





# EKOLOJİK AYAK İZİ VE EKONOMİK BÜYÜME: N-11 ÜLKELERİ İÇİN PANEL VERİ ANALİZİNDEN KANITLAR

Ecological Footprint and Economic Growth: Evidence from Panel Data Analysis for N-11 Countries

Verda DAVASLIGİL ATMACA<sup>1</sup> , Rüya ATAKLI YAVUZ<sup>2,\*</sup> 

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Biga İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü

<sup>2</sup> Doç. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Biga İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü

## MAKALE BİLGİSİ

### Araştırma Makalesi

Geliş Tarihi: 09.11.2025

Kabul Tarihi: 25.12.2025

### Anahtar Kelimeler:

Ekolojik Ayak İzi, Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi, Panel Veri Analizi

## ARTICLE INFO

### Research Article

Received 09.11.2025

Accepted: 25.12.2025

### Keywords:

Ecological Footprint, Environmental Kuznets Curve Hypothesis, Panel Data Analysis

## ÖZ

Bu çalışma, 1985–2022 dönemi için N-11 (Next Eleven) ülkelerinde ekonomik büyüme, ticari küreselleşme, ekonomik karmaşıklık, nüfus artışı ve doğrudan yabancı yatırımın çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezi bağlamında incelemektedir. Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki Westerlund ECM eşbütünleşme testi ile analiz edilmiştir. Dumitrescu-Hurlin (2012) panel nedensellik testi ile değişkenler arasındaki kısa dönemli nedensellik ilişkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, panel genelinde uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi bulunmadığını, dolayısıyla ÇKE hipotezinin N-11 ülkeleri özelinde ele alınan dönemde geçerli olmadığını ortaya koymaktadır. Panel nedensellik testi sonuçlarına göre, ekonomik büyüme ve doğrudan yabancı yatırımlar çevresel ve yapısal değişkenler üzerinde yönlendirici etkilere sahiptir. Ayrıca ticari küreselleşme ve ekonomik karmaşıklık gibi yapısal faktörlerden ekolojik ayak izine nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Çalışma, N-11 ülkelerinde sürdürülebilir büyüme stratejilerinin geliştirilmesi ve çevresel etkileri minimize eden kalkınma modellerine yönelmesi gerektiğine işaret etmektedir.

## ABSTRACT

This study examines the impacts of economic growth, trade globalization, economic complexity, population growth, and foreign direct investment on environmental sustainability in N-11 (Next Eleven) countries for the period 1985–2022 within the context of the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis. The long-term relationship between the variables was analyzed using the Westerlund ECM cointegration test. Short-term causal relationships between variables were evaluated using the Dumitrescu-Hurlin (2012) panel causality test. The findings indicate that there is no long-term cointegration relationship across the panel, and therefore the EKC hypothesis is not valid for the period considered specifically for the N-11 countries. According to the panel causality test results, economic growth and foreign direct investment have driving effects on environmental and structural variables. Furthermore, a causal relationship has been identified between structural factors such as commercial globalisation and economic complexity and the ecological footprint. The study indicates that sustainable growth strategies should be developed in N-11 countries and that development models minimising environmental impacts should be pursued.

\* Sorumlu yazar.

\* ruyaatakli@comu.edu.tr

## GİRİŞ

Son yıllarda ekonomik büyüme, küreselleşme ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki etkileşim; akademik ve politik tartışmaların önemli bir konusu haline gelmiştir. Ekonomilerin gelişerek küresel pazara entegre olması çeşitli çevresel konuların stratejik önem kazanmasına neden olmuştur. Çevresel etkinin kapsamlı bir göstergesi olan ekolojik ayak izi, ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilirliğini değerlendirmek için değerli bir çerçeve sunmaktadır.

Ekolojik ayak izi, nüfus tarafından tüketilen kaynakları üretebilmek ve üretilen atıkları soğurabilmek için gerekli olan toplam üretken arazinin ve toplam su ekosistemlerinin alanı olarak ifade edilen bir kavramdır (Rees, 2000: 371). Ekolojik ayak izi, belirli bir zamanda, belirli bir nüfus miktarı tarafından kullanılan doğal kaynakların yenilenebilmesi için biyosferin yıllık yenileme kapasitesinin ne kadarının gerekli olduğunu ölçmek için kullanılan bir göstergedir (Venetoulis ve Talberth, 2008: 441). Özellikle Wackernagel & Rees (1996), van den Bergh ve Verbruggen, (1999), Wackernagel vd. (1999) çalışmaları ekolojik ayak izi göstergesinin ekonomi alanında dikkat çekmesini sağlamıştır (Constanza, 2000: 341). Özellikle Wackernagel ve Rees (1996), van den Bergh ve Verbruggen (1999); Wackernagel vd'nin (1999) çalışmaları ekolojik ayak izi göstergesinin ekonomi alanında dikkat çekmesini sağlamıştır (Constanza, 2000: 341).

Ekonomik büyüme geleneksel olarak yaşam standartlarını yükseltmek ve yoksulluğu azaltmak için bir araç olarak görülmüştür. Ancak çevre bilincinin ulusal ve uluslararası çapta yükseldiği 1990'lı yıllardan itibaren çevrenin ekonomik büyüme üzerinde yaratmış olduğu etkiler ve ekonomik büyüme ile çevresel bozulma arasındaki ilişki üzerinde yoğun biçimde tartışmalar yaşanmaya başlanmıştır (Bilgin ve Yıldırım, 2025: 71). Çevreye olan ilginin artması sonucunda Kuznets Eğrisi Hipotezi (Kuznets, 1955), 1990'lı yıllarda "Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi (ÇKE)" biçiminde çevreye uyarlanmıştır. Bu uyarlama ekonomik büyüme ile çevre arasındaki ilişkinin yeniden yorumlanmasının yolunu açmıştır. Özellikle Grossman ve Krueger'in 1991 ve 1995 yılındaki çalışmaları bu gelişmelerin temel yapısını oluşturmuştur. ÇKE hipotezine göre, çevre kirliliği ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki ters U biçimindedir (Ulucak ve Koçak, 2018: 2). Bu bağlamda, EF (ekolojik ayak izi) ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki ÇKE Hipotezi ile değerlendirildiğinde şu aşamaların gözlemlenmesi olasıdır:

- *Birinci Aşama:* Birinci aşamada, bir ülkenin ekonomisi büyüdükçe genellikle daha fazla doğal kaynak tüketir ve çevre kalitesi bozulur. Ekonomik büyüme, sanayileşme ve kentleşme gibi faktörler çevresel tahribatı artırır.
- *Eşik Noktası:* ÇKE hipotezine göre, bir ülke belirli bir eşiği geçtiğinde, ekonomik büyüme ile çevre kalitesinin iyileşmeye başlayacağı bir eşik noktası olacaktır. Bu nokta gelir düzeyi, çevre politikaları ve teknolojik gelişmeler gibi çeşitli faktörlerin etkisi ile değişebilir.
- *İyileşme Aşaması:* İkinci aşamada, ekonomik büyüme devam ettikçe çevre kalitesi de iyileşmeye başlar. Daha verimli teknolojilerin benimsenmesi ve çevre politikalarının etkin bir şekilde uygulanması gibi faktörler bu süreci destekleyebilir.

