



Lojistik ve Taşımacılığın Karbon Ayak İzi: Sistematiik Bir Literatür İncelemesi

Carbon Footprint of Logistics and Transportation: A Systematic Literature Review

Aslıhan TURGUT¹ , Tamer BUDAK² 

öz

Hızlı sanayileşmeyle yıllar içinde, sera gazı emisyonlarının büyük ölçüde artması ve bu gazlar içinde karbondioksitin en yüksek orana sahip olması karbon ayak izinin moda bir kavram değil, bir gerçeklik olduğunu ortaya koymuştur. Karbon ayak izi, bir faaliyetin ya da ürünün doğrudan ya da dolaylı olarak sebep olduğu karbondioksit (CO₂) emisyonlarının kümülatif miktarı olup, birçok sektörde karbon emisyonlarını belirlemek için bu kavram kullanılmaktadır. Lojistik ve taşımacılık, dünyada en fazla CO₂ üreten sektörlerin başında gelmektedir. Bu çalışmanın amacı, kapsamlı ve sistematiik bir literatür taraması yoluyla lojistik ve taşımacılık karbon ayak izinin yapısına, sınırlarına ve gelişim eğilimine yönelik kavramsal bir çerçeve sunmaktır. Sistematiik literatür çalışmaları bir veya birkaç veri tabanı dikkate alınarak yapılmakta olup, bu çalışmada Web of Science (WoS) veri tabanında yer alan makaleler kullanılmıştır. Çalışma kapsamında WoS veri tabanından ilk arama sonucu 373 makaleye ulaşılmış, bu çalışmanın dahil etme ve hariç tutma kriterleri olan başlık, özet ve anahtar kelimelerin incelenmesi sonucunda, 24 çalışma örnekleme dahil olmuştur. İncelenen çalışmaların sonucunda lojistik ve taşımacılık karbon ayak izi konusunun 2010'dan itibaren çalışıldığı, çalışmaların çoğunun gelişmiş ülkelerde yayınlandığı, çalışmalarda nicel yöntemlerin daha fazla tercih edildiği ve ağırlıklı olarak vaka analizleri, model ya da yöntem geliştirilerek karbon ayak izinin hesaplanmaya çalışıldığı, konunun yeni olması ve maliyetlerinin nispeten yüksek olması nedeniyle karbon ayak izinin uygulama kısmının sektörde tam olarak oluşturulmadığı, uluslararası lojistik ve taşımacılığın karbon ayak izi ve gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilir lojistik ve taşımacılık karbon ayak izi ile ilgili sınırlı sayıda çalışma olduğu, lojistik ve taşımacılık karbon ayak izinin sosyal etkilerini inceleyen çalışmaların olmadığı bulgusuna varılmıştır. Bu çalışma, araştırma alanındaki üretilen mevcut bilgi ve bulgular hakkında sistematiik bir şekilde fikir verebilecek ve gelecekteki araştırmalar için bir rehber görevi görebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Lojistik, Taşımacılık, Karbon Ayak İzi, Karbondioksit, Sera Gazı.

¹ **Corresponded Author:** Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ABD, aslihan.turgut@alanya.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-7836-8513>

² Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Maliye Bölümü, tamer.budak@alanya.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0062-2734>



ABSTRACT

The fact that greenhouse gas emissions have greatly increased over the years with rapid industrialization and that carbon dioxide has the highest rate among these gases has revealed that carbon footprint is not a fashionable concept but a reality. Carbon footprint is the cumulative amount of direct or indirect carbon dioxide (CO₂) emissions from an activity or product, and this concept is used in many industries to determine carbon emissions. Logistics and transportation are among the sectors producing the most CO₂ in the world. The purpose of this research is to present a conceptual framework for the structure, limits and development trend of the carbon footprint in logistics and transportation through a comprehensive and systematic literature review. Systematic literature studies are carried out by considering one or more databases, and articles in the Web of Science (WoS) database are used in this study. Within the scope of the study, 373 articles were reached as a result of the first search from the WoS database, and as a result of the examination of the inclusion and exclusion criteria of this study, title, abstract and keywords, 24 studies were included in the sample. As a result of the studies examined, the subject of logistics and transportation carbon footprint has been studied since 2010, most of the studies have been published in developed countries, quantitative methods are preferred more in studies and mainly trying to calculate the carbon footprint by developing case studies, models or methods, since the subject is new and its costs are relatively high, the application part of the carbon footprint could not be fully formed in the sector, there is a restricted edition of studies on the carbon footprint of international logistics and transportation and the carbon footprint of sustainable logistics and transportation in developing countries, it has been found that there are no studies examining the social effects of logistics and transportation carbon footprints. This study will systematically give an idea about the current knowledge and findings produced in the research field and serve as a guide for future research.

Keywords: *Logistics, Transportation, Carbon Footprint, Carbon Dioxide, Greenhouse Gas.*

GİRİŞ:

İklim değişikliği, küresel ısınma, sera gazı ve bunların çevre üzerindeki etkileri modern yaşamın tartışılması gereken en önemli sorunlarından (Bermeo vd., 2018). Artan çevre sorunlarına karşı stratejiler geliştirmek için karbon ayak izi önemli bir araç haline gelmiştir (Kulkarni, 2019). Son yıllarda Birleşmiş Milletler'in çeşitli deklarasyonları ve politika belgeleri sürdürülebilir kalkınmaya vurgu yapmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma politikası gelecek nesillerin ihtiyaçlarından ödün vermeden ve karbon faaliyetlerini dikkate alarak ekonomik, ekolojik ve sosyal başlıklardan oluşan bir kalkınma modelidir (Raza vd., 2021). Mevcut sürdürülebilir stratejiler incelendiğinde, çoğunda karbon ayak izinin öneminin vurgulandığı ve karbon ayak izinin azaltılmasına yönelik politikalar üretildiği görülmektedir (Fenner vd., 2018). Wiedmann & Minx (2008), karbon ayak izini bir faaliyetin ya da ürünün doğrudan ya da dolaylı olarak sebep olduğu karbondioksit (CO₂) emisyonlarının kümülatif değeri olarak tanımlamıştır.

Dünya çapında iklim değişikliği ve küresel ısınmaya yönelik olarak artan siyasi ve toplumsal baskılar neticesinde Birleşmiş Milletler, Avrupa Birliği ve çok sayıda ülke, toplam karbon emisyon miktarını azaltmak için karbon vergileri, temiz kalkınma, emisyon üst sınırı, karbon üst sınırı ve ticaret gibi konularda çalışmalar ve yasal düzenlemeler yapmaktadır. Karbon emisyon miktarını azaltmak için bir diğer itici güç ise, müşteri talepleridir. Dünya çapındaki firmalar müşterilerin dile getirdiği karbon emisyon endişelerine yanıt olarak çeşitli girişimlerde bulunmaktadır (Choudhary vd., 2015). Wal-Mart, Pepsi, Coca-Cola ve Volkswagen gibi şirketler, müşterilerine karbon hedefi belirleme sözü vermiş ve karbon ayak izlerini azaltmak için çevre dostu makineler, daha az kirletici araçlar ve daha yeşil operasyonel süreçler kullanmaya başlamıştır (Ghosh vd., 2020).

