



JOEEP

e-ISSN: 2651-5318
Journal Homepage: <http://dergipark.org.tr/joeep>



Araştırma Makalesi • Research Article

E7 Ekonomilerinde Yenilenebilir Enerji-Çevre Kalitesi İlişkisi: Bir Panel Veri Analizi

The Renewable Energy-Environmental Quality Relationship in E7 Economies: A Panel Data Analysis

Süreyya Bakkal^{a, *}

^a Dr. Öğr. Üyesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tekirdağ/ Türkiye
ORCID: 0000-0001-9226-2320

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Başvuru tarihi: 2 Eylül 2025
Düzeltilme tarihi: 25 Ekim 2025
Kabul tarihi: 18 Kasım 2025

Anahtar Kelimeler:

Yenilenebilir Enerji,
CO₂ Emisyonları,
Çevre Kalitesi,
E7 Ekonomileri,
CCE-MG

ARTICLE INFO

Article history:

Received: Sep 2, 2025
Received in revised form: Oct 25, 2025
Accepted: Nov 18, 2025

Keywords:

Renewable Energy,
CO₂ Emissions,
Environmental Quality,
E7 Economies,
CCE-MG

ÖZ

E7 ekonomileri, CO₂ emisyonları hızla artan bir trende sahip olup yenilenebilir enerji kullanımı, ekonomik büyüme, küreselleşme ve sanayileşme süreçlerinde önemli ilerleme kaydeden ülkeler grubunu temsil etmektedir. Bu nedenle bu çalışma, 1990-2022 döneminde E7 ekonomileri için yenilenebilir enerji kullanımı, küreselleşme, ekonomik büyüme ve sanayileşme ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi test etmektedir. Çıktılar, söz konusu değişkenler arasında bir eşbütünlüğün varlığına işaret etmektedir. CCE-MG tahminleri, bir taraftan yenilenebilir enerji kullanımı ve küreselleşmenin CO₂ emisyonlarını engellediğini, diğer taraftan ise ekonomik büyüme ve endüstrileşmenin CO₂ emisyonlarını desteklediğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla ilk iki değişken çevre kalitesini iyileştirirken, son iki değişken çevre kalitesini bozucu bir etki göstermektedir. Dumitrescu-Hurlin nedensellik analizi, tüm açıklayıcı değişkenler ile CO₂ emisyonları arasında iki yönlü bir nedenselliğin bulunduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, E7 ekonomilerinin yenilenebilir enerji kullanımını ve küreselleşmeyi destekleyerek çevre kalitesini artırıcı, aynı zamanda ekonomik büyüme ve sanayileşme süreçlerinde çevresel sürdürülebilirliği gözetken politikalar geliştirmesi gerektiğini göstermektedir. E7 ülkeleri küresel karbon emisyonlarının yaklaşık yarısını oluşturdıklarından, bu politikaların küresel çevre kalitesinin iyileştirilmesi açısından da kritik öneme sahip olduğu değerlendirilmektedir.

ABSTRACT

The E7 economies represent a group of countries experiencing a rapidly increasing trend in CO₂ emissions while simultaneously achieving remarkable progress in renewable energy use, economic growth, globalization, and industrialization. Therefore, this study examines the relationship between renewable energy use, globalization, economic growth, industrialization, and CO₂ emissions in E7 economies over the period 1990–2022. The findings indicate the presence of cointegration among these variables. The CCE-MG estimates reveal that renewable energy use and globalization mitigate CO₂ emissions, whereas economic growth and industrialization contribute to higher emission levels. Accordingly, the first two variables improve environmental quality, while the latter two deteriorate it. The Dumitrescu-Hurlin causality analysis shows a bidirectional causal relationship between all explanatory variables and CO₂ emissions. These findings suggest that E7 economies should promote renewable energy adoption and globalization while designing growth and industrialization strategies that incorporate environmental sustainability. Given that E7 countries account for nearly half of global CO₂ emissions, such policies are of critical importance for improving global environmental quality.

1. Giriş

19. yüzyılda gerçekleşen sanayi devriminden itibaren dünya genelinde fosil enerji kaynaklarının giderek artan şekilde kullanımı, sera gazı emisyonlarının da temel tetikleyicisi durumunda bulunmaktadır (Yurtkuran, 2025). Sera gazı

salınımlarının yaklaşık %80'ini temsil eden CO₂ emisyonları, başta küresel ısınma olmak üzere iklim değişikliği ve biyolojik çeşitliliğin kaybolması gibi pek çok çevresel sorun ile birlikte sosyo-ekonomik gelişme ve insan sağlığı üzerinde etkili olmaktadır (Yang vd., 2021; Chen vd., 2024). Nitekim çevre konusunda küresel düzeyde

* Sorumlu yazar/Corresponding author.

e-posta: sbakkal@nku.edu.tr

Atıf/Cite as: Bakkal, S. (2025). E7 Ekonomilerinde Yenilenebilir Enerji-Çevre Kalitesi İlişkisi: Bir Panel Veri Analizi. *Journal of Emerging Economies and Policy*, 10(2), 506-517.

This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors.

gerçekleştirilen organizasyonlar dikkate alındığında; 1972 Stockholm Konferansı, 1979 Dünya İklim Konferansı, 1992 Rio de Janeiro Zirvesi, 1997 Paris İklim Zirvesi ve 2021 Doha İklim Buluşması, birçok çevresel probleme dikkat çekerek çevresel bozulmanın önlenmesi için CO₂ emisyonlarının düşürülmesi gereğini ve çözüm olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının zamanla fosil yakıtlar yerine ikame edilmesi zorunluluğunu vurgulamaktadır.

Gerçekleştirilen uluslararası zirve ve konferanslara rağmen CO₂ emisyonlarının düşürülmesi konusunda ciddi endişeler varlığını sürdürmektedir (Santos vd., 2022; Shivanna vd., 2022; IEA, 2025). Küresel ekonomik büyüme tahminlerine göre, dünya ekonomisinin büyüklüğünün 2042 yılına kadar neredeyse iki katına çıkması ve 2016-2050 yılları arasında yıllık ortalama %2,6 oranında büyüme göstermesi beklenmektedir (Global Security Review, 2025). Bu nedenle, CO₂ emisyonlarında bir azalma öngörülmemektedir. Ayrıca ekonomik büyüme, sağlık, eğitim ve sabit sermaye yatırımları gibi parametreleri etkileyerek ülke refahını artırmaktadır. Ancak hızlı büyüme, artan endüstrileşme ve fosil yakıtlara dayalı aşırı enerji kullanımıyla birlikte doğal ekosistem üzerinde yoğun baskılar yaratmaktadır. Dolayısıyla artan CO₂ emisyonları ve sera gazı salınımları, çevresel tahribatı beraberinde getirmektedir (Adeleye vd., 2025).

Bu çalışma, E7 (Çin, Hindistan, Rusya, Endonezya, Brezilya, Meksika ve Türkiye) ekonomilerinde çevre kalitesinin bir ölçütü olan CO₂ emisyonlarının belirleyicileri üzerinde durmaktadır. E7 ülkelerinin araştırılmasının çeşitli nedenleri bulunmaktadır. İlk olarak, söz konusu ülkelerin toplam karbon emisyonları değerlendirilmektedir. OWID (2025)'ten temin edilen verilerle oluşturulan Grafik 1, 2015-2023 döneminde E7 ülkelerine ilişkin karbon emisyonlarını göstermektedir. İlgili grafik, bu ekonomilerin toplam karbon emisyonlarının dönem boyunca artış eğilimi sergilediğini ortaya koymaktadır. Buna göre E7 ülkeleri arasında karbon emisyon düzeyi en yüksek olan ülke Çin'dir. 2015 yılında yaklaşık 9,86 milyar ton olan Çin'in emisyonları, yıllar içerisinde istikrarlı bir artış göstererek 2023'te 11,90 milyar tona ulaşmaktadır. Hindistan'da da benzer şekilde emisyonlar dikkate değer bir artış eğilimi sergilemektedir. Başlangıçta 2,23 milyar ton olan değer, dönem sonunda 3,06 milyar tona yükselmektedir. Rusya'nın emisyonlarında ise daha sınırlı bir artış gözlemlenmektedir. 2015'te 1,64 milyar ton olan emisyon miktarı, 2023 yılında yaklaşık 1,82 milyar tona çıkmaktadır. Endonezya, 2015 yılında 539 milyon ton olan emisyonlarını 2023 itibarıyla 733 milyon tona taşıyarak anlamlı bir yükseliş ortaya koymaktadır. Brezilya'da ise 2015'te 529 milyon ton olarak kaydedilen emisyon miktarı, zamanla azalarak 2023 yılında 486 milyon tona gerilemektedir. Meksika'nın emisyonları büyük ölçüde yatay bir seyir izlemektedir. Dönem başında 479 milyon ton olan miktar, dönem sonunda 482 milyon tona ulaşmaktadır. Türkiye, 2015'te 384 milyon ton olan emisyon miktarını 2021 yılında 452 milyon tonla zirveye taşımakta, ardından pandeminin de etkisiyle bu değer 2023'te 432 milyon ton düzeyine gerilemektedir.

