



Denizcilik Araştırmaları Dergisi: Amfora

Journal of Maritime Research: Amphora



Deniz Taşımacılığında Çevresel Etki: Konteyner Limanı Hacimleri ile Karbon Emisyonları Arasındaki İlişkinin Analizi

Environmental Impact of Maritime Transportation: Analysis of the Relationship Between Container Port Volumes and Carbon Emissions

Araştırma Makalesi/ Research Article

¹Atakan YILDIRIM, ²Sayit ÖZBEY, ³İsmet TIKIZ

¹Kocaeli Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Deniz Ulaştırma Mühendisliği Bölümü, ORCID: 0009-0001-1194-4360, Kocaeli/Türkiye, 225116003@kocaeli.edu.tr

²Kocaeli Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği, ORCID: 0000-0002-9782-6997, Kocaeli/Türkiye, sayit.ozbey@kocaeli.edu.tr

³Kocaeli Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği, ORCID: 0000-0003-4477-799X, Kocaeli/Türkiye, ismet.tikiz@kocaeli.edu.tr

Özet:

Deniz taşımacılığı, uluslararası ticaretin temel unsurlarından biri olup, küresel ekonominin sürdürülebilirliğinde kritik bir rol oynamaktadır. Deniz taşımacılığı, karbon emisyonları nedeniyle çevresel sürdürülebilirlik için bir sorun teşkil etmektedir. Özellikle Avrupa ve çevresindeki stratejik bölgelerde faaliyet gösteren konteyner limanları, emisyonların önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu çalışma, Avrupa ve çevresindeki stratejik öneme sahip ülkelerdeki konteyner limanı hacimlerinin toplam CO₂ emisyonlarına etkisini istatistiksel yöntemlerle kapsamlı bir şekilde analiz etmektedir. Elde edilen verilere göre, CO₂ emisyonlarının ortalama değeri 6.719.183,4 ton, standart sapması ise 10.204.906,2 ton olarak tespit edilmiştir. Konteyner limanı hacmi ise ortalama 4.067.930,54 TEU olarak belirlenmiştir. Verilerin normallik varsayımını karşılamaması sebebiyle, Spearman korelasyon analizi tercih edilmiş ve analizler SPSS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Parametrik olmayan Spearman korelasyon analizi sonuçları, konteyner limanı hacimleri ile toplam CO₂ emisyonları arasında orta düzeyde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki ($\rho = 0,621$, $p < 0,001$) olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, liman operasyonlarının yoğunluğunun karbon emisyonları üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma, deniz taşımacılığında sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği politikalarının önemini vurgulamakta olup, IMO'nun MARPOL Ek VI düzenlemeleri doğrultusunda çevresel hedeflere ulaşılmasına katkı sağlayabilecek somut bir yol haritası sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Deniz taşımacılığı, çevresel etki, karbon emisyonları, konteyner limanı hacmi, Spearman korelasyonu, SPSS.

Abstract:

Maritime transportation is a key element of international trade and plays a critical role in the sustainability of the global economy. Maritime transportation poses a challenge for environmental

sustainability due to carbon emissions. Especially container ports operating in strategic regions in and around Europe account for a significant share of emissions. This study comprehensively analyzes the impact of container port volumes on total CO₂ emissions in strategically important countries and around Europe using statistical methods. According to the data obtained, the mean value of CO₂ emissions is 6,719,183.4 tons and the standard deviation is 10,204,906.2 tons. Container port volume is determined as 4,067,930.54 TEU on average. Since the data did not meet the normality assumption, Spearman correlation analysis was preferred and the analysis was carried out using SPSS software. The results of the nonparametric Spearman correlation analysis showed that there is a moderate positive and statistically significant relationship ($\rho = 0.621$, $p < 0.001$) between container port volumes and total CO₂ emissions. These findings reveal that the intensity of port operations has a significant impact on carbon emissions. The study emphasizes the importance of sustainability and energy efficiency policies in maritime transport and provides a concrete roadmap that can contribute to achieving environmental targets in line with IMO's MARPOL Annex VI regulations.

Keywords: Maritime transport, environmental sustainability, carbon emissions, container port volume, Spearman correlation, SPSS analysis, IMO MARPOL regulations.

1. Giriş

Deniz araçlarının hareket ettikleri güzergâh, denizyolu olarak adlandırılmaktadır (Ksciuk vd., 2023). İnsanların ve yüklerin gemi, vapur gibi deniz araçları kullanılarak bir limandan başka bir varış limanına taşınması ise denizyolu taşımacılığı olarak tanımlanmaktadır (A. umut Unal vd., 2022). Bu taşımacılık türü, büyük hacimli ve düşük değere sahip ürünler (ör. kimyasal maddeler, yağlar, metal parçaları), tekerlekli araçlar, konteynerler, canlı hayvanlar ve soğuk zincir ürünlerinin taşınmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Bartulović vd., 2022; Ferrari vd., 2023; Rodrigue, 2017).

Uluslararası bir faaliyet alanına sahip olan denizyolu taşımacılığı, siyasi, ekonomik ve teknolojik gelişmeler (Eyit vd., 2022) gibi uluslararası dinamiklerden hızlı bir şekilde etkilenmektedir (Bach vd., 2020) . Bununla birlikte, denizyolu taşımacılığının önemli bazı avantajları bulunmaktadır (Fratila vd., 2021; Lau vd., 2024). Denizyolu taşımacılığı, etkinliği, düşük maliyeti ve yüksek güvenlik seviyeleriyle diğer taşımacılık yöntemlerine kıyasla önemli avantajlar sunmaktadır (Benamara vd., 2019). Bu taşımacılık yöntemi, uluslararası ve kıtalararası taşımacılık faaliyetlerinde diğer yöntemlere göre daha etkili ve ekonomik olup, büyük hacimli yüklerin taşınabilmesi ve düşük enerji tüketimi sayesinde en ekonomik seçeneklerden biri olarak kabul edilmektedir (Psaraftis & Kontovas, 2010). Ayrıca, sanayi hammaddesi gibi büyük hacimli yüklerin tek seferde taşınması maliyetleri düşürmekte ve taşıma sürecini daha verimli hale getirmektedir (Caliskan & Ozturkoglu, 2016). Denizyolu taşımacılığı, uluslararası sulara yapılan taşımalar sayesinde yük ve yolcu güvenliği açısından da önemli avantajlar sunarak, taşımacılık süreçlerini daha güvenli kılmaktadır (Doğan, 2018; Kurt, 2007; Usluer, 2024; Yıldız, 2022):

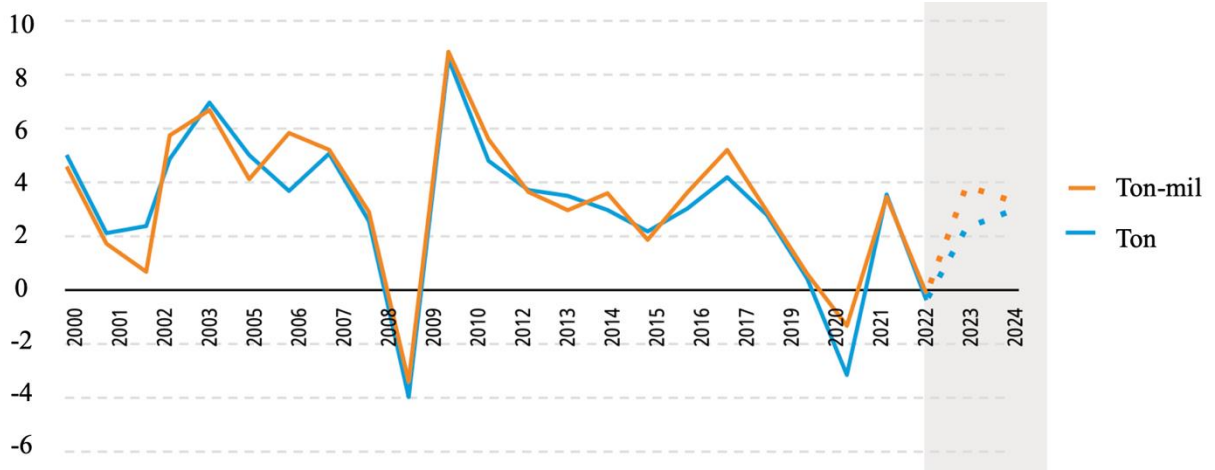
Denizyolu taşımacılığı, ekonomik avantajları ve güvenlik sağlaması gibi birçok fayda sunsa da, bu avantajların yanı sıra bazı önemli dezavantajlar da taşımaktadır (Akkartal, 2022; Aminzadegan vd., 2022). Özellikle, taşıma hızının düşük olması ve altyapı sınırlamaları bu dezavantajların başında gelmektedir. Aynı zamanda denizyolu taşımacılığında kullanılan araçlar, diğer yöntemlere göre daha düşük hızda çalışmakta ve bu durum taşıma sürelerini uzatmaktadır (Psaraftis & Kontovas, 2013). Deniz taşımacılığı, küresel ekonomide kilit bir rol oynamakta ve malların kıtalar arasındaki büyük mesafeler boyunca taşınmasını sağlamaktadır. Dünya Ticaret Örgütü verilerine göre, deniz taşımacılığı küresel uluslararası ticaretin yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır (Oğuz, 2024; Özbey & Tıkız, 2024). Bu bağlamda, deniz taşımacılığının ekonomik avantajları kadar çevresel etkileri de önemli bir inceleme konusu haline gelmiştir.