Karbon ayak izi, karbon emisyonlarını azaltma ve küresel sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etme süreci çeşitli alanlarda çalışılmakta ve bu çalışmalar paydaşları birleştirmektedir (Shi & Yin, 2021). Lojistik ve taşımacılık bu alanlardan birisidir. Lojistikte karbon ayak izi, lojistik faaliyetler esnasında ortaya çıkan

CO₂ gazını ifade etmektedir (Li vd., 2016). Karbon ayak izini küçültmek ile ilgili köklü iyileştirmeler gerektiren bir alan olarak vurgulanan lojistik ve taşımacılık sektörü için Avrupa ve diğer ülkeler emisyonlarını azaltmaya yönelik iddialı hedefler belirlemiştir. Örneğin AB, 2050 yılına kadar taşımadan kaynaklanan karbon emisyonlarını yüzde 60 oranında azaltmayı planlamıştır (Liljestrand vd., 2015). Ülkü (2012), çalışmasında lojistik ve taşımacılığı çevresel tehlikelerin en büyük kaynaklarından biri olarak değerlendirmektedir. Lojistiğin ve taşımacılığın çevresel etkisi, onu karbon ayak izi konusunda önemli bir çalışma alanı haline getirmiştir.

Literatürde yapılan çalışmaların çoğu karbon ayak izinin hesaplanması, azaltılması, modellenmesi veya farklı endüstrilerden karbon ayak izlerinin karşılaştırılması ile ilgilidir. Lojistik ve taşımacılığın karbon ayak izi üzerine sınırlı sayıda çalışma varken, yapılan çalışma sayısı son yıllarda hızlı bir şekilde artmıştır. Bununla birlikte literatür, lojistik ve taşımacılığın karbon ayak izi çalışmalarının kapsamını keşfetmeye ihtiyaç olduğunu da göstermektedir. Bu durum çalışmanın motivasyonunu oluşturmıştır.

Bu çalışmada, lojistik ve taşımacılık sektörüne ait karbon ayak izine ilişkin akademik çalışmaların sistematik incelemesi yapılacak olup, çalışma bu haliyle diğer akademik çalışmalardan farklılaşmaktadır.

Çalışmanın literatür başlığı altında lojistik ve taşımacılığın karbon ayak izi ile ilgili literatüre yer verilmiş; araştırma tasarımı ve yöntem başlığı altında ise araştırmanın tasarımı ve yöntemi ortaya konulmuş ve nihai olarak çalışmada tespit edilen sonuçlar tartışılmış ve gelecek araştırmalar için önerilerde bulunulmuştur.

1. Literatür

1.1. Karbon Ayak İzi

Çevresel ayak izleri, bir ürün veya hizmetin çevresel etkisini tanımlamaktadır. Karbon ayak izi, su ayak izi, azot ayak izi ve enerji ayak izi göstergelerinin tümü çevresel ayak izi olarak adlandırılmaktadır (Karwacka vd., 2020; Matušík & Kočí, 2021). Karbon ayak izi, iklim değişikliğine artan ilgiyle bağlantılı olarak 1960'larda ortaya çıkmış (Karwacka vd., 2020), bilimsel tanımı 2006 yılında yapılmış (Chen vd., 2021) ve son zamanlarda muazzam bir popülerlik kazanmıştır (Weidema vd., 2008).

Karbon ayak izi, ekolojik ayak izinin en önemli uzantılarından biridir ve henüz literatürde ortak bir karbon ayak izi tanımı oluşturulmamıştır (Shi & Yin, 2021). Cheng & Liang (2021), karbon ayak izini yaşam döngüsü boyunca insan faaliyetleri veya ürünleri tarafından üretilen sera gazı; Rizan vd., (2020) bir sektör, süreç veya ürün ile ilişkili doğrudan ve dolaylı karbondioksit emisyonunu tahmin eden bir ölçü; Ridhosari & Rahman, (2020) elektrik kullanımı, madencilik faaliyetleri, kağıt ve plastik kullanımı, yiyecek ve içecek süreci gibi bir dizi faaliyetten doğrudan veya dolaylı olarak yayılan toplam CO₂ miktarı; Chen vd., (2021) iklim değişikliğinin yarattığı tehditle başa çıkmak için kamu alanında yaygın olarak kullanılan profesyonel bir terim; Kyoto Protokolü'ne göre ise, kullanım ve bertaraf dahil olmak üzere ürünün yaşam döngüsünden gelen karbondioksit eşdeğeri ve diğer sera gazlarının toplam miktarı olarak tanımlanmıştır (Karwacka vd., 2020).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) 1992; Kyoto Protokolü, 1998; Kopenhag Anlaşması 2009; Doha Değişikliği 2012; Paris Anlaşması 2015, iklim değişikliği ve karbon emisyonlarının azaltılması ile ilgili uluslararası düzeyde önemli beş ana sözleşmedir (Centobelli vd., 2017). UNFCCC'nin nihai amacı, atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarının iklim sistemine tehlikeli antropojenik müdahaleyi önleyecek bir seviyede sabitlenmesini sağlamaktır (<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>, 2021). Kyoto Protokolü'ne göre ülkeler karbondioksit, metan, nitroz oksit, kükürt heksaflorür, perflorokarbonlar ve hidroflorokarbonlar olmak üzere altı önemli sera gazı emisyonunu azaltmalıdır (Shaharudin & Fernando, 2015). UNFCCC'ye taraf olan ülkeler, Kyoto Protokolü'nün halefi için müzakereler yürütmüş ve 2009'da Kopenhag'da 'Kopenhag Anlaşması'nı imzalamıştır. Bu anlaşmanın amacı, ormansızlaşmanın neden

olduğu karbon emisyonlarını azaltmak ve küresel ısınmayı yavaşlatmaya yönelik gelişmekte olan ülkeleri sisteme doğrudan dâhil etmektir (Massai, 2010). Güncellenmiş Kyoto Protokolü eki olan Doha Değişikliği'nde emisyon azaltımı ile ilgili kısıtlamalar sunulmuş, ülkeler yalnızca gelecek toplantılar için katkılarını yoğunlaştırmaya karar vermiştir (Kortetmäki, 2016). Karbon ayak izinin azaltılmasına yönelik küresel ölçekte atılan önemli adımlardan biri de Paris Antlaşması'dır. Aralık 2015'te, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik yeni bir küresel anlaşma olan Paris Antlaşması kabul edilmiştir. Paris Antlaşması'nın iklim hedefi, küresel ortalama sıcaklıktaki artışı 2 °C'nin altında tutmak ve sıcaklık artışını 1,5 °C ile sınırlamaktır (UNFCCC, 2015; Rogelj vd., 2016). Türkiye Paris Antlaşması'nı, 22 Nisan 2016 tarihinde imzalamış; bu kapsamda "Paris Antlaşmasının Onaylanmasının Uygun Bulunduğuna Dair Kanun" 7 Ekim 2021 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/10/20211007-7.pdf>, 2021).

21. yüzyılın başından bu yana, özellikle Çin, Hindistan ve diğer yükselen ekonomilerin fosil yakıt kullanımındaki artış nedeniyle CO₂ emisyonları, önceki yıllara göre istikrarlı bir şekilde artmıştır. Ancak Covid-19 salgını 2020'nin ilk yarısında dünya ekonomisini ve küresel insan faaliyetlerini yavaşlatarak sera gazı emisyonlarındaki bu küresel artışı kesintiye uğratmıştır. 2020'de Çin, Amerika Birleşik Devletleri, AB, Hindistan, Rusya ve Japonya, dünyanın en fazla CO₂ yayan ülkeleri olmuştur. 2020'de yalnızca Çin'in emisyonlarında %1,5 artış olmuş, buna karşılık AB'de %10,6, Amerika Birleşik Devletleri %9,9, Japonya %6,8, Hindistan %5,9 ve Rusya %5,8 olmak üzere emisyonlarını farklı miktarlarda azaltmışlardır. 2021 Dünya Bankası verilerine göre bu ülkeler dünya nüfusun %49,5'ini oluştururken küresel gayri safi yurtiçi hasılanın %61,8'ine sahiptir (Crippa vd., 2021). Hubacek vd., (2017) çalışmasında gelire göre dünya nüfusunun en üstteki %10'luk kesiminin küresel sera gazı emisyonlarının üçte birinden fazlasına neden olduğunu, gelire göre dünya nüfusunun en alttaki %50'lik kesiminin ise küresel emisyonların yalnızca %15'inden sorumlu olduğunu ifade etmiştir.

