kelimeler olarak da gözlemlenmiştir. Bu kavramları takip edenlerin bazıları ise şu şekildedir; biofuels (47), SAF (62), ICAO (50), hydrogen (38).



Şekil 13: Bibliyografik Eşleşme ve Yazar Bağlantısı

İklim değişikliği ve sürdürülebilir havacılık kapsamında değerlendirilen anahtar kavramları barındıran alanda en az 5 eser yayınlamış olmak şartı ve atıf aranmaması şartı ile taranan yazarlar ve bibliyografik eşleşme analizinde 37 yazara ulaşılmış ve bu yazarlar arasında 7 küme 493 bağlantı ve 21933 toplam bağlantı gücü tespit edilmiştir. Bu kapsamda Şekil 13'te en çok atıf alan yazarlar Stefan Gössling (1493), Daniel Scott (668), Paul Peeters (590) olarak; en çok bağlantı gücüne sahip çalışmaların yazarları ise sırasıyla 235 atıf ile Roberto Sabatini (3559 bağlantı gücü), 228 atıf ile Alessandro Gardi (3552 bağlantı gücü), 241 atıf ile Sigrun Matthes (2803 bağlantı gücü) olarak gözlemlenmiştir.

## SONUÇ

İklim değişikliği de son yılların popüler konularından biridir. İnsanlığın dünyayı kirletmesi sonucunda iklimin değiştiği görülmektedir. İklim değişikliğine karşı önlem alınmazsa insanların dünya kaynaklarını kullanamayacak noktaya geleceği düşünülmektedir. Bu nedenle sürdürülebilirlik kavramı gelişmiş ve iklim değişikliğini önlemeye yönelik araçlar üretilmeye başlanmıştır. Havacılık endüstrisi önemli bir karbon ve sera gazı kaynağıdır. Uçuş sürecinin havadan kaynaklanan kısmının yanı sıra, havalimanlarında birçok karbon emisyonu ve sera gazı kaynağı da bulunmaktadır. Uçuş sırasında ortaya çıkan karbon emisyonlarına yönelik sürdürülebilir havacılık yakıtı projeleri bulunmaktadır. Havalimanlarında oluşan karbon emisyonları, uçakların yanı sıra uçuş için gerekli hizmetlerde kullanılan araçları da içermektedir. İklim değişikliği de özellikle 2015 Paris anlaşması sonrası uluslararası alanda önem kazanmış ve ülkelerin ulaşım ve hava taşımacılığı politikaları etkiler hale gelmiştir. İklim değişikliğinin muhtemel olumsuz etkileri oldukça geniş yelpazededir ve toplumun her kesimini etkilemektedir. Bu nedenle yapılan bibliyometrik analiz sonrası kavramların 2020 sonrası uluslararası olarak oldukça fazla çalışıldığı ve çalışmaların yüksek oranda atıf aldığı görülmektedir.

Çalışma son yıllarda güncel olarak takip edilen havacılık endüstrisinin çevresel sürdürülebilirliğini iklim değişikliği kapsamında literatür içinde araştırmıştır. Analiz bir akademik veri tabanından elde edilen kaynakların metin görselleştirme yöntemiyle incelenmesine olanak tanımış ve bulguları paylaşılmıştır. Bu bağlamda çalışmanın bulgularından hareketle literatürde ana iki kavramın ortak olduğu çalışmaların genellikle "çevre, sürdürülebilirlik, üretim, yakıt ve motor" anahtar kelimeleri çerçevesinde ilerlediği çıkarımında bulunulmuştur. Şekillerde görüldüğü üzere veri setindeki kaynakların mevcut literatürde yeni çalışma kavramları ortaya çıkardığı da söylenebilmektedir. Bu kavramlar yeni çalışmalara açık ve gelecekte endüstrinin gidişatına fikir verecek kapsamdadır. Bu çalışma kapsamında elde edilen bulguların gelecekte yapılacak analizler ile karşılaştırılması havacılıkta sürdürülebilirliğin geleceğine faydalı olacaktır.

**KAYNAKLAR**

- ATAG. (2020). *Adding value to the economy : Aviation: Benefits Beyond Borders*. Aviation Benefits Beyond Borders. <https://aviationbenefits.org/economic-growth/adding-value-to-the-economy/>
- ATAG. (2021). *SDG 13: Climate Action: Aviation: Benefits Beyond Borders*. Aviation: Benefits Beyond Borders. <https://aviationbenefits.org/un-sustainable-development-goals/sdg-13-climate-action/>
- Calisir, D., Ekici, S., Midilli, A., & Karakoc, T. H. (2020). A review on environmental impacts from aviation sector in terms of life cycle assessment. *International Journal of Global Warming*, 22(2), 211–234. <https://doi.org/10.1504/IJGW.2020.110299>
- Etchebehere, V. (2023). Climate change and aviation. In *Handbook of Business and Climate Change* (pp. 187–207). Edward Elgar Publishing Ltd. <https://doi.org/10.4337/9781839103001.00015>
- Harrison, R. M., Masiol, M., & Vardoulakis, S. (2015). Civil aviation, air pollution and human health. *Environmental Research Letters*, 10(4), 041001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/4/041001>
- Hasan, M. A., Mamun, A. al, Rahman, S. M., Malik, K., al Amran, M. I. U., Khondaker, A. N., Reshi, O., Tiwari, S. P., & Alismail, F. S. (2021). Climate change mitigation pathways for the aviation sector. *Sustainability (Switzerland)*, 13(7), 3656. <https://doi.org/10.3390/su13073656>
- ICAO. (2019). *Presentation of 2019 Air Transport Statistical Results*.
- Jakubiak, Mateusz. (2015). Environmental impact of air transport- case study of Krakow Airport. *Logistyka*. 2. 276-283.
- Lee, H., Romero, J., (2023). Climate Change 2023 Synthesis Report, Summary for Policymakers, IPCC 2023 Report, Switzerland.
- Ponater, M., Pechtl, S., Sausen, R., Schumann, U., & Hüttig, G. (2006). Potential of the cryoplane technology to reduce aircraft climate impact: A state-of-the-art assessment. *Atmospheric Environment*, 40(36), 6928–6944. <https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2006.06.036>
- Ritchie, Hannah (2020). "Climate change and flying: what share of global CO2 emissions come from aviation?" Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-aviation>'
- Sadeghian, M., & MofidGorji, B. (2020). Technologies for Aircraft Noise Reduction: A Review. *Journal of Aeronautics and Aerospace Engineering*. <https://doi.org/10.35248/2168-9792.20.9.219>
- Sebastian, R. M., & Louis, J. (2021). Understanding waste management at airports: A study on current practices and challenges based on literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 147, 111229. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.111229>
- UNFCCC, (2016). United Nations Frame Convention on Climate Change, Climate Action Now, Summary for Policymakers 2016. [https://unfccc.int/sites/default/files/unfccc\\_spm\\_2016.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/unfccc_spm_2016.pdf)

Van Eck, N.J., & Waltman, L. (2014). Visualizing bibliometric networks. In Y. Ding, R. Rousseau, & D. Wolfram (Eds.), *Measuring scholarly impact: Methods and practice* (pp. 285-320). Springer. (book chapter, preprint)

Wincewicz-Bosy, M. (2020). Environmental Impact of Air Transport. EUROPEAN RESEARCH STUDIES JOURNAL.  
[https://www.academia.edu/87509532/Environmental\\_Impact\\_of\\_Air\\_Transport](https://www.academia.edu/87509532/Environmental_Impact_of_Air_Transport)