Son yıllarda, deniz taşımacılığının çevresel etkileri üzerine yapılan çalışmalarda, liman operasyonlarının karbon emisyonları üzerindeki etkisine odaklanılmıştır. Örneğin, Psaraftis ve Kontovas (2010), deniz taşımacılığının ekonomik ve çevresel performans dengesini ele almış ve liman operasyonlarının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki önemini vurgulamıştır. Ayrıca, Halff vd. (2019) çalışmalarında, IMO'nun sülfür sınırlamaları gibi düzenlemelerinin emisyon azaltımı üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Benamara vd. (2019) ise, liman operasyonlarının enerji verimliliğini artırma ve emisyonları azaltma potansiyeline dikkat çekmiştir. Bunun yanı sıra, Nusa & Kodak (2023), deniz taşımacılığının diğer taşımacılık türleri ile karşılaştırılabilir olarak daha çevreci olduğunu, ancak yoğun liman operasyonlarının emisyonları artırdığına işaret etmiştir. Konteyner limanlarındaki operasyonlar sonucunda salınan emisyonların çevresel etkileri, denizcilik sektöründe giderek daha da fazla tartışılmaktadır. Literatürde, denizcilik sektörünün emisyonlarına yönelik birçok çalışma yapılmış olsa da bu çalışmalar genellikle gemi tiplerine odaklanmış ve liman operasyonlarının etkilerini sınırlı bir şekilde ele almıştır. Özellikle Avrupa ve çevresindeki stratejik öneme sahip konteyner limanlarının emisyonlara katkısını analiz eden çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Mevcut çalışmalar, limanların toplam karbon emisyonlarındaki payını ayrıntılı bir şekilde ele almak yerine, sektörel bazda genel analizlerle sınırlı kalmıştır. Bu bağlamda, konteyner limanlarının operasyonel hacimlerinin ve bu hacimlerin CO₂ emisyonlarına etkilerinin doğrudan ilişkilendirildiği bilimsel bir boşluk bulunmaktadır. Bu çalışmada, bu boşluğu doldurmayı hedefleyip, Avrupa ve çevresindeki stratejik konteyner limanlarının operasyonel büyüklükleri ile toplam CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi analiz ederek liman bazlı emisyonların ilk kez doğrudan veri analizine dayalı olarak ele alınacak ve bu ilişkinin daha

sürdürülebilir liman operasyonları geliştirilmesi için temel bir referans oluşturmasına katkı sağlanacaktır. Bahse konu bu analiz parametrik olmayan Spearman korelasyon analiziyle SPSS yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Tanımlayıcı istatistikler ve analiz sonuçları, liman operasyonlarının karbon emisyonları üzerindeki etkilerini anlamak ve çevresel sürdürülebilirlik stratejilerine yön vermek için önemli bir temel sunmaktadır.

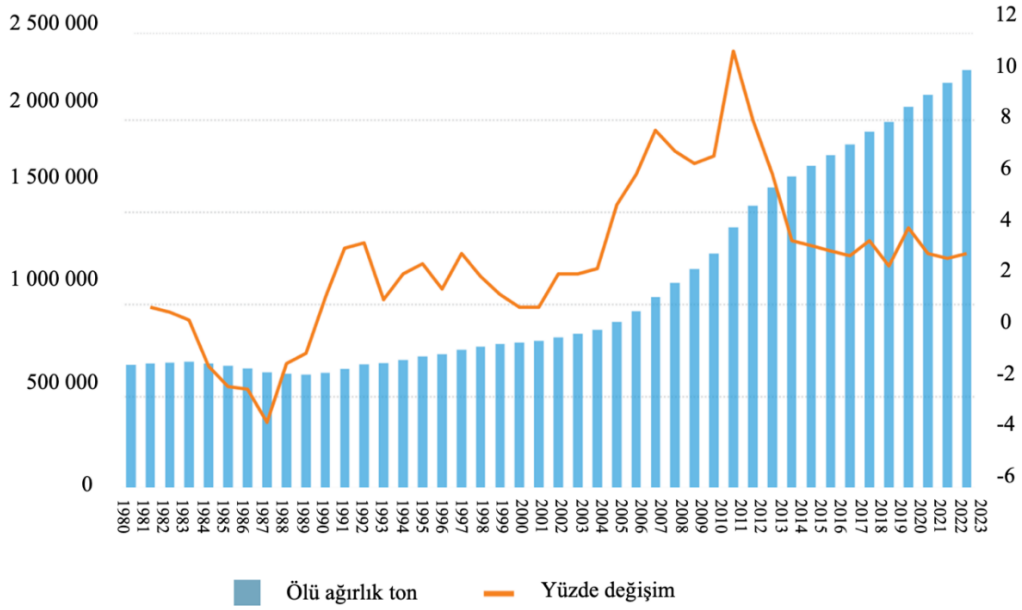
1.1. Dünya’da ve AB’de Denizyolu Taşımacılığı

Öncelikle, küresel düzeyde deniz ticaretinin büyüme oranlarına değinmek gerekirse; Şekil 1’de gösterildiği üzere 2022 yılının başlarından itibaren deniz ticareti, özellikle de kuru yük ve tanker sevkiyatları Ukrayna'daki savaştan etkilenmiştir. Ukrayna'daki savaş, nakliye modellerinde değişikliklere yol açmış ve başta petrol ve tahıl olmak üzere emtia için kat edilen mesafeleri artırmıştır. Bu değişiklikler, deniz taşımacılığı maliyetlerini yükseltirken sektördeki çevresel etkileri de artırmıştır (UNCTAD, 2023).



Şekil 1. Deniz ticaretindeki büyüme, ton ve ton-mil, 2000-2024 (Yıllık yüzde değişim) (UNCTAD, 2023)

Aynı zamanda Şekil-2’de sunulan tablodan anlaşılacağı gibi Ocak 2023 itibariyle dünya filosu 100 gross tonaj ve üzeri 105.493 gemiden oluşmaktadır. 2022 yılında kapasite yıllık %3,2 oranında artmış ve toplam tonaj 2,27 milyar dead weight tona (DWT) ulaşmıştır. Yıllık yüzde değişim, filo büyümesinin hızını değerlendirirken, toplam DWT kapasitesi deniz taşımacılığındaki genişlemeyi ifade etmektedir. Avrupa Birliği ise, iki okyanus ve dört denizle çevrili olup, 68.000 kilometrelik kıyı şeridinde sahiptir. Bu coğrafi avantaj sayesinde, Avrupa’nın dış ticaretinin %90’ı ve iç ticaretinin %40’ı denizyolu taşımacılığıyla sağlanmakta olup, bu durum sektörün ekonomik ve lojistik açıdan hayati önemini ortaya koymaktadır (Calik, 2008).



Şekil 2. Dünya filosu, 1980-2023 (Bin ölü ağırlık ton ve yıllık yüzde değişim) (UNCTAD, 2023)

Ancak son yıllarda, COVID-19 pandemisi, Ukrayna savaşı ve iklim değişikliği gibi küresel olaylar, deniz taşımacılığını derinden etkilemiş ve sektörün sürdürülebilirliğini sağlamak için yeni stratejilerin uygulanması gerektiğini ortaya koymuştur. Bu olaylar, aynı zamanda deniz taşımacılığında çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmanın zorluklarını da gözler önüne sermektedir (Lee, 2023; UNCTAD, 2023). Bu bağlamda, çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik uluslararası düzenlemeler ve politikalar, sektörel dönüşümün temelini oluşturmalıdır. Günümüzde küresel denizcilik, artan ticaret politikası ve jeopolitik gerginlikler de dahil olmak üzere birden çok zorlukla karşı karşıya kalmaya devam etmektedir. Ayrıca bu sektör, sürdürülebilir bir geleceğe geçiş yapmayı, karbonsuzlaştırma hareketini ve dijitalleşmeyi benimsemeye yönelik bir perspektife doğru ilerlemektedir. Kuşkusuz sektörün önündeki en önemli zorluk, bu sektörün bir yandan ekonomik büyümeyi sürdürürken bir yandan da karbonsuzlaşmaya doğru dönüştürücü bir yolculuğa çıkması gerektiğidir. Çevresel sürdürülebilirlik, mevzuata uyum ve ekonomik taleplerin dengelenmesi, müreffeh, eşitlikçi ve güçlü bir deniz taşımacılığı geleceği için hayati öneme sahiptir.

