

OECD Ülkelerinde Yeşil Ticari Açıklığın Çevresel Sürdürülebilirlik Üzerine Etkisi: Malzeme Ayak İzine Dayalı Kanıtlar

Gizem Mukiyen Avcı¹ 

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, dış ticaretin çevresel etkilerini dikkate alarak, yeşil ticari açıklığın çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini OECD ülkeleri özelinde incelemektir. Yeşil ticaretin, ekonomik büyüme ve doğal kaynakların korunması arasındaki dengeye katkı sağlayıp sağlamadığı araştırılmaktadır.

Yöntem: 1999-2021 dönemine ait 32 OECD ülkesini kapsayan panel veri seti kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkileri belirlemek amacıyla Westerlund (2005) ve GUW (2015) panel eşbütünleşme testleri uygulanmış ve ayrıca değişkenlerin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini tahmin etmek için de AMG tahmin yöntemi tercih edilmiştir.

Bulgular: Elde edilen sonuçlar, malzeme ayak izi, gelir düzeyi ve yeşil ticari açıklık değişkenlerinin uzun dönemde birlikte hareket ettiğini göstermektedir. AMG tahmin yöntemiyle yapılan analizler, gelir düzeyindeki artışın malzeme ayak izini artırdığını, yeşil ticari açıklık düzeyindeki artışın ise malzeme ayak izini azalttığını ortaya koymuştur. Ülkelere özgü AMG katsayıları ise, gelir düzeyindeki iyileşmenin tüm ülkelerde malzeme ayak izini artırdığını, ancak yeşil ticari açıklığın etkisinin ülkelere göre farklılık arz ettiğini ortaya koymaktadır.

Özgünlük: Çalışma, çevresel sürdürülebilirliği temsil eden malzeme ayak izi değişkenini merkeze alarak yeşil ticaret açıklığı ile ilişkisini inceleyen nadir araştırmalardan biridir. Ayrıca, IMF tarafından sunulan güncel yeşil ticari açıklık verilerinin kullanılması, çalışmayı mevcut literatürden ayıran önemli bir katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Sürdürülebilirlik, Yeşil Ticari Açıklık, Malzeme Ayak İzi, Ekonomik Büyüme, OECD.

JEL Kodları: O44, Q50, Q56.

The Impact of Green Trade Openness on Environmental Sustainability in OECD Countries: Evidence Based on Material Footprint

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study is to examine the impact of green trade openness on environmental sustainability, taking into account the environmental effects of foreign trade, with a specific focus on OECD countries. It investigates whether green trade contributes to balancing economic growth and the preservation of natural resources.

Methodology: A panel data set covering 32 OECD countries for the period of 1999-2021 is used in this study. To determine the long-term relationships among the variables, Westerlund (2005) and GUW (2015) panel cointegration tests are employed. Additionally, the AMG (Augmented Mean Group) estimation method is used to assess the effects of the variables on environmental sustainability.

Findings: The results indicate that material footprint, income level, and green trade openness move together in the long run. Analyses conducted using the AMG estimation method reveal that an increase in income level raises the material footprint, while an increase in green trade openness reduces it. Country-specific AMG coefficients show that higher income levels increase the material footprint in all countries; however, the impact of green trade openness varies across countries.

Originality: This study is one of the few that focuses on the relationship between green trade openness and environmental sustainability by using the material footprint as a central indicator. Moreover, the use of up-to-date green trade openness data provided by the IMF offers a significant contribution that distinguishes this research from the existing literature.

Keywords: Environmental Sustainability, Green Trade Openness, Material Footprint, Economic Growth, OECD.

JEL Codes: O44, Q50, Q56.

¹ Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Zonguldak, Türkiye

Sorumlu Yazar-Corresponding Author: Gizem Mukiyen Avcı, gmavci@beun.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1722288

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş / Submitted: 18.06.2025 | Kabul / Accepted: 16.09.2025

Atıf/Cite: Mukiyen Avcı, G. (2025). "OECD Ülkelerinde Yeşil Ticari Açıklığın Çevresel Sürdürülebilirlik Üzerine Etkisi: Malzeme Ayak İzine Dayalı Kanıtlar", *Verimlilik Dergisi*, 59(4), 955-970.

EXTENDED ABSTRACT

Today, disregarding environmental impacts for the sake of economic growth, along with industrialization, energy consumption, overuse of resources, and increasing carbon emissions, is leading to permanent and irreversible environmental problems on a global scale. Factors such as industrialization, energy consumption, excessive use of natural resources and increases in carbon emissions create permanent and irreversible effects on the environment. In this context, the concept of sustainable growth has brought to the agenda the responsibility of protecting not only today's economic goals but also the quality of life of future generations. Sustainable growth has brought forward not only today's economic goals but also the responsibility of preserving the quality of life for future generations. Defined in the United Nations' 1987 Brundtland Report as "meeting the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs," this concept emphasizes that development strategies must integrate not only economic but also social and environmental sustainability. In this context, foreign trade contributes positively by increasing production capacity, creating employment, facilitating technology transfer, and strengthening economic relations between countries. However, issues such as the "pollution haven" hypothesis arising from production concentrated in countries with low environmental standards, and the high carbon emissions and energy consumption caused by international transportation, highlight the negative impacts of trade on the environment. Therefore, aligning foreign trade with environmental considerations and adopting the concept of green trade have become increasingly important.

Green trade refers to the international promotion of environmentally friendly products and sustainable production technologies, and it is directly linked to environmental sustainability. Encompassing the global trade of products that do not harm nature, emit less carbon, are energy-efficient, and produced with renewable resources, this concept both supports environmental sustainability and facilitates the transition to a low-carbon economy. Therefore, green trade makes significant contributions to the UN Sustainable Development Goals, particularly "Responsible Consumption and Production" (Goal 12) and "Climate Action" (Goal 13). In the literature, the relationship between green trade and environmental sustainability has mostly been examined through CO₂ emissions or ecological footprint indicators; however, in recent years, the material footprint, a more comprehensive measure, has gained prominence. The material footprint accounts for all natural resources used (both domestic and imported) to meet a country's final consumption, allowing for a broader assessment of environmental impact.

This study examines the impact of green trade on environmental sustainability for a sample of 32 OECD countries during the 1999-2021 period. OECD countries provide a suitable framework due to their high income levels, the applicability of environmental policies, and data availability. The analysis uses per capita GDP, the green trade openness index, and material footprint as variables, with data drawn from WDI, IMF, and UN databases. Second-generation panel data tests reveal long-term relationships among these variables. AMG estimation results indicate that higher per capita income increases the material footprint, reflecting greater environmental degradation, while greater green trade openness reduces the material footprint and supports environmental sustainability. Country-level findings show that in nations such as the United States, the United Kingdom, France, South Korea, and Turkey, green trade helps limit natural resource use, whereas in countries like Denmark, the Netherlands, and Norway, it unexpectedly increases the material footprint. These results suggest that the effects of green trade vary depending on country-specific conditions and the management of production and import chains.

In this context, the following policy recommendations are included in the study: Reducing tariff and non-tariff barriers to facilitate green product trade between countries, popularizing green technologies in production and logistics, supporting and encouraging environmentally friendly cross-border investments, developing labeling and certification systems based on environmental criteria in order to increase consumer awareness, implementing sustainability-focused free trade agreements in wider geographies, developing and encouraging low-carbon transportation and logistics infrastructures, popularizing recycling practices, and adopting circular economy principles. In this context, in order to achieve sustainable development goals and maintain ecological balance, it is necessary to develop globally coordinated policies and structural reforms that will increase green trade. In particular, ensuring a transformation that focuses on environmental criteria in international supply chains is of critical importance in reducing environmental degradation.

1. GİRİŞ

Günümüzde iktisadi büyüme ve çevresel sorunlar arasındaki ikilem, sıkça tartışılan konuların başında gelmektedir. Ülkelerin iktisadi büyümenin çevresel boyutlarını ihmal etmesi, çevresel bozulmaları beraberinde getirmiş ve bu sorunların çözümü için küresel ölçekte çeşitli tedbirler alınmaya başlanmıştır. Söz konusu tedbirlerin temelinde, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını tehlikeye atmadan günümüz ihtiyaçlarının karşılanması anlayışı yer almakta ve bu durum, ekonomi alanında sürdürülebilir büyüme kavramının önemini artırmaktadır.

Sürdürülebilir büyüme kavramı, ilk kez 1987 yılında Birleşmiş Milletler tarafından yayımlanan Ortak Geleceğimiz: Brundtland Raporu'nda (UN, 1987: 11) "gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerini tehlikeye atmaksızın bugünün ihtiyaçlarının karşılanması" şeklinde tanımlanmıştır. Bu kavram, insani kazanımlar ile doğal çevre arasındaki dengenin sağlanmasını ifade etmekte olup, iktisadi büyüme ve kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik ilkelerine uygun biçimde gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır. Ekonomik sürdürülebilirlik, kaynakların verimli kullanılması ve uzun vadede istikrarlı bir büyümenin sağlanmasını ifade ederken, sosyal sürdürülebilirlik, eğitim, sağlık ve istihdam olanaklarının geliştirilmesini, genel refah düzeyinin artırılmasını, toplumsal eşitsizliklerin ve yoksulluğun azaltılmasını hedeflemektedir. Çevresel sürdürülebilirlik ise doğal kaynakların tükenmesinin önlenmesi, karbon salınımının, malzeme kullanımının ve çevre kirliliğinin azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması ve biyoçeşitliliğin korunması gibi unsurları kapsamaktadır (Hajian ve Kashani, 2021). Dolayısıyla, sürdürülebilir büyüme, yalnızca ekonomik kalkınma odaklı değil, aynı zamanda sosyal refahın artırılmasını ve ekosistemin korunmasını gözeten bütüncül bir yaklaşımı ifade etmektedir.

Ülkelerin iktisadi büyüme ve kalkınma hedefleri doğrultusunda öne çıkan iktisadi faktörlerden biri dış ticarettir. Dış ticaret, ülke kaynaklarının etkin kullanılması, üretim ve istihdam olanaklarının artırılması, ülke sınırları içerisinde üretilemeyen mallara erişim sağlanması, rekabet gücünün artırılması, ülkeler arası ekonomik ve siyasi ilişkilerin geliştirilmesi, teknoloji transferi ve dış ticaret dengesinin sağlanması gibi pek çok avantaj sağlamaktadır (Shahsavani ve Basavaraju, 2016; Jin, 2002). Ancak, ticaretin bu olumlu etkilerinin yanı sıra çeşitli olumsuz etkileri de bulunmaktadır. Bu olumsuz etkiler arasında; aşırı kaynak kullanımı, ülkeler arası mal transferi sırasında yakıt tüketimine bağlı olarak artan karbondioksit emisyonları, çevre standartlarının düşük olduğu ülkelerde üretim artışı ve bunun sonucunda ortaya çıkan kirlilik sığınağı hipotezi (Mukiyen Avcı, 2023a) gibi sorunlar yer almaktadır. Bir başka deyişle, ticaretin ülkeler üzerindeki etkileri hem olumlu hem de olumsuz yönde şekillenebilmektedir. Bu durum, ülkelerin büyüme süreçlerinde ticaretin yanı sıra yeşil ticaretin etkisini de önemli bir değerlendirme alanı haline gelmesine yol açmıştır. Bu süreçte, yeşil ürünlerin benimsenmesi ve kullanımının artırılması, sürdürülebilirliğin sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır.