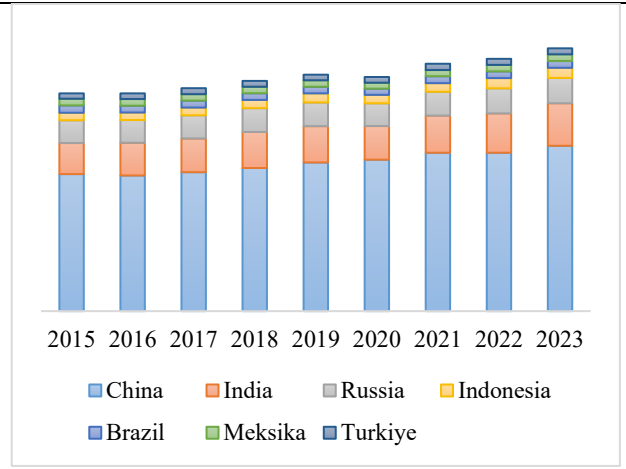
E7 ülkeleri, söz konusu CO₂ emisyon değerleri bakımından dünya genelinde yaklaşık %47'lik bir paya sahip bulunmaktadır. Bununla birlikte, UNIDO (2023) sınıflandırmasına göre orta gelirli sanayileşmiş ve sanayileşmekte olan ülkeler arasında yer alan E7 ülkeleri, bu ülke grubunun toplam emisyonlarının %79'unu temsil etmektedir. Dahası, bu gelişen ülke grubu içerisinde en fazla karbon emisyonuna yol açan ilk 10 ülke arasında E7 ülkeleri, İran, Güney Afrika ve Kazakistan ile birlikte yer almakta; böylece küresel iklim hedeflerinin gerçekleştirilmesinde bu ülkelerin oynadığı rol daha da belirginleşmektedir. Bu çerçevede E7 ülkelerinin çevresel etkileri ve iklim politikalarındaki konumları, küresel sürdürülebilirlik tartışmaları açısından merkezi bir önem taşımaktadır.

İkinci olarak, gelecek 30–40 yıllık projeksiyonlar küresel ekonomik büyümede E7 ülkelerinin belirleyici bir rol üstlenmeye devam ettiğini göstermektedir. Bu tahminler aynı zamanda bu ekonomilerin ortalama %3,8 oranında büyüme göstermesini öngörmektedir (PWC Report, 2015). Ekonomik büyüme ile birlikte bu ülkelerde çevresel kirliliğin de artış eğilimi sergileyeceği unutulmamalıdır.

Üçüncü olarak, E7 ülkeleri diğer ülke gruplarına göre daha hızlı sanayileşme eğilimi göstermektedir. Bu durum, üretim sürecini hızlandırmakta ve enerji tüketimini artırmaktadır. Bu ekonomilerin bir diğer özelliği ise yenilenebilir enerji sektörüne yönelik yatırımlara yoğunluk vermeleri, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması ve çevresel kirliliğin önlenmesi için bu yatırımlara ağırlık vermeleridir. Söz konusu yatırımlar, son dönemde Çin ve Hindistan'da sırasıyla %38 ve %42 oranında artış göstermektedir (Liang vd., 2024). Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji etkinliği, verimliliği ve tasarrufu bağlamında sağladığı çevresel faydalar dikkate alındığında, bu sektöre yönelik söz konusu ülkelerin attığı adımların ne kadar yerinde olduğu tartışılmaz bir gerçek olarak ortaya çıkmaktadır. Ampirik kanıtlar, yenilenebilir enerji kaynakları ile çevresel iyileşmeler arasındaki pozitif etkileşimi açık biçimde göstermektedir (Sharif vd., 2024; Ruan vd., 2025; Wu ve Amping, 2025).

Son olarak, E7 ekonomilerinin incelenen dönemde ortalama küreselleşme indeks değerleri dikkate alındığında bu göstergenin 2015-2021 döneminde artış trendi sergilediği görülmektedir. Tüm ülkelerde benzer bir eğilim kendisini göstermektedir. 2004-2021 dönemi ortalamalarına göre Brezilya (60,40), Çin (55,80) ve Rusya (51,20) ilk üç sırayı oluşturmaktadır (KOF-SEI, 2025). Adebayo (2022), 1990-2018 döneminde ortalama finansal küreselleşme indeksinin önemli bir artış sergilediğini ve söz konusu dönemde dünya genelindeki doğrudan yabancı sermaye girişlerinin büyük bir kısmından bu ülkelerin sorumlu olduğunu belirtmektedir. Ampirik literatürde yer alan bazı çalışmalar (Moustafa ve Elroukh, 2025; Girlovan vd., 2025) küreselleşmenin çevresel bozulma ile mücadelede önemli bir araç olduğunu ortaya koymaktadır.

Şekil 1: 2015-2023 Döneminde E7 Ekonomilerinde CO2 Emisyonları (Ton)



Bu çalışma yenilenebilir enerji kullanımı-CO2 emisyonları ilişkisine odaklansa da ekonomik büyüme, küreselleşme ve endüstrileşmenin CO2 emisyonları üzerindeki etkisini de panel veri yaklaşımları yardımıyla E7 ekonomilerinde 1990-2022 döneminde analiz etmektedir. Bu çalışma, pek çok açıdan literatüre katkı sunmayı ve literatürdeki boşluğu doldurmayı hedeflemektedir: Birincisi; E7 ekonomileri özelinde yenilenebilir enerji kullanımı, ekonomik büyüme, küreselleşme ve endüstrileşmeyi birlikte çevre kalitesi (CO2 emisyonları) modelinde kullanarak bu değişkenlerin etkisini analiz etmektedir. İkincisi; Abdi (2023), Abdi vd. (2025) ve Xu ve Lieuea (2025) gibi çevre kalitesi üzerinde araştırma yapan birçok çalışmada olduğu gibi, çevre kalitesi ölçütü olarak CO2 emisyonlarını modellemesidir. CO2 emisyonları, ekonomik faaliyetlerin neden olduğu karbon yoğunluğunu belirleyebilmek için kullanılan en önemli ölçütlerden biridir. Ayrıca, bir ülkenin enerjiyi üretimine göre ne derece etkin ve verimli kullandığına dair önemli bir ipucu verir (Wu ve Ampong, 2025). CO2 emisyonlarındaki azalış çevresel koşullarda bir iyileşmeyi beraberinde getirdiğinden günümüzde çevre kalitesinin en hayati göstergelerinden biri olarak da görülmektedir (Lu vd., 2024).

Üçüncüsü; çalışma panel veri analizlerinde ikinci nesil yaklaşımlar arasında kabul edilen Westerlund eşbütünleşme testi, CCE-MG tahmincisi ve Dumitrescu-Hurlin nedensellik testine yer vermektedir. Westerlund eşbütünleşme testi yatay-kesit bağımlılığı ve bootstrap özelliği nedeniyle etkin sonuçlar üretebilmekte, CCE-MG tahmincisi de hem dinamik yapısı hem de yatay-kesit bağımlılığı ve eğim heterojenliği durumlarında daha sağlıklı sonuçlar vermesi bağlamında ön plana çıkmaktadırlar. Dördüncüsü; tahmin sonuçlarından yenilenebilir enerji kullanımı ve küreselleşmenin çevre kalitesini iyileştirdiği, ekonomik büyüme ve endüstrileşmesinin ise çevre kalitesini kötüleştirdiği bulguları E7 ekonomilerinde politika yapıcılarına çevresel problemlere çözüm üretecek ve çevre kalitesini güçlendirecek etkin politika ip uçları verebilecektir.

Giriş bölümünün ardından çalışma beş ana kısımda yapılandırılmaktadır. İkinci bölümde, yenilenebilir enerji, ekonomik büyüme, küreselleşme ve endüstrileşme ile çevre kalitesi arasındaki ilişkiyi ele alan ampirik literatür ayrıntılı biçimde değerlendirilmektedir. Üçüncü bölümde, araştırmada kullanılan model, veri seti ve ekonometrik yöntemler açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde, elde edilen ampirik bulgular sunulmakta ve bu bulgular literatürle karşılaştırılarak tartışılmaktadır. Son bölümde ise araştırmadan elde edilen sonuçlar özetlenmekte ve politika önerileri geliştirilmektedir.

2. Ampirik Literatür

Yenilenebilir enerji kullanımı, ekonomik büyüme, küreselleşme ve endüstrileşmenin çevre kalitesi üzerindeki etkileri, son yıllarda çevresel iktisat literatüründe yoğun biçimde tartışılan konular arasında yer almaktadır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar, karbon emisyonlarını azaltma, sürdürülebilir kalkınmayı sağlama ve çevresel bozulmayı önleme açısından politika yapıcılar için önemli çıkarımlar sunmaktadır.