Veri analizi aşamasında da değerlendirilen deniz ulaştırma sektöründe pandemi öncesi dönem olan 2019 yılı, pandemi sonrası ve 2022 yılına kadar ulaşım/seyahat gibi yoğun enerji tüketimi olan hizmetlere yapılan harcamalar kademeli olarak toparlanmış ve buna karşılık, konteyner ve kuru yük sevkiyatları 2022 yılında gerilemiştir (Şekil-1). Zayıflayan konteyner ticareti, küresel

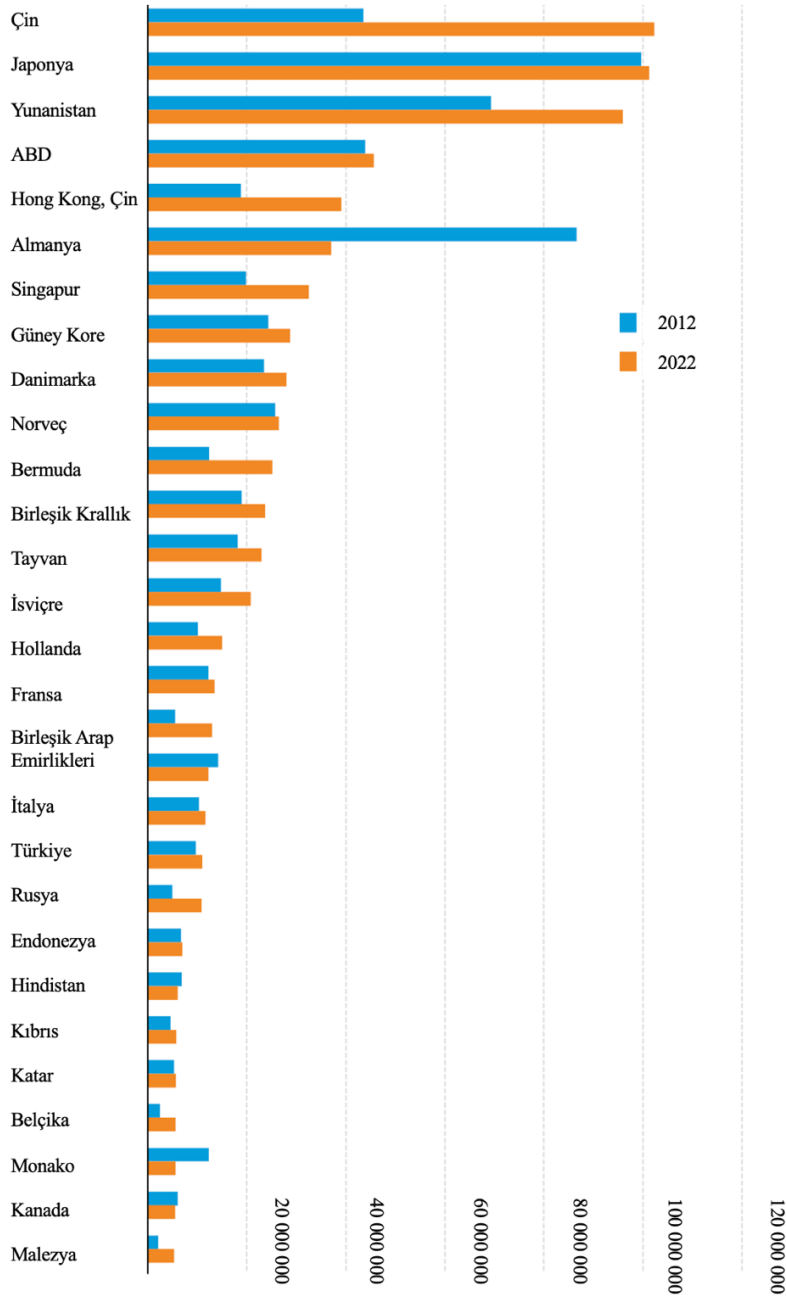
ekonomik büyümedeki yavaşlamayı ve COVID-19 salgını sırasındaki olağandışı artıştan sonra talebin normalleşmesini yansıtmaktadır (UNCTAD, 2023).

Yıllar boyunca, küresel filo kapasitesindeki genişleme, denizcilik, gemi inşası ve finansman alanlarındaki iş çevrimlerini ve eğilimleri yansıtarak inişli çıkışlı bir seyir izlemiştir. 2005 ve 2010 yılları arasında, küresel ölü ağırlık tonajındaki yıllık ortalama büyüme yüzde 7,1 ile güçlü bir seyir izlemiştir. Ancak, 2007-2008 mali krizini yansıtan büyüme, diğer faktörlerin yanı sıra gemi inşasındaki konsolidasyon ve gemi finansmanı piyasasındaki küçülme nedeniyle 2011-2023 yılları arasında ortalama yüzde 4,9'a yavaşlamıştır. Pandemiden bu yana, filo büyümesi yavaşlamış ve yıllık ortalama %3,1 seviyesinde gerçekleşmiştir (Şekil-2). Dünya deniz ticaretinin büyümesi ve deniz filosunun büyüklüğündeki yıllık değişimler, deniz taşımacılığının çevresel etkilerinin daha kapsamlı bir şekilde analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda, denizcilik sektörünün sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmasında önemli bir role sahip olan MARPOL Sözleşmesi, çevresel etkilerin etkin bir şekilde yönetilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu kapsamda; bir sonraki bölümde, MARPOL Sözleşmesi'nin amacı ve kapsamı ile deniz taşımacılığında çevresel sürdürülebilirliğe katkıları detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

2. Deniz Taşımacılığı ve Küresel Sürdürülebilirlik: Çevresel Etkiler ve Düzenleyici Çerçeve

2.1 MARPOL - Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi Uluslararası Sözleşmesi

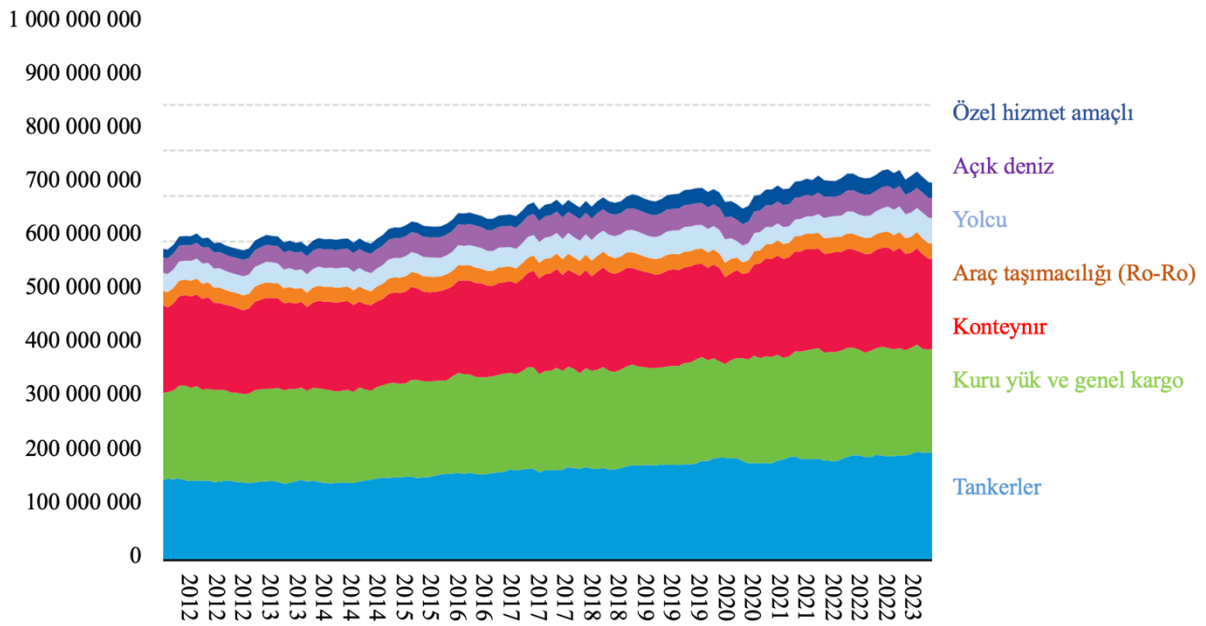
MARPOL, uluslararası denizcilikle ilgili en önemli yasal düzenlemelerden biridir ve deniz taşımacılığının çevresel etkilerini en aza indirme amacı taşımaktadır. Bu kapsamda, IMO'nun MARPOL Ek VI düzenlemeleri, enerji verimliliğini artırmayı ve sera gazı emisyonlarını azaltmayı hedefleyen küresel bir çerçeve sunmaktadır. Uluslararası deniz taşımacılığı, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %3'ünden sorumlu olduğundan, bu düzenlemeler denizcilik sektöründe karbonsuzlaştırma hareketini öncelikli bir gereklilik haline getirmiştir (IMO, 2020). Sektörün bu hedeflere ulaşabilmesi için Enerji Verimliliği Mevcut Gemi Endeksi (EEXI) ve Karbon Yoğunluğu Göstergesi (CII) gibi kısa vadeli tedbirler geliştirilmiş ve 2023 itibarıyla uygulanmaya başlanmıştır. Bu girişimlerin bir devamı olarak, Temmuz 2023'te IMO, Revize Sera Gazı Azaltma Stratejisini kabul etmiş ve deniz taşımacılığında çevresel sürdürülebilirlik için önemli bir adım atmıştır. Bu strateji, enerji verimliliği artırıcı önlemlerin yanı sıra sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik uzun vadeli hedefleri desteklemektedir (UNCTAD, 2023).