İktisat literatüründe yeşil kavramı; okyanuslar, topraklar ve ormanlar dahil olmak üzere doğal kaynakların sürdürülebilir bir biçimde yönetildiği, geçim kaynaklarının iyileştirildiği ve gıda güvenliğinin sağlandığı bir dünyayı ifade etmektedir. Literatürde yeşil ürünlere ilişkin ortak kabul edilen bir tanım bulunmamakla birlikte, yeşil ürün² genel anlamda yaşam döngüleri boyunca mevcut teknolojiye bağlı olarak çevresel etkileri en aza indiren mallar olarak tanımlanmaktadır (Sdrolia ve Zarotiadis, 2019). Yeşil ürünler, aynı amaca hizmet eden diğer ürünlere kıyasla çevreye daha az zarar vererek, ekosistemin korunmasına katkı sağlamaktadır (Dünya Bankası, 2023). Sürdürülebilir ekonomik büyümenin yanı sıra düşük karbon ekonomisine geçiş için de gerekli olan yeşil ürünlerin ticareti, söz konusu malların sınır ötesine yayılmasının temel mekanizmalarından biridir. Ancak, her ülkenin yeşil ürün üretimi için gerekli üretim faktörlerine ve kapasiteye sahip olması mümkün değildir. Bu nedenle, yeşil ürünlerin küresel ölçekte yaygınlaştırılabilmesi ve çevresel sürdürülebilirliğin desteklenmesi için yeşil ürün ticaretinin teşvik edilmesi gerekmektedir (Alvi ve diğerleri, 2023).

Yeşil ticaret, çevre dostu ticaret politikalarının tasarımı ve uygulanması yoluyla, iktisadi büyüme ile çevresel sürdürülebilirliğin uyum içinde gerçekleştirilmesini kapsamaktadır (Hinsberg ve Can, 2024). Bu çerçevede hükümetler; yeşil ürünlerin kullanımını artıran, çevre dostu teknolojik yeniliklerle verimlilik artışını destekleyen, sürdürülebilir bütçeleme politikaları benimseyen ve yeşil büyümeyi teşvik eden dış ticaret stratejileri izlemelidir (Dünya Bankası, 2008: 75). Bu bağlamda yeşil ticaret, enerji verimliliğini artırması, karbon salınımını azaltması ve çevresel kalitenin iyileştirilmesi açısından etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır (Gao ve Zheng, 2017: 9). Diğer yandan; çevresel malların ticaretine ilişkin veriler (yeşil ticarete dayalı olarak ülkelerin politika oluşturmaları açısından), tarife ve tarife dışı engellerin azaltılmasına yönelik anlaşmaların müzakere edilmesinde ve bu mallara ilişkin ekonomiler arasındaki temel bağımlılıkların

² Yeşil ürünlere ilişkin olarak kabul görmüş ortak bir tanım bulunmamaktadır. Literatürde yeşil ürün kavramı ile ilgili olarak ekolojik ürün, çevre dostu ürün, eko-ürün, çevresel ürün, yeşil ürün ve sürdürülebilir ürün gibi farklı kavramlar kullanılabilmektedir. WB (2008)'de çevresel mallar geleneksel çevre dostu ürünler ve çevresel olarak tercih edilebilir ürünler olmak üzere iki şekilde kavramsallaştırılmıştır. IMF (2021) veri setinde ise çevresel ürünler olarak kullanılmaktadır.

belirlenmesinde faydalı olabilir (IMF, 2021). Bu doğrultuda, yenilenebilir enerji kaynakları ve çevre dostu teknolojilerin (örneğin, güneş panelleri, rüzgâr türbinleri) ticareti, fosil yakıt tüketimini azaltmaya imkân tanıyan ürün ve teknolojilerin (örneğin, elektrikli araçlar) ticareti ve yeşil teknoloji transferleri, yeşil ticaretin kapsamına girmektedir (Can ve diğerleri, 2022). Yeşil ticaretin artışı, çevre dostu yeni sektörlerin ve istihdam olanaklarının ortaya çıkmasına katkı sunarak da ekonomik büyümeyi desteklemektedir. Bu süreçte, yeşil ürünlerin benimsenmesi, kullanımının artırılması ve ticareti, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önem taşımaktadır. Diğer yandan, küresel çevre sorunlarıyla mücadelede de önemli bir araç olan yeşil ticaret, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (Sustainable Development Goals, SDG) arasında yer alan “Sorumlu Tüketim ve Üretim” (12. Hedef) ile “İklim Eylemi” (13. Hedef) hedeflerinin gerçekleştirilmesine de yardımcı olmaktadır (SDG, 2023).

Literatürde yeşil ticaret ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiyi inceleyen sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Söz konusu çalışmalarda genellikle çevresel sürdürülebilirliği temsilen CO₂ emisyonu ve ekolojik ayak izi değişkenlerinin kullanıldığı görülmektedir. Ancak son yıllarda, bu değişkenlerin yerini malzeme ayak izi değişkeni almaktadır. Wiedmann ve diğerleri (2015) tarafından ortaya konan malzeme ayak izi değişkeni, bir ülkenin nihai talebini karşılamak için gerçekleştirilen üretim sürecinde kullanılan tüm malzemeleri, ithalat yoluyla temin edilenler de dahil olmak üzere ölçmekte ve CO₂ ile ekolojik ayak izi değişkenlerine kıyasla daha kapsamlı bir ölçüt sunmaktadır. Bu çalışmada, yeşil ticaret ile çevresel sürdürülebilirlik entegrasyonunun öneminden hareketle, çevresel sürdürülebilirliği temsil eden malzeme ayak izi değişkeni ile yeşil ticareti temsil eden yeşil açıklık değişkeni arasındaki ilişki analiz edilmektedir.

Çalışmada 32 OECD ülkesi için 1999-2021 yılları arasında sürdürülebilirlik ve yeşil ticari açıklık ilişkisi incelenmektedir. Bu alanda mevcut literatürde yaygın olarak kullanılan değişken ve veri setlerinin farklılaştırılması ile literatüre katkıda bulunması amaçlanmaktadır. Aynı zamanda analizde kullanılan IMF yeşil ticari açıklık endeksinin güncel bir veri setine dayalı olmasının literatüre önemli katkı bir sunacağı düşünülmektedir. Çalışmanın organizasyon yapısı şu şekildedir: İzleyen bölümünde, sürdürülebilirlik ve yeşil açıklık arasındaki ilişkiye yönelik ampirik literatür incelenmektedir. Bunu takiben, ampirik analiz bölümünde araştırmanın modeli, veri seti, ekonometrik metodoloji ve ampirik bulgular detaylı bir şekilde sunulmaktadır. Sonuç bölümünde ise ampirik sonuçlar değerlendirilmekte ve politika önerileri tartışılmaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Ticaret, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir faktördür ve üretim, tüketim ile ulaşım süreçlerinin her aşaması, doğrudan veya dolaylı olarak çevre üzerinde etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle dış ticaret ile çevre arasındaki ilişki, birçok araştırmanın odağında yer almıştır. Ticaretin çevresel bozulma üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar farklı sonuçlara ulaşmıştır. Bazı araştırmalar dış ticaretin çevre kalitesini iyileştirici ve çevresel bozulmayı azaltıcı bir etkisi olduğunu ileri sürerken (Antweiler ve diğerleri, 2001; Shahbaz ve diğerleri, 2012; Zhang ve diğerleri, 2017; Udeagha ve Muchapondwa, 2022); diğer bazı çalışmalar ise dış ticaret artışının çevresel bozulmayı artırdığını göstermektedir (Managi ve diğerleri, 2009; Al-Mulali ve Ozturk, 2015; Farhani ve diğerleri, 2013; Omri ve diğerleri, 2015; Daly ve Abdouli, 2023).

Mevcut literatürün gelişimi çevresel sürdürülebilirlik açısından incelendiğinde ilk yıllarda yaygın olarak çevresel sürdürülebilirliği temsilen CO₂ değişkeninin kullanıldığı görülmektedir. Ancak zamanla CO₂ emisyonu değişkeninin açıklayıcı gücünün sınırlı kalması, yerini ekolojik ayak izine bırakmasına neden olmuştur. Wackernagel ve Rees (1996) tarafından geliştirilen ekolojik ayak izi endeksi, çevresel sürdürülebilirliği değerlendirmede daha etkili bir gösterge olarak kabul edilmiştir. Ekolojik ayak izi, mevcut teknoloji kullanılarak insanlığın tükettiği kaynakların üretimi ve bu üretimden kaynaklanan atıkların emilimi için gereken arazi ve su alanlarının büyüklüğünü ölçmektedir (Galli ve diğerleri, 2012). Son yıllarda ise çevre ekonomisi ile ilgili çalışmalarda araştırmacılar tarafından malzeme ayak izi değişkeni ilgi görmektedir. Wiedmann ve diğerleri (2015) tarafından geliştirilen malzeme ayak izi, biyoyakıtlar, fosil yakıtlar, metal cevherleri ve metal olmayan minerallerin toplamı olarak tanımlanmaktadır. Ülkelerin üretim ve tüketim bazlı malzeme kullanımını hesaplayan bu değişken, diğer göstergelere kıyasla daha kapsamlı bir analiz sunması nedeniyle son yıllarda giderek daha fazla tercih edilmektedir.

Dış ticaret açısından incelendiğinde ise genellikle ihracat, ithalat ve dışa açıklık gibi farklı değişkenlerin ticareti temsil etmek için kullanıldığı görülmektedir. Ancak bu çalışmalar, ticaret ve çevre ilişkisini incelerken ticarete konu olan malların özelliklerini çoğu zaman göz ardı etmektedir. Analizlerde genellikle yeşil ve yeşil olmayan mallar arasında ayırım yapılmaksızın, toplam ticari açıklık endeksi üzerinden değerlendirmeler yapılmaktadır. Dış ticaretin çevresel bozulmayı arttırıcı etkisi, sürdürülebilir büyüme kapsamında dış ticarete konu olan yeşil malların ticaretinin ve yeşil ticaretin sürdürülebilirlik üzerindeki etkisinin incelenmesi gerekliliğini gündeme getirmiştir. Bu nedenle, son yıllarda geleneksel uluslararası ticaret yerine çevre dostu ve yeşil ürünlerin ticaretini kapsayan “yeşil ticaret” konusu giderek daha fazla ilgi görmektedir. Ancak

literatürde, yeşil ticaretin ve/veya yeşil ticaretin bir göstergesi olan yeşil ticari açıklığın sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini inceleyen çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır.