Literatürde karbon ayak izi çalışmaları iki kategoride incelenmektedir. İlk kategorideki çalışmalar tarım, ulaşım, lojistik, inşaat, sağlık ve kamu politikaları gibi sektörel bazda; ikinci kategorideki çalışmalar ise bireyler, ürünler, işletmeler, şehirler ve ülkeler olmak üzere kişiye ve bölgeye özgü karbon ayak izini incelemektedir (Sun, 2017). Literatürde yer alan çalışmalarda karbon ayak izini hesaplamak için 2 farklı metod kullanılmaktadır. Birincisi bir birimin parasal maliyetini kullanan yukarıdan aşağıya çevresel olarak genişletilmiş girdi-çıkı modeli. Bu model nispeten ucuz ve gerçekleştirilmesi kolaydır; ancak özgünlük ve ayrıntıdan yoksundur. İkincisi tüm bileşen süreçleri hakkında veri toplamayı içeren aşağıdan yukarıya süreç tabanlı yöntemdir. Bu yöntem aynı sektörden kalemler arasında karşılaştırmaya izin vererek, yüksek özgüllükle ayrıntılı analiz sağlamaktadır. Ancak, bu yöntem kaynak yoğundur ve çalışma sınırlarının dikkatli bir şekilde tanımlanması gerekmektedir (Rizan vd., 2020). Her iki yöntemin de kendi içinde sınırları vardır (Wiedmann, 2009).

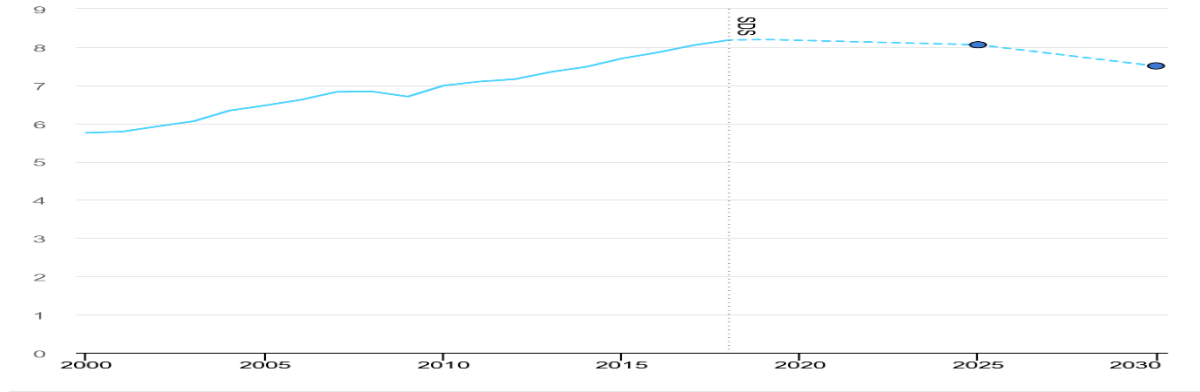
1.2. Lojistik ve Taşımacılığın Karbon Ayak İzi

Karbon ayak izi ile ilgili yapılan çalışmalar, insan davranışlarının iklim değişikliği üzerindeki etkisini canlı bir şekilde ortaya koymaktadır (Shi & Yin, 2021). Çevre sorunlarının gittikçe artan önemi ve insanlarda çevre koruma bilincinin artması lojistik ve taşımacılıkta karbon ayak izi ile ilgili yapılan çalışmaların sayısını da son yıllarda artırmıştır. Merkezi ABD'de bulunan Tedarik Zinciri Yönetimi Uzmanları Konseyi'ne göre, lojistik faaliyetler, bir firmanın karbon ayak izinin yüzde 75'ini oluştururken (Dey vd, 2011), taşımacılık sektörü de en büyük enerji tüketen ve karbon yayan endüstrilerden biri olarak kabul edilmekte ve 2030 yılına kadar sektörün karbon emisyonlarında %30'luk keskin bir artış beklenmektedir (Ma vd., 2018).

Taşımacılık sektörü, yakıtın yanmasından kaynaklanan doğrudan CO₂ emisyonlarının %24'ünden sorumlu iken, karayolu seyahati ulaşımdan kaynaklanan emisyonların dörtte üçünden sorumludur. Bu oranın çoğunu binek araçlar (otomobiller ve otobüsler) oluşturmaktadır. Havacılık sektörü, ulaşım emisyonlarının %11,6'sını; demiryolu seyahati ve yük taşımacılığı, ulaşım emisyonlarının sadece %1'i oluşturmaktadır. Ağırlıklı olarak su, petrol ve gaz gibi maddelerin boru hatlarıyla taşınması olan diğer

ulaşım çeşitleri ise, CO₂ emisyonlarının %2,2'sinden sorumludur (https://iea.blob.core.windows.net/assets/7f8aed40-89af-4348-be19c8a67df0b9ea/Energy_Technology_Perspectives_2020_PDF.pdf, 2021; <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport>, 2021).

Uluslararası Enerji Ajansı (UEA) tarafından sürdürülebilir kalkınma senaryosu altında oluşturulan taşımacılıkta doğrudan CO₂ emisyonlarının yıllara göre gigaton birimi cinsinden değeri aşağıda Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. 2000-2030'da taşımacılığın doğrudan CO₂ emisyonları (Gt/Yıl)
(<https://www.iea.org/reports/tracking-transport-2020>, 2021)

SDS: Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosu

UEA'ya göre, 2070 yılına kadar küresel taşımacılığın iki katına çıkması, araba sahipliği oranının %60 artması ve yolcu ve yük havacılığı talebinin üç katına çıkması beklenmektedir. Bu faktörler kapsamında ulaşım emisyonlarında gelecek yıllarda büyük artışların görüleceği sonucuna ulaşılmaktadır. (https://iea.blob.core.windows.net/assets/7f8aed40-89af-4348-be19c8a67df0b9ea/Energy_Technology_Perspectives_2020_PDF.pdf, 2021; <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport>, 2021).

Karbon ayak izini azaltmaya yönelik olarak Kaack vd., (2018) yük taşımacılığında intermodal taşımacılığı önermiş; Craig vd., (2013) ve Pizzol, (2019) yalnızca karayolunu kullanmak yerine intermodal taşımacılığın kullanılmasının daha düşük karbon ayak izi oluşturduğunu tespit etmiştir. Ercan vd., (2016) ise, toplu taşımada yolcu sayısının artırılması ile gelecekte karbon ayak izinin küçültülebileceğini vurgulamıştır.

Bin vd., (2021) 1 kg meyve ve sebzenin karbon emisyonunun %82'sinin taşıma ve lojistikten kaynaklandığını tespit etmiştir. Li vd., (2016) Çin perakende endüstrisindeki toplam karbon emisyonlarının yaklaşık %60'ının lojistik dağıtım sürecinde oluştuğunu bulmuştur.