Şekil 3. Karbondioksit emisyonları, ton, ana ekonomilerine göre, 2012-2022
(UNCTAD, 2023)

Şekil 3'te karbon emisyonlarındaki eğilimleri, ana sahiplik ekonomisine dayalı olarak göstermektedir. 2012 ve 2022 yılları arasında, en büyük üç armatörlük ekonomisi olan Çin, Japonya ve Yunanistan'ın karbondioksit emisyonlarındaki payı artmıştır. Ayrıca bu bilgilere ek olarak Şekil 4'te ana gemi türlerine göre karbondioksit emisyonları gösterilmiştir. Şekil 4'te Ocak 2012 ile Mart 2023 tarihleri arasında farklı gemi türlerinin karbon dioksit (CO₂)

emisyollarını ton cinsinden göstermektedir. Gemi türleri farklı renklerle belirtilmiştir ve yatay ekseninde yıllar, dikey ekseninde ise emisyon miktarları yer almaktadır. Ocak 2012'den Mart 2023'e kadar toplam emisyonlarda düzenli bir artış gözlemlenmektedir. Özellikle konteyner, tanker ve kuru yük gemilerindeki emisyon artışı dikkat çekicidir. COVID-19 pandemisi (2020-2021 yılları) sırasında bazı gemi türlerinin emisyonlarında hafif bir yavaşlama gözlemlenebilir, ancak toplamda artış trendi devam etmiştir.



Şekil 4. Ana Gemi Türlerine Göre Karbondioksit Emisyonları, ton, Ocak 2012-Mart 2023 (UNCTAD, 2023)

MARPOL Sözleşmesi'nin denizcilik sektöründeki karbonsuzlaştırma ve sera gazı emisyonlarını azaltma hedefleri, Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 20 Mart 2023 tarihinde yayınlanan son raporundaki "hızlı, derin ve sürekli emisyon azaltımı" çağrısıyla doğrudan ilişkilidir (Lee, 2023). Dünya yüzey sıcaklığı son 100 yılda yaklaşık 0,6°C artarken, 2011-2020 döneminde bu artış, 1850-1900 yıllarına göre 1,09°C'ye ulaşmıştır. Özellikle kara alanlarında (1,59°C) ve okyanuslarda (0,88°C) artışlar gözlemlenmiştir. Küresel yüzey sıcaklığındaki bu artış, 1970'ten bu yana son 2000 yılın en hızlı yükselişi olarak kaydedilmiştir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) organlarına göre, önlemler alınmazsa dünya yüzey sıcaklığının 2100 yılına kadar 1,8°C ila 4°C aralığında artması değerlendirilmektedir. Bu eğilim, son 10.000 yıl içindeki herhangi bir yüzyıllık dönemden daha ciddi bir tehdide işaret etmektedir ve uluslararası düzenlemelerin hayati önemini ortaya

koymaktadır (Lee, 2023). Bugün dünya toplumu, atmosferik hava kirliliğinin önlenmesi sorununa özel bir önem atfetmektedir. 1997 yılında, BM İklim Değişikliği Sözleşmesi çerçevesine ek bir anlaşma olan Kyoto Protokolü kabul edilmiştir. Protokol, özellikle karbondioksit (CO₂) olmak üzere sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik bir çerçeve prosedür sunmaktadır. Küreselleşen dünya ekonomisiyle birlikte taşımacılık talebi sürekli artmakta, bu sektörün temelini oluşturan makinelerin fosil yakıtlara büyük oranda bağımlı olması ise sera gazı emisyonlarının yükselmesine neden olmaktadır (Raihan, 2023). Bu durum, başta küresel ısınma, iklim değişikliği ve okyanus asitlenmesi gibi ciddi çevresel sorunları beraberinde getirmektedir. Bununla birlikte, taşınan birim yükün her tonunun bir milde ürettiği karbondioksit emisyonu dikkate alındığında, denizyolu taşımacılığı en çevreci ulaşım yöntemi olarak öne çıkmaktadır (Nusa & Kodak, 2023).

2.1.1 Deniz Taşımacılığında Karbon Ayak İzi

Denizcilik, sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği tartışmalarının ön saflarında yer almaktadır ve Uluslararası denizcilik, tüm küresel sera gazı emisyonlarının yüzde 2,8'inden sorumludur. Daha fazla önlem alınmazsa, sektörden kaynaklanan karbondioksit (CO₂) emisyonlarının 2050 yılına kadar 2008 emisyon değerlerinin yüzde 90-130'una yükseleceği tahmin edilmektedir [IMO], 2020). Denizciliğin kendi faydalarını aşındırmaması için, özellikle de denizciliğe olan talep yıllar içinde yakıt verimliliği iyileştirmelerinden daha hızlı büyüdüğü için, denizcilikte karbonsuzlaştırma hedeflerinin yaygınlaştırılması acil bir öncelik durumuna gelmiştir. İçinde bulunduğumuz yüzyılın sonuna kadar, IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)'nin orta düzey emisyon senaryosunda 2,7°C'lik küresel ısınma "çok muhtemel" olarak kabul edilirken, çok yüksek sera gazı emisyon senaryosunda bu değer 3,3°C-5,7°C arasında değişmektedir (Lee, 2023). Ayrıca, yıllık UNCTAD - Review of Maritime Transport raporları (UNCTAD, 2023), deniz taşımacılığı piyasasının halen gelişmekte olduğunu ve şu anda olduğundan daha yoğun enerji içeren bir sektör haline geleceğini göstermektedir (A. U. Unal vd., 2022).

2.1.2 Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) ve Küresel İklim Hedefleri

Deniz ulaştırma endüstrisinden kaynaklı karbondioksit (CO₂) emisyonlarının azaltılması, global çevreye olan etkileri nedeniyle kritik bir öneme sahiptir (Kwilinski vd., 2024). Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), gemilerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması ve azaltılması için etkili düzenlemeler geliştirmektedir. Bu kapsamda

MARPOL ve SOLAS, denizcilik sektöründe çevre koruma ve güvenlik alanında önemli araçlar olarak kabul edilmektedir.

IMO'nun düzenleyici organı olan Deniz Çevresini Koruma Komitesi (MEPC), enerji verimliliğini artırmak ve emisyonları azaltmak amacıyla MARPOL Ek-VI kapsamında Enerji Verimliliği Tasarım Endeksi (EEDI) ve Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı (SEEMP) gibi mekanizmalar geliştirmiştir (Kizielewicz, 2022; Stec vd., 2021; Tokuşlu, 2020).

2020 yılında yürürlüğe giren düzenleme ile deniz yakıtlarında sülfür sınırı %3,5'ten %0,5'e düşürülmüş, bu da emisyonların azaltılmasına yönelik önemli bir adım olmuştur (Halff vd., 2019)). IMO'nun hedefleri arasında, 2030 yılına kadar CO₂ eşdeğeri (çeşitli sera gazlarının iklim etkilerini standartlaştırmak için kullanılan bir ölçü birimi) emisyon yoğunluğunu %40, 2050 yılına kadar ise %70 oranında azaltmak yer almaktadır (Serra & Fancello, 2020). Ancak, şu anda yaygın olarak kullanılan geleneksel yakıtlar (HFO, MDO ve MGO) bu hedefleri karşılamamaktadır. Dolayısıyla, daha temiz yakıt alternatiflerine geçiş yapılması, sektörün kısa ve uzun vadeli hedeflere ulaşabilmesi için kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır (Al-Douri vd., 2022).

Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün (IMO) Deniz Çevresi'nin Korunması Komitesi'nin 18-22 Mart 2024 tarihleri arasında düzenlenen 81. Oturumu (MEPC81)'nda gemilerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik çalışmalarını yoğunlaştırmasının yanı sıra, IMO Deniz Güvenliği Komitesi de çalışma programına "Yeni teknolojiler ve alternatif yakıtlar kullanan gemilerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasını destekleyecek bir güvenlik düzenleyici çerçevenin geliştirilmesi" konuları görüşülerek MARPOL Ek VI'ya yönelik düzenlemeler ve yeni enerji verimliliği yönetmelikleri kabul edilmesi sektör adına olumlu bir gelişme olarak değerlendirilmektedir.

3. Materyal ve Yöntem

3.1. Çeşitli Ülkelerin Konteyner Limanı Hacmi/CO₂ Emisyonları İlişkisinin SPSS Statistics Programı ile Veri Analizi

IMO'nun MARPOL Ek VI kapsamındaki düzenleyici tedbirleri, gemilerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik küresel çabaların önemli bir parçasıdır. Ancak, bu düzenlemelerin etkilerinin ölçülmesi ve emisyon verilerinin detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Avrupa ve çevresindeki stratejik öneme sahip ülkelerin

konteyner limanı hacimleri ile toplam CO₂ emisyonları arasındaki ilişki, SPSS Statistics programı kullanılarak analiz edilmiştir. Veri analizi süreci, aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