ÇKE hipotezi, çevresel bozulmanın başlangıçta ekonomik büyüme ile arttığını, ancak ekonomiler olgunlaştıkça ve daha temiz teknolojileri benimsedikçe sonunda azaldığını öne sürmektedir. Ancak bu hipotezin geçerliliği, özellikle gelişmekte olan ekonomiler bağlamında tartışmalı olmaya devam etmektedir. Temelde bu hipoteze dayalı olarak yapılan çeşitli ampirik çalışmalarda, ekonomik büyüme süreci içinde çevre kirliliğinin önce artış daha sonra azalış eğiliminde olduğunu gösteren bulgular elde edilmiştir. Buna göre, kişi başı hasıla ve çevre kirliliği arasında ters U biçimindeki bir ilişkinin doğrulandığı sonucuna varılmıştır. ÇKE hipotezi, pek çok ampirik bulgu ile desteklenmiş olsa dahi zaman içerisinde çeşitli yönleriyle eleştirilmiştir. Özellikle hipotezi test etmek için kullanılan değişkenlerin yeterince kapsamlı olmadığı yönündeki eleştirilere

cevap olarak son yıllarda yapılan ampirik çalışmalarda daha kapsamlı olduğu ifade edilen “ekolojik ayak izi” değişkeni, çevresel tahribatı yansıtan bir değişken olarak analizlere dahil edilmektedir (Ulucak, 2017: 31). Dolayısıyla ekolojik ayak izi değişkeni ampirik çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Bir ülkenin çeşitli ve sofistike ürünler üretme kabiliyetini yansıtan ekonomik karmaşıklık değişkeni çevresel sonuçları etkileyen önemli bir faktör olarak ortaya çıkmıştır. Daha yüksek karmaşıklığa sahip ekonomiler genellikle gelişmiş teknolojiler ve daha verimli kaynak kullanımı ile ilişkilendirilmektedir. Ekonomik karmaşıklık, potansiyel olarak ekolojik ayak izini azaltmaktadır. Hidalgo ve Hausman'ın Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (ECI), ekonomik faktörlerin etkileşimlerini ve bağlantılarını göz önünde bulundurarak bir ülkenin ekonomik karmaşıklık kapasitesi hakkında fikir vermektedir. Hidalgo ve Hausman'a (2009) göre, ekonomik karmaşıklık gelir düzeyleriyle bağlantılıdır. Ayrıca bu endeks ülkelerin gelecekteki büyüme performansları hakkında tahminler sunmaktadır. Daha yüksek ECI değerlerine sahip ekonomiler, sürdürülebilir ve çeşitlendirilmiş ekonomik büyüme sürecine sahip olmaktadır. Buna karşılık, ekonomilerin küresel ticaret ağlarına entegrasyonu -ticaretin küreselleşmesinin ayırt edici özelliği- ikili sonuçlar doğurmaktadır. Ticaret, çevre dostu teknolojilerin yayılmasını kolaylaştırabilirken; düşük katma değerli faaliyetlerde uzmanlaşmış ülkelerde kaynak çıkarımını ve çevresel bozulmayı da şiddetlendirebilir.

Bu çalışmanın amacı 1985-2022 döneminde N-11 ülkeleri için ekolojik ayak izi, ekonomik büyüme, ekonomik küreselleşme, ekonomik karmaşıklık, nüfus ve doğrudan yabancı yatırım değişkenleri arasındaki ilişkiyi ÇKE hipotezi bağlamında analiz etmektir. Analize dahil edilen değişkenlerin ekolojik ayak izi üzerindeki kolektif etkilerinin ortaya çıkarılması, ekonomik hedefler ile ekolojik koruma arasında denge kuran politikaların tasarlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda çalışma bulgularının sürdürülebilir kalkınma konusunda mevcut literatüre katkıda bulunması ve çevreye duyarlı ekonomik ilerleme sağlamaya çalışan politika yapıcılara yol göstermesi beklenmektedir. Bu doğrultuda, çalışmanın ikinci bölümünde literatüre yer verilmiştir. Üçüncü bölüm veri ve metodolojiyi kapsamaktadır. Dördüncü bölüm, ampirik sonuçları içermektedir. Son olarak, beşinci bölümde sonuç ve politika önerileri sunulmaktadır.

## 1. LİTERATÜR ÖZETİ

Acar ve Aşıcı (2015), 2006 yılında 105 ülkenin ekolojik ayak izi göstergeleri ile kişi başı düşen gelir değerleri arasındaki ilişkiyi ÇKE hipotezi bağlamında analiz etmiştir. Çalışmanın bulgularına göre, ÇKE hipotezinin varsaydığı ters U biçimli ilişkiyi doğrulayan sonuçlar elde edilmiştir. Dam vd. (2017), 1996-2012 dönemi kapsayan veriler ile 32 ülke için kişi başı net ekolojik ayak izi ihracatı ve kişi başı net karbon ayak izi ihracatı olmak üzere iki bağımlı değişken ile karşılaştırmalı avantajlar ve kirlilik cenneti hipotezini analiz etmiştir. Analizde bağımsız değişkenler; çevre politikası katılığı, kişi başı biyokapasite, kişi başı GSYİH, üretimin ekoverimliliği, tüketimin ekoverimliliği, ticari açıklık ve doğrudan yabancı yatırım stoğu olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, yüksek gelirli ülkelerin net EF ithalatçısı olma olasılığının daha yüksek olduğu ve daha az gelişmiş birçok ülkenin net EF ihracatçısı olduğu belirlenmiştir. Ulucak ve Erdem (2017), 1961-2009 döneminde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi ilişkisini analiz etmiştir. Analiz bulguları, gelişmekte olan ülkeler için çevre faktörünün gelir üzerindeki etkisinin daha büyük olduğunu göstermektedir. Böylece, çevre korunmasına yönelik politikaların gelişmekte olan ülkelere daha maliyetli olacağı sonucuna varılmıştır.

Ulucak ve Koçak (2018), 1970-2014 döneminde 29 OECD ülkesi için ÇKE hipotezinin geçerli olup olmadığı panel veri yöntemleriyle analiz etmiştir. Çalışmada, temel ÇKE modelinde çevresel tahribatı temsil etmesi için ekolojik ayak izi değişkeni kullanılmıştır. Ampirik bulgular söz konusu dönemde OECD ülkeleri için ÇKE hipotezini doğrulamamaktadır.

Majeed ve Mazhar (2019), ekolojik ayak izi ve finansal gelişim değişkenleri arasındaki ilişkiyi 131 ülke için 1971-2017 dönemini kapsayan veriler ile analiz etmiştir. Çalışmada, geleneksel yöntemlerden Havuzlanmış EKK, sabit etkiler, rassal etkiler modellerinin yanı sıra sistem GMM tahmin yöntemi kullanılmıştır. Ampirik

sonuçlar, enerji tüketimi, doğrudan yabancı yatırımlar ve kişi başına düşen GSYİH’da ortaya çıkan artışların, ekolojik ayak izini artırdığını ve dolayısıyla çevre kalitesini kötüleştirdiğini göstermektedir.

Altıntaş ve Kassouri (2020), 14 Avrupa ülkesinin 1990–2014 dönemini kapsayan verileri ile ÇKE hipotezinin, hipotezin test edilmesinde kullanılan çevresel bozulma vekil türüne duyarlılığını test etmiştir. Çevresel bozulmayı temsilen EF ve CO2 emisyonları değişkenleri ele alınmıştır. Ampirik bulgular, ÇKE hipotezinin geçerliliğinin testte kullanılan çevresel göstergelere bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Buna göre, hipotezi test etmek amacıyla CO2 emisyonları değişkeni kullanıldığında Avrupa ülkeleri için ters U şeklindeki ilişki geçerli olmamaktadır.

Ahmad vd. (2020), gelişmekte olan 22 ülke için doğal kaynaklar, teknolojik yenilik, ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi değişkenleri arasındaki ilişkiyi 1984–2016 dönemini kapsayan veriler ile analiz etmiştir. Analiz bulguları, söz konusu gelişmekte olan ülkelerde ÇKE hipotezinin geçerli olduğu sonucuna işaret etmektedir.