Liljestrand vd., (2015) ulaşım ve nakliyede karbon ayak izinin azaltılmasına yönelik karar destek modeli kurmuş; Shaw vd., (2016), düşük karbon ayak izli sürdürülebilir tedarik zinciri modeli tasarlamış; Wang vd., (2018) düşük karbon ayak izli soğuk zincir lojistik dağıtım ağı modeli tasarlamış; Wong vd., (2018) üçüncü taraf lojistik firmalarının karbon ayak izini azaltmaya yönelik karbon odaklı çok kriterli bir model geliştirmiş; Li vd., (2019) karbon ayak izini göz önünde bulundurarak karbon emisyonu maliyetini en aza indiren soğuk zincir lojistiği envanter yönlendirme probleminin için dört model inşa etmiştir. Bununla birlikte Wang vd. (2017) soğuk zincir lojistiğinde karınca kolonisi optimizasyon algoritmasını kullanarak karbon emisyonlarının azaltılabileceğini vurgulamıştır. Literatür incelendiğinde, lojistik ve taşımacılıkta karbon ayak izi ile ilgili çalışmaların sayısının hala sınırlı olduğu görülmektedir (Huang, 2010; Herold & Lee, 2017).

Lojistik ve taşımacılık karbon ayak izi çalışmalarında bir araştırma yöntemi olarak sistemantik literatür taramasına yeterince ilgi gösterilmemiştir. Lojistik ve taşımacılığın karbon ayak izi çalışmalarının kapsamlı bir incelemesi de bugüne kadar yapılmamıştır. Literatürdeki çalışmalar genellikle tek bir konuya odaklanmış ve konuyu parça parça ele almıştır. Bu çalışmada, lojistik ve taşımacılık sektörüne ait karbon ayak izine ilişkin akademik çalışmaların sistemantik incelemesi yapılacak olup, çalışma bu haliyle diğer akademik çalışmalardan farklılaşmaktadır.

2. Araştırma Tasarımı ve Yöntem

Lojistik ve taşımacılığın karbon ayak izine ilişkin sistemantik inceleme, ilgili alandaki akademik bilginin derinliğini gösteren bir sentez ürünüdür (Watson, 2015). Geleneksel literatür taramasından farklı olarak, sistemantik inceleme, araştırmacının kapsamlı mevcut literatürü belirli bir veri tabanından yararlanarak (Web of Science veya Pubmed gibi) eksiksiz ve tarafsız bir şekilde toplamasına, analiz etmesine ve yorumlamasına olanak tanımaktadır (Wang & Notteboom, 2014).

Bu çalışma masa başı araştırma yöntemi kapsamında literatür taramasına dayanmaktadır. Çalışmada Denyer & Tranfield, (2009) tarafından sistemantik literatür taraması yapmak için önerilen beş aşamalı inceleme protokolü kullanılmıştır. İlk adımda araştırma sorusu belirlenmiştir. İkinci adımda veri tabanından kelimelere ve kriterlere göre çalışmalar taranmıştır. Üçüncü adımda çalışmalar manuel olarak taranmış, hariç tutulması gereken çalışmalar çıkarılmıştır. Dördüncü adımda analiz ve son aşamada ise, sonuçların değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

2.1. Araştırma Sorusu

Araştırma sorusu şeffaf ve titiz bir sistemantik literatür taraması yürütmede en önemli husustur. Çünkü bu tür araştırmalar birincil araştırmaların çeşitli yaklaşımları, varsayımları ve metodolojik çıkarımlarını yansıtmaktadır (Lim vd., 2019). Bu kapsamda çalışmanın temel sorusu, aşağıda ifade edilmiştir.

S1: Lojistik ve taşımacılık karbon ayak izinin yapısı, sınırları ve gelişim eğilimi nasıldır?

2.2. Çalışmaları Belirleme

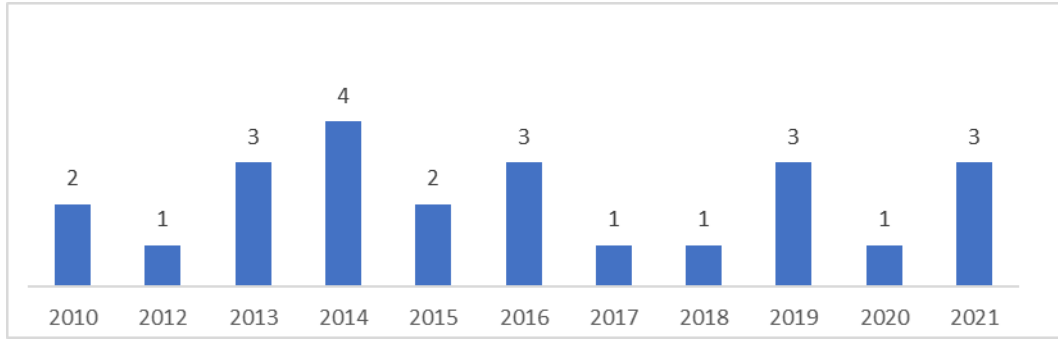
Veriler WoS veri tabanından toplanmıştır. WoS, en eski ve en kapsamlı kayıtlara sahip veri tabanlarından biridir (Ellegaard & Wallin, 2015). Çalışmada belgeler ile ilgili herhangi bir kısıtlamaya gidilmemiş, "logistics carbon footprint" ve "transportation carbon footprint" kelimeleri ile literatür 10 Ocak 2022 tarihinde taranmış ve 373 belgeye ulaşılmıştır.

2.3. Çalışma Seçimi ve Değerlendirmesi

Bu çalışmanın dahil etme ve hariç tutma kriterleri Pittaway vd., (2004) önerdiği gibi çalışmaların başlık, anahtar kelimeler ve özetinin incelenmesine dayanmaktadır. Elde edilen belgelerin başlık, özet ve anahtar kelimeleri incelenerek bu araştırma kapsamında olmadıkları tespit edilen makaleler çalışma dışı bırakılmış olup, sonuçta tespit edilen 24 çalışma incelemeye dâhil edilmiştir.

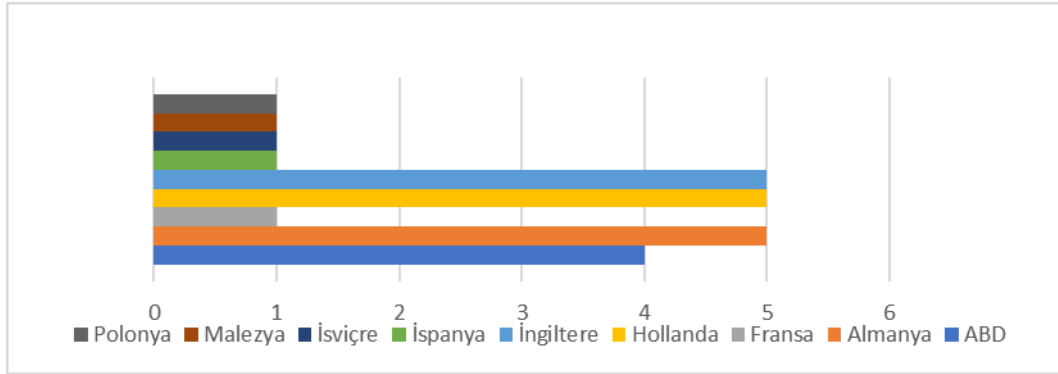
2.4. Analiz

Seçilen 24 çalışmanın yıllara ve ülkelere göre dağılımı, çalışmalarda kullanılan analiz yöntemleri ve çalışmaların tümünün sonuçları şekiller ve tablolar halinde aşağıda verilmiştir.