Bu bölümde sürdürülebilirlik ve yeşil ticari açıklık arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalara ilişkin literatüre yer verilmektedir. Aynı zamanda Tablo 1’de söz konusu çalışmalara ilişkin bilgiler özetlenmiştir. Tabloda, çalışmaların analizinde sürdürülebilirliği temsil eden bağımlı değişken, modelde yer alan bağımsız değişkenler ve bağımsız değişkenlerden biri olan yeşil açıklık endeksinde ilişkin bilgiler öne çıkmaktadır.

Tablo 1. Sürdürülebilirlik ve yeşil ticari açıklık ilişkisine yönelik ampirik literatür

Yazar	Örneklem	Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişkenler	Yeşil Ticari Açıklık Endeksi
Can ve diğerleri (2021)	35 OECD	Ekolojik ayak izi	Gelir, gelir ² , enerji tüketimi, yeşil ticari açıklık.	Yazar tarafından hesaplanmıştır. OECD stat-CLEG (255 ürün)
Can ve diğerleri (2022)	31 OECD ülkesi	Ekolojik ayak izi	Gelir, gelir ² , enerji tüketimi, yeşil ticari açıklık.	Yazar tarafından hesaplanmıştır. APEC (54 ürün) CLEG + (40 ürün) BETA Akademi
Ahmad ve diğerleri (2022)	BRICS ülkeleri	CO ₂ emisyonu	Finansal gelişme, teknolojik yenilik, yeşil ticari açıklık, ekonomik büyüme, enerji tüketimi.	BETA Akademi
Güzel ve Oluç (2023)	32 ülke	CO ₂ emisyonu	Gelir, enerji tüketimi, yeşil ticari açıklık.	BETA Akademi
Hinsberg ve Can (2024)	33 OECD ülkesi	Hava kalitesi	Gelir, enerji tüketimi, yeşil ticari açıklık.	BETA Akademi
Maji ve diğerleri (2023)	45 Afrika ülkesi	CO ₂ emisyonu	Kurumsal kalite, yeşil ticari açıklık, GSYİH büyümesi, nüfus artışı, temel okur-yazarlık.	Ticaret faaliyetlerinde fosil yakıt kullanımı (yeşil ticaret)
Bai ve diğerleri (2023)	G7 ülkeleri	CO ₂ emisyonu	Yeşil teknolojik yenilik, yeşil ithalat, yeşil ihracat, GSYİH, ticaret.	OECD stat
Alvi ve diğerleri (2023)	105 ülke	CO ₂ emisyonu	GSYİH, DYY, çevresel mal ticareti, çevresel olmayan mal ticareti.	APEC
Hu ve diğerleri (2024)	20 OECD ülkesi	Ekolojik ayak izi tüketim yoğunluğu	Kentleşme, yeşil ticari açıklık, para politikası araçları, maliye politikası araçları, GSYİH, çevresel yenilik.	OECD stat
Tariq ve diğerleri (2024)	12 GOÜ	CO ₂ emisyonu	Yeşil büyüme, yeşil ticari açıklık, karbon fiyatı, eko-yenilik, yeşil enerji, GSYİH.	OECD stat-CLEG (255 ürün)
Chavda ve Mehta (2024)	Hindistan	Ekolojik ayak izi	Düşük karbonlu teknoloji ürünleri ticareti, yenilenebilir enerji tüketimi, patent başvurusu, GSYİH.	IMF- İklim Değişikliği Gösterge Panosu
Ganda (2024)	BRICS	Malzeme ayak izi	Eko-inovasyon, yeşil olmayan ürün ticareti, yeşil ürün ticareti, ekonomik büyüme, çevresel yönetim.	Küresel Malzeme Akımı Veri tabanı çevresel mallar-biyokütle ürünleri (ihracat+ithalat)

Can ve diğerleri (2021) çalışmasında 2003-2016 döneminde 35 OECD ülkesi için yeşil malların çevre üzerindeki etkilerini analiz etmektedir. Çalışmada OECD CLEG sepetinden hareketle 255 ürün için yeşil açıklık endeksi oluşturulmuştur. Analiz sonucunda EKC hipotezinin geçerli olduğu ve yeşil açıklığın ekolojik ayak izini azalttığı ve çevresel sürdürülebilirliği teşvik ettiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmanın ardından Can ve diğerleri (2022)’in çalışmasında 2007-2017 yılları arasında 31 OECD ülkesinde ticaret ve çevre ilişkisini inceleyerek “yeşil ticaret çevreyi koruyabilir mi” sorusuna cevap aranmıştır. Analiz sonucunda Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerli olduğu ve ülkelerin ticaret sepetindeki yeşil ürünlerin varlığının ekolojik ayak izini azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada OECD “Çevresel Malların Birleşik Listesi”nden (CLEG+) 40 ürünü kapsayan ve Asya-Pasifik Ekonomik İşbirliği (APEC) “Çevresel Mallar Listesi”nden 54 ürünü kapsayan iki farklı yeşil ticari açıklık endeksi ve söz konusu endekslerin yer aldığı iki farklı model üzerinden ticaret-çevre ilişkisi analiz edilmiştir. Bu çalışma, Beta Akademi- Sosyal Bilimler Araştırma Laboratuvarı aracılığı ile yeşil açıklık endeksinin oluşturulması açısından önemli bir yere sahiptir.

Oluşturulan endeks, literatürde bazı çalışmalarda (Ahmad ve diğerleri, 2022; Güzel ve Oluç, 2023; Hinsberg ve Can, 2024) kullanılmıştır.

Beta Akademi yeşil açıklık endeksinin kullanıldığı çalışmalardan biri olan Ahmad ve diğerleri (2022)'in çalışmasında, 2004-2018 döneminde BRICS ülkeleri için finansal katılım, teknolojik yenilik, yeşil açıklık ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişki araştırılmaktadır. Analiz sonucunda söz konusu ülkelerde finansal katılımın çevresel bozulmaya katkıda bulunduğu, teknolojik yenilik ve yeşil açıklığın CO₂ emisyonlarını azaltıcı etkide bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Güzel ve Oluç (2023)'ün çalışmasında ise 2003-2016 dönemi arasında 32 gelişmiş ülke için yeşil açıklığın karbon emisyonları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Analiz sonucunda EKC hipotezinin geçerli olduğu, ayrıca yeşil açıklık ile CO₂ arasında ters yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle EKC hipotezi çerçevesinde gelir düzeyindeki bir artış çevre kirliliğini artırırken, yeşil açıklık düzeyindeki bir artış çevre kirliliğini azaltmaktadır. Ayrıca modelde yer alan enerji tüketimi artışının da çevresel bozulmayı artırıcı rolü olduğu tespit edilmiştir. Beta Akademi yeşil açıklık endeksinin kullandığı bir diğer çalışmada, Hinsberg ve Can (2024) yeşil açıklığın hava kalitesi üzerindeki etkisini ele almıştır. Çevresel Kuznets Eğrisinden hareketle hava kirliliğini temsilen azot oksit ve kükürt oksit emisyonlarının ele alındığı çalışmada 2003-2016 yılları arasında 33 OECD ülkesinde çevre dostu ürün ticaretinin serbestleşmesinin hava kalitesini arttırdığı, enerji tüketiminin ise azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Maji ve diğerleri (2023), çalışmasında kurumsal kalitenin ve yeşil ticaretin karbon emisyonları üzerindeki rolünü araştırmış ve kurumsal kaliteyi yeşil ticarete doğru güçlendirmenin, karbon emisyonlarını azaltıcı etkisi olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Dolayısıyla yeşil ticaret ve kurumsal yapının güçlendirilmesi, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli olmaktadır.

Çevre kirliliğini azaltmaya yönelik olarak ülkelerin iki rakip politika tercihi ile karşı karşıya olduğunu belirten Bai ve diğerleri (2023) çalışmasında, yeşil ticaret artışının ve yeşil teknoloji yatırımı artışının çevresel bozulma üzerindeki etkisini incelemiştir. Literatürden farklı olarak çalışmada üretime dayalı karbon emisyonu yerine tüketime dayalı karbon emisyonu dikkate alınmıştır. G-7 ülkeleri için uygulanan analiz sonucunda yeşil ticaretin payındaki artışın karbon emisyonlarını arttırdığı, yeşil teknoloji yatırımlarının ise azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Mal ticaretinin çevresel ve çevresel olmayan mal ticareti olmak üzere iki grupta ele alındığı Alvi ve diğerleri (2023)'ün çalışmasında, ticaretin çevresel bozulma üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Bu bağlamda çevresel mal ticareti, çevresel olmayan mal ticareti ve doğrudan yabancı yatırımların karbon emisyonları üzerindeki etkisi incelenmiştir. 2007-2020 yılları arasında 60 orta gelirli ve 45 yüksek gelirli ülkenin ele alındığı çalışmada çevresel mal ticaretinin karbon emisyonlarını azaltıcı, çevresel olmayan mal ticaretinin ise artırıcı yönde etkide bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ülkeler gelir düzeyine göre incelendiğinde orta gelirli ülkelerdeki çevresel mal ticaretinin etkisi, yüksek gelirli ülkelere kıyasla daha yüksek oranda gerçekleşmektedir.

Hu (2024)'ün çalışmasında ise mali ve parasal politikaların yeşil ticari açıklığın ekolojik sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini yumuşatmadaki birleşik etkisi analiz edilmektedir. Bu çalışmada yeşil ticari açıklık yerine yeşil ihracat ve yeşil ithalat verileri kullanılmıştır. Analiz sonucunda genel anlamda yeşil ticari açıklığın ticaretten elde edilen kazançlar ile ekolojik sürdürülebilirliği iyileştirdiği sonucuna ulaşılmaktadır. Harcama odaklı mali genişleme ekolojik olarak daha az/orta derecede verimli olan ekonomilerde yeşil ticaret açıklığının ekolojik sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini olumlu etkilerken, ekolojik olarak daha verimli ekonomilerde olumsuz etkilemektedir. Diğer yandan vergi odaklı mali daralma daha az/orta derecede verimli olan ekonomilerde yeşil ticaret açıklığının ekolojik sürdürülebilirlik üzerindeki iyileştirici etkisini teşvik ederken, ekolojik olarak daha verimli ekonomilerde etkisi nötr kalmaktadır. Faiz oranı odaklı parasal daralma durumu ise yeşil açıklığın ekolojik sürdürülebilirliğin iyileştirici etkisini çoğaltmaktadır. Tariq ve diğerleri (2024)'in çalışmasında ise çevresel yenilik, yeşil açıklık, karbon fiyatı ve yeşil enerjideki pozitif şokların karbon emisyonlarını azaltarak, yeşil ekonomik büyümeyi teşvik ettiği, negatif şokların ise çevresel bozulmayı artırarak, yeşil büyümeyi azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Son olarak Chavda ve Mehta (2024) çalışmasında yeşil ticaretin, teknolojik yeniliğin, yenilenebilir enerjinin ve ekonomik büyümenin ekolojik ayak izleri üzerindeki etkilerini araştırılmaktadır. 2000-2023 yılları arasında Hindistan için uygulanan zaman serisi analizi sonucunda, yeşil ticaret, teknolojik yenilik ve yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izini azaltıcı yönde etkilediği görülmektedir. Diğer yandan ekonomik büyümenin ekolojik ayak izini kısa dönemde arttırdığı, uzun dönemde ise azalttığı, böylece EKC hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Chavda ve Mehta (2024) çalışmasında, diğer çalışmalardan farklı olarak yeşil açıklık endeksini temsil etmesi amacıyla IMF tarafından geliştirilen İklim Değişikliği Gösterge Panosu'ndaki (Climate Change Dashboard) düşük karbonlu teknoloji ürünleri ticareti verisini kullanmıştır.