Literatürde genel kanı, yenilenebilir enerji kullanımının çevresel bozulmayı azaltarak çevre kalitesini iyileştirdiği yönündedir. Sadorsky (2009) ve Apergis & Payne (2010), yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonları üzerindeki azaltıcı etkisini farklı ülke gruplarında ampirik olarak kanıtlamaktadır. Menegaki (2011), 27 Avrupa ülkesi için yaptığı panel veri analizinde yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel sürdürülebilirliği desteklediğini tespit etmektedir. Benzer biçimde, Shahbaz vd. (2015) Çin ekonomisi için uzun vadede yenilenebilir enerji kullanımının CO2 emisyonlarını önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Bölgesel çalışmalar da benzer sonuçlar sunmaktadır. Örneğin, Alola vd. (2019) Sahra Altı Afrika ülkelerinde yenilenebilir enerji kullanımının çevresel performansı iyileştirdiğini belirtmektedir. Sharif vd. (2024) ise en yüksek çevresel etkiye sahip ülkelerde yenilenebilir enerji, küreselleşme ve yeşil yenilik arasındaki ilişkiyi inceleyerek panel MMQR tahminleri aracılığıyla yenilenebilir enerjinin tüm yüzdelik dilimlerde çevre kalitesini teşvik ettiğini kanıtlamaktadır. Türkiye üzerine yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmaktadır. Kandir ve Yücel (2022), yenilenebilir enerji üretimindeki artışın uzun vadede karbon salınımını azalttığını; Çetin ve Erdoğan (2023) ise yenilenebilir enerji yatırımlarının hava kalitesi göstergelerini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Bu bulgular, yenilenebilir enerjinin çevresel iyileştirici rolünü güçlü biçimde ortaya koymakta; bu çalışmada E7 ülkeleri özelinde elde edilen sonuçlarla da örtüşmektedir.

Ekonomik büyüme ile çevre kalitesi arasındaki ilişki, çevresel iktisat literatürünün temel tartışma alanlarından biridir. Bu bağlamda, Grossman ve Krueger (1995) tarafından geliştirilen Çevresel Kuznets Eğrisi (Environmental Kuznets Curve – EKC) hipotezi, ekonomik büyümenin erken aşamalarda çevreyi olumsuz etkilediğini,

ancak belirli bir gelir düzeyinden sonra çevresel iyileşmenin başladığını ileri sürmektedir. Stern (2004) ve Dinda (2004), farklı ülke grupları için yaptıkları çalışmalarda EKC hipotezinin kısmen geçerli olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, Omri ve Nguyen (2014) çevre dostu teknolojilerin ekonomik büyümeyle birlikte arttığında çevresel fayda sağladığını belirtmektedir. Shahbaz vd. (2013) Pakistan ekonomisinde ekonomik büyümenin CO₂ emisyonlarını artırdığını bulmuş; Destek ve Sarkodie (2019) ise Türkiye örneğinde kısa vadede çevresel bozulmanın artmasına, uzun vadede ise azalmasına dikkat çekmiştir. Türkiye için yapılan çalışmalardan Karagöl & Turhan (2020) ve Gül & Akbıyık (2021), ekonomik büyüme ve sanayileşmenin CO₂ emisyonlarını artırdığını, yenilenebilir enerji yatırımlarının ise bu olumsuz etkiyi hafiflettiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda mevcut çalışma, ekonomik büyüme ve çevre ilişkisini E7 ülkeleri düzeyinde test ederek literatüre ülke grubu bazında yeni bir katkı sunmaktadır.

Küreselleşme ve çevre ilişkisine odaklanan literatür, dışa açıklığın ve uluslararası entegrasyonun çevresel kalite üzerindeki etkilerini farklı mekanizmalar aracılığıyla açıklamaktadır. Antweiler vd. (2001) ve Cole (2004), küreselleşmenin teknoloji transferini ve çevre dostu üretim yöntemlerini teşvik ederek emisyonları azaltabileceğini öne sürmektedir. Frankel & Rose (2005) küreselleşmenin bilgi akışı yoluyla çevresel farkındalığı artırarak çevre dostu politikaları desteklediğini ifade etmektedir. Dean vd. (2009) da dışa açıklığın gelişmiş ülkelere temiz teknoloji transferini kolaylaştırdığını belirtmektedir. AB ülkelerini inceleyen Girlovan vd. (2025), küreselleşmenin sera gazı salınımlarını azaltarak çevre kalitesini desteklediğini; Zhang vd. (2025) doğal kaynak açısından zengin ülkelerde küreselleşmenin çevresel kaliteyi artırdığını; Hundie vd. (2025) ise ekonomik küreselleşmenin ekolojik ayak izini düşürdüğünü ortaya koymaktadır. Türkiye özelinde Aydın (2022) ve Yurtkuran (2023), finansal ve ticari küreselleşmenin CO₂ emisyonlarını azaltıcı yönde etkili olduğunu bulmuştur. Bu bulgular, mevcut çalışmada E7 ülkeleri için elde edilen küreselleşme-çevre ilişkisi sonuçlarıyla uyumludur ve bu ilişkinin ülke grupları arasında da geçerli olabileceğini göstermektedir.

Endüstrileşme-çevre ilişkisine yönelik çalışmalar, sanayi faaliyetlerinin yüksek enerji yoğunluğu nedeniyle çevresel bozulmayı hızlandırdığını göstermektedir. Patel & Mehta (2023), Hindistan ekonomisinde endüstrileşmenin CO₂ emisyonlarını artırarak çevreyi olumsuz etkilediğini NARDL yöntemiyle tespit etmektedir. Kakar vd. (2024) Asya ekonomilerinde endüstrileşme ve elektrik tüketiminin CO₂ emisyonları ile pozitif yönlü ilişki içinde olduğunu belirlemektedir. Asif vd. (2024), Güney Asya ekonomilerinde hem kısa hem uzun dönemde endüstrileşmenin çevresel sürdürülebilirliği bozduğunu ortaya koymaktadır. Xiu (2025), Çin ekonomisinde dijitalleşme ile çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi incelerken, endüstrileşmenin çevre üzerindeki olumsuz etkisini doğrulamaktadır. Voumik & Ridwan (2023) Arjantin için yaptıkları çalışmada endüstrileşmenin CO₂

emisyonlarını artırdığını ve çevresel kirliliğin başlıca nedeni olduğunu belirtmektedir. Türkiye literatüründe de benzer bulgular yer almaktadır. Küçükkaya & Yılmaz (2021), sanayi üretim endeksindeki artışın karbon yoğunluğunu yükselttiğini; Demirbaş (2022) ise sanayi yatırımlarının çevresel bozulma üzerinde kalıcı baskı oluşturduğunu göstermektedir. Bu çalışmanın E7 ekonomileri üzerine odaklanması, endüstrileşmenin çevresel etkilerini geliştirmekte olan büyük ekonomiler düzeyinde karşılaştırmalı biçimde inceleyerek literatürdeki boşluğu doldurmaktadır.

Sonuç olarak, mevcut ampirik literatür, yenilenebilir enerji kullanımının çevre kalitesini iyileştirici; ekonomik büyüme ve endüstrileşmenin ise çevreyi bozucu etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Küreselleşme ise teknoloji transferi ve çevresel farkındalık mekanizmaları yoluyla CO₂ emisyonlarını azaltıcı bir rol üstlenebilmektedir. Bu çalışmanın literatüre katkısı, E7 ekonomileri özelinde söz konusu dört temel değişkenin (yenilenebilir enerji, ekonomik büyüme, küreselleşme ve endüstrileşme) eş zamanlı etkilerini ikinci nesil panel veri testleriyle analiz etmesi ve böylece hem yöntemsel hem bölgesel açıdan literatürdeki eksikliği gidermesidir.

3. Model, Veri ve Metodoloji

3.1. Model ve Veri

Yukarıda ifade edilen teorik ve ampirik çerçeve bağlamında çalışmamız E7 ekonomilerinde yenilenebilir enerji kullanımı (REN), ekonomik büyüme (GDP), küreselleşme (GLOB) ve endüstrileşmenin (IND) çevre kalitesine (CO₂) olan etkisini analiz etmeye çalışmaktadır. Değişkenler arasındaki ilişkilerin analizinde Abdi (2023) ve Abdi vd. (2025) gibi önceki bazı ampirik çalışmalardan da esinlenerek eşitlik (1)'deki gibi bir ekonometrik fonksiyondan istifade edilmektedir:

$$CO_2 = f(REN, GDP, GLOB, IND) \quad (1)$$

Analizlerde elastikiyet anlamında yorumlar yapabilmek ve heteroskedastisiti'yi engelleyebilmek için değişkenlerin logaritmik halleri kullanılmaktadır. Böylece; yukarıdaki denklemin logaritmik son hali eşitlik (2)'deki gibidir:

$$\ln CO_{2it} = \alpha + \gamma_1 \ln REN_{it} + \gamma_2 \ln GDP_{it} + \gamma_3 \ln GLOB_{it} + \gamma_4 \ln IND_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