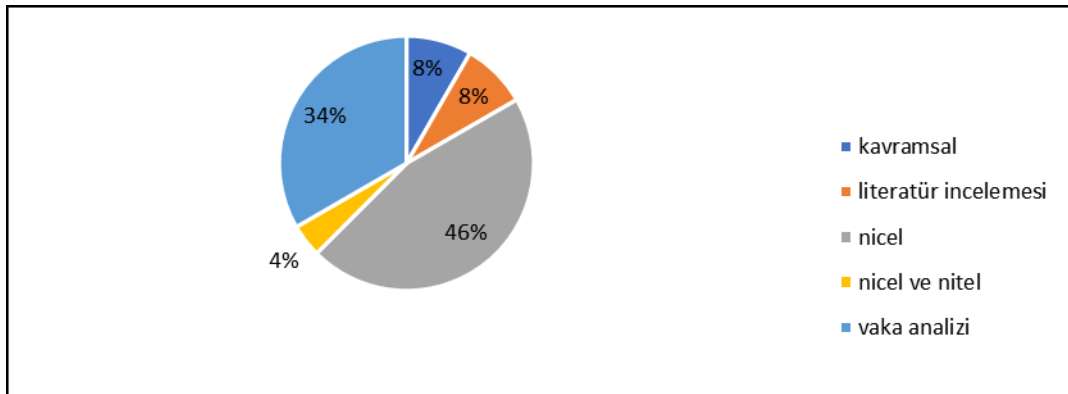
Şekil 2. Yıllara göre yayın sayısı

Lojistik ve taşımacılık karbon ayak izi alanında yayınlanan makalelerinin yıllık sıklığı Şekil 2’ de verilmiştir. Bu kapsamda ilk çalışmaların 2010 yılında yapıldığı tespit edilmiş; 2010 yılından önce herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. 4 adet olmak üzere en çok yayının 2014 yılında yapılmış olduğu, bu yılı 3 adet yayın ile sırayla 2021, 2019, 2016 ve 2013 yılları izlediği tespit edilmiştir. 2010 ve 2015’te 2 yayın, 2020, 2018, 2017 ve 2012 yıllarında 1 adet yayın bulunmuştur.



Şekil 3. Ülkelere göre yayın sayısı

Yayımlanan dergilerin ülkeleri dikkate alınarak oluşturulan Şekil 3’e göre 5 adet makale ile en fazla sayıda yayının Almanya, İngiltere ve Hollanda’da yayınlandığı saptanmıştır. İkinci sırayı 4 adet makale ile ABD alırken, Polonya, Malezya, İsviçre, İspanya ve Fransa 1 adet makale ile üçüncü sırada yer almaktadır.



Şekil 4. Çalışmalarda kullanılan araştırma yöntemleri

Çalışmalarda kullanılan araştırma yöntemlerine bakıldığında, çalışmaların %46’sında araştırma yöntemi olarak nicel analizin kullanıldığı; %34’ünde vaka analizinin; %8’inde literatür incelemesinin ve yine %8’inde kavramsal çalışmaların yapıldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte çalışmaların sadece %4’ünde nicel ve nitel analiz birlikte kullanılmıştır.

Çalışmaya dâhil edilen bütün yayınların sonuçları aşağıdaki Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmaların sonuçları

Sıra	Yazar	Sonuç
1	Piecyk & McKinnon, (2010)	Birleşik Krallığın 2020'deki karayolu yük taşımacılığı karbon ayak izini tahmin etmek için üç farklı senaryo oluşturulmuş, orta vadeli iş senaryosuna göre karayolu yük taşımacılığından kaynaklanan CO ₂ emisyonlarında yaklaşık %10'luk bir marjinal azalma olabileceği, iyimser senaryoya göre CO ₂ emisyonlarının %47 düşebileceği ve kötümser senaryoya göre karayolu taşımacılığı CO ₂ emisyonlarının %56 artabileceği tespit edilmiştir.
2	Leonardi & Browne, (2010)	Denizyolu yük taşımacılığının karbon ayak izini değerlendirmek için bir hesaplama yöntemi geliştirilmiş, Avrupa’da uygulanan vaka analizi sonucu güney yarımküreden ithalat için yapılan en uzun yolculuklardan birinde, farklı gemi ve rotaların kullanılması ile kg başına düşen CO ₂ miktarının azaltılabileceği saptanmıştır.
3	Kannan vd., (2012)	Toplam maliyeti ve lojistik faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonları en aza indirmeyi amaçlayan karbon ayak izi tabanlı, tersine lojistik ağ modeli tasarlanmış, plastik sektöründe bir vaka analizi ile model test edilmiş, sonuçta kullanılmış ürünleri geri kazanarak maliyetleri ve karbon ayak izini değiştirebilen bir model önerilmiştir.
4	Qu & Li, (2013)	Çalışmada üretim lojistik sistemi için bir karbon ayak izi kavramı ortaya konmuş ve üretim lojistik sisteminin karbon ayak izini tahmin etmek için her bir faktör değişiminin karbon ayak izi üzerindeki duyarlılığı incelenmiştir.
5	Konieczny vd., (2013)	Gıda taşımacılığının çevre üzerindeki etkilerini değerlendirmek için karbon ayak izinin etkinliği incelenmiş, sonuçta karbon ayak izinin tedarik zincirinin tüm aşamalarında çevresel etkileri gösterebilecek önemli bir araç olduğu tespit edilmiştir.
6	Jaegler & Gondran, (2013)	Karayolu yük taşımacılığından kaynaklanan CO ₂ emisyonlarının temel nedeni olarak dizel tüketim, kamyon ve depolama hangarları gösterilmiş, EURO 5 motor, EURO 6 motor, eko-tasarımlı lastiklerin karbon emisyonlarını yaklaşık %11 oranında azaltılabileceği vurgulanmıştır.
7	Zhiyong vd., (2014)	Çalışmada karbon emisyon politikasının çoğu ülkede uygulamaya konmadığı, nakliye ve envanteri hesaba katan iki model olan ekonomik sipariş miktarı modeli ve karbon ayak izi modeline göre maliyetler ve karbon emisyonları arasında değiş tokuşun olduğu bulunmuştur.
8	Carrano vd., (2014)	Ahşap palet lojistik operasyonları sırasında ortaya çıkan karbon ayak izini tahmin etmek için bir yaklaşım önerisi sunulmuş, sonuçta paletin dara ağırlığı ve taşıma şekli ile karbon emisyonunun doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir.
9	Chao, (2014)	Hava kargo taşımacılığı sırasında ortaya çıkan karbon emisyonlarını hesaplayan ve karbon vergileri nedeniyle havayolları için ulaşım maliyetlerindeki artışları tahmin eden bir model sunulmuş, sonuçta küçük kargo uçaklarının aynı rotadaki daha büyük muadillerine göre daha az yakıt

