

Yenilenebilir enerji ve tarımsal finansal destekler çevresel bozulmayı azaltır mı? Seçilmiş ülkelerden kanıtlar

Can renewable energy and agricultural financial support reduce environmental degradation? Evidence from selected countries

Mehmet Ali Demir¹ 

Öz

Amaç: Bu çalışma, 2000–2024 döneminde Brezilya, Rusya, Çin, Güney Afrika ve Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimi ile tarımsal finansal desteklerin ekolojik ayak izi üzerindeki kısa ve uzun dönemli etkilerini ve Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinin geçerliliğini incelemektedir. **Yöntem:** Beş ülkeye ait 125 yıllık gözlem kullanılmış; yatay kesit bağımlılığı, eğim heterojenliği, CIPS birim kök ve Westerlund eşbütünleşme testlerinin ardından PMG-ARDL modeli tahmin edilmiştir. **Bulgular:** Tarımsal finansal destekler ekolojik ayak izini kısa dönemde artırmakta, uzun dönemde azaltmaktadır. Yenilenebilir enerji tüketiminin kısa dönem katsayısı anlamlı değilken uzun dönem katsayısı negatif ve anlamlıdır. Uzun dönemde ekonomik büyümenin katsayısı pozitif, karesinin katsayısı negatiftir; bu bulgu EKC hipotezini desteklemektedir. Doğrudan yabancı yatırımların etkisi her iki dönemde de anlamlı değildir. **Sonuç:** Bulgular, tarımsal desteklerin çevresel koşullara bağlanmasını ve yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılmasını desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Tarımsal Finansal Destek, Ekolojik Ayak İzi, Ekonomik Büyüme, Panel ARDL

JEL Kodları: Q18, Q42, Q56

Abstract

Objective: This study examines the short- and long-run effects of renewable energy consumption and agricultural financial support on the ecological footprint and tests the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis in Brazil, Russia, China, South Africa, and Türkiye during 2000–2024. **Method:** Using 125 annual observations, the analysis applies cross-sectional dependence, slope heterogeneity, CIPS unit-root, and Westerlund cointegration tests, followed by a PMG-ARDL model. **Findings:** Agricultural financial support increases the ecological footprint in the short run but reduces it in the long run. The short-run coefficient of renewable energy consumption is insignificant, whereas its long-run coefficient is negative and significant. In the long run, the coefficient of economic growth is positive and its squared term is negative, supporting the EKC hypothesis. Foreign direct investment is insignificant in both periods. **Conclusion:** The findings support linking agricultural support to environmental conditions and expanding renewable energy investment.

Keywords: Renewable Energy, Agricultural Financial Support, Ecological Footprint, Economic Growth, Panel ARDL

JEL Codes: Q18, Q42, Q56

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı, Türkiye
malidemir@karatekin.edu.tr
ORCID: 0000-0003-0992-347X

Başvuru/Submitted: 19/05/2026

Revizyon/ Revised: 4/07/2026

Kabul/Accepted: 30/07/2026

Yayın/Online Published: 25/09/2026

Atıf/Citation: Demir, M.A., Yenilenebilir enerji ve tarımsal finansal destekler çevresel bozulmayı azaltır mı? Seçilmiş ülkelerden kanıtlar, bmij (2026) 14 (3): 1607-1624, doi: <https://doi.org/10.15295/bmij.v14i3.2789>

Extended Abstract

Can renewable energy and agricultural financial support reduce environmental degradation? Evidence from selected countries

Literature

Research on environmental sustainability generally reports that renewable energy use is associated with lower ecological pressure, whereas the environmental consequences of agricultural support depend on policy design. Support tied to resource efficiency and low-carbon practices may improve environmental outcomes, while input-intensive subsidies may increase emissions and ecological pressure (Heyl et al., 2022; Laborde et al., 2021; Sethi et al., 2024).

Research subject

The study examines the short- and long-run relationships of renewable energy consumption and agricultural financial support with the ecological footprint in Brazil, Russia, China, South Africa, and Türkiye. It also tests the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis.

Research purpose and importance

The purpose is to estimate whether renewable energy consumption and agricultural financial support are associated with lower ecological pressure over time and whether the relationship between economic growth and the ecological footprint follows an inverted U-shaped pattern. The analysis is relevant because the five economies combine substantial agricultural activity, rising energy demand, and environmental pressure.

Contribution of the article to the literature

The article brings renewable energy, agricultural financial support, economic growth, foreign direct investment, and the ecological footprint into one panel model. It distinguishes short-run dynamics from long-run associations and evaluates the EKC hypothesis using ecological footprint rather than carbon emissions alone.

Design and method

The research uses a balanced annual panel for five countries over 2000–2024. Cross-sectional dependence and slope heterogeneity are assessed before unit-root and cointegration testing. Long- and short-run coefficients are then estimated with a pooled mean group autoregressive distributed lag (PMG-ARDL) model.

Research type

The study is a quantitative, longitudinal, explanatory panel-data analysis based on secondary country-level data.

Research problems

The study asks whether renewable energy consumption reduces the ecological footprint, whether agricultural financial support has a significant long-run association with the ecological footprint, and whether economic growth and its squared term support an inverted U-shaped EKC relationship.

Data collection method

Annual data were obtained from the Global Footprint Network, the Organisation for Economic Co-operation and Development, Our World in Data, and the World Bank. The balanced panel contains 125 country-year observations.

