



Türkiye’de Dış Ticaret ve Ekolojik Ayakizi İlişkisinin Analizi

Salih Yıldırım¹

Özet

Makale Hakkında

Gönderim Tarihi

28 Eylül 2025

Kabul Tarihi

9 Aralık 2025

Makale Türü

Araştırma Makalesi

Küreselleşme süreciyle birlikte dış ticarete yaşanan gelişmeler, ülkelerin üretim, tüketim ve kaynak kullanımı için enerji kullanımlarını artırmasına yol açmıştır. Ticaret akışlarının artışı, özellikle fosil yakıta dayalı ekonomik yapılarda enerji talebini yükselterek çevresel baskıları artırabilmektedir. Bu kapsamda dış ticaret, çevresel sürdürülebilirlik açısından hem doğrudan hem de dolaylı etkilere sahiptir. İhracat, üretim yapısına bağlı olarak çevresel baskı üzerinde pozitif ve negatif etkiler yaratabilirken, ithalat ise tüketim temelli kaynak kullanımını hızlandırarak çevresel baskı üzerinde pozitif bir etki ortaya çıkarabilmektedir. Çevresel baskının değerlendirilmesine ilişkin literatürde kullanılan çevresel göstergelerden biri de Wackernagel ve Rees tarafından önerilen ekolojik ayakizidir. Ekolojik ayak izi, doğal kaynakların tüketimini ve atıkların doğal ortam tarafından emilimini ölçen bir gösterge olarak çevresel yükün kapsamlı bir resmini sunmaktadır. Bu çalışmada, 1990-2022 dönemi için Türkiye’de dış ticaretin ekolojik ayakizi üzerindeki kısa ve uzun dönem etkisi Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif modeli (ARDL) ile incelenmiştir. Uzun döneme ait sonuçlar, dış ticaret ile ekolojik ayakizi arasında anlamlı bir ilişkiyi açıklamaktadır. İhracatın ekolojik ayak izini azalttığı, ithalatın ise artırdığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, sağlamlılık testlerinin sonuçlarıyla da uyumludur. Bununla birlikte orman alanları ve endüstriyel üretimin ekolojik ayakizi üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Kısa dönem sonuçları, ekolojik ayakizinin ihracat, ithalat, orman alanı ve endüstriyel üretim ile düzeltilebileceğini göstermektedir. Bu sonuçlar, çevre duyarlı ticaret politikaları, temiz üretim teknolojilerinin teşviği ve biyokapasitenin güçlendirilmesine yönelik politika önlemlerini desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: Dış Ticaret, Ekolojik Ayakizi, Sürdürülebilirlik, Türkiye, ARDL

Analysis of Foreign Trade and Ecological Footprint Linkage in Türkiye

Abstract

Article Info

Received

September 28, 2025

Accepted

December 9, 2025

Article Type

Research Article

With the process of globalization, developments in foreign trade have led countries to increase their energy use for production, consumption, and resource utilization. The increase in trade flows can intensify environmental pressures, especially in economies based on fossil fuels, by raising energy demand. In this context, foreign trade has both direct and indirect effects on environmental sustainability. While exports can create positive and negative effects on environmental pressure depending on the production structure, imports can create a positive effect on environmental pressure by accelerating consumption-based resource use. One of the environmental indicators used in the literature to evaluate environmental pressure is the ecological footprint proposed by Wackernagel and Rees. The ecological footprint presents a comprehensive picture of environmental burden as an indicator that measures the consumption of natural resources and the absorption of wastes by the natural environment. In this study, the short and long-term effects of foreign trade on the ecological footprint in Turkey for the period 1990-2022 were examined using the Autoregressive Distributed Lag model (ARDL). The long-term results explain a significant relationship between foreign trade and ecological footprint. It was determined that exports reduce the ecological footprint, while imports increase it. This result is consistent with the outcomes of robustness tests. Furthermore, forest areas and industrial production were found to have a significant impact on the ecological footprint. Short-term results indicate that the ecological footprint can be corrected through exports, imports, forest area, and industrial production. These results support policy measures for environmentally sensitive trade policies, promotion of clean production technologies, and strengthening biocapacity.

Keywords: Foreign Trade, Ecological Footprint, Sustainability, Türkiye, ARDL

1 Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, İktisat Bölümü, salihyildirim@uludag.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-1237-8214>

Atıf: Yıldırım, S. (2025). Türkiye’de Dış Ticaret ve Ekolojik Ayakizi İlişkisinin Analizi. *Ekonomi, İşletme ve Bilişim Dergisi*, 2(2), 1-13.

1. Giriş

Küresel ekonominin üretim ve ticaret odaklı yapısı, yoğun enerji kullanımı gerektirmektedir. Enerji tüketimi, dünya genelinde büyük ölçüde fosil yakıtlar, özellikle petrol, kömür ve doğal gaz gibi kaynaklara dayalı olarak gerçekleşmektedir. Endüstriyel üretimin artışı ve ticaret hacminin genişlemesi, enerji kullanım ihtiyacını artırmakta ve doğal kaynaklar üzerinde giderek daha yoğun bir baskı oluşturmaktadır (Awosusi vd., 2024). Bu durum, orta ve uzun vadede ekolojik denge üzerinde ciddi ve kalıcı olumsuz etkiler yaratmakta, ekosistemlerin sağlığını tehdit etmektedir. Küresel çapta ortaya çıkan bu olumsuz etkiler, iklim değişikliği, doğal kaynakların hızla tükenmesi, biyolojik çeşitliliğin azalması, çölleşme ve ormansızlaşma gibi çeşitli ve karmaşık çevresel sorunların ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır (Okelele vd., 2022; Rehman vd., 2021; Bucak ve Saygılı, 2022).

Uluslararası ticaret ekonomik entegrasyonu, refahı ve kaynak hareketlerini hızlandırırken, bu sürecin çevresel yükü, özellikle iklim değişikliği ve çevresel riskler nedeniyle, ülkelerin sürdürülebilir kalkınma hedefleri açısından önemli hale gelmektedir (Yılancı vd., 2022). Dünya genelinde artan ticaret akışı, üretim yapılarının genişlemesi, taşımacılık faaliyetlerinin yoğunlaşması ve enerji talebinin artması yoluyla çevresel kaliteyi etkileyebilmektedir (Asiedu vd., 2021; Le vd., 2016; Tachie vd., 2020). Bir taraftan ihracat kapasitesinin artması temiz teknolojilerin yayılımını destekleyerek verimlilik artışı sağlayabilir; diğer taraftan özellikle fosil yakıtlara dayalı üretim süreçlerinin yaygın olduğu ekonomilerde dış ticaret hacmindeki genişleme, karbon yoğun faaliyetleri teşvik ederek çevresel kirliliği artırabilir. Benzer şekilde, ithalat artışı da tüketim odaklı kaynak kullanımını hızlandırarak doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı yükseltebilmektedir (Gao ve Tian, 2015). Bu nedenle dış ticaretin çevresel etkilerinin anlaşılması, sürdürülebilirlik politikalarının tasarımı açısından kritik bir öneme sahiptir.