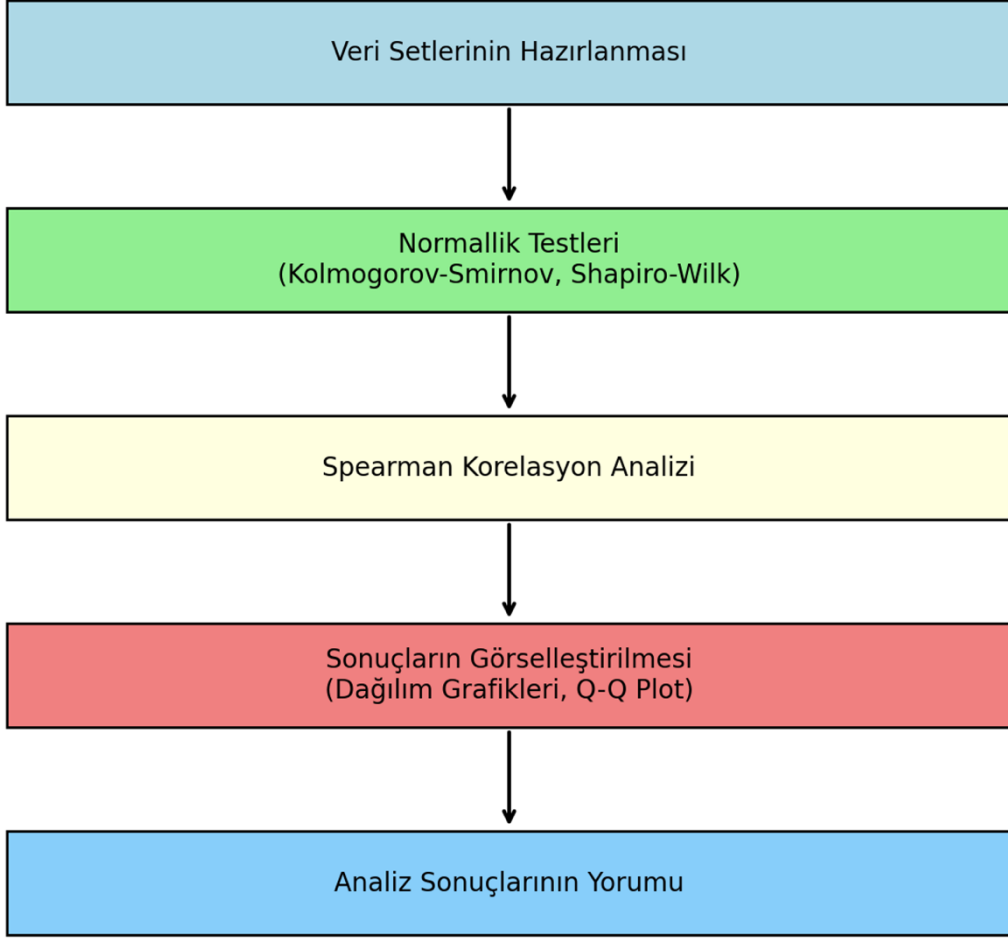
Veri Setlerinin Hazırlanması: Çalışmada kullanılan veri setleri OECD ve Eurostat'tan temin edilmiş olup, analiz için gerekli biçimde düzenlenmiştir. Veriler, konteyner limanı hacimlerini ve toplam CO₂ emisyon değerlerini kapsamaktadır.

Normallik Testleri: Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri uygulanarak verilerin normallik varsayımına uygunluğu değerlendirilmiştir. Normallik varsayımını karşılamayan veriler, istatistiksel olarak uygun analiz yöntemlerinin seçilmesi adına parametrik olmayan Spearman korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir.

Spearman Korelasyon Analizi: Parametrik olmayan Spearman korelasyon analizi ile konteyner limanı hacimleri ve toplam CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Bu yöntem, verilerin normallik varsayımını sağlamadığı durumlarda kullanılmaktadır.

Sonuçların Görselleştirilmesi: Elde edilen analiz sonuçları, dağılım grafikleri ve Q-Q plotlar kullanılarak görselleştirilmiştir. Bu görseller, veri ilişkilerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır.

Analiz Sonuçlarının Yorumu: Analiz sonuçları, istatistiksel değerler (örneğin, Spearman's rho ve p-değeri) üzerinden yorumlanmış ve konteyner limanı hacimlerinin emisyon seviyelerine etkisi değerlendirilmiştir.



Şekil 5. Veri Analizi Akış Diyagramı

Yukarıda açıklanan veri analizi süreci, Şekil 5'te gösterilen akış diyagramı ile özetlenmiştir. Bu diyagram, analiz sürecinin her bir adımını detaylı bir şekilde sunarak, yöntemin daha kolay anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. 2008-2022 yılları arasını kapsayan veri seti ile, deniz taşımacılığı sektörünün çevresel etkilerinin kapsamlı bir şekilde analiz edilmesine olanak tanımaktadır. Analiz kapsamında Avrupa ve çevresindeki stratejik öneme sahip ülkeler yer almıştır. Bu ülkelerin seçilmesinde, hem deniz taşımacılığındaki yüksek aktivite düzeyi hem de çevresel sürdürülebilirlik politikalarının bölgesel farklılıklar göstermesi gibi nedenler etkili olmuştur.

Avrupa Denizcilik Ağı ve Stratejik Önemi: Bu ülkeler, Avrupa'nın önemli deniz ticaret rotalarını ve stratejik liman noktalarını temsil etmektedir. Örneğin, Hollanda (Rotterdam Limanı) ve Almanya (Hamburg Limanı) gibi ülkeler, dünya çapında büyük ticaret hacimlerine sahiptir. Türkiye ise Avrupa ile Asya arasındaki kritik bir köprü konumundadır.

Coğrafi ve Bölgesel Dağılım: Kuzey Avrupa, Batı Avrupa, Akdeniz, Baltık ve Karadeniz gibi farklı bölgelerden ülkelerin seçilmesi, deniz taşımacılığının bölgesel farklılıklarını ve coğrafyanın emisyon ve liman operasyonları üzerindeki etkilerini anlamaya olanak tanımaktadır.

Konteyner Taşımacılığının Artan Rolü: Avrupa ve çevresindeki bu ülkeler, konteyner taşımacılığında önemli rol oynayan limanlara ev sahipliği yapmaktadır. Konteyner limanı hacimleri, deniz taşımacılığının yoğunluğunu ve ticaret potansiyelini yansıtmakta, aynı zamanda toplam CO₂ emisyonları üzerinde doğrudan bir etki yaratmaktadır.

Uluslararası İklim Politikalarındaki Rol: Danimarka, İsveç, Almanya ve Norveç gibi ülkeler, IMO'nun (Uluslararası Denizcilik Örgütü) sürdürülebilirlik politikalarına uyumda öncü olarak bilinirken, diğer ülkeler (ör. Türkiye ve Romanya) de büyüyen denizcilik sektörleri ile dikkat çekmektedir.

Avrupa'nın Küresel Denizcilik İklimine Etkisi: Avrupa bölgesi, deniz taşımacılığı ve karbon azaltımı politikalarıyla küresel ölçekte kritik bir role sahiptir (Çalik, 2008; UNCTAD, 2023). Çalışmada ele alınan ülkeler, hem deniz taşımacılığının çevresel etkilerini değerlendirmek hem de Avrupa ve çevresindeki ülkelerin iklim değişikliğiyle mücadeledeki konumunu incelemek açısından uygun bir örneklem sunmaktadır.

Bu çalışma ile, deniz ulaştırması sektöründe çevresel etkinin analizine yönelik olarak ülkelerin yıl bazında konteyner limanı hacimleri ve toplam CO₂ emisyon verileri kullanılmıştır. Bu veri seti, deniz taşımacılığı sektörünün çevresel etkileri ile operasyonel büyüklükleri arasındaki ilişkiyi değerlendirme amacı taşımaktadır. SPSS programı kullanılarak yapılan veri analizleri, deniz taşımacılığı sektörünün çevresel performansını değerlendirmek ve IMO düzenlemelerinin etkinliğini değerlendirmek amacıyla önemli veriler sağlamaktadır. Spearman Korelasyon yöntemi, farklı ülkelerin konteyner limanı hacimleri ile toplam CO₂ emisyon değerleri arasındaki ilişkilerin detaylı bir şekilde analiz edilmesini sağlamıştır. Bu analiz, konteyner limanı hacimlerinin emisyon seviyeleri üzerindeki etkilerini anlamak için önemli bir çerçeve sunmaktadır. Elde edilen bulgular, liman operasyonlarının çevresel etkilerinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmuş ve sürdürülebilirlik stratejilerinin geliştirilmesi için temel oluşturmuştur. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Tablo 1'de gösterildiği üzere Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri ile incelenmiştir. $df = 345$ olması testin 345 veri noktasına dayalı olarak hesaplandığını ifade eder. Serbestlik derecesi, testin istatistiksel gücünü ve anlamlılık düzeylerini etkileyen önemli bir parametredir. Bahse konu iki test için p-

değerlerinin <0.001 olması, verilerin normal dağılımdan anlamlı şekilde saptığını göstermektedir. Bu durum, parametrik olmayan bir test olan Spearman korelasyon analizinin kullanılmasını gerekli kılmıştır.

Tablo 1. Normallik Testi

Normallik Testi	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Sig.	İstatistik	df	Sig.
CO₂ Emisyonu	.301	345	<.001	0.690	345	<.001
Konteyner Limanı Hacmi	.277	345	<.001	0.743	345	<.001

a. Lilliefors Anlamlılık Düzeltmesi (Bir veri setinin normal dağılıma uygunluğunu test etmek için kullanılan Kolmogorov-Smirnov (K-S) Testi üzerinde yapılan bir modifikasyondur.)

Tanımlayıcılar tablosu her iki değişkenin temel özelliklerini göstermekte ayrıca CO₂ emisyonları ve konteyner limanı hacimlerinin temel istatistiklerini özetlemektedir. Bu tabloda önemli olan başlıklar incelendiğinde;

- **Ortalama** : CO₂ emisyonları için ortalama 6,719,183.40, konteyner limanı hacmi için ise 4,067,930.54 olarak hesaplanmıştır.
- **Standart Sapma** : CO₂ emisyonlarının değişkenliği (10,204,906.2) konteyner limanı hacmine (5,088,875.728) göre daha yüksektir.
- **Çarpıklık** : Çarpıklık değerleri pozitif, bu da her iki değişkenin sağa çarpık bir dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Ancak CO₂ emisyonlarının çarpıklığı (1.748) konteyner limanı hacminden (1.205) daha yüksektir.