Literatürde sürdürülebilirlik ve yeşil açıklık arasındaki ilişki incelendiğinde, genellikle sürdürülebilirliği temsilen CO₂ emisyonu ve ekolojik ayak izi değişkenlerine odaklanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada

çevresel sürdürülebilirliği temsilen malzeme ayak izi değişkeni kullanılarak literatüre katkıda bulunulması amaçlanmaktadır.

Sürdürülebilirlik ve yeşil ticaret arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların çoğu CO₂ emisyonu ve ekolojik ayak izi değişkenlerine odaklanırken, Ganda (2024) çalışması, bu alanda farklı bir yaklaşım benimseyerek sürdürülebilirliği malzeme ayak izi üzerinden değerlendirmektedir. Çalışmada 2000-2019 yılları için BRICS ülkelerinde çevresel yönetim, ekonomik büyüme, yeşil ürün ve yeşil olmayan ürün ticareti ve eko-inovasyonun malzeme ayak izi ve yenilenebilir enerji kullanımı üzerindeki etkisini iki farklı model ile araştırılmaktadır. Modelde yeşil ürün ticareti verileri ihracat ve ithalatın toplamı şeklinde olup, yeşil ticari açıklıktan farklılık göstermektedir. Analizde Küresel Malzeme Akımı Veri tabanı (Global Material Flows Database) yeşil ürün verileri kullanılmıştır. Analiz sonucunda yeşil olmayan ürün ticaretinin malzeme ayak izini azalttığı, yeşil ürün ticaretinin ise malzeme ayak izini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Nedensellik sonuçları da yeşil olmayan ürün ticareti ve malzeme ayak izi, yeşil ürün ticareti ve malzeme ayak izi, yenilenebilir enerji kullanımı ve eko-inovasyon, yenilenebilir enerji tüketimi ve çevresel yönetim ve yenilenebilir enerji kullanımı ve yeşil ürün ticareti arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada, çevresel sürdürülebilirliği temsil eden malzeme ayak izi kullanılarak yeşil ticari açıklık ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkinin incelenmesi ve yeşil açıklık endeksinin IMF veri setine dayanması, çalışmayı literatürdeki benzer çalışmalardan ayırtan önemli bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

3. AMPİRİK ANALİZ

Bu bölümde öncelikle çalışmanın modeli, veri seti ve ekonometrik metodolojisi hakkında bilgi verilmektedir. Ardından ampirik sonuçlar sunulmaktadır.

3.1. Model ve Veri Seti

Çalışmada sürdürülebilirlik ve yeşil ticari açıklık arasındaki ilişki, 1999-2021 dönemi verileri kullanılarak 32 OECD ülkesi için incelenmiştir. OECD ülkelerinin, genellikle yüksek gelirli ve sanayileşmiş ekonomilere sahip olmaları, dünya ticaretinde önemli bir pay üstlenmeleri, sanayileşmiş ekonomilerde malzeme kullanımının yoğunluğu ve çevresel sürdürülebilirlik ile yeşil ekonomi politikalarında öncü konumda bulunmaları, bu ülkelerin analiz için tercih edilmesinde belirleyici olmuştur. Ayrıca, OECD ülkelerinde çevresel sürdürülebilirlik, ticaret ve malzeme kullanımı gibi konularda güvenilir ve kapsamlı veri setlerine erişimin mümkün olması, örneklem bu ülkelerle sınırlandırılmasını destekleyen bir diğer faktördür.

Çalışmanın modeli Ansari ve diğerleri (2020) ve Can ve diğerleri (2022)'den hareketle belirlenmiş olup, Eşitlik 1'deki gibidir:

$$MF_{it} = \alpha_{0i} + \alpha_{1i}GDP_{it} + \alpha_{2i}GOP_{it} + u_{it} \quad (1)$$

Denklemden, i yatay kesiti, t zamanı, α_0 sabit terimi, α_1 ve α_2 eğim parametrelerini ve u hata terimini temsil etmektedir. Ayrıca MF toplam malzeme ayak izini; GDP kişi başına düşen GSYİH düzeyini ve GOP ise yeşil ticari açıklığı temsil etmektedir. MF ve GDP değişkenleri logaritmik biçimde modele dahil edilmiştir. Modeldeki değişkenlere dair ayrıntılar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Değişkenlere ilişkin açıklamalar

Değişken	Açıklama	Kaynak
<i>MF</i>	Malzeme Ayak İzi (Biyokütle, fosil yakıtlar, metal cevherleri ve metal olmayan minerallerin toplamı -metrik ton)	UN, SDG
<i>GDP</i>	Gayrisafi Yurt İçi Hasıla (Kişi başı, 2015 sabit USD)	WDI
<i>GOP</i>	Yeşil Ticari Açıklık (X+M)/GDP	IMF

Not: UN SDG, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri Göstergeleri Veri Tabanını (United Nations, Sustainable Development Goals Indicators Database); WDI, Dünya Kalkınma Göstergelerini (World Development Indicators); IMF ise Uluslararası Para Fonu'nu (International Monetary Fund) ifade etmektedir.

3.2. Ekonometrik Metodoloji ve Ampirik Bulgular

Çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 3'te özetlenmektedir.

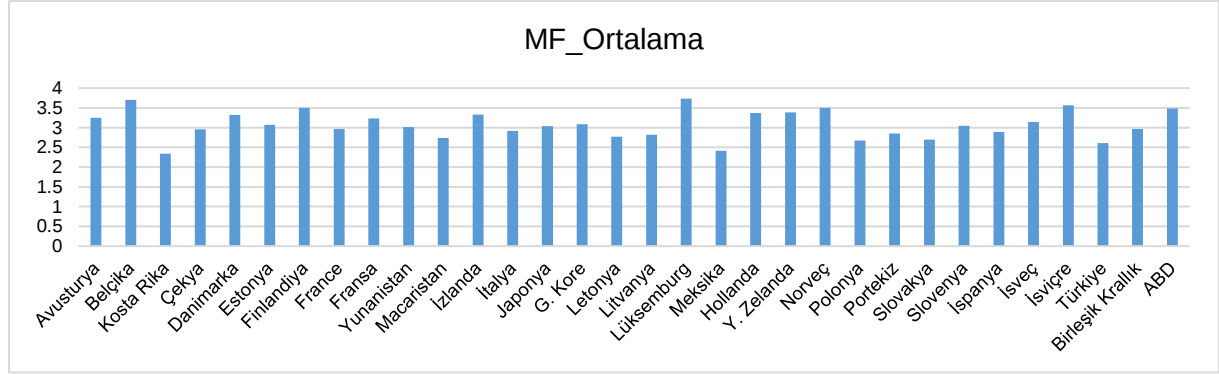
Tablo 3. Tanımlayıcı istatistikler

Değişken	Gözlem	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maximum
<i>MF</i>	736	3.074	0.384	2.051	4.341
<i>GDP</i>	736	10.206	0.694	8.680	11.630
<i>GOP</i>	736	4.998	3.523	1.006	25.565

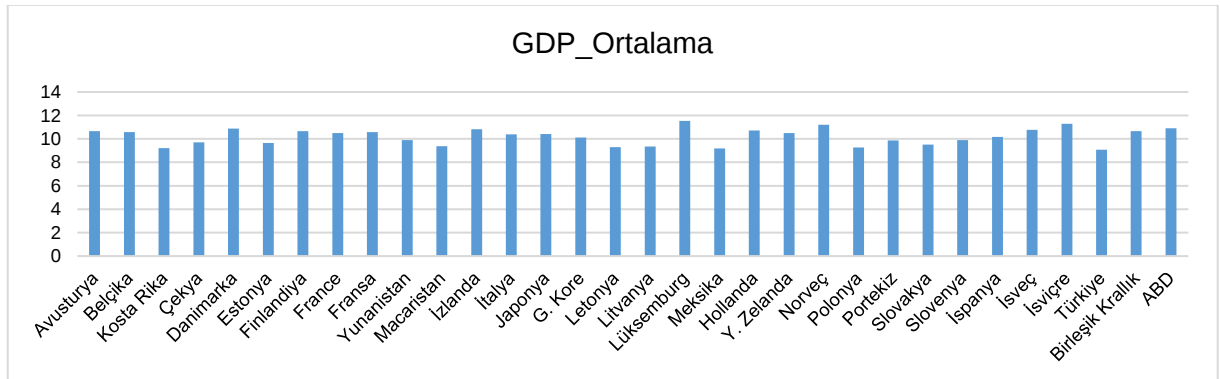
MF değişkeni 736 gözlemden oluşmakta olup ortalama değeri 3.074, standart sapması 0.384'tür. Bu değişkenin minimum değeri 2.051 ile 2001 yılında Türkiye'de, maksimum değeri ise 4.341 ile 2021 yılında Lüksemburg'da gözlenmiştir.

GDP değişkeni için de 736 gözlem bulunmaktadır. Ortalama değer 10.206, standart sapma 0.694 olarak hesaplanmıştır. Minimum değer 8.680 ile 2001 yılında Türkiye'de, maksimum değer ise 11.630 ile 2007 yılında Lüksemburg'da kaydedilmiştir.

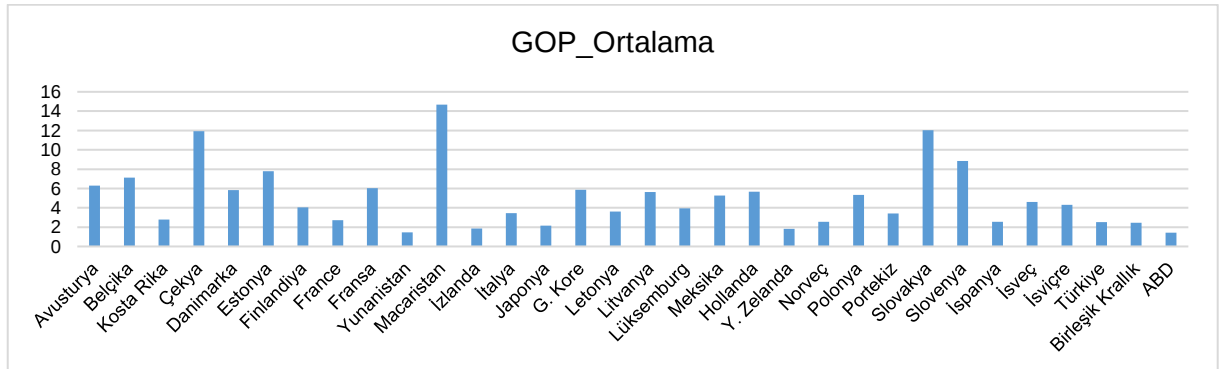
GOP değişkeni bakımından ise 736 gözlemden elde edilen sonuçlara göre ortalama değer 4.998, standart sapma 3.523'tür. Bu değişkenin minimum değeri 1.006 ile 2002 yılında Yunanistan'da, maksimum değeri ise 25.565 ile 2021 yılında Slovakya'da gerçekleşmiştir. Ayrıca değişkenlere ilişkin ortalama değerlerin ülkelere göre dağılımı Şekil 1-3'te gösterilmektedir.