Apaydın (2020), Türkiye’nin 1980-2014 yılları arasındaki verilerine dayanarak ekolojik ayak izi ve küreselleşme arasındaki eşbütünlük ilişkisini analiz etmiştir. Çalışmada ekonomik büyüme değişkeni, kontrol değişkeni olarak ele alınmıştır. Ampirik analiz sonuçlarına göre, küreselleşme; tüketimin, üretimin ve ithalatın ekolojik ayak izini artırıcı etki yaratmaktadır. Ayrıca küreselleşme, ihracatın ekolojik ayak izi üzerinde azaltıcı etki ortaya çıkarmaktadır. Son olarak, ekonomik büyümenin tüketimin, üretimin ve ithalatın ayak izlerini artıracığı sonucuna varılmıştır.

Yılcı ve Pata (2020), 1965-2016 döneminde ÇKE hipotezinin Çin için geçerli olup olmadığı sınınanmıştır. Bu bağlamda, ekonomik büyüme, ekonomik karmaşıklık, enerji tüketimi ve ekolojik ayak izi arasındaki hem kısa hem de uzun dönemli ilişkiler ampirik olarak analiz edilmiştir. Çalışmada ÇKE hipotezinin Çin için geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Pata (2020), MIST ülkeleri için 2000–2016 dönemi verileriyle yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi arasındaki nedensellik ilişkilerini analiz etmiştir. Elde edilen bulgularına göre, yalnızca yenilenebilir enerji tüketiminden ekolojik ayak izine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin bulunduğu ifade edilmiştir.

Yurtkuran (2020), N-11 ülkelerinin 1971-2016 dönemi verilerini kullanarak kişi başına düşen ekolojik ayak izi yakınsamasını analiz etmiştir. Bulgulara göre, Endonezya, Pakistan ve Filipinler için ekolojik ayak izi göstergesinin durağan olduğu yani ekolojik ayak izi yakınsamasının olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun yanı sıra Türkiye, Bangladeş, Mısır, İran, Meksika, Nijerya, Güney Kore ve Vietnam için çevre kirliliği ile ilgili olarak ortaya çıkan şokların etkisinin kalıcı olduğu belirtilmiştir.

Ahmed vd. (2022), G7 ülkeleri için 1985-2017 dönemine ait veriler ile demokrasi, çevresel düzenlemeler, ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi ilişkisini analiz etmiştir. Ampirik bulgular, ekonomik büyümenin ekolojik ayak izini artırdığını göstermektedir. Ayrıca, demokrasi ve çevresel düzenlemelerin ekolojik ayak izini azaltarak ekolojik sürdürülebilirliğe olumlu yönde etki ettiği sonucuna ulaşılmıştır.

Neagu ve Neagu (2022), 48 kompleks ekonomi için 1995-2017 dönemi verileri ile ÇKE hipotezini test etmiştir. Ampirik bulgular, ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu işaret etmektedir. Jaeger vd. (2023) 27 ülkede 1789 tesis için 1969-2008 döneminde ÇKE hipotezinin geçerliliği test etmiştir. Elde edilen ampirik bulgular, ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir.

## 2. VERİ SETİ VE YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde ilk olarak, analizde yer alan değişkenler açıklanmıştır. Bu bölümde değişkenlerin tanımlayıcı istatistiklerine de yer verilmiştir. Ardından ampirik uygulama kullanılan sırasıyla Pesaran CIPS birim kök, Westerlund (2007) panel eşbütünlük ve Dumitrescu-Hurlin (2012) panel nedensellik testleri kısaca sunulmuştur.

### 2.1. Veri Seti

Çalışmada, 1985–2022 döneminde N-11 ülkelere ait yıllık veriler kullanılarak, ekonomik büyüme, ticari küreselleşme, ekonomik karmaşıklık, nüfus artışı ve doğrudan yabancı yatırımın çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Tablo 1’de N-11 ülkeleri yer almaktadır. Hızla büyüyen ve gelecekte dünyanın en büyük ekonomilerinden olma konusunda yüksek potansiyelleri olduğu düşünülen 11 ülke (Bangladeş, Mısır, Endonezya, İran, Meksika, Nijerya, Pakistan, Filipinler, Güney Kore, Türkiye ve Vietnam)

Goldman Sachs yatırım bankası tarafından The Next Eleven (N-11) olarak adlandırılmıştır. Goldman Sachs'ın bu gruplandırması makroekonomik istikrar, siyasi olgunluk, dışa açıklık ve eğitimin kalitesi gibi kriterlere dayanmaktadır. Söz konusu ülkelerin coğrafi ve ekonomik özellikleri birbirlerinden farklılık göstermektedir. Ancak bu ülkeler yüksek ekonomik potansiyelleri bakımından öne çıktığı düşünülen birtakım ortak özelliklere sahiptir (Alonai ve Gadhoum, 2017: 44).

Tablo 1. N-11 Ülkeleri

Bangladeş (BGD) Mısır (EGY) Endonezya (IDN) İran (IRN)	Meksika (MEX) Nijerya (NGA) Pakistan (PAK) Filipinler (PHL)	Güney Kore (KOR) Türkiye (TUR) Vietnam (VNM)
---	--	--

Tablo 2. Değişkenlerin Tanımları ve Kaynakları

Değişkenler	Sembol	Veri Kaynağı	Gösterge
Ekolojik Ayak İzi	EF	Global Footprint Network	Küresel hektar cinsinden ölçülen kişi başına tüketimin Ekolojik Ayak İzi (gha).
Ekonomik Büyüme	GDP, GDP <sup>2</sup>	Dünya Bankası	Kişi başı (sabit 2010 US\$)
Ekonomik Küreselleşme	KOFT	KOF İsviçre Ekonomi Enstitüsü   ETH Zürich KOF Endeksi <sup>4</sup>	Ticari Küreselleşme, de jure
Ekonomik Karmaşıklık Endeksi	ECI	OECD	ECI, bir ekonominin kapasitesinin göstergesi olarak kullanılmakta olup, lokasyonlarla bu lokasyonlarda mevcut olan faaliyetlere ilişkin verilerden türetilmektedir. Ayrıca ticaret verileri, istihdam verileri, borsa verileri ve patent verileri gibi çeşitli veri kaynakları kullanılarak tahmin edilmektedir.
Doğrudan Yabancı Yatırım	FDI	Dünya Bankası	Net girişler, (GSYİH'nin %'si)
Nüfus	POP	Dünya Bankası	Büyüme oranı

Tablo 2'de ampirik analizde kullanılan değişkenlerin elde edildiği kaynaklar, sembolleri ve özellikleri yer almaktadır. Ekolojik ayak izi değişkeni modelin bağımlı değişkenidir. Diğer değişkenler modelde bağımsız değişken olarak yer almaktadır. Analize dahil edilen değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 3'te yer almaktadır. Buna göre, değişkenlerin yüksek değişim aralıklarına sahip olduğu görülmektedir. EF ve KOFT değişkenlerinin geniş bir değişim aralığına sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri

	EF	GDP	KOFT	ECI	FDI	POP
<b>Ortalama</b>	1.884283	4911.167	42.12275	-0.2749546	1.630983	110428598
<b>Minimum</b>	0.4150411	438.3825	3.377796	-2.76425	-2.75744	40805744
<b>Maksimum</b>	6.172567	33690.38	83.82599	1.927961	11.93948	278830529

**Not:** POP değişkeninin değerleri doğrudan analize dahil edilmemiştir. Bu değişken için popülasyon büyüme oranı değerleri hesaplanmıştır.

<sup>4</sup> Gygli, Savina, Florian Haelg, Niklas Potrafke and Jan-Egbert Sturm (2019): The KOF Globalization Index – Revisited, Review of International Organizations, 14(3), 543-574 <https://doi.org/10.1007/s11558-019-09344-2>.