Dış ticaret-çevre etkileşimi açısından literatürde çevresel etkileri değerlendirmek ve doğal kaynakların üretkenliğini ölçmek için çeşitli göstergeler kullanılmaktadır. Bu kapsamda, Wackernagel ve Rees (1996) tarafından geliştirilen ekolojik ayakizi, nüfusun tükettiği kaynakların üretimi ve ortaya çıkardığı atıkların absorbe edilmesi için gerekli olan biyolojik olarak verimli alan miktarını ifade etmektedir. Ekolojik ayak izi, doğal kaynakların tüketimini ve atıkların doğal ortam tarafından emilimini ölçen hesaplamalı bir yöntemdir (York vd., 2003). Ayrıca literatürde CO₂ salınımı, su kirliliği oranı ve SO₂ gibi çeşitli çevresel göstergeler de kullanılmaktadır. Bu göstergelere nazaran ekolojik ayakizi, kaynak kullanımı, üretim ve tüketim süreçlerinin çevresel etkisini daha kapsamlı incelemektedir (Stöglhner, 2003).

Dış ticaret, üretim ve tüketim boyutlarıyla ekolojik ayakizini çeşitli şekillerde etkilemektedir. Bu etkileri tahsis etkisi, gelir etkisi, zengin ülke yanılsama etkisi ve ticaret hadlerinin bozulma etkisi olmak üzere dört kategoride incelenebilir (Al-Mulali vd., 2015; Altıparmak ve Avcı, 2011). Tahsis etkisine göre ticaret, verimlilik ve düşük maliyetle uzmanlaşmayı sağlar. Verimlilik arttıkça, tüketim değişmediğinde ekolojik ayakizi azalmaktadır. Gelir etkisinde ticaretin yaygınlaşması refahı artırır ve bunun sonucunda hem iç talep hem de ithalat talebi artar. Bu ise ekolojik ayakizinin büyümesine yol açar ve dolayısıyla, ekonomik büyümenin çevresel maliyetlerini artırır. Zengin ülke yanılsama etkisinde, gelişmiş ülkeler ekolojik kaynaklarını korumak ve geliştirmek için harcamalarını artırmakta ve geliştirmekte olan veya az gelişmiş ülkelerden biyokapasite ithal etmektedirler. Bu durum, zengin ülkelerin ekolojik sürdürülebilirliğini sağlarken, fakir ülkelerde tam tersi sonuçlara neden olur. Ticaret hadlerindeki bozulma etkisine göre, ticaret koşullarının kötüleştiği durumlarda özellikle geliştirmekte olan ülkelerde enflasyon riski artabilmektedir. Buna tepki olarak uygulanan toplam talebi azaltıcı politikalar, iktisadi faaliyeti azaltacağından kaynak kullanımı düşebilir; bu da çevrenin korunmasını sağlayabilir (Çütcü vd., 2024; Al-Mulali vd., 2015).

Türkiye, ihracata dayalı bir büyümeyi merkeze alan, ticaret akışının ve enerji talebinin yüksek olduğu dışa açık bir ülkedir. Türkiye'nin bu yapısı, bir yandan ekonomik büyümeyi ve ticari açıklığı artırırken, diğer yandan çevresel risklerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Global Footprint Network (2023) verilerine göre, Türkiye'de kişi başına düşen ekolojik ayakizi (3,3 gha), biyolojik kapasitesini (1,5 gha) önemli derecede aşmakta ve ekolojik bir açık oluştuğunu göstermektedir. Bu durum, Türkiye'nin ticaret faaliyetlerinin yeşil dönüşüm ihtiyacını ve çevresel dinamiklerinin makroekonomik ve yapısal açıdan incelenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bilgiler ışığında çalışmada Türkiye'nin dış ticareti ve ekolojik ayakizi arasında bir ilişki var mıdır? şeklinde oluşturulan araştırma sorusuna yanıt aranmıştır.

Bu çalışmanın temel amacı, 1990–2022 dönemi için Türkiye'de dış ticaret ve ekolojik ayakizi arasındaki ilişkiyi ampirik olarak incelemektir. Çalışmanın tasarımı şu şekildedir: Birinci bölümde, teorik ve kavramsal bilgilere yer verilmiştir. İkinci bölümde konuyla ilgili literatür taraması yapılmış ve araştırma hipotezleri ortaya konulmuştur. Üçüncü bölümde veri seti ve kullanılan ekonometrik yöntem açıklanmıştır. Beşinci bölümde analiz bulguları sunulmuştur. Son olarak altıncı bölümde çalışma genel bir değerlendirmeye sona ermektedir.

2. Literatür

Literatürde uluslararası ticaret ve çevre bağlantısına ilişkin giderek artan bir ilgi bulunmaktadır. Farklı ülke grupları ve ülke örneklerinde ağırlıklı olarak ticari açıklık, CO₂ emisyonları ve ekolojik ayakizi değişkenleri kullanılmıştır (Tachie vd., 2020; Alvarado vd., 2021; Asiedu vd., 2021; Bake vd., 2024; Zhou vd., 2024). Bununla birlikte literatürde yer çalışmaları, ülke grubu ve spesifik bir ülke bazında incelemek mümkündür.

2.1. Ülke Grubu Bazındaki Çalışmalar

Usman vd. (2020), 1994–2017 döneminde Afrika, Avrupa ve Amerika'daki 33 yüksek ve orta gelirli ülkede ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırım, yenilenebilir enerji ve dış ticaretin ekolojik ayakizi arasındaki nedensellik ilişkisini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlarda, dış ticaret ve ekolojik ayakizi arasında negatif ve tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu bulmuşlardır. Dam vd. (2017) ise, 1996–2012 yılları arasında 32 ülkenin verileriyle uluslararası ticaretin ekolojik boyutunu, karşılaştırmalı üstünlük ve Heckscher–Ohlin–Vanek yaklaşımlarıyla analiz etmiş ve yüksek gelirli ülkelerin daha çok ekolojik ayakizi ithalatçısı, gelişmekte olan ülkelerin ise ihracatçı olduğu sonucuna varmıştır. Nathaniel vd. (2021), 1990–2016 dönemi için N11 ülkeleri özelinde panel eşbütünlük yöntemlerini (AMG, CCEMG, DK) kullanarak ekonomik büyüme, ticari açıklık, enerji tüketimi ve çevresel regülasyonların ekolojik ayakizi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Ulaşılan bulgulara, enerji tüketiminin söz konusu ülkelerin tamamında çevreyi olumsuz yönde etkilediğini, çevresel düzenlemelerin, ekonomik büyümenin ve uluslararası ticaretin çevre üzerinde heterojen etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir. Yılancı vd. (2022), 1970–2017 döneminde G7 ülkeleri özelinde yapılan dinamik panel nedensellik yöntemiyle ticari açıklık ile ekolojik ayakizi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Ulaşılan sonuçlarda, analiz döneminin bazı yıllarında ve pozitif/negatif şoklar arasında ticari açıklık ile ekolojik ayakizi arasında nedensellik ilişkisi olduğu bulunmuştur. Özekenci ve Özyaytürk, (2024), G7 ülkelerinde 1984–2019 yılların arasında ekolojik ayak izlerinin ticari dışa açıklıklarına etkisini incelemişlerdir. Panel ARDL ve PMG yönteminin kullanıldığı çalışmada sanayileşmiş ülkelerin ekosisteme etkisi arttıkça ticari açıklıkları da kısa ve uzun dönemde arttığı tespit edilmiştir. Ali vd. (2022), 1991–2018 yılları arasında İslam İşbirliği Teşkilatı (İİT) ülkelerinin dışa açık 10 ülkesinde ticari açıklık ile çevresel kalite arasındaki ilişkiyi kantil yöntemi ile (quantile-on-quantile) analiz etmişlerdir. Bulgulara göre, bu ülkelerden yedisinde (Surinam, Malezya, Ürdün, BAE, Libya, Brunei ve Katar) ticari açıklığının CO₂ emisyonları üzerindeki etkisi negatiftir. Öte