Şekil 1. Malzeme ayak izi ortalama değerlerinin ülkelere göre dağılımı



Şekil 2. Gayrisafi yurt içi hasıla ortalama değerlerinin ülkelere göre dağılımı

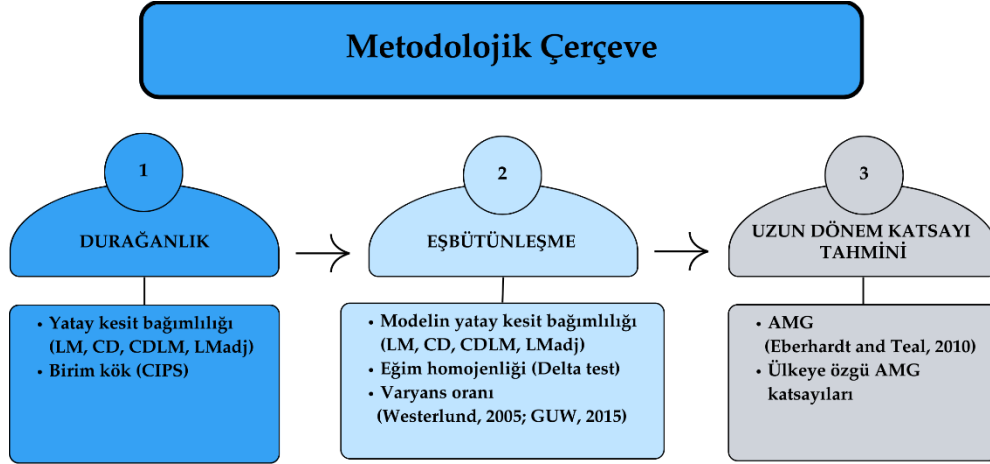


Şekil 3. Yeşil ticari açıklık ortalama değerlerinin ülkelere göre dağılımı

Ülkelerin performanslarını farklı göstergeler üzerinden karşılaştıran şekiller incelendiğinde, her bir ölçütün ülkeler arası farklılıkları ortaya koyma düzeyinin değiştiği görülmektedir. *MF_Ortalama* sonuçları, ülkelerin büyük ölçüde 2,5-3,5 aralığında yoğunlaştığını ve bu bağlamda ülkeler arasında görece dengeli bir dağılım bulunduğunu göstermektedir. Türkiye, bu ölçekte yaklaşık 2,60 değeri ile ortalamanın biraz altında konumlanmaktadır. *GDP_Ortalama* grafiği ise, görece homojen bir dağılım sergilemekte, ülkelerin büyük çoğunluğu 8-11 aralığında yoğunlaşmaktadır. Türkiye, yaklaşık 9 değeri ile ortalamaya yakın düzeyde yer almaktadır. Buna karşılık, *GOP_Ortalama* sonuçları ülkeler arasındaki farklılıkların en belirgin biçimde

ortaya çıktığı göstermektedir. Bu kapsamda Macaristan, Slovakya ve Çekya yüksek değerleriyle öne çıkarken, ABD ve Yunanistan düşük seviyeleriyle dikkat çekmektedir; Türkiye ise yaklaşık 2,5 değeriyle ortalamanın altında kalmaktadır. Genel olarak değerlendirildiğinde, MF ve GDP ortalamalarının ülkeler arasında daha istikrarlı ve dengeli bir dağılım gösterdiği, GOP ortalamasının ülkeler arasındaki farklılıkları keskin biçimde yansıtan gösterge olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Tanımlayıcı istatistiklerin ardından, çalışmanın metodolojisi ve ampirik sonuçlara geçmeden önce, izlenen metodolojik çerçeve Şekil 4'de grafiksel olarak sunulmaktadır.



Şekil 4. Metodolojik çerçeve

Panel veri analizlerinde, küresel ekonomi koşullarında ülkeler (yatay kesit birimleri) arası etkileşimin, analiz bulgularının güvenilirliğini etkileyebilmesi nedeni ile öncelikle yatay kesit bağımlılık sorunu sınanmaktadır. Paneli oluşturan birimler arasında yatay kesit bağımlılığın bulunması, analizde sapmalı sonuçlar elde edilmesine neden olacaktır (Breusch ve Pagan, 1980; Pesaran, 2004). Bu nedenle çalışmada öncelikle yatay kesit bağımlılığın varlığı analiz edilerek, “birimler arası bağımlılık yoktur” hipotezi sınanmaktadır. Yatay kesit bağımlılığın analizinde Breusch ve Pagan (1980) LM testi ve Pesaran (2004) CD testi uygulanmaktadır. Breusch ve Pagan (1980) LM testi zaman boyutunun yatay kesit boyutundan büyük olduğu durumlarda kullanılmakta olup yatay kesit boyutunun büyük olduğu durumlarda güvenilir sonuçlar vermemektedir (Pesaran, 2004: 7). Zaman boyutunun küçük ve yatay kesit boyutunun büyük olduğu durumlarda ise Breusch ve Pagan (1980) LM testine alternatif olarak Pesaran (2004) CD test ileri sürülmüştür.

Yatay kesit bağımlılığı araştıran ve Lagrange çarpanı yaklaşımına dayanan Breusch ve Pagan (1980) LM testi şu şekilde gösterilmektedir (Eşitlik 2):

$$\lambda_{LM} = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{p}_{ij}^2 \quad (2)$$

2 numaralı eşitlikte $\hat{p}_{ij}^2$ i. ve j. birimlerin kalıntıları arasındaki korelasyon katsayısını göstermektedir. LM testinde “Birimler arasında bağımlılık yoktur” temel hipotezi sınanmaktadır. LM test istatistiği $N(N-1)/2$ serbestlik derecesi ile X^2 asimptotik olarak dağılmaktadır. Pesaran (2004) CD testi ise Eşitlik 3’teki gibidir.

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{p}_{ij} \quad (3)$$

3 numaralı eşitlikte $\hat{p}_{ij}^2$ i. ve j. birimlerin kalıntıları arasındaki korelasyon katsayısıdır. CD test istatistiği $N(N-1)/2$ serbestlik derecesi ile X^2 asimptotik olarak dağılmaktadır.

Diğer yandan LM ve CD testleri grup ortalaması sıfır olduğu, fakat bireysel ortalamanın sıfırdan farklı olduğu durumlarda sapmalı olmaktadır. PUY (Pesaran ve diğerleri, 2008) test istatistiğine varyans ve ortalamayı ekleyerek sapması düzeltilmiş LM (LM_{adj}) testini ileri sürmüşlerdir. LM_{adj} testinde $H_0: p_{ij} = cor(u_{it}, u_{jt}) = 0$ $i \neq j$ “Yatay kesit bağımlılık yoktur” temel hipotezi sınanmaktadır. LM_{adj} testi Eşitlik 4’teki gibidir:

$$LM_{adj} = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{(T-k)\hat{p}_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{v_{Tij}} \quad T \rightarrow \infty \text{ ve } N \rightarrow \infty \text{ ve } LM_{adj} \rightarrow N(0,1) \quad (4)$$

Yatay kesit bağımlılığın araştırılmasına ilişkin LM testi (Breusch ve Pagan, 1980), CD (Pesaran, 2004), CD_{LM} (Pesaran, 2004) ve LM_{adj} (Pesaran ve diğerleri, 2008) test sonuçları Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Yatay kesit bağımlılık testi

Değişken	LM (Breusch Pagan, 1980)	CD (Pesaran, 2004)	CD _{LM} (Pesaran, 2004)	LM _{adj} (Pesaran ve diğerleri, 2008)
MF	3236.890 (0.000)*	-2.936 (0.002)*	132.650 (0.000)*	34.668 (0.000)*
GDP	4202.753 (0.000)*	-2.849 (0.002)*	175.588 (0.000)*	38.259 (0.000)*
GOP	2084.126 (0.000)*	-2.756 (0.003)*	81.403 (0.000)*	19.464 (0.000)*

Not: Parantez içindeki değerler olasılık (p) değerini, * ise %1'de anlamlılığı göstermektedir.

Tabloda yer alan test sonuçlarından hareketle, “yatay kesit bağımlılık yoktur” hipotezi tüm değişkenler için reddedilmektedir. Elde edilen sonuçlar yatay kesitler arasında bir etkileşim olduğunu, diğer bir ifade ile yatay kesit bağımlılık sorununun bulunduğunu göstermektedir. Bu nedenle analizin devamında yatay kesit bağımlılığı sorunu dikkate alan testler uygulanmaktadır.

Yatay kesit bağımlılık sorununun varlığının tespit edilmesinin ardından değişkenlerin durağanlığı araştırılmıştır. Değişkenlerin durağanlık sınaması yatay kesit bağımlılık sorunu dikkate alan ikinci nesil birim kök testleri yardımıyla yapılmıştır. Bu bağlamda çalışmada Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CIPS (Im, Pesaran ve Shin) testi kullanılmıştır. CIPS testi, yatay kesit bağımlılığı altında tutarlı sonuçlar vermektedir. CIPS istatistik değerleri CADF regresyonundan hareketle, ADF birim kök testi regresyonunun gecikmeli yatay kesit ortalamaları ve bunun birinci farkları ile genişletilmesine dayalı olup, (Baltagi, 2005: 249) Eşitlik 5'teki şekilde elde edilmektedir:

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + p_i^* y_{i,t-1} + d_0 \bar{y}_{t-1} + \sum_{j=0}^p d_{j+1} \Delta \bar{y}_{t-j} + \sum_{k=1}^p c_k \Delta y_{i,t-k} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

Eşitlikte $\bar{y}_{t-j}$ kesit ortalamasının gecikmeli seviyesini, $\Delta \bar{y}_{t-j}$ ise her birim için kesit ortalamasının birinci farklarını ifade etmektedir. Dolayısıyla gecikmeli yatay kesit ortalamaları ve birinci farklarının varlığıyla birlikte, birimler arasındaki korelasyon göz önünde bulundurulmalıdır. Buradan hareketle CIPS değeri şu şekildedir (Eşitlik 6):

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i(N, T) \quad (6)$$

CIPS durağanlık testinde “paneldeki tüm seriler birim kök içerir (yani durağan değildir)” hipotezi sınanmaktadır. CIPS birim kök test bulguları Tablo 5'teki gibidir.