Tablo 4’te, 1985-2022 döneminde N-11 ülkelerinin her biri için ekolojik ayak izi değerlerinin ortalama ve medyan değerleri yer almaktadır. Buna göre, Güney Kore en yüksek, Bangladeş ise en düşük ortalama EF değerine sahip ülkelerdir. Ortalama ve medyan değerler ayrı ayrı incelendiğinde, tüm ülkeler için ortalamanın medyan değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Buna göre, veriler simetrik dağılıma sahip değildir.

**Tablo 4. N-11 Ülkelerinin Ekolojik Ayak İzi Medyan ve Ortalama Değerleri, 1985-2022**

	BGD	EGY	IDN	IRN	KOR	MEX
<b>Ortalama</b>	0.589559	1.321948	1.38579	2.588467	4.966812	2.666309
<b>Medyan</b>	0.558967	1.449166	1.351618	2.892825	5.433187	2.657994
	NGA	PAK	PHL	TUR	VNM	
<b>Ortalama</b>	1.071092	0.776943	1.177013	2.866027	1.317143	
<b>Medyan</b>	1.104562	0.781097	0.781097	2.840967	1.159093	

## 2.2. Yöntem

Çalışmada analize dahil edilen değişkenlerde birim kökün varlığı test edilmeden önce panelde yatay kesit bağımlılığının var olup olmadığı LM testi ile araştırılmıştır. Panel veri analizlerinde, panel birimleri arasındaki yatay kesit bağımlılığı olup olmadığı, kullanılacak birim kök ve eşbütünleşme testlerinin seçiminde belirleyici rol oynamaktadır. Yatay kesit bağımlılığı içermeyen panel veri setlerinde, geleneksel olarak geliştirilen ve panel birimlerinin birbirinden bağımsız olduğu varsayımına dayanan birinci kuşak testler tercih edilmektedir. Buna karşılık, yatay kesit bağımlılığının varlığı durumunda, bu bağımlılığı dikkate alan, daha gelişmiş varsayımlara sahip ikinci kuşak testlerin uygulanması gerekmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2013: 199). Bu nedenle uygun tahmin yöntemlerinin seçimi açısından yatay kesit bağımlılığının test edilmesi kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda çalışmada ilk olarak, Bias-corrected Scaled LM ve Scaled LM testleri ile yatay kesit bağımlılığının varlığını test edilmiştir. Ardından panelde yer alan ülkelere ait eğim katsayılarının birbirine benzer olup olmadığı yani homojenlik/heterojenlik durumunu belirlemek amacıyla Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen Delta Testi uygulanmıştır. Bu test, Swamy (1970) tarafından önerilen klasik homojenlik testine dayanmaktadır. Bu test paneldeki heterojenliği dikkate alarak daha tutarlı sonuçlar vermeyi amaçlamaktadır. Pesaran ve Yamagata (2008) Swamy testi sonuçlarını standardize ederek hem Delta ( $\Delta$ ) hem de düzeltilmiş Delta ( $\tilde{\Delta}$ ) istatistiklerini önermiştir. Bu istatistikler aşağıdaki gibidir:

$$\Delta = \sqrt{N} \left( \frac{N^{-1}S-k}{\sqrt{2k}} \right) \quad (1)$$

$$\Delta_{adj} = \sqrt{N} \left( \frac{N^{-1}S-E(z_{it})}{\sqrt{VAR(z_{it})}} \right) \quad (2)$$

Yatay kesit bağımlılığı ve homojenlik sınamalarının ardından Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CIPS testi ile değişkenlerin birim kök sınamaları gerçekleştirilmiştir. Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CIPS (Cross-sectionally Augmented IPS) testi, panel veri modellerinde birim kök sınamasını yatay kesit bağımlılığı varlığında gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Geleneksel panel birim kök testleri (ör. IPS, LLC) yatay kesit birimleri arasında bağımsızlık varsaymaktadır. Ancak ülkeler, firmalar veya bölgeler arası ortak şoklar ve ekonomik etkileşimler bu varsayımı çoğu durumda geçersiz kılmaktadır. CIPS testi, bu ortak şokları modele ekleyerek yanlış sonuçların önüne geçmektedir. Testin temel yaklaşımı, her bir birim için genişletilmiş ADF regresyonunun tahmin edilmesidir.

Çalışmada, değişkenler arasında uzun dönemli ilişkiler Westerlund (2007) panel eşbütünleşme testi ile test edilmiştir. Westerlund (2007) panel eşbütünleşme testi, panel veri modellerinde uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin varlığını hata düzeltme mekanizması üzerinden sınamaktadır. Bu yönüyle test, modeldeki dinamik ayarlama sürecine odaklanmaktadır. Çalışmada değişkenler arasındaki kısa dönemli nedensellik ilişkisi Dumitrescu-Hurlin (2012) panel nedensellik testi ile analiz edilmiştir. Dumitrescu-Hurlin (2012), heterojen panel veri modelleri için kolay bir Granger (1969) nedensel olmama testi önermiştir. Test istatistiği, yatay birimler boyunca Granger bireysel Wald istatistiklerinin ortalamasına dayanmaktadır. N birim için T dönemde gözlenen  $y$  ve  $x$  değişkenleri durağan değişkenler olmak üzere  $t = 1, \dots, T$  döneminde her bir birim için  $i = 1, \dots, N$  nedensellik testi doğrusal modeli aşağıdaki gibidir:

$$y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \gamma_i^{(k)} y_{i,t-k} + \sum_{k=1}^K \beta_i^{(k)} x_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

Burada  $K \in \mathbb{R}^*$  ve  $\beta_i = (\beta_i^{(1)}, \dots, \beta_i^{(K)})'$  olarak tanımlanmaktadır. İşlem kolaylığı sağlaması için birim etkilerin ( $\alpha_i$ ) zaman içinde sabit olduğu varsayılmaktadır.  $y_{i,t}$  ve  $x_{i,t}$  süreçleri gözlemlendiğinde başlangıç koşulları  $(y_{i,-K}, \dots, y_{i,0})$  ve  $(x_{i,-K}, \dots, x_{i,0})$  olarak ifade edilmektedir. Panelin dengeli olduğu ve  $K$  gecikme derecesinin yatay kesit birimleri için aynı olduğu varsayılmaktadır. Ayrıca otoregresif parametreler  $\gamma_i^{(k)}$  ve regresyon katsayıları eğimleri  $\beta_i^{(k)}$  gruplar arası farklılık göstermektedir. Bu model, Swamy (1970) olduğu gibi rastgele katsayılı değil sabit bireysel etkilere sahip sabit katsayılı bir model olarak tanımlanmaktadır (Dumitrescu ve Hurlin 2012: 1454-1546).

Dumitrescu ve Hurlin (2012) homojen nedensel olmama (HNC) hipotezini regresyon modelinin heterojenliğini ve nedensellik ilişkisini dikkate alarak sınamaktadır.

$$H_0 : \beta_i = 0 \quad \forall i = 1, \dots, N$$

$$H_0 : \beta_i = 0 \quad \forall i = 1, \dots, N_1$$

$$\beta_i \neq 0 \quad \forall i = N_1 + 1, N_1 + 2, \dots, N$$

(4)

Burada  $N_1$  bilinmemekte ancak  $0 \leq N_1/N < 1$  koşulunu sağlamaktadır.  $N_1 = N$  olması durumunda panelin birimleri arasında herhangi bir nedensellik bulunmamaktadır. Bu durum HNC sıfır hipotezini ifade etmektedir.  $N_1 = 0$  ise tüm birimler arasında nedensel ilişki bulunmamaktadır. Sıfır hipotezin reddedilmemesi durumunda panelin tüm birimleri için  $x$  değişkeni  $y$  değişkeninin Granger nedeni değildir. HNC'nin reddedilmesi ve  $N_1 = 0$  olması durumunda panelin tüm birimleri için  $x$  değişkeni  $y$  değişkeninin Granger nedenidir. Bu bağlamda  $i = 1, \dots, N$  için HNC hipotezinin testi ile ilişkili Wald istatistiklerinin ortalaması kullanılmaktadır.