yandan, sekiz ülkede (Umman, Ürdün, BAE, Libya, Bahreyn, Brunei, Katar ve Kuveyt) ise, ticari açıklığın ekolojik ayakizi üzerinde olumlu bir etkisi baskındır. Sonuçlar, açıklığın çevresel kalitenin hem yukarı hem de aşağı yüzde dilimlerinde ülkelere göre farklılık gösterdiğine ve bu durumun İİT ülkelerinde ticaret ve çevre politikalarının bir arada düşünülmesi gerektirdiğine işaret etmektedir.

2.2. Ülke Bazındaki Çalışmalar

Konuyla ilgili spesifik ülke çalışmalarında örneğin, Gao ve Tian (2016), 1978-2010 yılları arasında Çin'in uluslararası ticaretinin ekolojik ayakizi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Buna göre, Çin'in ekolojik ayakizi açısından net ithalatçı bir ülke olduğu ortaya konulmuştur. Bu bulgular doğrultusunda, Çin'in ham madde ithalatını ve temel ürün ihracatını iyileştirmesi ve yüksek katma değerli ürünlere yaptığı yatırımları artırması önerilmiştir. Rehman vd. (2021), Pakistan örneğinde, 1974–2017 dönemi için ARDL yöntemini kullanarak küreselleşme, enerji tüketimi ve dış ticaretin ekolojik ayakizi üzerindeki etkisini hem uzun hem de kısa vadede ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Li ve Haneklaus (2022), Çin'de CO₂ emisyonları, reel GSYİH, temiz enerji, fosil yakıt kullanımı ve ticaret açıklığı arasındaki uzun vadeli ve kısa vadeli dinamikleri analiz etmişlerdir. Bulgular, CO₂ emisyonlarının reel GSYİH, fosil yakıt kullanımı ve ticaret açıklığından önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir. Köksal ve Çetin (2021), Türkiye'de kirlilik yaratan sektörlerin dış ticaretini kirlilik sığınağı hipotezi kapsamında araştırmışlardır. Regresyon modeli ile 1985-2017 dönemine ait yapılan analiz sonucunda, Türkiye'nin incelenen dönemler içinde kirlilik üreten sektörlerde, çevresel düzenlemelerin çok sıkı olmamasından dolayı daha cazip bulunduğu ve doğrudan yabancı yatırımlar aracılığıyla bu sektörlerde daha fazla ihracat yapar hale geldiği görülmektedir. Bu sonuçlara göre Türkiye'de kirlilik sığınağı hipotezinin geçerli olduğuna ulaşılmıştır. Dumrul ve Kılıçarslan (2020), 1961-2014 dönemi için Johansen eşbütünleşme yöntemini kullanarak uzun dönemde uluslararası ticareti temsil eden ticari açıklığın, enerji tüketiminin ve GSYİH'nin ekolojik ayakizini artırdığını bulmuşlardır. Benzer şekilde Çütücü vd. (2024) Türkiye'de 1960-2015 yılları arasında dış ticaret (ihracat ve ithalat) ile ekolojik ayakizi arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Analizde, yapısal kırılmaları dikkate alan zaman serisi yöntemleri ve uzun dönemli ilişkileri ortaya koyan Maki eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Sonuçlar, uzun vadede değişkenler arasında istikrarlı bir ilişkinin olduğunu gösterirken, dış ticaret ile ekolojik ayakizi arasında çift yönlü nedensel bir ilişkinin varlığını açıklamıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde literatürdeki çalışmaların çoğu, ülkelerin dışa açıklığı ve çevre kirliliği göstergeleri arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır ve bu sonuç bahsedilen teorik ve kavramsal çerçeveye uyumludur. Ancak, araştırmalarda çevresel gösterge olarak kullanılan değişkenler, yöntemler ve ülke seçimi, kontrol değişkenleri gibi farklılıklar mevcuttur. Literatürde dış ticaret ve ekolojik ayakizi bağlantısını inceleyen çalışmaların sınırlı olduğu ve bu çalışmaların çevre kirliliği üzerinde etkili olan orman alanları, endüstriyel üretim gibi değişkenlerin incelenmediği görülmektedir. Bu çalışmanın farkı ise, ticari açıklık yerine dış ticaretin ihracat ve ithalat bazında kullanılması, orman alanları ve endüstriyel üretimin ekolojik ayakizi üzerindeki etkisini ARDL yöntemi ile tahmin edilmesidir. Ayrıca, çalışma kapsamında belirlenen dönem, Türkiye örnekleme, elde edilen bulgulara dayalı politika önerileriyle alandaki özgünlüğünü ve katkısını artırmayı hedeflemektedir.

2.3. Hipotez Geliştirme

Dış ticaret göstergeleri, iktisadi faaliyetin ölçeğini ve yapısını değiştirmek suretiyle çevresel baskının önemli bir göstergesi olan ekolojik ayakizi üzerinde bir etki yaratmaktadır. Benzer şekilde, endüstriyel üretimin niteliği ve yoğunluğu ile ülkelerin sahip olduğu orman alanları da ekolojik ayakizi üzerinde doğrudan veya dolaylı etkiler oluşturmaktadır. Endüstriyel üretim enerji tüketimi,

kaynak kullanımı ve atık üretimi aracılığıyla çevresel baskıyı artırabilirken; orman alanları ekosistemin biyolojik kapasitesini güçlendirerek bu baskıyı dengeleyebilmektedir. Bu çerçevede, dış ticaret, endüstriyel üretim ve ekolojik kapasite unsurlarının ekolojik ayakizi ile ilişkisini değerlendirmek amacıyla çalışmada yer verilen hipotezler aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

H_1 : Dış ticaret ile ekolojik ayakizi arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.

H_{1a} : İhracat artışı uzun dönemde ekolojik ayakizini azaltır.

H_{1b} : İthalat artışı uzun dönemde ekolojik ayakizini artırır.

H_2 : Orman alanının genişlemesi uzun dönemde ekolojik ayakizini azaltır.

H_3 : Endüstriyel üretimdeki artışlar uzun dönemde ekolojik ayakizini artırır.