Tablo 2'deki verilere göre, CO₂ emisyonlarının dağılımı, ülkeler arasındaki çevresel politika farklılıklarının ve liman operasyonlarının etkisini değerlendirmek için anlamlı bir temel sunmaktadır. Özellikle, CO₂ emisyonlarının standart sapma ve varyans gibi istatistiksel ölçütlerle geniş bir dağılım gösterdiği gözlemlenmektedir. Bunun yanında, konteyner limanı hacimlerinin ortalama ve dağılım değerleri, deniz taşımacılığının lojistik kapasitelerini ve bölgesel ticaret potansiyelini analiz etmede önemli bir bakış açısı sağlamaktadır. Bu bağlamda, liman hacimleriyle emisyon dağılımı arasındaki ilişki, sektörel lojistik stratejiler ve çevresel sürdürülebilirlik açısından değerlendirilebilir. Her iki değişkenin yüksek standart sapma ve çarpıklık değerleri, bu dağılımların normal olmadığını ve farklı ülkeler arasında dengesizlikler olduğunu ortaya koyar. Bu bulgular, Spearman korelasyonu gibi parametrik olmayan yöntemlerin tercih edilme nedenini açıkça desteklemektedir.

Tablo 2. Tanımlayıcılar

		İstatistik	Standart Hata
CO₂ Emisyonu	Ortalama	6719183,4	549413684
	%95 Güven Aralığı Alt Sınırı	5638550,4	
	%95 Güven Aralığı Üst Sınırı	7799816,41	
	%5 Kırpılmış Ortalama	5448035,66	
	Medyan	1629643	
	Varyans	1,041E+14	
	Standart Sapma	10204906,2	
	En az	0	
	Azami	42223866	
	Aralık	42223866	
	Çeyrekler Arası Aralık	8385450	
	Çarpıklık	1,748	.131
	Basıklık	2,029	.262
	Konteynır Limanı Hacmi	Ortalama	4067930,54
%95 Güven Aralığı Alt Sınırı		3529051,79	
%95 Güven Aralığı Üst Sınırı		4606809,28	
%5 Kırpılmış Ortalama		3624149,7	
Medyan		1150691	
Varyans		2,59E+13	
Standart Sapma		5088875,728	
En az		130236	
Azami		17708797	
Aralık		17578561	
Çeyrekler Arası Aralık		6012336	
Çarpıklık		1,205	.131
Basıklık		-0,036	.262

Spearman korelasyon analizi sonuçları, konteyner limanı hacimleri ile toplam CO₂ emisyonları arasında orta düzeyde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki ($\rho = 0.621$, $p < 0.001$) olduğunu ortaya koymuştur. Liman hacimlerindeki artış, doğrudan karbon emisyonlarının yükselmesine yol açmaktadır

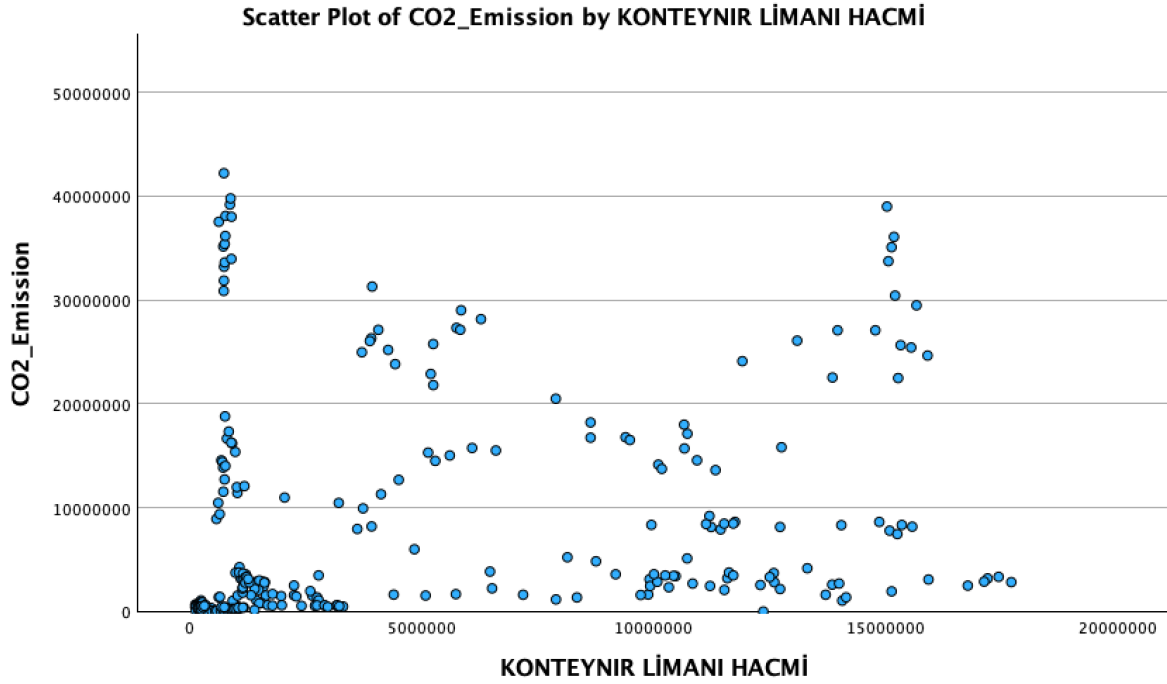
Tablo 3. Spearman Korelasyon

Değişken		CO ₂ Emisyonu	Konteyner Limanı Hacmi
CO ₂ Emisyonu	Korelasyon Katsayıları	1.000	0.621**
	Anlamlılık-Çift Yönlü	.	<.001
	Gözlem Sayısı	345	345
Konteyner Limanı Hacmi	Korelasyon Katsayıları	0.621**	1.000
	Anlamlılık-Çift Yönlü	<.001	.
	Gözlem Sayısı	345	345

Şekil 6'da dağılım grafiği verilmiştir. Bu grafik, CO₂ emisyonları ile konteyner limanı hacmi arasındaki ilişkinin görselleştirilmesini sağlamaktadır. Dağılım grafiği, veri noktalarının genel eğilimlerini gözlemlemek için oldukça faydalıdır. Spearman korelasyon katsayısının pozitif bir ilişki olduğunu göstermesiyle uyumludur. SPSS programından alınan grafik çıktısı, konteyner limanı hacmi ile toplam karbondioksit emisyonu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Yatay eksen (x-ekseni), konteyner limanı hacmini ifade ederken, dikey eksen (y-ekseni) toplam CO₂ emisyon değerlerini göstermektedir. Her bir nokta, bir ülkenin belirli bir yıl içindeki liman hacmi ve CO₂ emisyonuna karşılık gelmektedir. Grafik üzerinden yapılan yorumlar aşağıdaki gibidir:

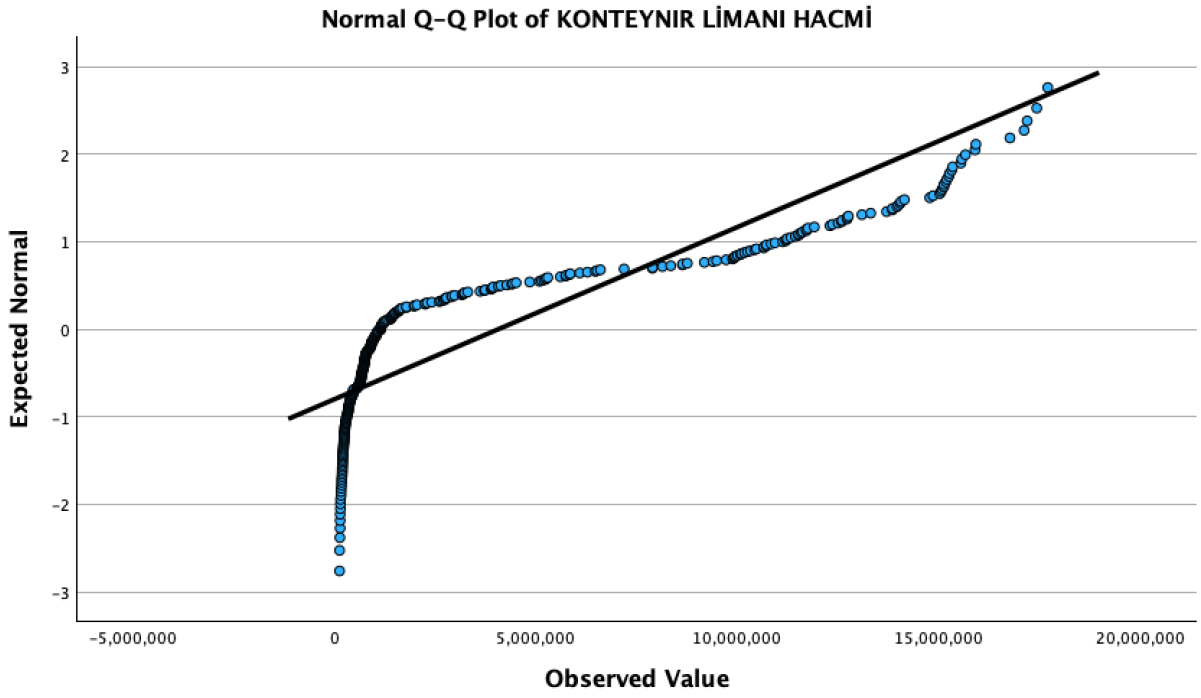
- Veriler, liman hacmi (x-ekseni) ile CO₂ emisyonu (y-ekseni) arasında geniş bir dağılım göstermekte ve genel eğilimleri net bir şekilde ortaya koymaktadır.
- Küçük konteyner limanı hacimlerine sahip ülkelerde CO₂ emisyonları yoğunlaşmış durumdadır. Grafiğin sol alt köşesinde çok sayıda veri noktası bulunmaktadır.
- Daha büyük liman hacimlerine sahip ülkelerde emisyonlar genellikle daha yüksek olma eğilimindedir.
- Grafik, bir korelasyon ilişkisi olduğunu ve daha büyük konteyner hacmine sahip ülkelerin CO₂ emisyonlarında genelde bir artış olduğu gözlemlenebilmektedir,
- Grafikte bazı noktalar hem konteyner limanı hacmi hem de CO₂ emisyonu bakımından diğerlerinden belirgin şekilde ayrılmaktadır. Bu durum, bazı ülkelerin aşırı yüksek emisyonlar veya liman hacmi nedeniyle farklılaştığını gösterebilir.