$$W_{N,T}^{Hnc} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N W_{i,T} \quad (5)$$

$W_{i,T}$ , her bir  $i$ . yatay kesit birimine karşılık gelen bireysel  $H_0 : \beta_i = 0$  testine ait Wald istatistiğidir. Bu istatistik,  $T \rightarrow \infty$  iken sonlu ikinci derece momentler ile bağımsız özdeş dağılıma sahiptir. Bu nedenle Lindberg-Levy merkezi limit teoremine göre, HNC sıfır hipotezi altında, ortalama istatistik  $W_{N,T}^{Hnc}$ 'ye dağılımda yakınsamaktadır.

$$Z_{N,T}^{Hnc} = \sqrt{\frac{N}{2K}} (W_{N,T}^{Hnc} - K) \xrightarrow{T, N \rightarrow \infty} N(0,1) \quad (6)$$

$N$  ve  $T$ 'nin büyük olduğu örneklerde belirli bir risk değerinde standardize  $Z_{N,T}^{Hnc}$  değeri karşılık gelen normal kritik değerden büyüktür. Böylece HNC hipotezi reddedilir. Bu asimptotik sonuç makro paneller için faydalı olmaktadır. Ayrıca,  $N$  ve  $T$ 'nin eş zamanlı olarak sonsuza gittiği durumlarda da bu sonuç geçerlidir.

Bireysel hata terimlerinin gruplar arasında bağımsız dağılması durumunda, farklı birimler için tüm dönemlerde hata terimleri arasındaki kovaryans sıfırdır. Bu varsayım altında,  $T > 5 + 2K$  olması durumunda bireysel  $W_{i,T}$  istatistiği tüm birimler için bağımsız ancak özdeş olmayan dağılım ile sonlu ikinci momente sahiptir. Bu nedenle Lyapunov merkezi limit teoremi ile HNC hipotezi altında ortalama istatistik  $W_{N,T}^{Hnc}$  yakınsamaktadır.

$$Z_N^{Hnc} = \frac{\sqrt{N} [W_{N,T}^{Hnc} - N^{-1} \sum_{i=1}^N E(W_{i,T})]}{\sqrt{N^{-1} \sum_{i=1}^N Var(W_{i,T})}} \xrightarrow{N \rightarrow \infty} N(0,1) \quad (7)$$

$Z_N^{Hnc}$  standardize istatistiğinde  $W_{N,T}^{Hnc} = (1/N) \sum_{i=1}^N W_{i,T}$ 'dir.

$T$ 'nin sınırlı (küçük) olduğu durumlarda ortalama Wald istatistiği  $W_{N,T}^{Hnc}$  için standardize istatistik aşağıdaki gibidir:

$$\tilde{Z}_N^{Hnc} = \frac{\sqrt{N} [W_{N,T}^{Hnc} - E(\tilde{W}_{i,T})]}{\sqrt{Var(\tilde{W}_{i,T})}} \quad (8)$$

Burada  $E(\tilde{W}_{i,T}) = K \times \frac{(T-2K-1)}{(T-2K-3)}$  ve  $Var(\tilde{W}_{i,T}) = 2K \times \frac{(T-2K-1)^2 \times (T-K-3)}{(T-2K-3)^2 \times (T-2K-5)}$  olarak tanımlanmaktadır. Dumitrescu ve Hurlin (2012) tarafından geliştirilen HNC testi birim sayısının az olduğu panel verilerde de etkin sonuçlar sağlamaktadır.

### 3. AMPİRİK BULGULAR

N-11 ülkeleri için yatay kesit bağımlılığının varlığına ilişkin Bias-corrected Scaled LM ve Scaled LM testi sonuçları Tablo 5'te yer almaktadır. Buna göre, 0.05 önem seviyesinde her iki test için yatay kesit bağımlılığının olmadığını ifade eden sıfır hipotezi red edilmektedir. Panelde yer alan birimler arasında yatay kesit bağımlılığı bulunmaktadır. Buna nedenle birim kök analizinde Pesaran (2007) CIPS testi kullanılmıştır.

**Tablo 5: Yatay kesit bağımlılığı için LM testi sonuçları**

Bias-corrected Scaled LM testi	Scaled LM test
$z = 36.196$ (p- değeri $< 2.2e-16$ )	$z = 36.344$ (p- değeri $< 2.2e-16$ )
$H_0$ : Yatay kesit bağımlılığı yoktur.	

Tablo 6'da yer alan heterojenlik testi sonucuna göre, 0.05 önem seviyesinde eğitim katsayılarının her bir kesitte homojen olduğunu ifade eden sıfır hipotezi reddedilmiştir. Bu sonuç, eğitim katsayılarının yatay kesitler arasında değiştiğini ve heterojen olduğunu göstermektedir.

**Tablo 6: Heterojenlik testi (Pesaran, Yamagata (2008))**

Delta	(Prob)
19.186	(0.000)
(Adj) 21.671	(0.000)
$H_0$ : Eğitim katsayıları panel genelinde homojendir.	

Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CIPS testi, yatay kesit bağımlılığının ve heterojenliğin olması durumunda kullanılabilir. Tablo 7'de yer alan sonuçlara göre, tüm serilerin 0.01 önem seviyesinde <sup>(1)</sup> olduğunu göstermektedir.

**Tablo 7: Pesaran CIPS testi sonuçları**

	I(0)	
	Sabit Terim	Sabit ve Trend
log(EF)	-1.7611 [0.1]*	-2.0516 [0.1]*
log (GDP)	-2.0048 [0.1]*	-2.3035 [0.1]*
log (GDP <sup>2</sup> )	-1.8549 [0.1]*	-2.2179 [0.1]*
log (KOFT)	-1.6863 [0.1]*	-1.9915 [0.1]*
ECI	-2.421 [0.1]*	-2.645 [0.1]*
log (FDI)	-2.4351 [0.1]*	-2.6802 [0.1]*
log değişim (POP)	-2.1157 [0.1]*	-2.4864 [0.1]*
	I(1)	
	Sabit Terim	Sabit ve Trend
log(EF)	-4.4743 [0.01]**	-4.7748 [0.01]**
log (GDP)	-3.0586 [0.01]**	-3.5657[0.01]**
log (GDP <sup>2</sup> )	-3.039 [0.01]**	-3.5759[0.01]**
log (KOFT)	-4.2295 [0.01]**	-4.4877[0.01]**
ECI	-3.8688 [0.01]**	-3.9309[0.01]**
log (FDI)	-4.6099 [0.01]**	-4.6386[0.01]**
log değişim (POP)	-3.8774 [0.01]**	-3.9599 [0.01]**

**Not:** \* p değeri, basılı p değerinden daha büyüktür.; \*\* p değeri, basılı p değerinden daha küçüktür.

**Tablo 8. Westerlund ECM Panel Cointegration Tests**

İstatistik	Değeri	Z-değeri	P-değeri
Gt	-2.425	0.004	0.502
Ga	-6.695	2.848	0.998
Pt	-6.701	0.293	0.615
Pa	-5.798	1.594	0.945