3. Veri Seti ve Yöntem

Bu çalışmada, Türkiye için dış ticaret ve ekolojik ayakizi arasındaki ilişki ARDL yöntemi ile analiz edilmektedir. Analizde ekolojik ayakizi bağımlı değişken, dış ticareti temsil eden ihracat ve ithalat bağımsız değişkenler, orman alanı ve endüstriyel üretim ise kontrol değişkenleri olarak kullanılmıştır. 1990-2022 dönemini kapsayan çalışmada kullanılan değişkenlere ait bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Değişkenler ve Veri Kaynağı

Değişkenler	Sembol	Açıklama	Veri kaynağı
Ekolojik Ayakizi	EF	Çevresel baskı göstergesi olarak kullanılan ekolojik ayakizi Gha (küresel hektar)	Global Footprint Network
İhracat	EX	Mal ve hizmet ihracatı (GSYİH'nin %'si)	Dünya Bankası - Dünya Kalkınma Göstergeleri
İthalat	IM	Mal ve hizmet ithalatı (GSYİH'nin %'si)	Dünya Bankası - Dünya Kalkınma Göstergeleri
Orman Alanı	FA	Orman alanı (kara alanının %'si)	Dünya Bankası - Dünya Kalkınma Göstergeleri
Endüstriyel Üretim	SI	Yurtiçi hasıla içinde sanayinin payı (inşaat dahil), katma değer (GSYİH'nin %'si)	Dünya Bankası - Dünya Kalkınma Göstergeleri

Not: Ekolojik ayakizi değişkeni logaritmik olarak analize dahil edilmiştir.

Çalışmada kullanılan değişkenlerin zaman serisi özelliklerini ve durağanlık yapılarını incelemek amacıyla, yapısal kırılmaları dikkate alan Lee ve Strazicich (2003) birim kök testi uygulanmıştır. Bu test, seride bir veya iki yapısal kırılmanın varlığını dikkate almakta, birim kök içeren sıfır hipotezi ile kırılma tarihlerini içeren durağan alternatif hipotezleri içsel olarak belirlemektedir. Model A ve Model C kapsamında test edilen sıfır ve alternatif hipotezler şu şekilde ifade edilmektedir:

$$\begin{aligned} Y_t &= \mu_0 + d_1 B_{1t} + d_2 B_{2t} + w_{1t} \\ Y_t &= \mu_1 + \gamma_t + d_1 D_{1t} + d_2 D_{2t} + w_{2t} \end{aligned} \quad (3)$$

Denklem (3)'te, w_{1t} ve w_{2t} durağan hata terimlerini temsil etmektedir. $j=1,2$ ve $t \geq T_{Bj} + 1$ olduğunda, $B_{jt} = 1$ ve $d = (d_1, d_2)'$ olmaktadır. Model A ve Model C için kritik değerler Lee ve Strazicich (2003, 2004) tarafından açıklanmaktadır.

Pesaran ve Shin (1998) tarafından geliştirilen ve Pesaran vd. (2001) tarafından kapsamı genişletilen ARDL yöntemi, modelde hem kısa dönem dinamiklerini hem de uzun dönemli eşbütünlüşme

ilişkilerini analiz etme imkanı sunmaktadır. Bu çerçevede, çalışmada kullanılan ARDL yaklaşımının formel yapısı Denklem (4)'te sunulmaktadır:

$$EF_t = a + \sum_{i=1}^q b_1 EF_{t-i} + \sum_{i=1}^q b_2 EX_{t-i} + \sum_{i=1}^q b_3 IM_{t-i} + \sum_{i=1}^q b_4 FA_{t-i} + \sum_{i=1}^q b_5 SI_{t-i} + e_t \quad (4)$$

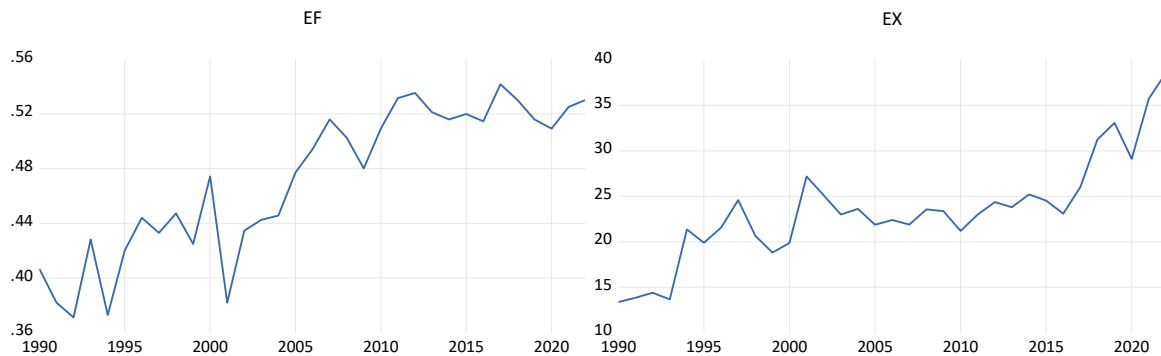
Zaman serilerinin durağanlık özelliklerinin birim kök testi aracılığıyla belirlenmesinin ardından, analizde ARDL sınır testi yaklaşımı uygulanmıştır. Bu yöntem, modelde yer alan değişkenlerin I(0) veya I(1) bütünleşme derecesine sahip olduğu, ancak I(2) olmadığı durumlarda geçerlidir. Özellikle küçük örneklem boyutlarında daha tutarlı ve güvenilir sonuçlar üretmesi, yöntemin önemli bir avantajı olarak kabul edilmektedir. ARDL sınır testi çerçevesinde, olası bir uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi Pesaran vd. (2001) tarafından sunulan alt ve üst kritik sınır değerleriyle karşılaştırılan F-istatistiği aracılığıyla değerlendirilmektedir. Sınır testinin eşbütünleşme ilişkisini doğrulaması durumunda, modelin uzun dönem katsayıları tahmin edilmektedir. Daha sonra, değişkenler arasındaki kısa dönem dinamiklerini incelemek için Hata Düzeltme Modeli (Error Correction Model) oluşturulmaktadır. Bu amaçla oluşturulan hata düzeltme modeli (5) no'lu denklem yardımıyla gösterilebilir:

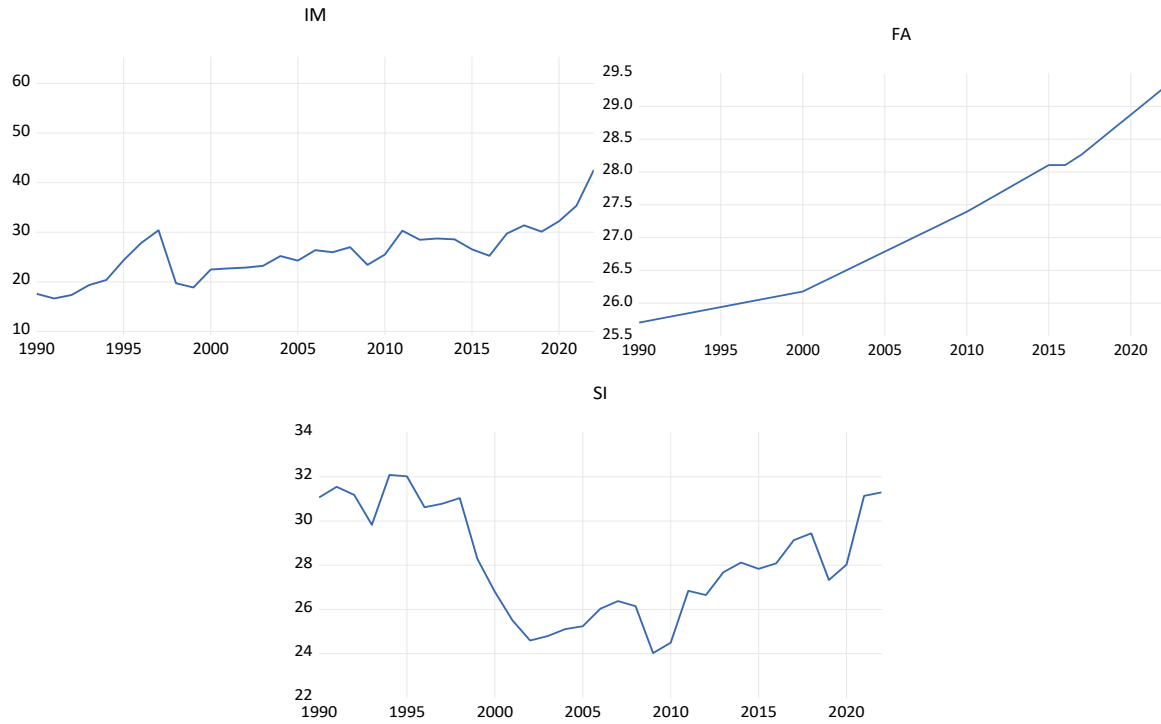
$$\begin{aligned} \Delta EF_t = & g_0 + \sum_{j=1}^q d_{1j} \Delta EF_{t-j} + \sum_{j=1}^p d_{2j} \Delta EX_{t-j} + \sum_{j=1}^p d_{3j} \Delta IM_{t-j} \\ & + \sum_{j=1}^p d_{4j} \Delta FA_{t-j} + \sum_{j=1}^p d_{5j} \Delta SI_{t-j} + \alpha ECT_{t-1} + m_t \end{aligned} \quad (5)$$

ARDL sınır testi eşbütünleşme sonuçlarının sağlamlığı (robustness), FMOLS (Full Modified Ordinary Least Squares), DOLS (Dynamic Ordinary Least Squares) ve CCR (Canonical Cointegrating Regression) yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Bu yöntemler, özellikle küçük örneklem büyüklüklerinde tutarlı ve etkin tahminler üretme yetenekleri nedeniyle seçilmiştir. Ayrıca, farklı eşbütünleşme yöntemlerinden elde edilen tahminlerin karşılaştırılması, modelin uzun dönem sonuçlarının sağlamlığını ve geçerliliğini değerlendirmeye önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır.

4. Bulgular

Çalışmada ekonometrik analize geçmeden önce serilerin zaman içindeki davranışlarını incelemek amacıyla zamanyolu grafikleri incelenmiştir (Şekil 1). Ele alınan serilerde dönemsel eğilimler, olası yapısal kırılmalar ve trend eğilimleri görülmektedir. Bu görsel inceleme, serilerin davranışına ilişkin bir ön bilgi sunarak, model seçimi ve kullanılan yöntemi gerekçelendirmeye imkan vermektedir.





Şekil 1. Serilerin Zamanıyolu Grafikleri

Bununla birlikte ekonometrik analizden önce serilerin betimsel istatistikleri incelenmiştir. Bu istatistikler, örneklem dönemi boyunca her bir serinin merkezi eğilimini, yayılımını ve dağılım özelliklerini vermektedir. Tablo 2, analizde kullanılan serilere ait betimleyici istatistikleri göstermektedir.

Tablo 2. Betimleyici İstatistikler

	EF	EX	IM	FA	SI
Ortalama	0.472	23.424	25.776	27.080	28.154
Medyan	0.480	23.084	25.500	26.907	28.026
Maksimum	0.541	38.584	42.586	29.277	32.081
Minimum	0.371	13.365	16.635	25.705	24.024
Std. Sapma	0.054	5.705	5.524	1.091	2.517
Çarpıklık	-0.461	0.546	0.652	0.441	0.049
Basıklık	1.903	3.798	4.005	1.949	1.698
Jarque-Bera	2.820	2.518	3.726	2.590	2.342
Olasılık	0.244	0.284	0.155	0.274	0.274

Tablo 2'ye göre, serilerin genel olarak istikrarlı bir yapı sergilediği ve standart sapmaların minimum düzeylerde olduğu gözlemlenmektedir. Jarque-Bera sonuçları, tüm serilerin normal dağılıma uyduğunu göstermektedir. Ayrıca, standart sapmaların belirgin şekilde düşük olması, verilerdeki sınırlı değişkenliği ve yüksek düzeyde güvenilirliği işaret etmektedir.

ARDL yöntemini kullanmadan önce, Lee ve Strazicich (2003) birim kök testi kullanılarak değişkenlerin durağanlığı araştırılmıştır. Bu test, 1990–2023 gibi uzun bir örneklem dönemi için oldukça önemli olan, hem kesme noktasındaki hem de trenddeki potansiyel içsel olarak belirlenmiş kırılmaları kontrol etme yeteneği nedeniyle seçilmiştir. Lee ve Strazicich testi sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Lee ve Strazicich Testi Sonuçları

Değişkenler	Model	Gecikme(ler)	Kırılma Noktası	λ	Test İstatistiği	Kritik değer (%5)
EF_t	<i>Model A</i>	1	2004	0.5	-3.539	-3.563
			2017	0.8		
EX_t	<i>Model C</i>	1	1993	0.1	-6.207	-6.152
			2013	0.7		
IM_t	<i>Model C</i>	1	1996	0.2	-5.357	-4.103
FA_t	<i>Model C</i>	3	2001	0.3	-6.445	-6.152
			2014	0.7		
SI_t	<i>Model C</i>	3	1999	0.3	-6.206	-5.893
			2007	0.5		

Tablo 3'teki sonuçlar, EF değişkeninin $I(0)$ olarak tanımlanan düzeyinde durağan olduğunu göstermektedir. Diğer değişkenlerin test istatistikleri kritik değeri aşmamaktadır, bu da sıfır hipotezinin reddedilemeyeceği ve serinin düzeyde durağan olmadığı, dolayısıyla $I(1)$ olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca, birim kök sonuçları, IM değişkeni hariç tüm değişkenlerin iki önemli yapısal kırılmaya sahip olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda, değişkenlerin durağanlık durumları ARDL yöntemini kullanmaya imkan vermektedir.