CO₂ emisyonları modelin bağımlı değişkenini nitelerken yenilenebilir enerji kullanımı, ekonomik büyüme, küreselleşme ve endüstrileşme ise açıklayıcı değişkenleri ifade etmektedir. Modelde i , t , ε_{it} ve α sırasıyla yatay-kesitleri (Brezilya, Çin, Endonezya, Hindistan, Meksika, Rusya ve Türkiye), zaman dilimini (1990-2022), hata terimlerini ve sabit terimi simgeler. $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ ve γ_4 modelin elastikiyet katsayılarını gösterir. Yani; ilgili katsayılar CO₂ emisyonlarının yenilenebilir enerji kullanımı, ekonomik büyüme, küreselleşme ve endüstrileşme esnekliğini ölçer. Modelin teorik çerçevesi dikkate alındığında; γ_1 ve γ_3 'nin negatif bir değer alması, γ_2 ve γ_4 'ün ise pozitif bir değer

alması beklenmektedir. Söz konusu zaman diliminin analiz dönemi olarak belirlenmesinde E7 ülkelerine ilişkin verilerin bulunabilirliği ve elde edilebilirliği ön plana çıkar. Bu nedenle çalışma dengeli bir panel veri analizini içerir. Analizlerin yapılmasında STATA 17.0 ve EVIEWS 12

ekonometri programlarından istifade edilir. Değişkenlerin ayrıntılı bilgileri, yani sembolleri, ölçütleri, kaynakları ve değişkenlerin katsayılarının beklenen değerleri ile ilgili açıklamaları, Tablo 1’de belirtilmektedir.

Tablo 1: Verilerin Tanımlanması

Değişkenler	Sembol	Ölçüt	Kaynak	Beklenen değer
CO ₂ emisyonları	CO ₂	Toplam CO ₂ emisyonları (milyon ton)	OWID	-
Yenilenebilir enerji kullanımı	REN	Yenilenebilir enerji tüketimi (toplam nihai enerji tüketiminin %’si)	OWID	(-)
Ekonomik büyüme	GDP	GSYİH (sabit 2015 \$ fiyatlarıyla)	WDI	(+)
Küreselleşme	GLOB	Genel küreselleşme indeksi	KOF SEI	(-)
Endüstrileşme	IND	Endüstriyel katma değer (GSYİH’nın %’si)	WDI	(+)

3.2. Metodoloji

Bu çalışma ilk olarak eğitim heterojenliği ve yatay-kesit bağımlılığı analizi üzerinde durur. Yatay-kesit bağımlılığının araştırılmasında Breusch ve Pagan (1980)’in LM testi, Pesaran (2004)’ın CD ve scaled LM testleri uygulanmaktadır. Çalışmada eğitim heterojenliğinin olup olmadığı Pesaran ve Yamagata (2008) ve Blomquist ve Westerlund (2013) tarafından ortaya atılan delta testleri yardımıyla incelenmektedir. Gerek yatay-kesit bağımlılığı gerekse eğitim heterojenliğinin analizlerde ihmal edilmesi tutarsız ve etkin olmayan tahminlere neden olabilmektedir (Abdi vd., 2025).

Panel veri çalışmalarında yatay-kesit bağımlılığının varlığında genelde ikinci nesil birim kök yaklaşımları tavsiye edilmektedir. Bu nedenle çalışmada Pesaran (2007)’in sunduğu Cross-Sectional Augmented Dickey-Fuller (CADF) testi ile değişkenlerin durağanlık özellikleri araştırılmaktadır.

Değişkenlerin birim kök analizinden sonra onlar arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin test edilmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla biz Pedroni (2004) ve Westerlund (2005, 2007) eşbütünleşme yaklaşımlarını uygulamaktayız. Yatay-kesit bağımlılığının varlığında tercih edilen ikinci nesil yaklaşımlar arasında yer alan Westerlund’un (2007) eşbütünleşme analizinde eşitlik (3-6) ifade edilen dört test istatistiği uygulanmaktadır:

$$G_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{T\alpha'_i}{SE(\alpha'_i)} \quad (3)$$

$$G_a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\alpha'_i}{\alpha'_i(1)} \quad (4)$$

$$P_t = \frac{SE(\alpha')}{SE(\alpha')} \quad (5)$$

$$P_a = T\alpha' \quad (6)$$

Bazı panel araştırmalarında sahip olduğu özelliklerinden ötürü Pesaran’ın (2006) Common Correlated Effects Mean Group (CCE-MG) yaklaşımı uzun dönem katsayılarının test edilmesinde tercih edilmektedir (Asteriou vd., 2021; Güney ve İnce, 2023). Pesaran (2006) panel ARDL yaklaşımına

ortak ilişkili etkiyi dahil ederek Common Correlated Effect Pooled Mean Group (CCE-PMG) ve Common Correlated Effect Mean Group (CCE-MG) tahmincilerini literatüre kazandırır. Birinci tahminci yatay-kesit bağımlılığı ve eğitim homojenliğini dikkate alırken ikinci tahminci ise yatay-kesit bağımlılığı ve eğitim heterojenliğini ön plana çıkarır (Asteriou vd., 2021). CCE-MG yaklaşımının diğer önemli özellikleri arasında hem kısa hem de uzun dönem dinamiklerini tahmin etmesi ve kısa dönem örneklemelerinde daha etkin sonuçlar vermesidir (Chudik ve Pesaran, 2015). Diğer taraftan; Monte Carlo simülasyonları CCE-MG tahmin tekniğinin asimptotik olarak normal dağılımlı olduğunu ve durağan olmayan faktörlere sahip modellerde yaygın şekilde uygulanabileceğini ortaya koymaktadır (Cao ve Zhou, 2022). Bu yaklaşım eşitlik (7)’deki gibi modellenebilir:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i x_{it} + \gamma_i \bar{y}_{it} + \delta_i \bar{x}_{it} + c_i f_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

Bu denklemde y_{it} ve x_{it} değişkenleri, β_i ülkeye özel eğitim katsayısını, α_i sabit terimi, ε_{it} ise hata terimlerini ifade eder.

Uzun dönem tahminlerinin yanı sıra değişkenlerin nedensellik ilişkisi Dumitrescu-Hurlin (2012) panel nedensellik yaklaşımı uygulanarak tahmin edilmektedir. Bu yaklaşım eğitim heterojenliği, yatay-kesit bağımlılığı ve küçük örneklemin varlığında etkin sonuçlar verebilmektedir (Abdi vd., 2025). Bu nedensellik tekniği nedenselliğin araştırılmasında eşitlik (8-9)’deki test istatistiklerini uygular:

$$\bar{W} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N W_i \quad (8)$$

$$\bar{Z} = \sqrt{\frac{N}{2K}} (\bar{W} - K) \quad (9)$$

4. Bulgular ve Tartışma

7 ülkeye ilişkin 231 gözlemin yer aldığı bu çalışmada, Tablo 2 tanımlayıcı istatistikler ve korelasyon matrisi hakkında bilgiler sunar. lnGDP en yüksek ortalama değerlere sahipken lnRN ise en düşük değerlere sahiptir. lnGLOB ve

lnIND en düşük standart sapma değerlerine sahip olduklarından diğer değişkenlere göre daha istikrarlı bir trend sergilemektedir. lnIND ve lnGLOB hariç tüm seriler sağa çarpık bir görünüm sergiler. lnREN lnCO₂ ile negatif korelasyonlu iken lnGDP ve lnIND ise lnCO₂ ile pozitif korelasyonludur. Diğer taraftan teorik açıklamaların aksine lnGLOB lnCO₂ ile pozitif bir korelasyona sahiptir

Tablo 2: Özet İstatistikler ve Korelasyon Matrisi

İstatistikler	lnCO ₂	lnREN	lnGDP	lnGLOB	lnIND
Ortalama	2.900	0.956	12.058	1.768	1.507
Medyan	2.697	0.843	12.027	1.787	1.501
Std. hata	0.477	0.325	0.358	0.069	0.103
Min.	2.180	0.393	11.431	1.505	1.259
Max.	4.058	1.688	13.212	1.862	1.681
Çarpıklık	0.767	1.058	1.119	-1.323	-0.062
Basıklık	2.681	3.165	4.732	4.879	2.241
Gözlem sayısı	231	231	231	231	231
Ülkeler	7	7	7	7	7
Korelasyon matrisi	lnCO ₂	lnREN	lnGDP	lnGLOB	lnIND
lnCO ₂	1				
lnREN	-0.226	1			
lnGDP	0.827	0.182	1		
lnGLOB	0.066	0.056	0.253	1	
lnIND	0.363	-0.675	0.129	-0.112	1

Panel veri çalışmalarında ilk adım hiç kuşkusuz yatay-kesit bağımlılığı analizidir. Breusch ve Pagan (1980)'ın LM testi, Pesaran (2004)'ın CD ve scaled LM testlerinden elde edilen çıktılar yatay-kesit bağımlılığının olmadığı sıfır hipotezinin reddedilebileceğini yani yatay-kesit bağımlılığının varlığını kanıtlamaktadır (Tablo 3). İkinci ön test niteliğinde olan Pesaran-Yamagato (2008) ve Blomquist-Westerlund (2013) eğim heterojenliği test sonuçları ise eğim katsayılarının homojen olduğu sıfır hipotezinin reddedilebileceğini gösterdiğinden eğim heterojenliğini destekleyen kanıtlar sunmaktadır (Tablo 3). Bu durum heterojen bir panel yapısı ile karşı karşıya olduğumuzu gösterir.