		tükettiği ve daha düşük karbon emisyonu ürettiği, hava kargo taşımacılığı maliyetlerinin ortalama taşıma maliyetlerinden ve emisyon ödeneklerinden etkilendiği belirlenmiştir.
10	Guo & Wang, (2014)	Konteyner taşıma sisteminin karbon ayak izi incelenmiş sonuçta ulaşım sisteminde kullanılan rıhtım vinçlerinin karbon emisyonunun en büyük nedeni olduğu ve rıhtım vinçlerinin oluşturduğu karbon salınımını azaltmanın önemi vurgulanmıştır.
11	Tian vd., (2015)	Lojistik karbon ayak izini oluşturan nedenler incelenmiş, lojistik karbon ayak izi modeli oluşturulmuş ve model sayesinde karbon ayak izi sipariş miktarı ve birim zaman başına karbon ayak izi hesaplama formüle edilmiştir.
12	Witting, (2015)	Çalışmada lojistik sektörünün karbon ayak izi değerlendirilmiş, taşıma ve lojistik şirketlerinin CO ₂ tasarrufu yapmaları mevcut stratejileri bırakıp karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik yeni stratejiler geliştirmelerine bağlanmış; ancak bu durumun artan maliyetleri beraberinde getireceği vurgulanmıştır.
13	Saenz vd., (2016)	Elektrik motorlu üç tekerlekli bisiklet lojistik hizmetinin dizel kamyonet hizmetlerinden beş kat daha az CO ₂ emisyonu yaydığı ve üç tekerlekli bisiklet lojistik hizmetinin karbon ayak izinin daha küçük olduğu bulunmuştur.
14	Lewis, (2016)	Küresel tedarik zincirleri boyunca mal taşımacılığı kararlarında çevrenin ve özellikle karbon ayak izinin dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır.
15	Zhang vd., (2016)	Süreç lojistiğinin karbon ayak izini değerlendirmek için sürdürülebilirlik endeksi ortaya konmuş, imalat atölyesinde bir vaka çalışması ile test edilmiş, sonuçta endeks karbon emisyonunun azaltılması ve sürdürülebilir iyileştirme için temel yöntemlerden biri olarak kabul edilmiştir.
16	Sun, (2017)	Tersine lojistik karbon ayak izini etkileyen beş faktör tersine lojistik yoğunluğu, enerji yapısı, enerji verimliliği, tersine lojistik çıktısı ve ürün yeniden üretim oranı olarak sıralanmış, istatistiksel yaklaşımlar ile gelecekte karbon ayak izini azaltmak için daha iyi karar modeli gelişimine olanak sağlanmıştır.
17	Liang & Lee, (2018)	Tersine lojistik faaliyetlerin, atıkların çevresel etkisini ve karbon salınımını önemli ölçüde azaltabileceği, bu sayede karbon emisyonunun kontrol edilebileceği vurgulanmıştır.
18	Val vd., (2019)	Yük taşımacılığında karbon ayak izinin hesaplamasının zor olduğu, ancak emisyonların azaltılmasının hem maliyet tasarrufu sağlayacağı hem de marka imajını geliştirerek dış finansman kaynaklarını çekebileceği vurgulanmış, sıfır emisyon hedefine giden süreci hızlandırmak için eğitim ve öğretim faaliyetlerinin gerekliliği gösterilmiştir.
19	Sarkar vd., (2019)	Akıllı lojistik sistem kullanımı ile karbon emisyonunun etkilenebileceği ve karbon ayak izinin küçültülebileceği girdi-çıkıta analizi ile tespit edilmiştir.
20	Reddy vd., (2019)	Taşıma ve operasyonlardan kaynaklı karbon emisyonlarını dikkate alan tersine lojistik ağ tasarımı için karma tam sayılı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir.
21	Ridhosari &	Universitas Pertamina'nın karbon ayak izi değerlendirilmiş sonuçta

	Rahman, (2020)	üniversitedeki karbon emisyonlarının %92,3'ünü elektriğin, %6,66'sını taşımanın ve %1,04'ünü atık üretiminin oluşturduğu bulunmuştur.
22	Amiruddin vd., (2021)	Tedarik zincirindeki lojistik faaliyetlerde meydana gelecek herhangi bir aksamanın karbon emisyonlarında yaklaşık %18 ile %20 artışa neden olabileceği, bu yüzden lojistik faaliyetlerle ilgili herhangi bir karar verilirken yöneticilere yeşil alternatifler aramaları tavsiye edilmiştir.
23	Aseel vd., (2021)	Sıvılaştırılmış doğal gaz deniz taşımacılığı karbon ayak izinin sistematik olarak ölçülmesi için Monte Carlo simülasyon modeli geliştirilmiş Katar-İngiltere ticareti örnek olay olarak seçilmiş, karbon ayak izini etkileyen en önemli parametreler, buhar işlem günü, gemi tipi ve gemi için kullanılan yakıt olarak sıralanmıştır.
24	Huang vd., (2021)	Petrol ürünleri boru hattı taşımacılığının karbon ayak izini belirlemek için yaşam döngüsü değerlendirme modeli oluşturulmuş, sonuçta karbon ayak izini etkileyen baskın faktörler boru uzunluğu, çapı ve iletim hacmi olarak ortaya konmuştur.

Sistemik literatür taramasının beşinci aşamasını oluşturan sonuçların değerlendirilmesi sonuç bölümünde sunulmuştur.

SONUÇ VE ÖNERİLER:

WoS'ta yayınlanan lojistik ve taşımacılık karbon ayak izi ile ilgili literatürün sistematik bir incelemesi bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Dünya genelinde karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik yapılan baskılar ve düzenlemeler üzerine firmalar karbon ayak izini iş kararlarına dâhil etmişlerdir. Karbon emisyonu yayan sektörlerin başında lojistik ve taşımacılık geldiği için sektörün karbon ayak izini değerlendiren çalışmaların analiz edilmesi oldukça önemlidir.

Literatür taramasının sonuçlarına dayanarak lojistik ve taşımacılık karbon ayak izi ile ilgili şunlar ifade edilebilir:

- Çalışmaların tümü sürdürülebilir stratejiler, yasal düzenlemeler ve müşteri baskısını dikkate alarak lojistik ve taşımacılık karbon ayak izinin incelenmesi ve değerlendirilmesinin önemini kabul etmiştir.
- Shi & Yin, (2021) 2008 yılını karbon ayak izi araştırmalarında ana düğüm noktası olarak ifade etmiş, bu yıldan itibaren konuya ilişkin disiplinler arası çeşitlenme olduğunu vurgulamıştır. Bu çalışmada lojistik ve taşımacılık karbon ayak izi konusunun 2010'dan itibaren çalışıldığı bulunmuştur. Literatür incelemesi sonucu özellikle 2015'te imzalanan Paris Antlaşması ile gelecekte lojistik ve taşımacılık karbon ayak izi alanında yapılacak çalışma sayısının daha da artması öngörülmektedir.
- Çalışmaların çoğu gelişmiş ülkelerde yayınlanmıştır. Gelişmekte olan ülkelere göre, gelişmiş ülkelerde karbon salımı ile ilgili yasal çerçevelerin daha önce belirlenip uygulamaya konması bu ülkelerde lojistik ve taşımacılık karbon ayak izinin daha çok çalışılmasına neden olmuştur.
- Araştırmacıların lojistik ve taşımacılık karbon ayak izi konusunu incelerken ağırlıklı olarak vaka analizleri, model ya da yöntem geliştirmeye odaklandığı tespit edilmiştir. 9
- Lojistik ve taşımacılık karbon ayak izi ile ilgili mevcut literatür, mevcut yasal düzenlemeler ve bunların uygulamaları arasında bir boşluk olduğunu göstermiştir.
- Lojistik ve taşımacılıkta karbon ayak izini etkileyen faktörler ve değerinin nasıl hesaplanacağı ile ilgili çalışmalar yapılmış; ancak konunun yeni olması ve maliyetleri nedeniyle karbon ayak izinin uygulama kısmının sektörde tam olarak oluşturulamadığı bulunmuştur.

Her ülkenin karbon ayak izi konusunda farklı politikaları olması, uluslararası lojistik ve taşımacılığın karbon ayak izinin farklılaşabilmesi ve bu alanda akademik anlamda sınırlı sayıda çalışma olduğu göz önüne alındığında, gelecek yıllarda bu konu ile ilgili özellikle uluslararası kuruluşlar nezdinde bütün ülkelerin uymayı taahhüt edeceği regülatif düzenlemelerin ve akademik çalışmaların yapılabileceği tahmin edilmektedir. Bu çalışma kapsamında lojistik ve taşımacılık karbon ayak izinin sosyal etkilerinin incelendiği bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Lojistik ve taşımacılık karbon ayak izinin sosyal etkilerinin araştırıldığı ve tartışıldığı bir çalışma yapılabilir. Literatür incelemesi sonucunda, lojistik ve taşımacılık karbon ayak izinin ağırlıklı olarak gelişmiş ülkeler açısından değerlendirildiği görülmüştür. Gelecek çalışmalarda sürdürülebilir lojistik ve taşımacılık karbon ayak izi, özellikle gelişmekte olan ülkeler açısından da ele alınabilir.