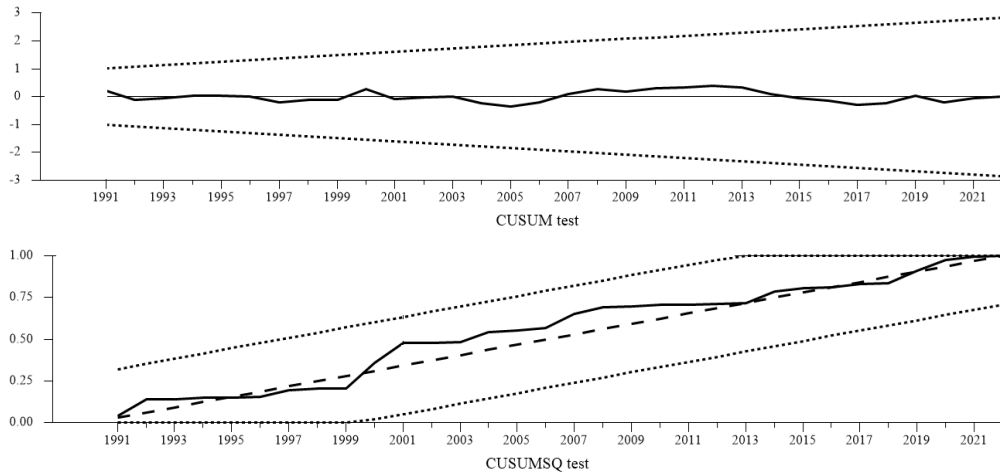
Optimal ARDL modeli seçiminde, modelin yeterliliğini ve etkinliğini sağlamak amacıyla, özellikle Ng ve Perron (2001) tarafından önerildiği gibi görece küçük örneklem büyüklüğü göz önüne alınarak Akaike Bilgi Kriteri kullanılmıştır. Buna göre, optimal model ARDL (1, 1, 1, 1, 1) olarak belirlenmiştir. Bu model mspesifikasyonu altında, değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin olup olmadığını incelemek için model tahmin edilmiştir. Böyle bir ilişkinin varlığı, gecikmeli düzey değişkenlerinin ortak anlamlılığı aracılığıyla eşbütünleşmeyi değerlendiren ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılarak test edilmiştir. Hesaplanan F-sınır istatistiği, küçük örneklem özel olarak ayarlanmış olan Narayan ve Narayan (2005) tarafından önerilen kritik değerlerle karşılaştırılmıştır. Tablo 4'te gösterildiği gibi, hesaplanan F-istatistiği değeri, geleneksel anlamlılık düzeylerinde üst kritik sınırı aşarak EF, EX, IM, FA ve SI arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin varlığını göstermektedir. Bu bulgu, değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket ettiğini doğrulamakta ve eşbütünleşme ilişkisinin için geçerliliğini desteklemektedir.

Tablo 4. ARDL Sınır Testi Sonuçları

Test İstatistikleri	Katsayı	Anlamlılık	$I(0)$	$I(1)$
F İstatistiği	15.78	10%	3.43	4.624
k	4	5%	4.154	5.54
		1%	5.856	7.578
Gözlem Sayısı	33			
<i>Diagnostic Testler</i>				
Düzeltilmiş R^2	0.94			
JB Testi	0.277 (0.870)			
LM Testi	0.419 (0.247)			
ARCH Testi	0.433 (0.415)			

ARDL modelinden elde edilen sınır testi sonuçlarının geçerliliği ve kabul edilebilirliği, Tablo 4'te sunulan diagnostik testleri aracılığıyla kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Bu test sonuçları, normal dağılım, seri korelasyon ve değişen varyans (heteroskedastisite) sorununun olmadığını göstermektedir. Ayrıca, Şekil 2'de parametrelerin istikrarını belirlemek için gerçekleştirilen CUSUM

ve CUSUMQ testlerinin sonuçları, tahmin edilen parametrelerin %95 güven aralığında istikrarlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 2. CUSUM ve CUSUM-sq Grafikleri

Tablo 5, VECM ile birlikte kısa ve uzun dönem ARDL model tahmin sonuçlarını sunmaktadır. Sonuçlara göre, bağımsız değişkenler ile EF arasındaki ilişkinin EX olduğu belirlenmiştir. EX, ihracat artışının uzun dönemde ekolojik ayakizini azalttığını gösteren negatif ve anlamlı bir katsayıya sahiptir ($\beta_1 = -0.008, p = 0.000$). IM katsayısı pozitif ve istatistiksel olarak anlamlıdır ($\beta_2 = 0.007, p = 0.000$). Bu nedenle, ithalat artışı uzun dönemde ekolojik ayakizini artırmaktadır. FA değişkeninin katsayısı negatif ve anlamlı olarak görülmektedir ($\beta_3 = -0.072, p = 0.000$). Bu bulgu, orman alanındaki artışın ekolojik ayakizi üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. SI değişkeninin katsayısı, istatistiksel olarak anlamlı olmamasına rağmen, a priori beklentilere uygun olarak pozitifdir ($\beta_4 = 0.003, p = 0.121$). Bu bulgu, endüstriyel üretimdeki artışın uzun dönemde ekolojik ayakizi üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 5. ARDL ve VECM Tahmin Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	Std. Hata	t istatistikleri	p değeri
<i>Uzun dönem tahminleri</i>				
EX	-0.008	0.009	-9.166	0.000
IM	0.007	0.008	7.156	0.000
FA	-0.072	0.019	-3.854	0.000
SI	0.003	0.002	1.616	0.121
<i>Kısa dönem tahminleri</i>				
Kesme	0.017	0.003	5.349	(0.000)
D(EX,2)	-0.007	0.001	-10.382	(0.000)
D(IM,2)	0.005	0.007	6.684	(0.000)
D(SI,2)	1.670	0.002	0.009	(0.993)
ECT(-1)	-1.406	0.128	-12.698	(0.000)
<i>Diagnostic testler</i>				
Düz. R ²	0.86			
F istatistiği	31.488			
t istatistiği	-9.692			

Tablo 5'te gösterildiği gibi, D(EX,2) ve D(IM,2)'nin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Bulgular, ithalat seviyesindeki artışların kısa vadede çevresel baskıyı artırmaya devam edeceğini, ihracat seviyesinin de çevresel baskıyı geçici olarak azaltabileceğini ortaya koymaktadır. D(SI,2), kısa dönemde istatistiksel olarak anlamlı olmasa da beklenen pozitif işarete sahiptir. Hata düzeltme terimi ECT(-1) negatif ve oldukça anlamlıdır, bu da değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin varlığını açıklamaktadır. Tablo 5'teki diagnostik testler, tahmin edilen modelin güvenilirliğini pekiştirmektedir. Yüksek düzeltilmiş R^2 değeri (0.86) modelin açıklayıcı gücünü göstermektedir. F istatistiği genel model anlamlılığını gösterirken, t istatistiği gecikmeli ECT(-1) teriminin anlamlılığını doğrulamaktadır.