Tablo 3: Yatay Kesit Bağımlılığı ve Eğim Heterojenliği Analizi

Panel A: Yatay kesit bağımlılığı			
Değişkenler	Breusch-Pagan LM	Pesaran scaled LM	Pesaran CD
lnCO ₂	460.584***	67.829***	15.497***
lnREN	160.097***	21.463***	10.585***
lnGDP	599.469***	89.259***	24.392***
lnGLOB	633.236***	94.470***	25.154***
lnIND	162.719***	21.867***	3.000***
Panel B: Eğim heterojenliği			
İstatistikler	Pesaran-Yamagata	Blomquist-Westerlund	
$\tilde{\Delta}$	15.498***	2.054***	
$\tilde{\Delta}_{adjusted}$	17.134***	2.329***	

Not: *** %1 düzeyinde anlamlılığı ifade eder.

Yatay-kesit bağımlılığının varlığının ispatlanması ikinci nesil birim kök testlerinin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu amaçla her bir değişken için Pesaran (2007)'ın CADF testi gerçekleştirilerek elde edilen çıktılar Tablo 4'e yansıtılır. Bulgular tüm değişkenlerin birinci farkında durağan olduğunu kanıtladığından bu sonuç değişkenlerin zaman içerisinde birlikte hareket edebilecekleri yönünde bir ip ucu vermektedir. Bu nedenle bir sonraki aşamada eşbütünleşme analizine yer verilir.

Tablo 4: CADF Test Sonuçları

	Sabitli		Sabitli-trendli	
	Düzey	Birinci fark	Düzey	Birinci fark
lnCO ₂	-1.915	-2.413**	-2.749	-2.879*
lnREN	-2.174	-4.459***	-2.731	-3.677***
lnGDP	-2.191	-2.775***	-2.639	-2.942**
lnGLOB	-1.815	-4.305***	-2.367	-3.183***
lnIND	-2.159	-3.520***	-2.033	-4.092***

Not: ***, ** ve * %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade eder.

Tablo 5'teki çıktılar Pedroni (2004) ve Westerlund (2005, 2007) eşbütünleşme yaklaşımlarının bulgularını yansıtır. Bulgular eşbütünleşmenin olmadığı sıfır hipotezinin reddedilebileceğini dolayısıyla lnREN, lnGDP, lnGLOB, lnIND ve lnCO₂ arasında bir uzun dönem ilişkisini göstermektedir. Böylece yenilenebilir enerji kullanımı, ekonomik büyüme, küreselleşme, endüstrileşme ile CO₂ emisyonları eşbütünleşiktir.

Tablo 5: Eşbütünleşme Test Sonuçları

Westerlund (2007)	Value	Z-değeri	Robust p-değeri
Gt	-2.737	-0.809	0.120
Ga	-10.552	0.830	0.110
Pt	-7.225*	-1.422	0.090
Pa	-11.346**	-0.712	0.030
Pedroni (2004)		Test istatistiği	p-değeri
Modified PP t		1.864**	0.031
PP t		0.421	0.336
Augmented DF t		0.553	0.289
Westerlund (2005)			
Variance Ratio		-1.672**	0.047

Not: ** ve * %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade eder.

Çalışmamız aynı zamanda lnREN, lnGDP, lnGLOB, ve lnIND'nin lnCO₂'yi nasıl etkilediğini de araştırmaktadır. Bu bağlamda ana tahminci olarak Pesaran (2006)'nın CCE-MG yaklaşımı uygulanmakta ve elde edilen ampirik çıktılar Tablo 6'da verilmektedir. Sonuçlar E7 ülkelerinde yenilenebilir enerji kullanımının CO₂ emisyonlarını engelleyerek çevre kalitesini iyileştirdiğini ortaya koyar. Spesifik olarak belirtmek gerekirse lnREN'deki %1'lik bir artış lnCO₂'de %0.131'lik bir azalış ile ilişkilidir. Bu bulgu Ruan et al. (2025)'in Bangladeş için DOLS, FMOLS ve CCR tahminlerinden elde ettiği bulgular ile tezatlık arz etmektedir. Ancak bu sonucumuz Wu ve Amping (2025)'in Afrika ülkeleri için iki aşamalı GMM tahminleri ile

kanıtlanmaktadır.

Ampirik çıktılar $\ln GDP$ katsayısını 0.528 olarak tahmin eder. Bu durum $\ln GDP$ %1 arttığında $\ln CO_2$ 'de %0.528'lik bir artışa neden olacağı şeklinde açıklanabilir. Uzun dönemde ekonomik büyüme E7 ülkelerinde CO_2 emisyonlarını destekleyerek çevre kalitesini bozan bir faktör olarak görülmektedir. Bu çıktı Odei vd. (2025)'nin 25 yeni gelişen ülke için "ekonomik büyüme CO_2 emisyonlarını desteklemektedir" bulgusuyla benzerlik arz etmektedir. Sikder vd. (2022) panel ARDL yaklaşımı ile gelişmekte olan ekonomiler için bu bulguya uygun kanıtlar tespit eder.

$\ln GLOB$ katsayısının -0.369 olarak tahmin edilmesi $\ln GLOB$ 'daki %1'lik bir artışın $\ln CO_2$ 'de %0.369'luk bir azalışı beraberinde getireceği anlamına gelmektedir. Bu nedenle küreselleşme E7 ülkelerinde CO_2 emisyonlarını düşürerek çevre kalitesinin iyileşmesine hizmet etmektedir. Moustafa ve Elroukh (2025)'nin çıktıları hem bulgumuzu desteklemekte hem de ayrılmaktadır. Çalışmanın ARDL tahminleri finansal ve politik küreselleşmenin CO_2 emisyonlarını azaltırken sosyal küreselleşme ise CO_2 emisyonlarını yükselttiğini doğrulamaktadır. İlaveten, Patel ve Mehta (2023) Hindistan ekonomisi için küreselleşme ile CO_2 emisyonları arasında anlamlı bir ilişki ortaya koyamaz.

Son olarak $\ln IND$ katsayısı 0.073 olarak tahmin edilir. Bu endüstrileşmedeki %1'lik bir artışın $\ln CO_2$ 'deki %0.073'lük bir artışla ilişkili olduğunu ortaya çıkarır. Böylece, endüstrileşme E7 ülkelerinde CO_2 emisyonlarını teşvik ederek çevre kalitesini kötüleştiren bir değişken olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çıktı Patel ve Mehta (2023)'nin Hindistan ekonomisi için NARDL tahminleri ile benzeşmektedir. Kakar vd. (2024) Asya ülkeleri için asimetrik panel quantile ARDL yaklaşımı bulguları da benzer kanıtlar sunmaktadır.

Çalışmada CCE-MG tahminlerini doğrulayabilmek için DOLS tahmincisinden yararlanılmaktadır. DOLS tahmin sonuçları Tablo 7'de sunulmaktadır. Bulgular CCE-MG tahminlerinde olduğu gibi yenilenebilir enerji kullanımı ve küreselleşmenin çevre kalitesini iyileştirdiğini, ekonomik büyüme ve endüstrileşmenin ise kötüleştirdiğini belirlemektedir. Böylece her iki tahmin sonuçları da birbirini doğrulamaktadır. Tablo 8, bu bulguları özetlemektedir.

Tablo 6: CCE-MG Tahminleri

Değişkenler	Katsayılar	z-istatistiği	p-değeri
$\ln REN$	-0.131**(0.062)	-2.10	0.036
$\ln GDP$	0.528**(0.067)	7.86	0.000
$\ln GLOB$	-0.369**(0.124)	-2.97	0.003
$\ln IND$	0.073*(0.043)	1.68	0.093
Constant	-1.370(3.612)	-0.38	0.704
Wald χ^2	77.92		
Prob.	0.000		
RMSE	0.010		
Gözlem sayısı	231		
Ülkeler	7		

Not: ***, ** ve * %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade eder.

Tablo 7: DOLS Tahminleri

Değişkenler	Katsayılar	t-istatistiği	p-değeri
$\ln REN$	-0.276*** (0.021)	-13.082	0.000
$\ln GDP$	0.568*** (0.069)	8.158	0.000
$\ln GLOB$	-0.468*** (0.082)	-5.697	0.000
$\ln IND$	0.142*** (0.054)	2.624	0.000
R^2	0.998		
Adj. R^2	0.997		
SE of regression	0.023		
SSR	0.078		

Not: ***, %1 düzeyinde anlamlılığı ifade eder.