Tablo 8’de yer alan Westerlund ECM panel eşbütünleşme testi sonucuna göre 0.01 önem seviyesinde panelde eşbütünleşme ilişkisi diğer bir ifade ile uzun dönem denge ilişkisi bulunmamaktadır. Dumitrescu-Hurlin (2012) panel nedensellik testi sonuçları Tablo 9’da yer almaktadır. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, Dumitrescu/Hurlin (2012) testinde gecikme uzunluğunun doğru tespitinin kritik öneme sahip olduğu görülmektedir. Zira farklı bilgi kriterleri nedenselliğe dair birbirine zıt sonuçlar verebilmektedir. Burada bilgi kriterlerinden birbirini destekleyenler dikkate alınarak elde edilen nedensellik ilişkisi yorumlanmıştır.  $\ln$  (EF) değişkeni, AIC ve HQIC kriterlerine göre, 0.01 önem seviyesinde en az bir panel biriminde POP-büyüme değişkeninin nedenidir.  $\ln$  (GDP) değişkeninden, BIC, HQIC kriterlerine göre,  $\ln$  (GDP<sup>2</sup>),  $\ln$  (FDI) ve POP-büyüme değişkenlerine doğru nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.  $\ln$  (GDP<sup>2</sup>) değişkeninden yalnızca  $\ln$ (GDP) değişkenine doğru nedensellik tespit edilmiştir. BIC, HQIC kriterlerine göre, en az bir birimde  $\ln$ (KOFT) ve  $\ln$ (ECI) değişkenlerinden  $\ln$ (EF) değişkenine doğru nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. AIC bilgi kriterine göre,  $\ln$ (FDI) değişkeninden  $\ln$ (EF),  $\ln$ (GDP),  $\ln$ (GDP<sup>2</sup>),  $\ln$ (KOFT) ve POP-büyüme değişkenlerine doğru 0.05 önem seviyesinde en az bir panel birimi için nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. POP-büyüme değişkeninden  $\ln$ (ECI) değişkenine doğru 0.01 önem seviyesinde nedensel ilişki tespit edilmiştir.

**Table 9. Panel Granger Nedensellik Testi (Dumitrescu/Hurlin (2012))**

Variables	$\Delta \ln EF$	$\Delta \ln GDP$	$\Delta \ln GDP^2$	$\Delta \ln KOFT$	$\Delta \ln ECI$	$\Delta \ln FDI$	$\Delta POP$
$\Delta \ln EF \rightarrow$	-	6.3192 (0.0000) L=10 AIC	6.3712 (0.0000) L=10 AIC	7.4770 (0.0000) L=10 AIC	2.5559 (0.0106) L=10 AIC	0.7507 (0.4528) L=1 AIC,BIC, HQIC	5.4477 (0.0000) L=1 AIC,HQIC
		-0.0911 (0.9274) L=1 BIC,HQIC	-0.2959 (0.7673) L=1 BIC,HQIC	-1.4053 (0.1599) L=1 BIC,HQIC	-0.3916 (0.6954) L=1 BIC,HQIC		1.3925 (0.1638) L=1 BIC
$\Delta \ln GDP \rightarrow$	8.0661 (0.0000) L=10 AIC	-	2.9338 (0.0033) L=1 AIC,BIC HQIC	4.3012 (0.0000) L=10 AIC	2.1237 (0.0337) L=10 AIC	6.4798 (0.0000) L=10 AIC	2.1437 (0.0321) L=10 AIC
	-0.2223 (0.8241) L=1 BIC,HQIC			0.8073 (0.4195) L=1 BIC,HQIC	-0.6625 (0.5077) L=1 BIC,HQIC	3.5447 (0.0004) L=1 BIC,HQIC	2.1495 (0.0316) L=1 BIC,HQIC
$\Delta \ln GDP^2 \rightarrow$	5.7712 (0.0000) L=10 AIC	3.5463 (0.0004) L=1 AIC, BIC,HQIC	-	5.0223 (0.0000) L=10 AIC	2.4992 (0.0124) L=10 AIC	5.9254 (0.0000) L=10 AIC	3.3798 (0.0007) L=10 AIC,HQIC
	-0.1656 (0.8685) L=1			0.5475 (0.5840)	-0.5727 (0.5668)	3.5255 (0.0004)	

	BIC,HQIC			L=1 BIC,HQIC	L=1 BIC,HQIC	L=1 BIC,HQIC	
<b><math>\Delta \ln \text{KOFT} \rightarrow</math></b>	3.8029 (0.0001) L=10 AIC  6.1045 (0.0000) L=1 BIC,HQIC	-1.5238 (0.1276) L=1 AIC,BIC HQIC	-1.5516 (0.1208) L=1 AIC,BIC HQIC	-	1.1717 (0.2413) L=2 AIC  1.6186 (0.1055) L=1 BIC, HQIC	3.4362 (0.0006) L=10 AIC  -0.5864 (0.5576) L=1 BIC,HQIC	11.9966 (0.0000) L=10 AIC,HQIC  -0.9583 (0.3379) L=1 BIC
<b><math>\Delta \ln \text{ECI} \rightarrow</math></b>	1.6729 (0.0943) L=1 AIC, BIC,HQIC	3.3827 (0.0007) L=10 AIC  0.5529 (0.5804) L=1 BIC,HQIC	2.8374 (0.0045) L=10 AIC  0.4622 (0.6439) L=1 BIC,HQIC	2.1496 (0.0316) L=10 AIC  0.7716 (0.4404) L=1 BIC,HQIC	-	-0.4241 (0.6715) L=1 AIC, BIC,HQIC	5.0948 (0.0000) L=10 AIC, HQIC  -0.4006 (0.6887) L=1 BIC
<b><math>\Delta \ln \text{FDI} \rightarrow</math></b>	3.9567 (0.0001) L=10 AIC  0.0302 (0.9759) L=1 BIC,HQIC	2.1559 (0.0311) L=10 AIC  -0.1015 (0.9191) L=1 BIC,HQIC	2.2734 (0.0230) L=10 AIC  -0.1725 (0.8631) L=1 BIC,HQIC	4.1092 (0.0000) L=10 AIC  -0.4591 (0.6462) L=1 BIC,HQIC	1.3961 (0.1627) L=2 AIC  -0.5861 (0.5578) L=1 BIC,HQIC	-	13.1130 (0.0000) L=10  AIC,HQIC 0.1485 (0.8819) L=1 BIC
<b><math>\Delta \text{POP} \rightarrow</math></b>	1.4976 (0.1342) L=10 AIC  -0.6419 (0.5210) L=1 BIC, HQIC	1.7548 (0.0793) L=1 AIC, BIC HQIC	1.7798 (0.0751) L=1 AIC, BIC HQIC	-0.3481 (0.7278) L=1 AIC, BIC, HQIC	4.5819 (0.0000) L=10 AIC  -0.4044 (0.6859) L=1 BIC, HQIC	-0.1705 (0.8646) L=1 AIC, BIC HQIC	-

**Not:** İlk sırada Z-bar istatistiği yer almaktadır. Z-bar prob değeri () içinde gösterilmektedir. Optimal gecikme uzunluğunun belirlenmesinde AIC, BIC ve HQIC kriteri dikkate alınmıştır.

#### 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Özellikle son yıllarda ekonomik büyüme ile sürdürülebilir çevresel uygulamaları birleştirme çabaları ekonomik büyümeyi sürdürürken çevresel etkileri azaltmayı amaçlayan politika ve stratejilere vurgu yapmaktadır. Bu bağlamda, çevre ve ekonomik faaliyetler arasındaki dengiyi anlamak için ekolojik ayak izi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki sıklıkla ele alınmaktadır. Literatürde çevre ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için belirli varsayımlar altında çok çeşitli değişkenler ve yöntemler kullanılmaktadır. Bu bağlamda ÇKE hipotezi, ekonomik büyüme ile çevresel kalite arasında ilişki olduğunu

öne sürmektedir. Bu hipoteze göre, bir ülkenin ekonomisi belirli bir eşğin ötesinde büyüdükçe, çevre kalitesinin bozulmaya başlayacağı ancak daha sonra iyileşeceği savunulmaktadır. Bu süreç başlangıçta ekonomik büyüme ile birlikte çevresel tahribatın arttığı “ters U” şeklinde ifade edilmektedir. Ancak, belirli bir noktanın ötesinde, çevre kalitesi ekonomik büyüme ile birlikte artmaktadır.