Son olarak, bu çalışmanın bazı kısıtları söz konusudur. Çalışmanın analizleri ve katkıları, lojistik ve taşımacılık karbon ayak izini kapsayan literatürün azlığı nedeniyle yalnızca 24 akademik çalışmaya dayanmaktadır. Akademik literatür WoS veri tabanı kullanılarak taranmıştır. Hindistan, Brezilya ve Çin gibi ülkelerindeki yeni dergilerin henüz WoS veri tabanında yer almaması (Candel, 2014) nedeniyle lojistik ve taşımacılık karbon ayak izi çalışmalarına batı yarımküreden gelen yayınların hâkim olduğu tespit edilmiştir. WoS hala, dünyadaki en saygın akademik literatür veri tabanlarından biri olarak kabul edilmekle birlikte (Wang & Waltman, 2016); yapılacak yeni çalışmalara Scopus, IEEE Xplore, EBSCO, Google Akademik gibi farklı veri tabanları dâhil edilerek taramanın çerçevesi genişletilip farklı bulgulara ulaşılabilir.

Etik Standart ile Uyumluluk

Çıkar Çatışması: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

Etik Kurul İzni: Bu çalışma için etik kurul iznine gerek yoktur.

Finansal Destek: Yoktur.

KAYNAKÇA:

Amiruddin, S. Z., Hishamuddin, H., Darom, N. A., & Naimin, H. H. (2021). A Case Study of Carbon Emissions from Logistic Activities During Supply Chain Disruptions. *Jurnal Kejuruteraan*, 33(2), 221-228.

Aseel, S., Al-Yafei, H., Kucukvar, M., Onat, N. C., Turkay, M., Kazancoglu, Y., ... & Al-Hajri, A. (2021). A model for estimating the carbon footprint of maritime transportation of Liquefied Natural Gas under uncertainty. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1602-1613.

Bermeo, J. F., Rodríguez, V. M., & Alvarez, M. J. (2018). Carbon footprint in corporate logistics operations in the food sector. *Environmental Quality Management*, 27(3), 135-146.

Bin, L., Jiawei, L., Aiqiang, C., Theodorakis, P. E., Zongsheng, Z., & Jinzhe, Y. (2021). Selection of the cold logistics model based on the carbon footprint of fruits and vegetables in China. *Journal of Cleaner Production*, 130251.

Candel, J. J. (2014). Food security governance: a systematic literature review. *Food Security*, 6(4), 585-601.

Carrano, A. L., Thorn, B. K., & Woltag, H. (2014). Characterizing the carbon footprint of wood pallet logistics. *Forest Products Journal*, 64(7-8), 232-241.

Centobelli, P., Cerchione, R., & Esposito, E. (2017). Developing the WH2 framework for environmental sustainability in logistics service providers: A taxonomy of green initiatives. *Journal of Cleaner Production*, 165, 1063-1077.

- Chao, C. C. (2014). Assessment of carbon emission costs for air cargo transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 33, 186-195.
- Chen, R., Zhang, R., & Han, H. (2021). Where has carbon footprint research gone?. *Ecological Indicators*, 120, 106882.
- Cheng, Y., & Liang, H. E. (2021). Calculation and evaluation of industrial carbon footprint of cotton denim jacket. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 16, 15589250211020387.
- Choudhary, A., Sarkar, S., Settur, S., & Tiwari, M. K. (2015). A carbon market sensitive optimization model for integrated forward–reverse logistics. *International Journal of Production Economics*, 164, 433-444.
- Craig, A. J., Blanco, E. E., & Sheffi, Y. (2013). Estimating the CO2 intensity of intermodal freight transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 22, 49-53.
- Crippa, M., Guizzardi, D., Solazzo, E., Muntean, M., Schaaf, E., Monforti-Ferrario, F., ... & Vignati, E. (2021). GHG emissions of all world countries–2021 Report. *Office of the European Union, Luxembourg*.
- Denyer, D., & Tranfield, D. (2009). Producing a systematic review.
- Dey, A., LaGuardia, P., & Srinivasan, M. (2011). Building sustainability in logistics operations: a research agenda. *Management Research Review*.
- Ellegaard, O., & Wallin, J. A. (2015). The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact?. *Scientometrics*, 105(3), 1809-1831.
- Ercan, T., Onat, N. C., & Tatari, O. (2016). Investigating carbon footprint reduction potential of public transportation in United States: A system dynamics approach. *Journal of Cleaner Production*, 133, 1260-1276.
- Fenner, A. E., Kibert, C. J., Woo, J., Morque, S., Razkenari, M., Hakim, H., & Lu, X. (2018). The carbon footprint of buildings: A review of methodologies and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 1142-1152.
- Ghosh, P., Jha, A., & Sharma, R. R. K. (2020). Managing carbon footprint for a sustainable supply chain: a systematic literature review. *Modern Supply Chain Research and Applications*.
- Guo, Y. C., & Wang, W. Y. (2014). Study on Carbon Footprint of Container Transportation System. In *Advanced Materials Research, Trans Tech Publications Ltd*, 869, 958-962.
- Herold, D. M., & Lee, K. H. (2017). Carbon management in the logistics and transportation sector: An overview and new research directions. *Carbon Management*, 8(1), 79-97.
- https://iea.blob.core.windows.net/assets/7f8aed40-89af-4348-be19c8a67df0b9ea/Energy_Technology_Perspectives_2020_PDF.pdf, (Erişim Tarihi: 10.12.2021).
- <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/10/20211007-7.pdf>, (Erişim Tarihi: 17.12.2021).
- <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport>, (Erişim Tarihi: 08.12.2021).
- <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>, (Erişim Tarihi: 13.12.2021).
- <https://www.iea.org/reports/tracking-transport-2020>, (Erişim Tarihi: 07.12.2021).

- Huang, H. (2010, November). A study of developing Chinese low carbon logistics in the new railway period. In *2010 International Conference on E-Product E-Service and E-Entertainment* (pp. 1-4). IEEE.
- Huang, L., Liao, Q., Yan, J., Liang, Y., & Zhang, H. (2021). Carbon footprint of oil products pipeline transportation. *Science of the Total Environment*, 783, 146906.
- Hubacek, K., Baiocchi, G., Feng, K., Castillo, R. M., Sun, L., & Xue, J. (2017). Global carbon inequality. *Energy, Ecology and Environment*, 2(6), 361-369.
- Jaegler, A., & Gondran, N. (2013, May). How to reduce the carbon footprint of road freight on supply chains? In *2013 International Conference on Advanced Logistics and Transport* (pp. 104-109). IEEE.
- Kaack, L. H., Vaishnav, P., Morgan, M. G., Azevedo, I. L., & Rai, S. (2018). Decarbonizing intraregional freight systems with a focus on modal shift. *Environmental Research Letters*, 13(8), 083001.
- Kannan, D., Diabat, A., Alrefaei, M., Govindan, K., & Yong, G. (2012). A carbon footprint based reverse logistics network design model. *Resources, conservation and recycling*, 67, 75-79.
- Karwacka, M., Ciużyńska, A., Lenart, A., & Janowicz, M. (2020). Sustainable Development in the Agri-Food Sector in Terms of the Carbon Footprint: A Review. *Sustainability*, 12(16), 6463.
- Konieczny, P., Dobrucka, R., & Mroczek, E. (2013). Using Carbon Footprint to Evaluate Environmental Issues Of Food Transportation. *LogForum*, 9(1).
- Kortetmäki, T. (2016). Reframing climate justice: A three-dimensional view on just climate negotiations. *Ethics, Policy & Environment*, 19(3), 320-334.
- Kulkarni, S. D. (2019). A bottom up approach to evaluate the carbon footprints of a higher educational institute in India for sustainable existence. *Journal of cleaner production*, 231, 633-641.
- Leonardi, J., & Browne, M. (2010). A method for assessing the carbon footprint of maritime freight transport: European case study and results. *International Journal of Logistics: research and applications*, 13(5), 349-358.
- Lewis, A. (2016). Towards a Harmonized Framework for Calculating Logistics Carbon Footprint. In *Sustainable Logistics and Supply Chains* (pp. 163-181). Springer, Cham.
- Li, L., Yang, Y., & Qin, G. (2019). Optimization of integrated inventory routing problem for cold chain logistics considering carbon footprint and carbon regulations. *Sustainability*, 11(17), 4628.
- Li, Y., Tan, W., & Sha, R. (2016). The empirical study on the optimal distribution route of minimum carbon footprint of the retail industry. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4237-4246.
- Liang, C. C., & Lee, J. P. (2018). Carbon footprint model for reverse logistics of waste disposal in interior design industry. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*.
- Liljestrand, K., Christopher, M., & Andersson, D. (2015). Using a transport portfolio framework to reduce carbon footprint. *The International Journal of Logistics Management*.
- Lim, S., Pettit, S., Abouarghoub, W., & Beresford, A. (2019). Port sustainability and performance: A systematic literature review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 72, 47-64.