ARDL model tahmininden elde edilen uzun dönem esneklik katsayılarının sağlamlığını test etmek için FMOLS, DOLS ve CCR yöntemleri kullanılmıştır. Sonuçlar Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. FMOLS, DOLS ve CCR Robust Tahmin Sonuçları

Değişkenler	FMOLS	DOLS	CCR
EX	-0.007 (0.000)	-0.007 (0.000)	-0.007 (0.000)
IM	0.005 (0.000)	0.006 (0.000)	0.006 (0.000)
FA	-0.618 (0.000)	-0.060 (0.000)	-0.057 (0.003)
SI	0.001 (0.210)	0.002 (0.187)	0.001 (0.383)
Kesme	1.913 (0.000)	1.871 (0.000)	1.805 (0.000)
Trend	0.013 (0.000)	0.013 (0.000)	0.012 (0.000)
Düzeltilmiş R^2	0.92	0.91	0.91

Tablo 6'da gösterildiği gibi, EX'in uzun dönem katsayısı tüm tahminciler için negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu bulgu, Türkiye'nin ihracatının nispeten daha temiz ve ekolojik yoğunluğu daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu bulgunun FMOLS, DOLS ve CCR genelindeki tutarlılığı, ihracat artışının uzun dönemde çevresel iyileşmeye katkıda bulunduğunu doğrulamaktadır. IM değişkeninin katsayısı pozitif ve istatistiksel olarak anlamlıdır, bu da artan ithalat büyümesinin uzun dönemde ekolojik ayakizini artırdığını göstermektedir. Bu sonuç, Türkiye'nin ithalat sepetinin büyük ölçüde kaynak yoğun ara ve tüketim mallarından oluştuğu ve bunların bünyesindeki enerji kullanımı, ulaşım emisyonları ve yurt içi tüketim dışsallıkları yoluyla çevresel baskıyı artırdığı görüşüyle tutarlıdır.

Ampirik bulgular, dış ticaret ile ekolojik ayakizi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir uzun dönem ilişkisini ortaya koymaktadır ve H_1 hipotezini desteklemektedir. Ayrıca, ihracat artışı ekolojik ayakizinde bir azalma ile ilişkilendirilirken, ithalattaki artışlar ekolojik ayakizini artırmaktadır. Bu bulgular, hem H_{1a} hem de H_{1b} hipotezleriyle uyumludur; ihracat ve ithalatta meydana gelecek değişimler Türkiye'nin ekolojik ayakizini etkilediğini açıklamaktadır. İhracat ve ithalat katsayılarının hem kısa hem de uzun dönemdeki anlamlılığı, dış ticaret yoğunluğunun çevresel baskının bir belirleyicisi olduğunu göstermektedir.

Kontrol değişkeni olarak, FA'nın katsayısı FMOLS, DOLS ve CCR sonuçlarında tutarlı bir şekilde negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu ise orman alanındaki artışların biyokapasiteyi artırdığını ve ekolojik baskıyı azaltmaya destek olduğunu göstermektedir. Ormanlar büyük karbon emici olarak işlev gördüğünden ve kaynak tükenmesini dengelemeye katkıda bulunduğundan, ekolojik ayakizini düşürmektedir. Bu bulgu, a priori beklentilerle uyumludur ve H_2 hipotezini desteklemektedir. Öte yandan, SI'nın katsayısı tahmin ediciler genelinde pozitif olmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı değildir. Pozitif işaret, endüstriyel ilerlemenin – özellikle inşaat ve imalat – enerji yoğun üretim,

artan malzeme kullanımı ve atık üretimi nedeniyle ekolojik ayakizi üzerinde yukarı yönlü baskı oluşturduğuna işaret etmektedir. Bu bulgu ise H_3 hipoteziyle örtüşmektedir.

5. Sonuç

Küresel ölçekte artan ticaret hacmi, endüstriyel üretimdeki genişleme, taşımacılık faaliyetlerinin yoğunlaşması ve buna eşlik eden enerji talebi çevre üzerinde önemli etkiler oluşturmaktadır. Fosil yakıtlara dayalı ekonomik yapılarda dış ticaretin genişlemesi, karbon yoğun faaliyetleri teşvik ederek çevresel baskıyı hızlandırabilmektedir. Sürdürülebilirlik için önemli bir çevresel gösterge olan ekolojik ayakizi, dış ticaret, üretim, doğal kaynakların zenginliği gibi faktörlerden etkilenmektedir.

Bu çalışmada, dış ticaretin ekolojik ayakizi üzerindeki kısa ve uzun dönem etkisi araştırılmıştır. Türkiye için 1990–2023 dönemini kapsayan çalışmada ARDL yöntemi ve robust tahminciler olan FMOLS, DOLS ve CCR yöntemleri kullanılmıştır. Uzun dönem ARDL modeli tahmin sonuçları, ihracat artışının ekolojik ayakizini azalttığını göstermektedir. Bu sonuç, ihracatın çevresel baskıyı hafiflettiğini ortaya koymakta, bu da Türkiye’deki ihracatın çevresel yükünün daha az kaynak kullanımıyla ilişkili olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, ithalat artışının ekolojik ayakizini artırdığı görülmektedir. Bu sonuç ise, ithalat artışlarının daha fazla kaynak kullanımı ve çevresel baskı ile ilişkili olduğuna işaret etmektedir. Tahmin sonuçları, dış ticaret ile ekolojik ayakizi arasında uzun dönemli anlamlı bir ilişkiyi ortaya koymaktadır. Kısa dönem VECM sonuçları, uzun dönem dengeden sapmaların makul bir hızda düzeltildiğini açıklamakta ve eşbütünleşme ilişkisinin istikrarını göstermektedir. FMOLS, DOLS ve CCR tahminlerinin ARDL uzun dönem katsayıları ile tutarlılığı, bulguların sağlamlığını pekiştirmektedir.

Ayrıca uzun dönem tahmin sonuçlarında orman alanı, tüm modellerde tutarlı bir şekilde negatif ve anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç, orman alanlarındaki genişlemenin ekolojik ayakizini azalttığını göstermektedir. Endüstriyel üretimdeki artışlar, ekolojik ayakizi üzerinde pozitif bir etkisi görülmektedir. Bu etkinin büyüklüğü ve istatistiksel anlamlılığı tahminciler arasında farklılık gösterse de genel yönü teorik beklentilerle uyumludur. Orman alanları, biyokapasiteyi artırmakta ve çevresel baskıyı hafifletirken, endüstriyel üretimdeki artışlar ise bu baskıyı artırmaktadır. Elde edilen sonuçlar literatürde yer alan Usman vd. (2020), Nathaniel vd. (2020), Dumrul ve Kılıçarslan (2020), Yılcı (2022), Çütücü (2024) çalışmalarının sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda çalışma çeşitli politika önerileri sunmaktadır. Öncelikle, düşük karbon ayak iziyle üretim yapan sektörler desteklenebilir. Düşük karbon ayak iziyle üretim yapan sektörlerle finansman kolaylıkları sağlanabilir. Yeşil teknoloji kullanan ihracatçı firmalar için inovasyon desteklerinin artırılması, dış ticaretin çevresel açıdan daha sürdürülebilir bir yapıya kavuşmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca, ithalata olan bağımlılığın azaltılabilmesi için çevre dostu üretim süreçlerinin yerli üretimde yaygınlaştırılması önem taşımaktadır. İthal edilen ürünlerde sürdürülebilirlik kriterlerini temel alan yeşil tedarik zinciri standartlarının geliştirilmesi de çevresel baskının azaltılmasına yardımcı olabilir. Bu politika adımları, Türkiye’nin çevreye duyarlı ticaret stratejilerinin güçlendirilmesine, temiz üretim teknolojilerinin teşvik edilmesine ve doğal karbon yutakları olan orman alanlarının korunarak genişletilmesine katkı sağlayacaktır.