Tablo 5. CIPS bulguları

Değişken	CIPS	
	I(0)	I(1)
MF	-1.422	-4.585*
GDP	-1.973	-3.395*
GOP	-1.867	-4.102*

Not: * %1'de anlamlılığı göstermektedir. CIPS kritik değeri; %1 için -2.23'dür.

Tablo 5'e göre; paneldeki tüm seriler için düzeyde “seride birim kök yoktur” hipotezi reddedilmektedir. Diğer bir ifade ile seriler birim kök içermektedir ve düzeyde durağan değildir. Farkları alındığı durumda ise seriler durağan hale gelmektedir. Dolayısıyla tüm seriler fark durağan, I(1)'dir. Serilerin durağanlığının incelenmesinin ardından serilerin uzun dönem ilişkisini inceleyebilmek için eşbütünleşme testi uygulanması gerekmektedir. Ancak eşbütünleşme tahmincisinin belirlenmesi için öncesinde modelde yatay kesit bağımlılığın ve eğim parametrelerinin homojenliğinin tespit edilmesi gerekmektedir. Modele ilişkin yatay kesit bağımlılık ve homojenite test bulguları Tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 6. Model için yatay kesit bağımlılık ve homojenite test bulguları

Model: $MF_{it} = \alpha_{0i} + \alpha_{1i} GDP_{it} + \alpha_{2i} GOP_{it} + u_{it}$		
	Test İstatistiği	p-değeri
Yatay Kesit Bağımlılık Testi		
LM (Breusch Pagan, 1980)	2675.778	0.000*
CD (Pesaran, 2004)	33.951	0.000*
CD _{LM} (Pesaran, 2004)	69.208	0.000*
LM _{adj} (PUY, 2008)	107.339	0.000*
Homojenite Testleri		
$\tilde{\Delta}$	21.019	0.000*
$\tilde{\Delta}_{adj}$	23.126	0.000*

Not: * %1'de anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 6'da yer alan istatistiklerden hareketle, "modelde yatay kesit bağımlılık yoktur" hipotezi reddedilmekte, dolayısıyla modelde yatay kesit bağımlılığın bulunduğu görülmektedir. Ayrıca delta test sonuçları da "eğim katsayıları homojendir" şeklindeki hipotezin reddedildiğini, eğim katsayılarının heterojen olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla elde edilen bulgular eşbütünleşme analizinde yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ve heterojen tahmine dayalı ikinci nesil eşbütünleşme testlerinin tercih edilmesini gerektirmektedir.

Çalışmada değişkenler arasındaki uzun vadeli ilişkinin varlığını dikkate alan ve söz konusu durumlara uygun olan sırasıyla Westerlund (2005)'in varyans oranına dayalı eşbütünleşme testi ve Gengenbach ve diğerleri (2015) eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Westerlund (2005) sırasıyla homojenlik ve heterojenlik varsayımları altında iki test istatistiği hesaplamaktadır. Eğim heterojenliğini dikkate alan grup ortalaması varyans oranı istatistiği şu şekilde tahmin edilmektedir (Eşitlik 7):

$$VR_G = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{E}_{it}^2 \hat{R}_i^{-1} \quad (7)$$

Denklikte $\hat{E}_{it} \equiv \sum_{j=1}^1 \hat{e}_{ij}$, $\hat{R}_{it} \equiv \sum_{t=1}^T \hat{e}_{it}^2$ ve $\hat{e}_{it}$ hata terimi olup, hipotez "eşbütünleşme yoktur" şeklindedir.

Gengenbach ve diğerleri (2015) tarafından önerilen eşbütünleşme testi ise yatay kesit bağımlılığını dikkate alarak, hata düzeltme yaklaşımına dayanan bir eşbütünleşme testidir. Gengenbach, Urbain ve Westerlund (GUW) testi Eşitlik 8'deki gibidir.

$$\Delta y_{it} = d\delta_{y,xi} + \alpha_{yi}y_{i,-1} + \omega_{i,-1}\gamma_i + v_i\pi_i + \varepsilon_{y-xi} = \alpha_{yi}y_{i,-1} + g_i^d\lambda_i + \varepsilon_{y,xi} \quad (8)$$

İlk aşamada modelde x her bir birim için OLS ile tahmin edilir ve "eşbütünleşme yoktur" şeklindeki hipotez test edilir. Ardından her bir birime ait test istatistiğinin ortalamasından panele ilişkin test istatistiği hesaplanır. Panel test istatistiği Eşitlik 9'daki gibi olup, temel hipotez "panelde eşbütünleşme yoktur" şeklindedir.

$$\bar{T}_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{c_i} \quad (9)$$

Westerlund (2005) ve GUW (2015) eşbütünleşme testlerine ilişkin bulgular Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Panel eşbütünleşme test bulguları

<i>Westerlund (2005) Eşbütünleşme Testi</i>		<i>İstatistik</i>	<i>Olasılık Değeri</i>	
<i>H₀: Eşbütünleşme yoktur.</i>				
<i>H₁: Tüm panel eşbütünleşiktir.</i>				
<i>Varyans oranı</i>		-1.622	0.052***	
<i>H₀: Eşbütünleşme yoktur.</i>				
<i>H₁: Bazı paneller eşbütünleşiktir.</i>				
<i>Varyans oranı</i>		-1.616	0.053***	
<i>GUW (2015) Eşbütünleşme Testi</i>		<i>Katsayı</i>	<i>T-bar</i>	<i>Olasılık Değeri</i>
<i>H₀: Eşbütünleşme yoktur.</i>		-0.807	-2.964	<=0.05

Not: *** %10'da anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 7'de yer alan Westerlund (2005) test sonuçlarına göre "eşbütünleşme yoktur" temel hipotezi hem panel hem de modeldeki bazı paneller için reddedilmektedir. Benzer bir şekilde GUW (2015) eşbütünleşme testine göre de "eşbütünleşme yoktur" hipotezi reddedilmektedir. Dolayısıyla her iki eşbütünleşme test bulgularından, değişkenlerin eşbütünleşik olduğu, MF, GDP ve GOP'un uzun dönemde birlikte hareket ettikleri sonucuna ulaşılmaktadır.

Eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesinin ardından GDP ve GOP'un MF üzerindeki uzun dönemli etkileri tespit edilebilmektedir. Bunun için yine yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ve her bir yatay kesit için heterojen katsayıların hesaplanmasına imkân tanıyan Augmented Mean Group (AMG) tahmincileri kullanılmıştır. AMG (Eberhardt ve Teal, 2010) tahmincileri iki aşamalı süreçten oluşmaktadır Eşitlik 10 ve 11).

$$\text{İlk aşama: } \Delta y_{it} = b' \Delta x_{it} + \sum_{t=2}^T c_t \Delta D_t + e_{it} \quad \hat{c}_t \equiv \hat{\mu}_t^* \quad (10)$$

Denklemden yer alan c kukla katsayısını, D_t zaman kuklalarını ve $\hat{\mu}_t^*$ kukla değişkenlerden elde edilen ve ayrıca yatay kesit bağımlılığını modele dahil eden değişkeni ifade etmektedir.

$$\text{İkinci aşama: } y_{it} = \alpha_i + b_i' x_{it} + c_i t + d_i \hat{\mu}_t^* + e_{it} \quad (11)$$

İkinci aşamada, birinci aşamadan elde edilen kukla değişken katsayıları modele dahil edilerek model tahmini yapılmaktadır. AMG tahmincisi $\hat{b}_{AMG} = N^{-1} \sum_i \hat{b}_i$ birimlere özgü istatistiklerin ortalaması alınarak hesaplanan panel katsayılarını göstermektedir. Bu bağlamda AMG tahmincisi hem panel hem de ülkelere özgü tahmin sonuçları hesaplayabilmektedir. AMG tahmin sonuçları Tablo 8'de yer almaktadır.

Tablo 8. AMG tahmin sonuçları

<i>Değişkenler</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>Z</i>	<i>Olasılık değeri</i>
GDP	1.541	0.134	11.48	0.000*
GOP	-0.039	0.016	-2.49	0.013**
Sabit	12.541	1.504	-8.34	0.000*

Not: * ve ** sırasıyla %1 ve %5'de anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 8'de yer alan AMG tahmin sonuçlarına göre, kişi başına gelir düzeyindeki artışın malzeme ayak izi üzerinde istatistiki olarak anlamlı ve pozitif etkisi olduğu tespit edilmiştir. Kişi başına gelir düzeyi, iktisadi büyümenin bir göstergesi olarak değerlendirildiğinde, gelir artışı ülkelerin üretim ve tüketim düzeylerini artırmakta, bu da malzeme kullanımının yükselmesine neden olmaktadır. Bu bulgu, Ansari ve diğerleri (2020), Sahoo ve diğerleri (2021), Dada ve Al-Faryan (2024) ve Mukiyen Avcı (2023b)'in gelir düzeyindeki artışın malzeme ayak izi kullanımını arttırdığına işaret eden çalışmalarındaki sonuçlarla uyum göstermektedir.

Diğer yandan, yeşil ticari açıklığın malzeme kullanımı üzerindeki etkisi incelendiğinde, ülkelerin yeşil ticari açıklık düzeyindeki artışın malzeme kullanımı üzerinde istatistiki olarak anlamlı ve negatif bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, yeşil ticari açıklığın malzeme ayak izini azaltma potansiyelini ortaya koymaktadır. Yeşil ticari açıklık, üretim süreçlerinde kaynakların verimli kullanılması, döngüsel ekonomi politikalarının uygulanması, uluslararası ticarete yeşil ürünlerin teşvik edilmesi ve çevre dostu lojistik uygulamalarının benimsenmesi yoluyla söz konusu etkiyi güçlendirebilir.

Literatürde, doğrudan malzeme ayak izi ile yeşil ticari açıklık arasındaki ilişkiyi ele alan bir çalışmaya rastlanmamakla birlikte Ganda (2024) yeşil ve yeşil olmayan malların (X+M) malzeme ayak izi üzerindeki etkisini incelemiştir. Ancak, söz konusu çalışmada yeşil ürünlerin (X+M) malzeme ayak izini artırdığı yönünde elde edilen bulgular, mevcut analizde ulaşılan sonuçlarla örtüşmemektedir.