- Küçük liman hacmine sahip ülkeler için emisyon değerlerinin daha düşük yoğunlukta olduğu, ancak bu ülkelerin çoğunlukta olduğu görülmektedir.
- Büyük konteyner hacimlerine sahip ülkelerin daha düşük bir sayıda olduğu ancak emisyonlarının daha geniş bir çeşitlilik gösterdiği görülmektedir.

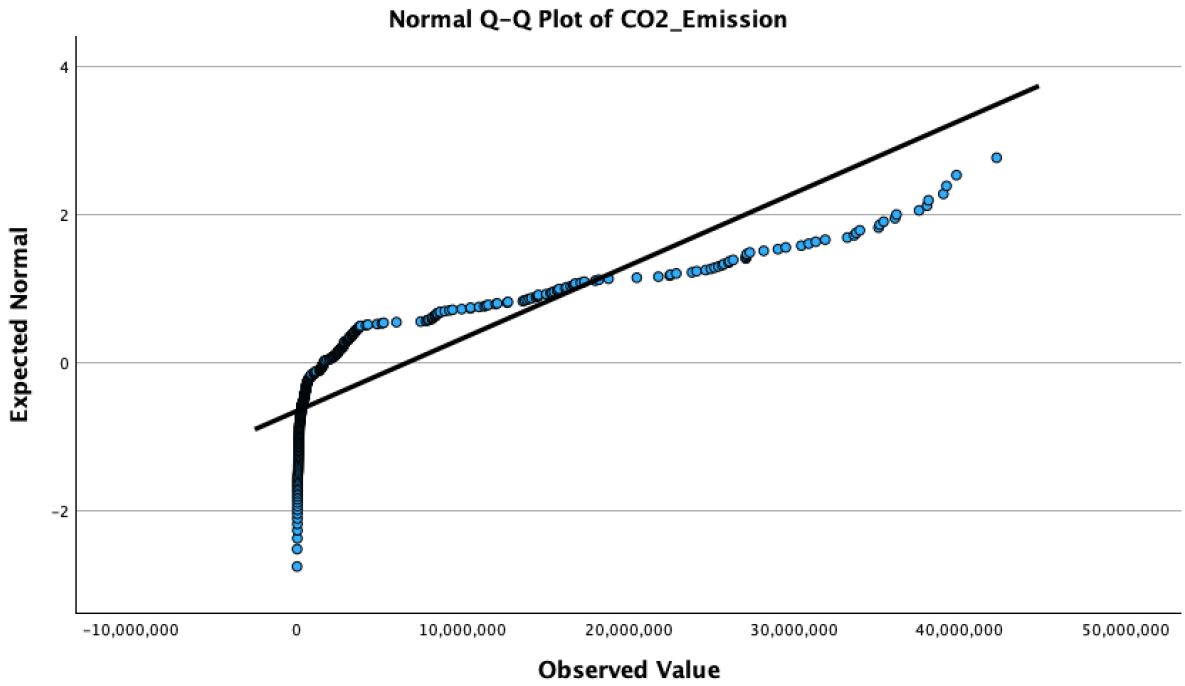


Şekil 6. Konteyner Limanı Hacmi ile Toplam CO₂ Emisyonları Arasındaki Pozitif Korelasyonu Gösteren Dağılım Grafiği.

Şekil 7 ve 8’de görüldüğü üzere, verilerin normal dağılıma uygunluğunu değerlendirmek için SPSS programından “Normal Q-Q plot” çıktıları oluşturulmuş ve gözlemlerin diyagonal çizgiden belirgin sapmalar gösterdiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, verilerin normal dağılıma uymadığını doğrulamaktadır. Parametrik olmayan bir yöntem olan Spearman korelasyonu, normallik varsayımının sağlanmadığı durumlarda uygun bir analiz yöntemi olduğundan, bu çalışmada tercih edilmiştir. Bu seçim; korelasyon yöntemlerinden olan Spearman korelasyon yönteminin tercih edilmesini hem normallik testleri hem de Q-Q plotlardan elde edilen sonuçlarla bilimsel olarak desteklenmektedir.



Şekil 7. Konteyner Limanı Hacmi Normal Q-Q Plot



Şekil 8. CO₂ Emisyonu Normal Q-Q Grafiği

4. Tartışma

Bu çalışmada, konteyner limanı hacimleri ile toplam CO₂ emisyonları arasındaki ilişki, parametrik olmayan Spearman korelasyon analizi ile incelenmiştir. Analiz sonuçları, liman operasyonlarının yoğunluğunun karbon emisyonları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, mevcut literatürdeki benzer çalışmalarla uyumlu olup, örneğin Ksciuk et al. (2023) ve Rodrigue (2017) tarafından belirtilen liman operasyonlarının çevresel etkilerini desteklemektedir. Analiz sonuçları, konteyner limanı hacimlerinde yaşanan artışların karbon emisyonları üzerinde anlamlı ve doğrudan bir etki yarattığını ortaya koymaktadır. Bu durum, Nusa & Kodak (2023) tarafından yapılan çalışma ile paralellik göstermektedir. Ayrıca, liman hacmi büyük olan ülkelerde emisyon değerlerinin yüksekliği, bu ülkelerin daha yoğun ticaret aktivitelerine ve buna bağlı olarak artan taşıma hacimlerine işaret etmektedir. Bu analizde kullanılan parametrik olmayan yöntemlerin seçimi, veri setinin normallik varsayımını karşılamaması nedeniyle gerekçelendirilmiştir. Bu durum, literatürde benzer veri setleri ile yapılan çalışmalarda da sıklıkla görülmektedir (Akkartal, 2022; Lee, 2023). Q-Q plotlar ve normallik testlerinden elde edilen bulgular, verilerin normal dağılıma uygun olmadığını açıkça göstermiş ve bu durum, analiz yönteminin seçiminde belirleyici olmuştur. Tartışma bağlamında, MARPOL Ek VI düzenlemelerinin liman operasyonlarının karbon emisyonları üzerindeki etkilerini azaltmaya yönelik rolü de ele alınmalıdır. Özellikle enerji verimliliği politikalarının uygulanması, emisyon azaltımında önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir (UNCTAD, 2023). Bu çalışma, deniz taşımacılığı sektörünün çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşabilmesi için enerji verimliliği artırıcı politikaların benimsenmesinin kritik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. Sonuç bölümünde, bu çalışmanın temel çıktıları, literatüre ve sektöre sağladığı katkılar ile birlikte gelecekte yapılabilecek çalışmalar ele alınacaktır.

5. Sonuç

Bu çalışma, konteyner limanı hacimleri ile toplam CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi analiz ederek, deniz taşımacılığı sektörünün çevresel performansını değerlendirmeye yönelik önemli bulgular ortaya koymuştur. Spearman korelasyon analizi sonuçları, konteyner limanı hacimlerinin artışı ile karbon emisyonları arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bu sonuç, özellikle büyük konteyner limanlarına sahip ülkelerde emisyon seviyelerinin daha yüksek olduğunu vurgulamaktadır. Elde edilen bulgular, deniz taşımacılığı operasyonlarının çevresel sürdürülebilirlik hedefleri üzerindeki kritik rolünü açıkça ortaya koymaktadır.

Çalışma, konteyner limanı hacimleri ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkinin analiz edilmesiyle literatürdeki boşluğu doldurmayı amaçlamıştır. Literatürde benzer çalışmalar genellikle bölgesel düzeyde sınırlı kalırken, bu çalışma Avrupa ve çevresindeki stratejik öneme sahip ülkeleri kapsamaktadır. Parametrik olmayan Spearman korelasyon analizinin kullanımı, normallik varsayımını sağlamayan verilerin doğru şekilde analiz edilmesi açısından önemli bir metodolojik katkı sunmaktadır.

Elde edilen bulgular ile liman yönetimlerine ve politika yapıcılara operasyonel süreçlerde çevresel etkileri azaltmak için yol gösterici olabileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca IMO'nun MARPOL Ek VI düzenlemeleriyle uyumlu enerji verimliliği artırıcı önlemlerin benimsenmesinin önemi vurgulanarak karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik stratejik karar alma süreçleri desteklenmektedir.