Bu çalışma, kullanılan yöntem ve değişkenler itibarıyla Türkiye’ye özgü kanıtlar sunarak mevcut literatüre katkıda bulunmaktadır. Gelecekteki araştırmalar, imalat sanayi alt sektörleri ile ticaretin karbon yoğunluğu gibi değişkenlerini kullanarak analizi genişletebilir. Doğrusal olmayan modeller veya yapısal kırılmaları dikkate alan yöntemler kullanılarak dış ticaret ve çevre ilişkisi analiz edilebilir. Buna ek olarak, Türkiye’nin ticaret ortaklarını içeren panel veri analizleri uygulanabilir.

Kaynakça

- Al-Mulali, U., Ozturk, I., & Lean, H. H. (2015). The influence of economic growth, urbanization, trade openness, financial development, and renewable energy on pollution in Europe. *Natural Hazards*, 79(1), 621–644. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1865-9>
- Ali, S., Yusop, Z., & Meo, M. S. (2022). Asymmetric openness-environment nexus in most open OIC countries: new evidence from quantile-on-quantile (QQ) estimation. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 26352–26370. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17473-8>
- Altıparmak, A., & Avcı, Z. (2011). Uluslararası Ticaret, Ekolojik Ayakizi ve Türkiye. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 3(2).
- Alvarado, R., Tillaguango, B., Dagar, V., Ahmad, M., Işık, C., Méndez, P., & Toledo, E. (2021). Ecological footprint, economic complexity and natural resources rents in Latin America: Empirical evidence using quantile regressions. *Journal of Cleaner Production*, 318(128585). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128585>
- Asiedu, B. A., Gyamfi, B. A., & Oteng, E. (2021). How do trade and economic growth impact environmental degradation? New evidence and policy implications from the ARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 49949–49957. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13739-3>
- Awosusi, A. A., Ozdeser, H., Seraj, M., & Adegboye, O. R. (2024). Achieving carbon neutrality in energy transition economies: exploring the environmental efficiency of natural gas efficiency, coal efficiency, and resources efficiency. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-02932-w>
- Çütücü, İ., Yavuz, Ö., & Gerlikhan, S. G. (2024). Dış Ticaret-Çevre Kirliliği İlişkisi: Türkiye Ekonomisi Üzerinden Analiz. *Alanya Akademik Bakış*, 8(2), 474–489. <https://doi.org/10.29023/alanyaakademik.1339779>
- Dam, T. A., Pasche, M., & Werlich, N. (2017). Trade patterns and the ecological footprint a theory-based empirical approach. In *Jena Economic Research Papers* (2017–005). www.jenecon.de
- Dumrul, Y., & Kılıçarslan, Z. (2020). Türkiye'nin Uluslararası Ticareti ve Ekolojik Ayak İzi. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(3), 1589–1597. <https://doi.org/10.33206/mjss.558346>
- Gao, J., & Tian, M. (2015). Analysis of over-consumption of natural resources and the ecological trade deficit in China based on ecological footprints. *Ecological Indicators*, 61. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.10.044>
- Köksal, C., & Çetin, G. (2021). Türkiye'de Kirlilik Yaratan Sektörlerin Dış Ticaretinin Analizi. *İktisat Politikası Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 257–275. <https://doi.org/10.26650/jep.930212>
- Le, T. H., Chang, Y., & Park, D. (2016). Trade openness and environmental quality: International evidence. *Energy Policy*, 92, 45–55. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.01.030>
- Lee, J., & Strazicich, M. C. (2003). Minimum Lagrange multiplier unit root test with two structural breaks. *Review of Economics and Statistics*, 85(4), 1082–1089. <https://doi.org/10.1162/003465303772815961>
- Lee, J., & Strazicich, M. C. (2004). Minimum LM Unit Root Tests. *Economics Bulletin*, 33(4), 1–15. <http://econpapers.repec.org/RePEc>

- Li, B., & Haneklaus, N. (2022). The role of clean energy, fossil fuel consumption and trade openness for carbon neutrality in China. *Energy Reports*, 8, 1090–1098. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.02.092>
- Narayan, P. K., & Narayan, S. (2005). Estimating income and price elasticities of imports for Fiji in a cointegration framework. *Economic Modelling*, 22(3), 423–438.
- Nathaniel, S. P., Murshed, M., & Bassim, M. (2021). The nexus between economic growth, energy use, international trade and ecological footprints: the role of environmental regulations in N11 countries. *Energy, Ecology and Environment*, 6, 496–512. <https://doi.org/10.1007/s40974-020-00205-y>
- Ng, S., & Perron, P. (2001). LAG Length Selection and the Construction of Unit Root Tests with Good Size and Power. *Econometrica*, 69(6), 1519–1554.
- Okelele, D. O., Lokina, R., & Ruhinduka, R. D. (2022). Effect of Trade Openness on Ecological Footprint in Sub-Saharan Africa. *African Journal of Economic Review*, 10(1).
- Özekenci, E. K., & Özaytürk, İ. (2024). the Ecological Footprint and Trade Openness Nexus: a Case of G-7 Countries. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(90), 437–448. <https://doi.org/10.17755/esosder.1355174>
- Pesaran, M. H., & Shin, Y. (1998). An Autoregressive Distributed-Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis. *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium*, 371–413.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289–326.
- Rehman, A., Radulescu, M., Ma, H., Dagar, V., Hussain, I., & Khan, M. K. (2021). The impact of globalization, energy use, and trade on ecological footprint in pakistan: Does environmental sustainability exist? *Energies*, 14(17), 1–16. <https://doi.org/10.3390/en14175234>
- Stöglehner, G. (2003). Ecological footprint — a tool for assessing sustainable energy supplies. *Journal of Cleaner Production*, 11(3), 267–277.
- Tachie, A. K., Xingle, L., Dauda, L., Mensah, C. N., Appiah-Twum, F., & Adjei Mensah, I. (2020). The influence of trade openness on environmental pollution in EU-18 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(28), 35535–35555. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09718-9>
- Usman, M., Kousar, R., Yaseen, M. R., & Makhdom, M. S. A. (2020). An empirical nexus between economic growth, energy utilization, trade policy, and ecological footprint: a continent-wise comparison in upper-middle-income countries. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09772-3>
- van den Wall Bake, K., Can, M., & Brusselaers, J. (2024). The Impact of Export Concentration on the Ecological Footprint in the European Union. *Environmental Modeling and Assessment*, 29, 987–1001. <https://doi.org/10.1007/s10666-024-09984-8>
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers.

- Yıılancı, V., Çütücü, İ., & Araci, S. (2022). The Causality Relationship between Trade and Environment in G7 Countries: Evidence from Dynamic Symmetric and Asymmetric Bootstrap Panel Causality Tests. *Matematics*, 10, 2553. https://doi.org/10.26830/symmetry_2022_4_423
- York, R., Rosa, E. A., & Dietz, T. (2003). STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological Economics*, 46(3), 351–365.
- Zhou, D., Kongkuah, M., Twum, A. K., & Adam, I. (2024). Assessing the impact of international trade on ecological footprint in Belt and Road Initiative countries. *Heliyon*, 10(4), e26459. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26459>