Tablo 9. Ülkeye özgü AMG katsayıları

<i>Ülke</i>	<i>Sabit</i>	<i>GDP</i>	<i>GOP</i>	<i>Ülke</i>	<i>Sabit</i>	<i>GDP</i>	<i>GOP</i>
ABD	-9.398 (0.000)*	1.238 (0.000)*	-0.265 (0.001)*	İzlanda	-4.486 (0.072)***	0.719 (0.062)***	0.144 (0.062)***
Almanya	-9.289 (0.000)*	1.206 (0.000)*	-0.002 (0.887)	Japonya	-18.096 (0.006)*	2.064 (0.001)*	-0.068 (0.245)
Avusturya	-8.196 (0.000)*	1.091 (0.000)*	0.006 (0.468)	Kosta Rika	-5.97 (0.000)*	0.946 (0.000)*	-0.068 (0.136)
Belçika	-16.494 (0.000)*	1.924 (0.000)*	0.009 (0.643)	Letonya	-8.31 (0.000)*	1.197 (0.000)*	0.048 (0.061)**
Birleşik Krallık	-7.091 (0.001)*	0.981 (0.000)*	-0.077 (0.019)**	Litvanya	-4.937 (0.000)*	0.848 (0.000)*	0,010 (0,386)
Çekya	-5.475 (0.000)*	0.91 (0.000)*	-0.014 (0.004)*	Lüksemburg	-33.204 (0.002)*	3.203 (0.000)*	0,047 (0,723)
Danimarka	-3.656 (0.000)*	0.636 (0.020)**	0.051 (0.008)*	Macaristan	-11.463 (0.000)*	1.577 (0.000)*	-0,024 (0,000)*
Estonya	-11.192 (0.000)*	1.519 (0.000)*	-0.021 (0.109)	Meksika	-7.89 (0.005)*	1.124 (0.000)*	0,041 (0,000)*
Finlandiya	-18.401 (0.000)*	2.103 (0.000)*	-0.072 (0.011)**	Norveç	-33.299 (0.000)*	3.286 (0.000)*	0,083 (0,045)**
Fransa	-13.215 (0.000)*	1.583 (0.000)*	-0.070 (0.024)**	Polonya	-9.602 (0.000)*	1.411 (0.000)*	-0,108 (0,000)*
Güney Kore	-6.25 (0.000)*	0.961 (0.000)*	-0,024 (0.001)*	Portekiz	-22.619 (0.005)*	2.661 (0.001)*	-0,172 (0,000)*
Hollanda	-10.11 (0.000)*	1.268 (0.000)*	0.022 (0.001)*	Slovakya	-5.094 (0.000)*	0.845 (0.000)*	-0,002 (0,699)
İspanya	-12.373 (0,013)**	1.568 (0,001)*	-0.175 (0,000)*	Slovenya	-3.232 (0,050)**	0.678 (0,000)*	-0,024 (0,024)**
İsveç	-15,414 (0,000)*	1,741 (0,000)*	0,007 (0,773)	Türkiye	-13,149 (0,000)*	1,796 (0,000)*	-0,133 (0,043)**
İsviçre	-36,085 (0,000)*	3,598 (0,000)*	-0,174 (0,000)*	Yeni Zelanda	-17,433 (0,000)*	2,016 (0,000)*	-0,060 (0,032)**
İtalya	-10,537 (0,000)*	1,313 (0,000)*	0,016 (0,221)	Yunanistan	-9,357 (0,000)*	1,3 (0,000)*	-0,177 (0,000)*

Not: *, ** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10'da anlamlılığı göstermektedir

Mevcut bulgular, yeşil ticari açıklığın çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini inceleyen diğer bazı araştırmaları destekler niteliktedir. Can ve diğerleri (2021, 2022), Hu ve diğerleri (2024) ve Chavda ve Mehta (2024)'ün çevresel sürdürülebilirliği ekolojik ayak izi değişkeni üzerinden değerlendirdikleri çalışmalarında ve Güzel ve Oluç (2023), Tariq ve diğerleri (2024) ve Alvi ve diğerleri (2023) ise bu değerlendirmeyi CO₂ değişkeni temelinde ele aldıkları çalışmalarında, yeşil ticari açıklığın malzeme ayak izini azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Bu bulgular, yeşil ticari açıklığın çevresel sürdürülebilirlik politikaları açısından önemli bir araç olduğunu göstermektedir. Son olarak Tablo 9'da ülkelere özgü AMG katsayılarına ilişkin bulgulara yer verilmektedir. Tablo 9'da sunulan ülkelere özgü AMG katsayıları incelendiğinde, ele alınan tüm ülkelerde kişi başına gelir düzeyindeki artışın malzeme ayak izini artırdığı görülmektedir.

Yeşil açıklığın malzeme ayak izi üzerindeki ülkelere özgü etkisi değerlendirildiğinde, Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Krallık, Çekya, Finlandiya, Fransa, Güney Kore, İspanya, İsviçre, Macaristan, Polonya, Portekiz, Slovenya, Türkiye, Yeni Zelanda ve Yunanistan'da yeşil ticari açıklıktaki bir artışın malzeme ayak izini azalttığı görülmektedir.

Buna karşılık Danimarka, Hollanda, İzlanda, Letonya, Meksika ve Norveç'te yeşil ticari açıklıktaki bir artış malzeme ayak izini artırmaktadır. Bu bulgu Bai ve diğerleri (2023)'ün çevresel sürdürülebilirliği CO₂ değişkeni üzerinden inceledikleri çalışmada, yeşil ticari açıklığın malzeme ayak izini artırdığı sonucu ile örtüşmektedir. Benzer bir şekilde Ganda (2024)'nin yeşil malların (X+M) malzeme kullanımı arttığı bulgusu ile genel bir paralellik göstermektedir. Yeşil ticari açıklık, sürdürülebilirliği genellikle teşvik etse de, bazı durumlarda malzeme kullanımı artışına yol açabilmektedir. Bu durum, kaynak yoğun yeşil teknolojilerin benimsenmesi, ticaret hacmindeki artışlar ve küresel tedarik zincirinde yaşanan verimsizliklerden kaynaklanabilir.

Avusturya, Belçika, Kosta Rika, Estonya, Almanya, İtalya, Japonya, Litvanya, Lüksemburg, Slovakya ve İsveç'te ise yeşil ticari açıklığın malzeme ayak izi üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir etkisi bulunamamıştır. Bu bulgular, yeşil ticaret açıklığının etkilerinin her ülkenin özgün ekonomik, teknolojik ve ticari dinamiklerine bağlı olarak farklı sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir.

4. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Çalışmada, 1999-2021 yılları arasında 32 OECD ülkesinde yeşil ticari açıklık ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişki araştırılmaktadır. Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi tespit etmek için Westerlund (2005) ve GUW (2015) panel eşbütünleşme analizleri uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, her iki eşbütünleşme testi de serilerin eşbütünleşik olduğunu göstermektedir. Buna göre malzeme ayak izi, gelir düzeyi ve yeşil ticari açıklık değişkenleri uzun dönemde birlikte hareket etmektedir.

Ayrıca, gelir düzeyi ve yeşil ticari açıklığın malzeme ayak izi üzerindeki etkilerini incelemek amacı ile AMG tahmincisi kullanılmıştır. AMG tahmini sonuçlarına göre, gelir düzeyindeki bir artış malzeme ayak izini artırmaktadır. Diğer bir ifadeyle, ülkelerin ekonomik büyüme süreçlerinde üretim ve tüketim düzeylerinin artması, malzeme kullanımını artırarak çevresel bozulmaya yol açmakta ve çevresel sürdürülebilirliği olumsuz etkilemektedir. Bu bulgu, Ansari ve diğerleri (2020) ile Sahoo ve diğerleri (2021)'in çalışmalarıyla uyumlu olup, ekonomik büyümenin çevresel kaynak tüketimini yükselttiğine dair literatürdeki genel eğilimi teyit etmektedir. Nitekim, Boz ve diğerleri (2025), karbon salınımının özellikle en yüksek %1'lik gelir grubunun tüketim alışkanlıklarından kaynaklandığını ortaya koymuştur. Öte yandan, yeşil ticari açıklığın malzeme ayak izi üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde, yeşil ticari açıklık düzeyinin artmasının malzeme ayak izini azaltıcı yönde etkilediği tespit edilmiştir. Bu bulgu, yeşil ticari açıklığın çevresel sürdürülebilirlik politikalarının uygulanmasında etkili bir araç olarak değerlendirilebileceğini göstermekte olup, bu sonuç Can ve diğerleri (2021; 2022), Güzel ve Oluç (2023) ve Hu ve diğerleri (2024)'ün yeşil ticaretin çevresel sürdürülebilirliği teşvik ettiği yönündeki bulgularıyla paralellik göstermektedir.

Son olarak ele alınan 32 OECD ülkesi için, ülkelere özgü AMG katsayıları hesaplanarak değişkenlerin etkileri değerlendirilmiştir. Ele alınan ülkelerin tümünde gelir düzeyindeki artış malzeme ayak izini arttırırken, yeşil ticari açıklığın malzeme ayak izi üzerindeki etkisi farklılık göstermektedir. Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Krallık, Çekya, Finlandiya, Fransa, Güney Kore, İspanya, İsviçre, Macaristan, Polonya, Portekiz, Slovenya, Türkiye, Yeni Zelanda ve Yunanistan'da yeşil ticari açıklıktaki bir artışın malzeme ayak izini azaltırken, Danimarka, Hollanda, İzlanda, Letonya, Meksika ve Norveç'te yeşil ticari açıklıktaki bir artış malzeme ayak izini artırmaktadır.

Çalışma literatürdeki mevcut bulguları desteklemekle birlikte, malzeme ayak izini merkeze alması ve IMF'nin güncel yeşil ticaret açıklığı verilerini kullanması yönüyle özgün bir katkı sunmaktadır. Elde edilen sonuçlar, ülkelerin ekonomik büyüme ve kalkınma süreçlerinde, çevre dostu mal ve hizmetlerin üretimini ve ticaretini teşvik edecek politikalar benimsemeleri gerektiğini ortaya koymaktadır. Diğer bir ifadeyle, ekonomik büyümenin ekosistem üzerinde tahribata yol açmadan sürdürülebilmesi temel bir öncelik olmalı ve bu anlamda yeşil ürün ticaretine yönelik politikalar hayata geçirilmelidir.

Ülkelerin yeşil ticari açıklık düzeyini artırabilmesi için yeşil ve çevre dostu ürünlere ilişkin tarife ve tarife dışı engellerin azaltılması önemli bir politika aracı olacaktır. Yeşil ticari açıklık, çevre dostu ve yeşil ürünlerin üretimini ve ticaretini teşvik ederek, doğrudan malzeme kullanımını azaltma potansiyeline sahiptir. Bu doğrultuda, ülkelerarası serbest ticaret anlaşmalarına ekosisteme zarar vermeyen, iklim değişikliğine yol açmayan çevresel malların dahil edilmesi önem taşımaktadır. Ayrıca ticarete konu olan malların üretiminde, tedarik zinciri yönetiminde ve lojistik süreçlerinde çevreye duyarlı teknolojilerin geliştirilmesi ve benimsenmesi, yeşil ticaretin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki olumlu etkisini güçlendirecektir.

Bunun yanı sıra, taşımacılık sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, nakliye ve lojistik süreçlerinde atık miktarının minimize edilmesi ve düşük karbonlu lojistik sağlayan politikaların benimsenmesi çevresel sürdürülebilirliği destekleyen önemli adımlardır. Ayrıca çevreye zarar veren ve kaynak yoğun mal ticareti yapan firmalara daha yüksek çevresel standartlar ve vergi yükümlülükleri getirilmesi, üretim süreçlerinde fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi ve hammadde tüketimi yerine geri dönüşüm malzemelerinin tercih edilmesi, üretim ve ticarete malzeme kullanımının azaltmasına katkı sağlayacaktır. Bu tür politika ve uygulamalar, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından kritik öneme sahiptir.