Tablo 8: Özet Tahmin Sonuçları

Değişkenler	CCE-MG	DOLS
$\ln REN$	(-) ✓	(-) ✓
$\ln GDP$	(+) ✓	(+) ✓
$\ln GLOB$	(-) ✓	(-) ✓
$\ln IND$	(+) ✓	(+) ✓

Not: ✓ katsayıların anlamlılığını ifade eder.

Tahmin edilen katsayılar bağımsız değişkenlerin CO_2 emisyonları üzerindeki etkisi konusunda bir yorum yamamızı sağlasa da değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi bağlamında bir bilgi sunmaz. Ancak bu nedensellik analizi politika yapıcılarına önemli ip uçları verebilmektedir. Tablo 9 Dumitrescu-Hurlin nedensellik yaklaşımından elde edilen kanıtları ortaya koyar. $\ln REN$ ile $\ln CO_2$ arasında dolayısıyla yenilenebilir enerji kullanımı ile CO_2 emisyonları arasında iki yönlü bir nedenselliğin varlığı dikkati çekmektedir. Bu nedensellik çıktısı Ruan vd. (2025)'nin Bangladeş ekonomisi için elde ettiği yenilenebilir enerji kullanımından CO_2 emisyonlarına doğru tek yönlü nedensellik bulgusu ile örtüşmemektedir. Ancak bulgumuz Ali vd. (2025)'nin Asya ülkeleri için Dumitrescu-Hurlin nedensellik analizi bulguları ile aynı yöndedir.

Ampirik bulgular $\ln GDP$ ile $\ln CO_2$ arasında yani ekonomik büyüme ile CO_2 emisyonları arasında çift yönlü bir nedenselliği tespit eder. Bu çıktı Ali vd. (2025)'nin Asya ülkeleri için bulguları ile desteklenmektedir. Ancak Saqib vd. (2024)'nin bulgusu bulgumuzu desteklememektedir. Nedensellik analizi $\ln GLOB$ ile $\ln CO_2$ arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığına işaret eder. Bu bulgumuz Li ve Zhang (2025)'in "politik küreselleşme ile ekolojik ayak izi arasında herhangi bir nedensellik söz konusu değildir" bulgusu ile örtüşmemektedir. Abdi vd. (2025)'nin Afrika ülkeleri için "küreselleşme ile CO_2 emisyonları arasında iki yönlü bir nedensellik bulgusu" ise nedensellik çıktımızı doğrulamaktadır.

Son olarak $\ln IND$ ile $\ln CO_2$ arasında yani endüstrileşme ile CO_2 emisyonları arasında iki yönlü bir nedensellik gözlemlenmektedir. Bu bulguyu destekleyen çıktılar Sikder vd. (2022)'nin gelişmekte olan ülkeler için gerçekleştirdiği panel çalışması tarafından sunulmaktadır. Aksine, bu çıktımız Bambi ve Pea-Assounga (2024)'nin 15 ülke için elde ettiği bulgu ile örtüşmemektedir.

Tablo 9: Dumitrescu-Hurlin Nedensellik Analizi

Hipotezler	W- istatistiği	Zbar- istatistiği	p- değeri	Nedensellik
lnREN $\nRightarrow$ lnCO ₂	2.042	1.950*	0.051	lnREN $\leftrightarrow$ lnCO ₂
lnCO ₂ $\nRightarrow$ lnREN	2.049	1.963**	0.049	
lnGDP $\nRightarrow$ lnCO ₂	3.215	4.144***	0.000	lnGDP $\leftrightarrow$ lnCO ₂
lnCO ₂ $\nRightarrow$ lnGDP	5.740	8.868***	0.000	
lnGLOB $\nRightarrow$ lnCO ₂	3.170	4.060***	0.000	lnGLOB $\rightarrow$ lnCO ₂
lnCO ₂ $\nRightarrow$ lnGLOB	2.910	3.574***	0.000	
lnIND $\nRightarrow$ lnCO ₂	2.304	2.439**	0.014	lnIND $\leftrightarrow$ lnCO ₂
lnCO ₂ $\nRightarrow$ lnIND	3.173	4.066***	0.000	

Not: ***, ** ve * %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade eder.

5. Sonuç ve Politika Önerileri

Bu çalışma, E7 ekonomilerinde yenilenebilir enerji kullanımı, küreselleşme, ekonomik büyüme ve endüstrileşmenin çevre kalitesi üzerindeki etkisini 1990–2022 döneminde analiz etmektedir. Bu amaçla Westerlund eşbütünleşme testi, CCE-MG tahmincisi ve Dumitrescu-Hurlin nedensellik yaklaşımları gibi ikinci nesil panel veri analizleri uygulanmaktadır. Araştırma bulguları, yenilenebilir enerji kullanımı, ekonomik büyüme, küreselleşme ve endüstrileşme ile CO₂ emisyonları arasında uzun dönemli bir eşbütünleşmenin bulunduğunu göstermektedir. Yenilenebilir enerji kullanımı ve küreselleşme CO₂ emisyonlarını azaltarak çevre kalitesini iyileştirmektedir. Dolayısıyla bu sonuçlar, “yenilenebilir enerji ve küreselleşme çevre kalitesini desteklemektedir” hipotezini doğrulamaktadır.

Diğer taraftan, ekonomik büyüme ve endüstrileşmenin CO₂ emisyonlarını artırarak çevre kalitesini olumsuz etkilediği tespit edilmektedir. Bu bulgular, “ekonomik büyüme ve endüstrileşme çevre kalitesini bozmaktadır” hipotezini desteklemektedir. CCE-MG tahmin sonuçlarının DOLS tahminleri ile uyumlu olması, bulguların istikrarını güçlendirmektedir. Ayrıca, nedensellik analizinde tüm açıklayıcı değişkenler ile CO₂ emisyonları arasında çift yönlü bir nedenselliğin bulunması, söz konusu değişkenlerin çevre kalitesinin temel belirleyicileri olduğunu açıkça göstermektedir.

Elde edilen bulgular, politika yapıcılar açısından önemli çıkarımlar sunmaktadır. Ekonomik büyümenin CO₂ emisyonlarını artırarak çevre kalitesini bozması, geleneksel büyüme ve endüstrileşme politikalarının sürdürülebilir kalkınma ilkeleriyle uyumlu hale getirilmesi gereğini ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, enerji tasarrufu, enerji verimliliği ve çevreci teknolojik yenilikleri ön plana çıkaran yeşil büyüme politikalarının uygulanması önem arz etmektedir. Çevresel düzenlemelerin güçlendirilmesi ve

çevre standartlarının etkin biçimde uygulanması, doğal kaynakların aşırı kullanımını ve ekosistem üzerindeki baskıları azaltabilecektir.

Yenilenebilir enerji kullanımının çevre kalitesini iyileştirdiği bulgusu, bu sektöre yönelik finansal ve kurumsal desteklerin artırılmasının gerekliliğini göstermektedir. Bu kapsamda, yenilenebilir enerji projelerinin vergi indirimleri, uygun krediler ve devlet teşviklerinden yararlanması sağlanmalıdır. Güneş, rüzgâr, hidroelektrik ve biyoenerji gibi kaynakların enerji üretim ve depolama sistemlerine entegrasyonu, E7 ekonomilerinde karbon emisyonlarını azaltma yönünde etkili bir strateji sunmaktadır.

Küreselleşmenin CO₂ emisyonlarını azaltıcı rolü, E7 ülkelerinin uluslararası iş birliklerini ve teknoloji transferini güçlendirmeleri gerektiğine işaret etmektedir. Enerji verimliliği yüksek teknolojilere ilişkin araştırma ve geliştirme faaliyetlerine yönelik küresel fonların akışı kolaylaştırılmalıdır. Bunun yanında, sınır ötesi karbon ticareti sistemlerinin geliştirilmesi, çevresel standartların uluslararası düzeyde uyumlaştırılması ve bilgi paylaşımının artırılması çevresel sürdürülebilirliği destekleyecektir.

Son olarak, endüstrileşmenin çevre kalitesini olumsuz etkilediği bulgusu, geleneksel sanayi uygulamalarının gözden geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Yeşil endüstriyel dönüşümün desteklenmesi, daha temiz üretim teknolojilerinin yaygınlaştırılması ve çevre dostu yatırımların vergi ve finansman teşvikleriyle güçlendirilmesi çevre kalitesi açısından önemli kazanımlar sağlayacaktır.

Bu çerçevede, E7 ekonomileri yenilenebilir enerji kullanımını artırarak, küreselleşme sürecini çevresel sürdürülebilirlikle uyumlu hale getirerek ve sanayi politikalarını yeşil dönüşüm ekseninde yeniden yapılandırarak hem ekonomik büyümeyi hem de çevre kalitesini eş zamanlı olarak iyileştirebilecek potansiyele sahiptir.