Bu çalışmada 1985-2022 döneminde N-11 ülkeleri için ekonomik büyüme, ekonomik küreselleşme, ekonomik karmaşıklık, nüfus, doğrudan yabancı yatırımlar ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişki EKC hipotezi çerçevesinde analiz edilmiştir. Westerlund ECM panel eşbütünleşme testi sonuçlarına göre, değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisi tespit edilmemiştir. Panelde eşbütünleşme olmadığı için, çevresel bozulma ile gelir düzeyi arasında uzun dönemli istikrarlı bir ilişki bulunamamıştır. Bu, EKC hipotezinin temel varsayımını (uzun dönemli ilişkiyi) desteklememektedir. Dolayısıyla EKC hipotezi panel genelinde desteklenmemektedir. EKC hipotezinin reddedilmesi, ekonomik büyümenin çevresel sonuçları üzerinde etkili olmadığı anlamına gelmemektedir. Bu sonuç, yalnızca el alınan dönemde panelde uzun dönemli EKC yapısının oluşmadığını göstermektedir. Panel nedensellik testi sonuçlarına göre,  $\ln(\text{GDP})$  değişkeninden hem çevresel göstergelere ( $\ln(\text{EF})$ ) hem de yapısal değişkenlere ( $\ln(\text{FDI})$ ,  $\text{POP}$ -büyüme) doğru nedensellik ilişkisinin bulunması, ekonomik büyümenin çok yönlü etkiler yarattığını göstermektedir. Ancak,  $\ln(\text{GDP}^2)$  değişkeninden yalnızca  $\ln(\text{GDP})$ 'ye doğru nedensellik tespit edilmesi, EKC hipotezinin temelini oluşturan ters-U şeklindeki ilişkiyi destekleyecek yeterli ampirik kanıt sunmamaktadır. Yani, ekonomik büyümenin belirli bir eşği aştıktan sonra çevresel baskının azaldığına dair bir nedensellik zinciri güçlü biçimde doğrulanmamıştır. Bu bulgu, eşbütünleşme analizinde ulaşılan uzun dönem ilişkisinin yokluğu bulgusu ile tutarlıdır. Ayrıca bu durum panel genelinde EKC hipotezinin geçerliliğini sınırlamaktadır. Elde edilen bulgular, Ulucak ve Koçak (2018)'in bulgularını destekler nitelikte olmakla birlikte Ahmad vd. (2020)'nin sonuçlarından farklıdır. Burada analize dahil edilen ülkelerin ve analizin kapsadığı dönem farklılıklarının etkili olabileceği düşünülmektedir.

FDI değişkeninden birçok yapısal ve çevresel değişkene doğru nedensellik gözlenmiştir. Bu durum, sadece yatırım hacminin değil, yatırımların çevresel sürdürülebilirlik açısından kalitesinin de dikkate alınmasını gerektirmektedir. Çevresel etki değerlendirmesi yapılmaksızın yapılan yatırımlar, çevresel bozulmayı derinleştirme potansiyeline sahiptir.  $\text{POP}$ -büyüme değişkeninden ECI'ye doğru nedensellik, nüfus artışının üretim yapısını etkilediğini göstermektedir. N-11 ülkeleri için nüfus dinamikleri, özellikle kentleşme ve tüketim alışkanlıklarıyla birlikte çevresel baskıyı artırmaktadır. Bu nedenle çevre dostu kentleşme politikaları geliştirilmelidir. Ticari küreselleşme (KOFT) ve ekonomik karmaşıklık (ECI) değişkenlerinden ekolojik ayak izine doğru olan nedensellik, üretim ve ticaret yapısının çevreyle uyumsuz olduğunu göstermektedir. N-11 ülkeleri, yüksek büyüme potansiyeline sahip gelişen ekonomilerdir. Ancak büyüme çeşitli çevresel maliyetler içermektedir. Bu nedenle, enerji verimliliğini artıran, karbon ayak izini azaltan ve yenilenebilir enerji kullanımını teşvik eden yeşil büyüme politikalarına öncelik verilmelidir. Bu ülkeler üretim süreçlerini yüksek teknoloji ve düşük karbon yoğunluklu modellere dönüştürerek yeşil dönüşüm yoluyla rekabet avantajı kazanabilir.

ÇKE hipotezinin geçerlilik durumu ülkelerin ekonomik, sosyal ve çevresel yapılarından etkilenmektedir. ÇKE hipotezinin genel geçerliliğinin tartışmalı olduğu; faktörler, ülkeler ve sektörler arasında farklılık gösterdiği görülmektedir. Ayrıca çevresel sürdürülebilirlik ve çevresel kalite ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki son derece karmaşıktır. Ekonomik büyüme sürecinde çevresel etkilerin analizinde politika, yönetim, teknolojik ilerlemeler ve sosyal değerler gibi faktörler de önemlidir. Bu nedenle, özellikle gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için ÇKE hipotezinin ötesinde geniş bir perspektifin dikkate alınması önemlidir. Bu bağlamda doğal kaynakların etkin yönetimi ve sürdürülebilir kullanımını destekleyecek politikalar geliştirilmelidir. Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri çerçevesinde çevre ve ekonomi dengesi ve hedeflere uyum gözetilmelidir. Bu bağlamda izlenen politikalar, ülke ve bölge düzeyinde farklılıklar dikkate alınarak özelleştirilmelidir. Bu öneriler, ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirlik arasında denge sağlamayı hedefleyen bir yaklaşım sunmaktadır. Son olarak, bu dengeyi sağlamak için politika yapımcılar, işletmeler ve toplumun geneli tarafından çeşitli stratejiler ve politikalar geliştirilmelidir. Bu stratejiler

yeşil ekonomi, sürdürülebilir üretim yöntemleri, enerji verimliliği ve çevre koruma önlemleri gibi alanlara odaklanmalıdır.