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No potential conflict of interest was declared by the author.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.

KAYNAKÇA

- Ahmad, M., Ahmed, Z., Bai, Y., Qiao, G., Popp, J. ve Oláh, J. (2022). "Financial Inclusion, Technological Innovations and Environmental Quality: Analyzing the Role of Green Openness", *Frontiers in Environmental Science*, 10(851263), 1-12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.851263>
- Al-Mulali, U. ve Ozturk, I. (2015). "The Effect of Energy Consumption, Urbanization, Trade Openness, Industrial Output, and the Political Stability on the Environmental Degradation in the MENA (Middle East and North African) Region", *Energy*, 84, 382-389. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.004>
- Alvi, S., Ahmad, I. ve Rehman, A. (2023). "Trade of Environmental Versus Non-Environmental Goods and Carbon Emissions in High and Middle-Income Countries", *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 65283-65295. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26972-9>
- Ansari, M.A., Haider, S. ve Khan, N.A. (2020). "Enviromental Kuznets Curve Revisited: An Analysis Using Ecological and Material Footprint", *Ecological Indicators*, 115(106416), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106416>
- Antweiler, W., Copeland, B.R. ve Taylor, S.T. (2001). "Is Free Trade Good for the Enviroment", *The American Economic Review*, 91(4), 877-908. <https://doi.org/10.1257/aer.91.4.877>
- Bai, J., Han, Z., Rizvi, S.K.A. ve Naqvi, B. (2023). "Green Trade or Green Technology? The Way Forward for G-7 Economies to Achieve COP 26 Targets While Making Competing Policy Choices", *Technological Forecasting & Social Change*, 191(122477), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122477>
- Baltagi, B.H. (2005). "Econometric Analysis of Panel Data", England: John Wiley&Sons Ltd. West Sussex.
- Boz, A., Ünalın, G. ve Çaşkurlu, E. (2025). "The Effectiveness of Redistribution in Carbon Inequality: What About the Top 1%?", *Sustainability*, 17(11), 4960, 1-26. <https://doi.org/10.3390/su17114960>
- Breusch, T.S. ve Pagan, A.R. (1980). "The Lagrange Multiplier Test and Its Applications to Model Specification in Econometrics", *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253. <https://doi.org/10.2307/2297111>
- Can, M., Jebli, B. ve Brusselaers, J. (2021). "Exploring the Impact of Trading Green Products on the Environment: Introducing the Green Openness Index", *MPRA*, 106730, 1-21.
- Can, M., Jebli, B. ve Brusselaers, J. (2022). "Can Green Trade Save the Environment? Introducing the Green (Trade) Openness Index", *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 44091-44102. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18920-w>
- Chavda, P. ve Mehta, D. (2024). "Impact of Green Trade, Technological Innovation and Renewable Energy on India's Ecological Footprint", <https://ssrn.com/abstract=5057184>.
- Dada, J.T. ve Al-Faryan, M.A.S. (2024). "Linking Per Capita Income, Renewable Energy, Natural Resources, Trade, and Urbanisation to Material Footprint: Insights from Saudi Arabia", *Energy Nexus*, 13(100269), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100269>
- Daly, S. ve Abdouli, M. (2023). "The Nexus Between Environmental Quality, Economic Growth, and Trade Openness in Saudi Arabia (1990-2017)", *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(4), 579-598. <https://doi.org/10.32479/ijee.14119>
- Dünya Bankası. (2008). "International Trade and Climate Change - Economic, Legal, and Institutional Perspectives, Opportunities for Win-Win-Win: Liberalizing Trade in Environmental Goods and Services", 73-95, Washington, DC.
- Dünya Bankası. (2023). "Toward a Clean Green Resilient World for All", <https://www.worldbank.org/en/topic/environment/publication/environment-strategy-toward-clean-green-resilient-world>, Erişim tarihi: 05.01.2025.
- Eberhardt, M. ve Teal, F. (2010). "Productivity Analysis in Global Manufacturing Production, *Oxford, Department of Economics*", *Discussion Paper Series* (515).
- Farhani, S., Shahbaz, M. ve Arouri, M.E.H. (2013). "Panel Analysis of CO₂ Emissions, GDP, Energy Consumption, Trade Openness and Urbanization for MENA Countries", *MPRA*, 49258, 1-19.
- Galli, A., Kitzes, J., Niccolucci, V., Wackernagel, M., Wada, Y. ve Marchettini, W. (2012). "Assessing the Global Environmental Consequences of Economic Growth through the Ecological Footprint: A Focus on China and India", *Ecological Indicators*, 17, 99-107. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.022>
- Gao, X., ve Zheng, H. (2017). "Environmental Concerns, Environmental Policy and Green Investment", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(12), 1570. <https://doi.org/10.3390/ijerph14121570>
- Ganda, F. (2024). "Investigating the Relationship and Impact of Environmental Governance, Green Goods, Non-Green Goods and Eco-Innovation on Material Footprint and Renewable Energy in the BRICS Group", *Sustainability*, 16(1602), 1-20. <https://doi.org/10.3390/su16041602>
- Gengenbach, C., Urbain, J.P., ve Westerlund, J. (2016). "Error Correction Testing in Panels with Common Stochastic Trends", *Journal of Applied Econometrics*, 31(6), 982-1004. <https://doi.org/10.1002/jae.2475>
- Güzel, I. ve Oluç, I. (2023), "Yeşil Açıklığın Çevresel Bozulma Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi", *İzmir İktisat Dergisi*, 38(1), 19-34. <https://doi.org/10.24988/ije.1068476>

- Hajian, M. ve Kashani, S.J. (2021). "Evolution of the Concept of Sustainability from Brundtland Report to Sustainable Development Goals", *Sustainable Resource Management*, (s. 1-24), Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824342-8.00018-3>
- Hinsberg, N. ve Can, M. (2024). "The Impact of Green Trade Openness on Air Quality", *Ekonomik Journal of Economics*, 2(2), 105-118. <https://doi.org/10.60084/eje.v2i2.198>
- Hu, Y., Li, B. ve Ahmad, M. (2024). "Green Trading and Ecological Sustainability Under Macroeconomic Policy Framework", *Geoscience Frontiers*, 15(101776), 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101776>
- IMF (2021). "Trade in Environmental Goods. Climate Change Indicators Dashboard", https://climatedata.imf.org/datasets/8636ce866c8a404b8d9baeaffa2c6cb3_0/explore, Erişim tarihi: 25.12.2024.
- Jin, J.C. (2002). "Exports and Growth: Is the Export-Led Growth Hypothesis Valid for Provincial Economies?", *Applied Economics*, 34(1), 63- 76. <https://doi.org/10.1080/00036840010025632>
- Maji, I.K., Saari, M.Y. ve Bello, U.A. (2023). "Institutional Quality, Green Trade and Carbon Emissions in Sub-Saharan Africa", *Cleaner Energy Systems*, 6(100086), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.cles.2023.100086>
- Managi, S., Hibiki, A. ve Tsurumi, T. (2009). "Does Trade Openness Improve Environmental Quality?", *Journal of Environmental Economics and Management*, 58, 346-363. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2009.04.008>
- Mukiyen Avcı, G. (2023a). "Environmental Impact of Foreign Direct Investment in Turkey: Does the Quality of Institutions Matter? Evidence from Time Series Analysis Using the Fourier Extension", *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 107841-107853. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29964-x>
- Mukiyen Avcı, G. (2023b). "Malzeme Kuznets Eğrisi Hipotezi Geçerli mi? CIVETS Ülkelerinden Ampirik Kanıtlar", *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 52, 336-351. <https://doi.org/10.52642/susbed.1351678>
- Omri, A., Daly, S., Rault, C. ve Chaibi, A. (2015). "Financial Development, Environmental Quality, Trade and Economic Growth: What Causes What in MENA Countries?", *Energy Economics*, 48, 242-252. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.01.008>
- Pesaran, M.H. (2004). "General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels". <https://doi.org/10.1007/s00181-020-01875-7>
- Pesaran, M.H. (2007). "A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence", *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312. <https://doi.org/10.1002/jae.951>
- Pesaran, M.H., Ullah, A. ve Yamagata, T. (2008). "A Bias-Adjusted LM Test of Error Cross-Section Independence", *The Econometrics Journal*, 11(1), 105-127. <https://doi.org/10.1111/j.1368-423X.2007.00227.x>
- Sahoo, M., Saini, S. ve Villanthenkodath, M.A. (2021). "Determinants of Material Footprint in BRICS Countries: An Empirical Analysis", *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 37689-37704. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13309-7>
- Sdrolia, E. ve Zarotiadis, G. (2019). "A Comprehensive Review for Green Product Term: From Definition to Evaluation", *Journal of Economic Surveys*, 33(1), 150-178. <https://doi.org/10.1111/joes.12268>
- SDG (2023). "Sustainable Development Goal", <https://sdgs.un.org/goals>.
- Shahbaz, M., Lean, H.H. ve Shabbir, M.S. (2012). "Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Pakistan: Cointegration and Granger Causality", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 2947-2953. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.015>
- Shahsavani, M. ve Basavaraju, C. (2016). "International Trade Benefits and Disadvantages, and Problems", *International Journal of Research in Economics and Social Sciences*, 6(1).
- Tariq M., Xu Y., Ullah K. ve Dong B. (2024). "Toward Low-Carbon Emissions and Green Growth for Sustainable Development in Emerging Economies: Do Green Trade Openness, Eco-Innovation, and Carbon Price Matter?", *Sustainable Development*, 32, 959-978. <https://doi.org/10.1002/sd.2711>
- Udeagha, M.C. ve Muchapondwa, E. (2022). "Environmental Sustainability in South Africa: Understanding the Criticality of Economic Policy Uncertainty, Fiscal Decentralization, and Green Innovation", *Sustainable Development*, 31, 1638-1651. <https://doi.org/10.1002/sd.2473>
- UN (1987). "Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future", https://gat04-live-1517c8a4486c41609369c68f30c8-aa81074.divio-media.org/filer_public/6f/85/6f854236-56ab-4b42-810f-606d215c0499/cd_9127_extract_from_our_common_future_brundtland_report_1987_foreword_chpt_2.pdf.
- Wackernagel, M. ve Rees, W. (1996). "Our ecological footprint". Gabriola Island, BC: New Society Publishers.
- Westerlund, J. (2005). "New Simple Test for Panel Cointegration", *Econometric Reviews*, 24(3), 297-316. <https://doi.org/10.1080/07474930500243019>
- Wiedmann, T.O., Schandl, H., Lenzen, M., Moran, D., Suh, S. ve West, J. (2015). "The Material Footprint of Nations", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(20), 6271-6276. <https://doi.org/10.1073/pnas.1220362110>
- Zhang, S., Liu, X. ve Bae, J. (2017). "Does Trade Openness Affect CO₂ Emissions: Evidence from Ten Newly Industrialized Countries?", *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 17616-17625. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9392-8>