Kaynakça

- Abdi, A.H. (2023). Toward a sustainable development in sub-Saharan Africa: Do economic complexity and renewable energy improve environmental quality? *Environmental Science and Pollution Research*, 30(19), 55782-55798. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26364-z>
- Abdi, A.H., Siyad, S.A., Sugow, M.O. and Omar, O.M. (2025). Approaches to ecological sustainability in sub-Saharan Africa: Evaluating the role of globalization, renewable energy, economic growth, and population density. *Research in Globalization*, 10, 100273. <https://doi.org/10.1016/j.resglo.2025.100273>
- Adebayo, T.S. (2022). Impact of financial globalization on environmental degradation in the E7 countries: Application of the hybrid nonparametric quantile causality approach. *Problemy Ekorozwoju/Problems of*

- Sustainable Development*, 2, 148-160. <https://doi.org/10.35784/pe.2022.2.16>
- Adeleye, B.N., Soylu, Ö.B., Ergül, M. and Balsalobre-Lorente, D. (2025). Reintroducing evidence of the role of energy usage dynamics on environmental management in E7 countries. *Journal of Environmental Management*, 386, 125667. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125667>
- Ali, M., Xiaoying, L., Mehmood, S. and Khan, M.A. (2025). Assessing the impact of FDI, CO2 emissions, economic growth, and income inequality on renewable energy consumption in Asia. *Energy Strategy Reviews*, 58, 101653. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2025.101653>
- Alola, A.A., Bekun, F.V. and Sarkodie, S.A. (2019). Dynamic impact of trade policy, economic growth, fertility rate, renewable and non-renewable energy consumption on ecological footprint in Europe. *Science of The Total Environment*, 685, 702-709. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.139>
- Apergis, N. and Payne, J. E. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, 38(1), 656–660. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.002>
- Asif, M., Amin, N., Shabbir, M.S. and Sobg, H. (2024). Balancing growth and sustainability: COP 28 policy implications of green energy, industrialization, foreign direct investment, and globalization in South Asia. *Journal of Environmental Management*, 369, 122290. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122290>
- Asteriou, D., Pilbeam, K. and Pratiw, C.E. (2021). Public debt and economic growth: panel data evidence for Asian countries. *Journal of Economics and Finance*, 45, 270-287. <https://doi.org/10.1007/s12197-020-09515-7>
- Aydın, C. (2022). Küreselleşme ve çevre kirliliği ilişkisi: Türkiye için ampirik bir analiz. *Sosyoekonomi*, 30(52), 155–172.
- Bambi, P.D.R. and Pea-Assounga, J.B.B. (2024). Assessing the influence of land use, agricultural, industrialization, CO2 emissions, and energy intensity on cereal production. *Journal of Environmental Management*, 370, 122612. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122612>
- Blomquist, J. and Westerlund, J. (2013). Testing slope homogeneity in large panels with serial correlation. *Economics Letters*, 121(3), 374-378. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2013.09.012>
- Breusch, T.S. and Pagan, A.R. (1980). The lagrange multiplier test and its applications to model specification tests in econometrics. *Review of Economic Studies*, 47, 239-53. <https://doi.org/10.2307/2297111>
- Cao, S. and Zhou, Q. (2022). Common correlated effects estimation for dynamic heterogeneous panels with non-stationary multi-factor error structures. *Econometrics* 10(29). <https://doi.org/10.3390/econometrics10030029>
- Çetin, M., & Erdoğan, S. (2023). Yenilenebilir enerji yatırımlarının hava kalitesi üzerindeki etkisi: Türkiye örneği. *Enerji, Ekonomi ve Politika Dergisi*, 8(2), 45–60.
- Chen, J., Feng, Y., Zhang, Z., Wang, Q. and Ma, F. (2024). Exploring the patterns of China's carbon neutrality policies. *Journal of Environmental Management*, 371, 123092. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123092>
- Chudik, A. and Pesaran, M.H. (2025). Common correlated effects estimation of heterogeneous dynamic panel data models with weakly exogenous regressors. *Journal of Econometrics*, 188(2), 393-420. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2015.03.007>
- Dean, J.M., Lovely, M.E. and Wang, H. (2009). Are foreign investors attracted to weak environmental regulations? Evaluating the evidence from China. *Journal of Development Economics*, 90(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2008.11.007>
- Demirbaş, N. (2022). Sanayi üretimi ve çevresel bozulma ilişkisi: Türkiye için zaman serisi analizi. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 14(1), 33–49.
- Destek, M.A. and Sarkodie, S.A. (2019). Investigation of environmental Kuznets curve for ecological footprint: The role of energy and financial development. *Science of The Total Environment*, 650, 2483–2489. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.017>
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve hypothesis: A survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431–455. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>
- Dumitrescu, E.I. and Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29, 1450-146. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.02.014>
- Frankel, J.A. and Rose, A.K. (2005). Is trade good or bad for the environment? Sorting out the causality. *Review of Economics and Statistics*, 87(1), 85–91. <https://www.jstor.org/stable/40042924>
- Girlovan, A., Tudor, C., Saiu, G.R. and Guse, D.D. (2025). Exploring the impact of globalization and economic-energy Dynamics on environmental sustainability in the EU. *Global Transitions*, 7, 41-55. <https://doi.org/10.1016/j.glt.2024.12.002>
- Global Security Review (2025). Economic & trade. <https://globalsecurityreview.com/will-global-economic-order-2050-look-like/>
- Grossman, G.M. and Krueger, A.B. (1995). Economic growth and the Environment. *Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- Gül, H., & Akbıyık, A. (2021). Ekonomik büyüme, enerji

- tüketimi ve karbon emisyonları arasındaki ilişki: Türkiye örneği. *Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi*, 35(2), 401–423.
- Güney, T. and İnce, D. (2023). Solar energy and CO2 emissions: CCEMG estimations for 26 countries. *Journal of the Knowledge Economy*, 15, 2383-2400. <https://doi.org/10.1007/s13132-023-01337-2>
- Hundie, S.K., Abdisa, L.T. Legas, H.A., Shumetie, A. and Alemayehu, F.K. (2025). Globalization and environmental sustainability in Ethiopia: Assessing the impact of economic factors and resource management. *Journal of Cleaner Production*, 519, 145886. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145886>
- IEA (2025). Global Energy Review-CO2 Emissions. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025/co2-emissions>
- Kakar, S.K., Ali, J., Wang, J., Wu, X., Arshed, N., Hien, T.T.L. and Yadav, R.S. (2024). Exploring the impact of industrialization and electricity use on carbon emissions: The role of green FinTech in Asian countries using an asymmetric panel quantile ARDL approach. *Journal of Environmental Management*, 370, 122970. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122970>
- Kandır, A., & Yücel, M. (2022). Yenilenebilir enerji üretiminin karbon salınımı üzerindeki etkisi: Türkiye üzerine ampirik bulgular. *Uluslararası Enerji ve Çevre Ekonomisi Dergisi*, 4(1), 11–29.
- Karagöl, E., & Turhan, E. (2020). Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin Türkiye için geçerliliği. *Ege Akademik Bakış*, 20(3), 453–467.
- KOF-SEI (2025). Swiss Economic Institute, Globalization Index, <https://kof.ethz.ch/en/>
- Küçükkaya, H., & Yılmaz, B. (2021). Sanayileşme ve çevre kirliliği ilişkisi: Türkiye ekonomisi üzerine bir analiz. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(4), 987–1006.
- Li, Q. and Zhang, S. (2025). Impact of globalization and industrialization on ecological footprint: do institutional quality and renewable energy matter? *Frontiers in Environmental Science*, 13, 1535638. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1535638>
- Liang, Y., Ur Rahman, S., Shafaqat, A., Ali, A., Ali, M.S.E., Khan, H. (2024). Assessing sustainable development in E-7 countries: technology innovation, and energy consumption drivers of green growth and environment. *Scientific Reports*, 14, 28636. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79908-9>
- Lu, R., Yang, Y., Liu, J. and Ayub, A. (2024). Exploring the impact of financial globalization, good governance and renewable energy consumption on environmental pollution: Evidence from BRICS-T countries. *Heliyon*, 10, e33398. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33398>
- Menegaki, A.N. (2011). Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence for neutrality hypothesis. *Energy Economics*, 33(2), 257–263. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.10.004>
- Moustafa, M.M.A. and Elroukh, A.W. (2025). The impact of globalization on environmental sustainability in Saudi Arabia. *Social Sciences & Humanities Open*, 12, 101714. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101714>
- Odei, S.A., Dunyo, S.K. and Anderson, J. (2025). Research and development, economic growth, CO2 emissions and environmental Kuznets curve. *Sustainable Futures*, 9, 100541. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2025.100541>
- Omri, A. and Nguyen, D.K. (2014). On the determinants of renewable energy consumption: International evidence. *Energy*, 72, 554–560. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.05.081>
- OWID (2025). Our World in Data, <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>
- Patel, N. and Mehta, D. (2023). The asymmetry effect of industrialization, financial development and globalization on CO2 emissions in India. *International Journal of Thermofluids*, 20, 100397. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2023.100397>
- 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://www.jstor.org/stable/3533533>
- Pesaran, M.H. (2004). General diagnostic test for cross section dependence in panels. Working Paper, University of Cambridge & USC.
- Pesaran, M.H. (2006). Estimation and inference in large heterogenous panels with multifactor error structure. *Econometrica*, 74, 967-1012. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0262.2006.00692.x>
- Pesaran, M.H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of crosssection dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22 (2), 265-312. <https://doi.org/10.1002/jae.951>
- Pesaran, M.H. and Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142 (1), 50-93. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.05.010>
- PWC Report (2015). The World in 2050: Will the shift in global economic power continue?
- Ruan, Y., Wang, W., Abubakar, M. and Ahmad, N. (2025). Global economic resilience: Developing green growth strategies, renewable energy integration, and environmental economics for sustainability. *Renewable*