- Ma, F., Wang, W., Sun, Q., Liu, F., & Li, X. (2018). Ecological pressure of carbon footprint in passenger transport: Spatio-temporal changes and regional disparities. *Sustainability*, 10(2), 317.
- Massai, L. (2010). The long way to the Copenhagen accord: Climate change negotiations in 2009. *Review of European Community & International Environmental Law*, 19(1), 104-121.
- Matušík, J., & Kočí, V. (2021). What is a footprint? A conceptual analysis of environmental footprint indicators. *Journal of Cleaner Production*, 285, 124833.
- Piecyk, M. I., & McKinnon, A. C. (2010). Forecasting the carbon footprint of road freight transport in 2020. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 31-42.
- Pittaway, L., Robertson, M., Munir, K., Denyer, D., & Neely, A. (2004). Networking and innovation: a systematic review of the evidence. *International journal of management reviews*, 5(3-4), 137-168.
- Pizzol, M. (2019). Deterministic and stochastic carbon footprint of intermodal ferry and truck freight transport across Scandinavian routes. *Journal of Cleaner Production*, 224, 626-636.
- Qu, X., & Li, B. (2013). An Estimation Method of the Carbon Footprint in Manufacturing Logistics Systems. In LTLGB 2012 (pp. 657-663). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Raza, M. S., Khahro, S. H., Memon, S. A., Ali, T. H., & Memon, N. A. (2021). Global trends in research on carbon footprint of buildings during 1971–2021: a bibliometric investigation. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(44), 63227-63236.
- Reddy, K. N., Kumar, A., & Ballantyne, E. E. (2019). A three-phase heuristic approach for reverse logistics network design incorporating carbon footprint. *International Journal of Production Research*, 57(19), 6090-6114.
- Ridhosari, B., & Rahman, A. (2020). Carbon footprint assessment at Universitas Pertamina from the scope of electricity, transportation, and waste generation: toward a green campus and promotion of environmental sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 246, 119172.
- Rizan, C., Steinbach, I., Nicholson, R., Lillywhite, R., Reed, M., & Bhutta, M. F. (2020). The carbon footprint of surgical operations: a systematic review. *Annals of Surgery*, 272(6), 986-995.
- Rogelj, J., Den Elzen, M., Höhne, N., Fransen, T., Fekete, H., Winkler, H., ... & Meinshausen, M. (2016). Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 C. *Nature*, 534(7609), 631-639.
- Saenz, J., Figliozzi, M., & Faulin, J. (2016). Assessment of the carbon footprint reductions of tricycle logistics services. *Transportation Research Record*, 2570(1), 48-56.
- Sarkar, B., Guchhait, R., Sarkar, M., & Cárdenas-Barrón, L. E. (2019). How does an industry manage the optimum cash flow within a smart production system with the carbon footprint and carbon emission under logistics framework?. *International Journal of Production Economics*, 213, 243-257.
- Shaharudin, M. S., & Fernando, Y. (2015). Low carbon footprint: The supply chain agenda in Malaysian manufacturing firms. In *Promoting Sustainable Practices through Energy Engineering and Asset Management* (pp. 324-347). IGI Global.
- Shaw, K., Irfan, M., Shankar, R. and Yadav, S.S. (2016), Low carbon chance constrained supply chain network design problem: a Benders decomposition based approach, *Computers and Industrial Engineering*, 98, 483-497.

- Shi, S., & Yin, J. (2021). Global research on carbon footprint: A scientometric review. *Environmental Impact Assessment Review*, 89, 106571.
- Sun, Q. (2017). Research on the influencing factors of reverse logistics carbon footprint under sustainable development. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(29), 22790-22798.
- Tian, Z., Huo, L., Shen, G., & Li, Z. (2015). Analysis on the Base Model of Low Carbon Logistics. In LISS 2013 (pp. 509-514). Springer, Berlin, Heidelberg.
- UNFCCC, F. (2015). Historic Paris Agreement on Climate Change—195 Nations Set Path to Keep Temperature Rise Well Below 2 Degrees Celsius.
- Ülkü, M. A. (2012). Dare to care: Shipment consolidation reduces not only costs, but also environmental damage. *International Journal of Production Economics*, 139(2), 438-446.
- Val, S., Royo, B., & Ciprés, C. (2019). Carbon Footprint Accounting in Freight Transport: Training Needs. In *Towards User-Centric Transport in Europe* (pp. 223-236). Springer, Cham.
- Wang, Q., & Waltman, L. (2016). Large-scale analysis of the accuracy of the journal classification systems of Web of Science and Scopus. *Journal of informetrics*, 10(2), 347-364.
- Wang, S., & Notteboom, T. (2014). The adoption of liquefied natural gas as a ship fuel: A systematic review of perspectives and challenges. *Transport Reviews*, 34(6), 749-774.
- Wang, S., Tao, F., & Shi, Y. (2018). Optimization of location–routing problem for cold chain logistics considering carbon footprint. *International journal of environmental research and public health*, 15(1), 86.
- Wang, Y. Q., Zhou, Y., & Zhang, R. (2017). A review of the research methods on influencing factors of carbon emissions and carbon footprint. *Environmental Engineering*, 35, 155-159.
- Watson, R. T. (2015). Beyond being systematic in literature reviews in IS. *Journal of Information Technology*, 30(2), 185-187.
- Weidema, B. P., Thrane, M., Christensen, P., Schmidt, J., & Løkke, S. (2008). Carbon footprint: a catalyst for life cycle assessment? *Journal of industrial Ecology*, 12(1), 3-6.
- Wiedmann, T. (2009). Editorial: carbon footprint and input-output analysis. *Economic Systems Research*, 21, 175-186.
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of 'carbon footprint'. *Ecological economics research trends*, 1, 1-11.
- Witting, H. (2015). Standards as a controlling mechanism: Methods and effects of carbon footprinting in the logistic sector. *Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie*, 59(2), 102-114.
- Wong, E. Y., Tai, A. H., & Zhou, E. (2018). Optimising truckload operations in third-party logistics: a carbon footprint perspective in volatile supply chain. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 63, 649-661.
- Zhang, C. Y., Jiang, P. Y., & Li, W. D. (2016). Sustainability Evaluation of Process Logistics Schemes in Workshop Based on Carbon Footprint and Adaptability. In *Proceedings of the 22nd International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management 2015* (pp. 261-272). Atlantis Press, Paris.
- Zhiyong, T., Lingyu, H., & Guicheng, S. (2014). Carbon footprint and order quantity in logistics. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 7(2), 475-490.