## KAYNAKÇA

- AHMAD, M., JIANG, P., MAJEED, A., UMAR, M., KHAN, Z. and MUHAMMAD, S. (2020). “The Dynamic Impact of Natural Resources, Technological Innovations and Economic Growth on Ecological Footprint: An Advanced Data Estimation Panel”, *Resources Policy*, 69, 101817, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101817>
- AHMED, Z., AHMAD, M., RJOUB, H., KALUGINA, O.A. and HUSSAIN, N. (2022). “Economic Growth, Renewable Energy Consumption, and Ecological Footprint: Exploring the Role of Environmental Regulations and Democracy in Sustainable Development”, *Sustainable Development*, 30(4): 595-605. <https://doi.org/10.1002/sd.2251>
- ALONAIZI, B. and YOUSR G. (2017). “The Next 11: Emerging Investment Market. 1st International Conference on Advanced Research (ICAR-2017)”, Manama, Bahrain. 16 Kasım 2024’te Erişim Adresi: [https://apiar.org.au/wp-content/uploads/2017/07/5\\_APJABSS\\_v3i2\\_Bus-44-53.pdf](https://apiar.org.au/wp-content/uploads/2017/07/5_APJABSS_v3i2_Bus-44-53.pdf)
- ALTINTAŞ, H. ve KASSOURI, Y. (2020). “Is The Environmental Kuznets Curve in Europe Related to the Per-Capita Ecological Footprint or CO2 emissions?”, *Ecological Indicators*, 113, 106187, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106187>
- APAYDIN, Ş. (2020). “Effects of Globalization on Ecological Footprint: The Case of Turkey”, *Journal of Research in Economics, Politics & Finance*, 5(1): 23-42. <https://doi.org/10.30784/epfad.695836>
- AŞICI, A. A. ve ACAR, S. (2016). “Does Income Growth Relocate Ecological Footprint?”, *Ecological Indicators*, 61: 707–714. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2015.10.022>
- BİLGİN, E. ve YILDIRIM, Z. (2025). “The Effects of Environmental Protection and Social Spending on Societal Well-Being: Panel Evidence from Selected OECD Countries”, *Economic Annals*, 246: 69-96. <https://doi.org/10.2298/EKA2546069B>
- DAM, T. A., PASCHE, M., and WERLICH, N. (2017). “Trade Patterns and the Ecological Footprint—A Theory-Based Empirical Approach”, *Jena Economic Research Papers*, 005. 19 Mayıs 2023’te Erişim Adresi: <https://www.econstor.eu/handle/10419/162490> (Accesses date: 19.05.2023).
- DUMITRESCU, E. I. and HURLIN C. (2012). “Testing for Granger Non-Causality in Heterogeneous Panels”, *Economic Modelling*, 29: 1450–1460. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.02.014>
- GRANGER, C. W. J. (1969). “Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Method”, *Econometrica*, 37(3): 424–438. <https://doi.org/10.2307/1912791>
- GROSSMAN, G.M. and KRUEGER, A.B. (1991). *Environmental impacts of a north American free trade agreement (No. w3914)*. National Bureau of Economic Research. 11.11.2024’te erişim adresi: [https://www.nber.org/system/files/working\\_papers/w3914/w3914.pdf](https://www.nber.org/system/files/working_papers/w3914/w3914.pdf)
- GROSSMAN, G.M. and KRUEGER, A.B. (1995). “Economic Growth and the Environment”, *The Quarterly Journal of Economics*, 110 (2): 353-377. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- GYGLI, S., HAELG F., POTRAFKE, N. and STURM, J. (2019). “The KOF Globalization Index – Revisited”, *The Review of International Organizations*, 14(3): 543-574. <https://doi.org/10.1007/s11558-019-09344-2>.
- HİDALGO, C. A. and HAUSMANN, R. (2009). “The Building Blocks of Economic Complexity”, *Proceedings of The National Academy of Sciences*, 106(26): 10570-10575. <https://doi.org/10.1073/pnas.0900943106>.
- JAEGER, W. K., KOLPIN, V. and SIEGEL, R. (2023). “The Environmental Kuznets Curve Reconsidered”, *Energy Economics*, 120: 106561. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106561>.
- KHAN, A., CHENGGANG, Y., XUE YI, W., HUSSAIN, J., SICEN, L. and BANO, S. (2021). “Examining the Pollution Haven, and Environmental Kuznets Hypothesis for Ecological Footprints: An Econometric Analysis of China, India, and Pakistan”, *Journal of the Asia Pacific Economy*, 26(3): 462-482. <https://doi.org/10.1080/13547860.2020.1761739>

- KUZNETS, S. (1955). "Economic Growth and Income Inequality", *The American Economic Review*, 45(1): 1-28.
- LEVIN, A., LIN, C.-F. and CHU, J., C.-S. (2002). "Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties", *Journal of Econometrics*, Elsevier, 108(1): 1-24. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(01\)00098-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(01)00098-7).
- MAJEED, M. T. and MAZHAR, M. (2019). "Financial Development and Ecological Footprint: a Global Panel Data Analysis", *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*, 13(2): 487-514. 10.05.2024'te erişim adresi: <https://www.econstor.eu/handle/10419/201002>.
- MARK, N. C. and SUL, D. (2003). "Cointegration Vector Estimation by Panel DOLS and Long-Run Money Demand", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. 65(5): 655-680. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2003.00066.x>.
- NEAGU, O. and NEAGU, M. I. (2022). "The Environmental Kuznets Curve revisited: Economic Complexity and Ecological Footprint in the Most Complex Economies of the World", *Studia Universitatis Vasile Goldiř Arad, Seria řtiințe Economice*, 32(1): 78-99.
- PATA, U. K. (2020). "MIST Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Ekolojik Ayak İzi İlişkisi: Panel Nedensellik Testi Bulguları". İçinde 20. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumu Bildiriler Kitabı, ss.60-67, Ankara, Türkiye.
- PEDRONI, P. (1997). "Panel Cointegration; Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests, with an Application to the PPP Hypothesis: New results", Working Paper, Indiana University.
- PEDRONI, P. (1999). "Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors". *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61 (Special Issue): 653-670.
- PEDRONI, P. (2004). "Panel Cointegration: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis", *Econometric Theory*, 20: 597-625. <https://doi.org/10.1017/S0266466604203073>.
- PESARAN, H. and YAMAGATA, T. (2008), "Testing Slope Homogeneity in Large Panels", *Journal of Econometrics*, 142: 50-93. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.05.010>
- 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.
- REES, W. E. (2000). "Eco-footprint Analysis: Merits and Brickbats", *Ecological Economics* 32(3): 371-374. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00157-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00157-3).
- SWAMY, P. A. (1970). "Efficient Inference in a Random Coefficient Regression Model", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 38(2): 311-323.
- ULUCAK, R. and ERDEM, E. (2017). "The Environment in Economic Growth Models: an Application Based on Ecological Footprint", *Hacettepe University Journal of Economics and Administrative Sciences*, 35(4): 115-147. <https://doi.org/10.17065/huniibf.372407>.
- ULUCAK, R. and KOÇAK, E. (2018). "Economic Growth and Environment: Econometric Analysis for OECD Countries", *EconWorld2018, 24-26 July*; Amsterdam, Netherlands. 10.05.2024'te erişim adresi: [https://amsterdam2018.econworld.org/papers/Ulucak\\_Kocak\\_Economic.pdf](https://amsterdam2018.econworld.org/papers/Ulucak_Kocak_Economic.pdf).
- ULUCAK, R. (2017). "Çevre Kalitesi Açısından Yakınsama Hipotezine Yeni Bir Bakış: Ekolojik Ayak İzi ve Kulüp Yakınsamaya Dayalı Ampirik Bir Analiz", *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(4): 29-38. <https://doi.org/10.18037/ausbd.552674>.
- VAN DEN BERGH, J. CJM and VERBRUGGEN H. (1999). "Spatial Sustainability, Trade and Indicators: An Evaluation of the 'Ecological Footprint'", *Ecological Economics*. 29(1): 61-72. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00032-4](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00032-4).
- VENETOULIS, J. and TALBERTH J. (2008). "Refining the Ecological Footprint", *Environment, Development and Sustainability*, 10(4): 441-469. <https://doi.org/10.1007/s10668-006-9074-z>.
- WACKERNAGEL, M., ONISTO, L., BELLO, P., CALLEJAS LINARES, A., LO'PEZ FALFA'N, I.S., ME'NDEZ GARCIA, J., SUA'REZ GUERRERO, A.I. and SUA'REZ GUERRERO, M.G. (1999).

“National Natural Capital Accounting with the Ecological Footprint Concept”, *Ecological economics*, 29: 375-390. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)90063-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)90063-5).

WACKERNAGEL, M. and REES, W.E. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, New Society Publishers, Philadelphia.

WESTERLUND, J. (2007). “Testing for Error Correction in Panel Data”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69(6): 709–748. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2007.00477.x>

YERDELEN TATOĞLU, F. (2013). *İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı. 2. Baskı*, Beta Yayınları, İstanbul.

YILANCI, V. and PATA, U. K. (2020). “Investigating the EKC Hypothesis for China: The Role of Economic Complexity on Ecological Footprint”, *Environmental Science and Pollution Research*, 27(26): 32683-32694. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09434-4>.

YURTKURAN, S. (2020). “N11 Ülkelerinde Ekolojik Ayak İzi Yakınsaması: Fourier Durağanlık Testinden Yeni Kanıtlar”, *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 6(2): 191-210. <https://doi.org/10.20979/ueyd.681354>.