- Energy*, 251, 123341.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.123341>
- Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption and income in emerging economies. *Energy Policy*, 37(10), 4021–4028. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.05.003>
- Santos, F.D., Ferreira, P.L. and Pedersen, J.S.T. (2022). The climate change challenge: A review of the barriers and solutions to deliver a Paris solution. *Climate*, 10(75). <https://doi.org/10.3390/cli10050075>
- Saqib, N., Abbas, S., Ozturk, I., Murshed, M., Tarczynska-Łuniewska, M., Alam, M.M. and Tarczynski, W. (2024). Leveraging environmental ICT for carbon neutrality: Analyzing the impact of financial development, renewable energy and human capital in top polluting economies. *Gondwana Research*, 126, 305-320. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.09.014>
- Shahbaz, M., Hye, Q.M.A., Tiwari, A.K. and Leitão, N.C. (2013). Economic growth, energy consumption, financial development, international trade and CO₂ emissions in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 109–121. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.04.009>
- Shahbaz, M., Loganathan, N., Zeshan, M. and Zaman, K. (2015). Does renewable energy consumption add in economic growth? An application of auto-regressive distributed lag model in Pakistan. 44, 576-585. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.017>
- Sharif, A., Bashir, U., Mehmood, S., Cheong, C.W.H. and Bashir, M.F. (2024). Exploring the impact of green technology, renewable energy and globalization towards environmental sustainability in the top ecological impacted countries. *Geoscience Frontiers*, 15, 101895. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2024.101895>
- Shivanna, K.R. (2022). Climate change and its impact on biodiversity and human welfare. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 88, 160-171. <https://doi.org/10.1007/s43538-022-00073-6>
- Sikder, M., Wanga, C., Yao, X., Huai, X., Wu, L., Yeboah, F.K., Wood, J., Zhao, Y. and Dou, X. (2022). The integrated impact of GDP growth, industrialization, energy use, and urbanization on CO₂ emissions in developing countries: Evidence from the panel ARDL approach. *Science of the Total Environment*, 837, 155795. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155795>
- Stern, D.I. (2004). The rise and fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8), 1419–1439. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>
- UNIDO (2023). UNIDO country classification: Edition 2023. <https://stat.unido.org/portal/storage/file/publications/country-classif-report-2023.pdf>
- Voumik, L.C. and Ridwan, M. (2023). Impact of FDI, industrialization, and education on the environment in Argentina: ARDL approach. *Heliyon*, 9, e12872. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12872>
- WDI (2025). World Bank-World Development Indicators. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Westerlund, J. (2005). A panel CUSUM test of the null of cointegration. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 67(2), 231-262. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2004.00118.x>
- 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>
- Wu, K. and Ampong, S.A. (2025). The synergistic impact of renewable energy and the digital economy on CO₂ emissions in Africa. *Sustainable Futures*, 10, 100921. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2025.100921>
- Xiu, G. (2025). Analyzing the impact of supply chain and digitalization in the Chinese economy: What is the role of energy consumption, government expenditure, and industrialization in environmental pollution? *Energy Economics*, 145, 108412. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2025.108412>
- Xu, X. and Lieuea, B. (2025). Contribution of modern renewables to final energy consumption, energy intensity, and environmental quality: The role of world energy balances, economic performance, and shadow economies. *Energy*, 332, 137191. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.137191>
- Yang, Z., Kagawa, S. and Jing, L. (2021). Do greenhouse gas emissions drive extreme weather conditions at the city level in China? Evidence from spatial effects analysis. *Urban Climate*, 37, 100812. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100812>
- Yurtkuran, S. (2023). Finansal küreselleşme ve çevre kalitesi arasındaki ilişki: Türkiye’den kanıtlar. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 21(2), 75–90.
- Yurtkuran, S. (2025). The impact of energy efficiency and renewable energy R&D spending on environmental quality: Evidence from Germany by cross-quantilogram approach. *Renewable Energy*, 253, 123615. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.123615>
- Zhang, Y., Radmehr, R., Ali, E.B. and Samour, A. (2025). Natural resources, financial globalization, renewable energy, and environmental quality: Novel findings from top natural resource abundant countries. *Gondwana Research*, 145, 170-182. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.12.016>

Extended Summary

Purpose

This study investigates the determinants of environmental quality in the E7 economies (Brazil, China, India, Indonesia, Mexico, Russia and Türkiye) by focusing on the link between renewable energy use, globalization, economic growth, industrialization and CO₂ emissions over the period 1990–2022. The E7 group accounts for nearly half of global CO₂ emissions and represents the bulk of emissions from upper-middle-income industrialized and industrializing countries, which makes their decarbonization path central to global climate goals. The paper asks whether expanding renewable energy and deeper globalization can offset the environmental pressures created by rapid growth and industrialization, and to what extent these drivers are causally connected to CO₂ emissions in the long run. By concentrating on a relatively homogeneous but highly emitting country group and using second-generation panel techniques, the study aims to provide robust policy-relevant evidence.

Literature Review

Empirical literature generally finds that renewable energy use mitigates environmental degradation, while fossil-fuel-based growth and industrialization tend to deteriorate environmental quality. Numerous country and panel studies document that higher renewable energy consumption lowers CO₂ emissions and supports environmental sustainability, including evidence for both advanced and developing economies. In contrast, the relationship between economic growth and the environment is often framed in the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis, which predicts that emissions first rise and then fall with income, but recent findings for emerging economies frequently show a persistent positive impact of growth on emissions. Research on globalization highlights technology transfer, diffusion of cleaner production methods and stronger environmental awareness as potential channels through which trade and financial openness can reduce emissions, although “pollution haven” effects remain a concern. For E7 countries, existing work typically examines a subset of determinants (such as growth–energy–emissions links or the role of financial globalization) and often relies on first-generation panel methods. This study contributes by jointly modelling renewable energy, growth, globalization and industrialization as determinants of CO₂ emissions in E7 economies, using measures of overall globalization and advanced panel techniques that explicitly account for cross-sectional dependence and slope heterogeneity.

Design/methodology/approach

The analysis employs a balanced panel of seven E7 economies for the period 1990–2022. Environmental quality is proxied by the logarithm of total CO₂ emissions, while the key explanatory variables are the logarithms of renewable energy use (share in total final energy consumption), real GDP, an overall globalization index and industrial value

added as a percentage of GDP. All variables are expressed in natural logs to obtain elasticities and reduce heteroskedasticity. After establishing the presence of cross-sectional dependence and slope heterogeneity, the study applies the cross-sectionally augmented Dickey–Fuller (CADF) unit root test and then the Westerlund and Pedroni panel cointegration tests to examine long-run relationships among the variables. Long-run elasticities are estimated using Pesaran’s Common Correlated Effects Mean Group (CCE-MG) estimator, which is suitable for heterogeneous panels with unobserved common factors, and are cross-checked with Dynamic Ordinary Least Squares (DOLS) estimates. Finally, Dumitrescu–Hurlin panel causality tests are employed to explore the direction of causality between CO₂ emissions and each explanatory variable.

Findings

The results confirm a cointegrating relationship between CO₂ emissions, renewable energy use, economic growth, globalization and industrialization in E7 economies. CCE-MG and DOLS estimates consistently show that renewable energy use and globalization improve environmental quality, whereas economic growth and industrialization deteriorate it. In quantitative terms, an increase in renewable energy use is associated with a statistically significant reduction in CO₂ emissions, indicating that a higher share of renewables in the energy mix has a meaningful mitigation effect. Globalization also exerts a negative and significant long-run impact on CO₂ emissions, suggesting that international integration, possibly through technology transfer, cleaner production techniques and stricter environmental norms, contributes to lower emissions. By contrast, economic growth exhibits a positive elasticity with respect to CO₂ emissions, implying that the current growth pattern in E7 economies remains carbon-intensive. Industrialization likewise increases emissions, confirming the environmental costs of production structures that rely heavily on energy- and resource-intensive manufacturing. Dumitrescu–Hurlin causality tests reveal bidirectional causality between CO₂ emissions and all explanatory variables, indicating that not only do renewable energy, globalization, growth and industrialization shape environmental outcomes, but changes in environmental quality also feed back into these variables. Overall, the findings underscore the need for E7 economies to design growth and industrialization strategies that are compatible with environmental sustainability, to scale up support for renewable energy deployment and to leverage globalization as a vehicle for low-carbon technologies and green structural transformation.