Daha geniş veri setleri ve farklı sera gazlarının dahil edilmesi, gelecekte yapılacak çalışmaların daha kapsamlı sonuçlar sunmasına olanak sağlayabilir. Ayrıca, nedensel ilişkilerin değerlendirilmesine yönelik ileri düzey analiz yöntemlerinin kullanılması, liman operasyonlarının çevresel etkileri üzerindeki doğrudan ve dolaylı faktörlerin daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesine katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, bu çalışma, deniz taşımacılığı sektörünün çevresel etkilerinin daha kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına katkıda bulunmuş ve sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda atılması gereken adımlara ışık tutmuştur. Gelecekteki çalışmalar, bu alandaki bilgi birikimini derinleştirerek daha etkili stratejilerin geliştirilmesine olanak sağlayabilir. Bu bağlamda, deniz taşımacılığı sektöründe enerji verimliliği artırıcı önlemlerin uygulanması ve iklim politikalarının etkinliğinin artırılması, sektörün çevresel etkilerini minimize etmek için kritik bir öneme sahiptir.

Kaynakça

- Akkartal, G. R. (2022). Uluslararası Denizyolu Taşımacılığında Yaşanan Tehditler ve Çözüm Önerileri. *Beykoz Akademi Dergisi*, 210–222. <https://doi.org/10.14514/BYK.m.26515393.2021.9/2.210-222>
- Al-Douri, A., Alsuhaibani, A. S., Moore, M., Nielsen, R. B., El-Baz, A. A., ve El-Halwagi, M. M. (2022). Greenhouse gases Emissions İn Liquified Natural Gas As A Marine Fuel: Life Cycle Analysis and Reduction Potential. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 100(6), 1178–1186. <https://doi.org/10.1002/cjce.24268>
- Aminzadegan, S., Shahriari, M., Mehranfar, F., ve Abramović, B. (2022). Factors Affecting the Emission of Pollutants in Different Types of Transportation: A Literature Review. *Energy Reports*, 8, 2508–2529. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.01.161>
- Bach, H., Bergek, A., Bjørgum, Ø., Hansen, T., Kenzhegaliev, A., ve Steen, M. (2020). Implementing Maritime Battery-Electric and Hydrogen Solutions: A Technological İnnovation Systems Analysis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87, 102492. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102492>
- Bartulović, D., Abramović, B., Brnjac, N., ve Steiner, S. (2022). Role of Air Freight Transport in İntermodal Supply Chains. *Transportation Research Procedia*, 64, 119–127. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.09.015>
- Benamara, H., Hoffmann, J., ve Youssef, F. (2019). Maritime Transport: The Sustainability Imperative. İçinde *Sustainable Shipping* (ss. 1–31). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04330-8_1
- Calik, S. (2008). *Avrupa Birliği Ulaştırma Politikası ve Türkiye'nin Uyumu* [Dokuz Eylül Üniversitesi]. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/554257>
- Caliskan, A., ve Ozturkoglu, Y. (2016). Maritime Logistics. İçinde *Advances in Logistics, Operations, and Management Science* (ss. 361–384). <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-9779-9.ch019>
- Doğan, Z. (2018). Türkiyedeki Ulaştırma Sektörü Ve Ulaştırma Türlerinin Karşılaştırılması. *Journal of International Social Research*, 11(56), 758–770. <https://doi.org/10.17719/jisr.20185639046>

- Eyit, B., Yorulmaz, M., ve Taş, A. (2022). Konteyner Limanlarında Kullanılan Dijital Teknoloji Uygulamalarının Değerlendirilmesi. *The Journal of Social Science*, 6(11), 43–59. <https://doi.org/10.30520/tjsosci.1051735>
- Ferrari, E., Christidis, P., ve Bolsi, P. (2023). The Impact of rising Maritime Transport Costs on International Trade: Estimation Using A Multi-Region General Equilibrium Model. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 22, 100985. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100985>
- Fratila, A., Gavril, I. A., Nita, S. C., ve Hrebenciuc, A. (2021). The Importance of Maritime Transport for Economic Growth in the European Union: A Panel Data Analysis. *Sustainability*, 13(14), 7961. <https://doi.org/10.3390/su13147961>
- Halff, A., Younes, L., ve Boersma, T. (2019). The Likely Implications of the New IMO Standards on the Shipping Industry. *Energy Policy*, 126, 277–286. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.11.033>
- Kizielewicz, J. (2022). Monitoring Energy Efficiency and Environmental Ship Index by Cruise Seaports in Northern Europe. *Energies*, 15(12), 4215. <https://doi.org/10.3390/en15124215>
- Ksciuk, J., Kuhlemann, S., Tierney, K., ve Koberstein, A. (2023). Uncertainty in Maritime Ship Routing and Scheduling: A Literature Review. *European Journal of Operational Research*, 308(2), 499–524. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.08.006>
- Kurt, C. (2007). *Türkiye’de Ulaştırma Sektörü İçerisinde Lojistiğin Yeri ve Önemi* [İstanbul Üniversitesi]. <https://nek.istanbul.edu.tr/ekos/TEZ/45969.pdf>
- Kwilinski, A., Lyulyov, O., ve Pimonenko, T. (2024). Reducing Transport Sector CO2 Emissions Patterns: Environmental Technologies and Renewable Energy. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10(1), 100217. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100217>
- Lau, Y., Chen, Q., Poo, M. C.-P., Ng, A. K. Y., ve Ying, C. C. (2024). Maritime Transport Resilience: A Systematic Literature Review on the Current State of the Art, Research Agenda and Future Research Directions. *Ocean & Coastal Management*, 251, 107086. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107086>
- Lee, H. (2023). *Synthesis report of the IPCC sixth assessment report (AR6): Longer report*. IPCC, WMO.

- Nusa, K., ve Kodak, G. (2023). Comparison of Maritime and Road Transportations in Emissions Perspective: A Review Article. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 10(2), 48–60. <https://doi.org/10.30897/ijegeo.1254161>
- Oğuz, Y. A. (2024). Denizyolu Taşımacılığının Küresel Tedarik Zincirlerindeki Önemi. *TAM Akademi Dergisi*. <https://doi.org/10.58239/tamde.2024.01.006.x>
- Özbey, S., ve Tıkız, İ. (2024). Renewable Energy Solutions for Commercial Ships. İçinde 21. *Yüzyılda Mühendislikte Çağdaş Araştırma Uygulamaları Üzerine Disiplinler Arası Çalışmalar- VI*. Özgür Yayınları. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub426.c1851>
- Psaraftis, H. N., ve Kontovas, C. A. (2010). Balancing the Economic and Environmental Performance of Maritime Transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 15(8), 458–462. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.05.001>
- Psaraftis, H. N., ve Kontovas, C. A. (2013). Speed Models For Energy-Efficient Maritime Transportation: A Taxonomy and Survey. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 26, 331–351. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2012.09.012>
- Raihan, A. (2023). Nexus Between Greenhouse Gas Emissions And Its Determinants: The Role Of Renewable Energy and Technological Innovations Towards Green Development in South Korea. *Innovation and Green Development*, 2(3), 100066. <https://doi.org/10.1016/j.igd.2023.100066>
- Rodrigue, J. (2017). Maritime Transport. İçinde *International Encyclopedia of Geography* (ss. 1–7). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0155>
- Serra, P., ve Fancello, G. (2020). Towards the IMO's GHG Goals: A Critical Overview of the Perspectives and Challenges of the Main Options for Decarbonizing International Shipping. *Sustainability*, 12(8), 3220. <https://doi.org/10.3390/su12083220>
- Stec, M., Tatarczuk, A., Iluk, T., ve Szul, M. (2021). Reducing the Energy Efficiency Design Index for Ships Through A Post-Combustion Carbon Capture Process. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 108, 103333. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2021.103333>
- Tokuşlu, A. (2020). Analyzing the Energy Efficiency Design Index (EEDI) performance of a container ship. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 7(2), 114–119. <https://doi.org/10.30897/ijegeo.703255>

- Unal, A. U., Arslan, O., ve Arıcan, O. H. (2022). Türkiyede Ro-ro Taşımacılığının Önemi ve Geleceği Hakkında Örnek Bir Çalışma. *Journal of Maritime Research: Amphora*, 1(1), 60–79. <https://doi.org/10.29228/jomaramphora.62260>
- Unal, A. umut, Arıcan, O. H., ve Arslan, O. (2022). Deniz Yolu Taşımacılığında Freight Forwarder Firmalarının Yaşadığı Sorunlar Üzerine Bir Çalışma. *Journal of Maritime Research: Amphora*, 2(2), 1–27. <https://doi.org/10.29228/jomaramphora.66600>
- UNCTAD. (2023). *Review of Maritime Transport (2023)*.
- Usluer, H. B. (2024). Investigation Of Blue Economy and Its Impact on Global Maritime Transportation. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 22(3), 50–66. <https://doi.org/10.11611/yead.1521413>
- Yıldız, R. (2022). Denizyolu Dış Ticareti ile GSYİH ve Yapı Sektörü Arasındaki İlişkilerin İncelenmesine Yönelik Türkiye Örneği. *ODÜ Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi (ODÜSOBİAD)*. <https://doi.org/10.48146/odusobiad.1093034>