Quantitative/qualitative analysis

The analysis is quantitative. It reports descriptive statistics and a correlation matrix, evaluates multicollinearity with variance inflation factors, tests cross-sectional dependence and slope heterogeneity, applies the CIPS unit-root test and the Westerlund cointegration test, and estimates a PMG-ARDL model.

Research model

The ecological footprint is the dependent variable. Agricultural financial support, renewable energy consumption, economic growth, the square of economic growth, and foreign direct investment are the explanatory variables. Variables other than foreign direct investment are used in logarithmic form.

Research hypotheses

H1 proposes a negative relationship between renewable energy consumption and the ecological footprint. H2 proposes a significant long-run relationship between agricultural financial support and the ecological footprint. H3 proposes an inverted U-shaped relationship between economic growth and the ecological footprint.

Findings and discussion

Cross-sectional dependence and slope heterogeneity are detected. The CIPS results indicate a mixture of I(0) and I(1) variables, and the Westerlund bootstrap results provide evidence of cointegration. The negative and significant error-correction coefficient indicates adjustment toward the long-run equilibrium.

Findings as a result of analysis

Agricultural financial support has a positive short-run coefficient (0.043) and a negative long-run coefficient (−0.096). Renewable energy consumption is insignificant in the short run but negative and significant in the long run (−0.078). Foreign direct investment is insignificant in both periods.

Hypothesis test results

H1 is supported only in the long run. H2 is supported because agricultural financial support has a statistically significant long-run coefficient. H3 is supported in the long run because the economic-growth coefficient is positive and the squared term is negative; the implied turning point is approximately 10.21 on the logarithmic LGDP scale.

Discussing findings with literature

The long-run renewable-energy result is consistent with studies that associate a cleaner energy mix with a smaller ecological footprint. The sign reversal for agricultural support is compatible with literature showing that environmental outcomes vary with subsidy design. These mechanisms are interpretations; the pooled panel estimates do not identify them directly.

Conclusion recommendation limitations

The results support integrating environmental conditions into agricultural support and expanding renewable energy investment. Policy implications should be interpreted at the panel level because the model does not estimate country-specific coefficients.

Results of the article

The estimates support long-run reductions in the ecological footprint associated with agricultural financial support and renewable energy consumption, as well as an inverted U-shaped long-run relationship between economic growth and the ecological footprint. No significant foreign-direct-investment effect is detected.

Suggestions based on results

Agricultural support can be linked to measurable resource-efficiency and low-carbon criteria, while renewable-energy investment can be expanded in agricultural production. Future work may estimate country-specific models and disaggregate financial support and renewable energy by type.

Limitations of the article

The sample covers five countries and one environmental indicator. The pooled model does not establish country-specific effects or directly test the mechanisms proposed in the discussion. The aggregate data do not distinguish support instruments or renewable-energy technologies.

Giriş

Küresel ölçekte ekonomik büyümenin hızlanması, enerji talebindeki artış, tarımsal üretimin genişlemesi ve doğal kaynaklar üzerindeki baskının derinleşmesi, çevresel sürdürülebilirliği günümüz ekonomilerinin temel politika alanlarından biri hâline getirmiştir. Özellikle yükselen ekonomilerde sanayileşme, kentleşme, nüfus artışı ve üretim kapasitesindeki genişleme, ekonomik refahı artırırken çevresel bozulmayı da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle ekonomik büyümenin çevresel maliyetlerinin hangi kanallar üzerinden ortaya çıktığı ve bu maliyetlerin hangi politika araçlarıyla azaltılabileceği çevre ekonomisi literatüründe giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Geleneksel olarak çevresel bozulma çoğunlukla karbon emisyonları üzerinden analiz edilse de ekolojik ayak izi göstergesi üretim ve tüketim faaliyetlerinin biyolojik kapasite üzerindeki toplam baskısını yansıtmaması bakımından daha kapsamlı bir çevresel değerlendirme imkânı sunmaktadır (Doğan vd., 2020).

Ekonomik büyüme ile çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi açıklamada en sık başvuru alan yaklaşımlardan biri Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezidir. EKC hipotezine göre ekonomik büyümenin ilk aşamalarında üretim artışı, enerji tüketimi ve doğal kaynak kullanımı çevresel bozulmayı artırmakta; belirli bir gelir düzeyinden sonra ise teknolojik gelişme, çevre bilinci, kurumsal kapasite ve temiz üretim tekniklerinin yaygınlaşmasıyla çevresel bozulma azalma eğilimine girmektedir. Bu nedenle EKC yaklaşımı, büyümenin çevresel etkilerinin doğrusal olmadığını ve ekonomik gelişmenin belirli bir aşamasından sonra çevresel iyileşmeyi destekleyebileceğini ileri sürmektedir. BRICS-T ülkeleri üzerine yapılan çalışmalar da ekolojik ayak izi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin enerji kullanımı, finansal açıklık, ticari açıklık ve ülkelere özgü yapısal faktörlerden etkilendiğini göstermektedir (Aydın ve Turan, 2020; Doğan vd., 2020). Yükselen piyasa ekonomisi olarak adlandırılan ülkeler, ekonomik büyüme ve çevresel sürdürülebilirlik ilişkisinin incelenmesi açısından dikkat çekici bir ülke grubudur. Bu ülkeler yüksek büyüme potansiyeli, geniş nüfus yapısı, artan enerji talebi ve önemli tarımsal üretim kapasitesiyle küresel çevresel baskılar üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir. Ancak bu ülkelerde ekonomik büyümenin çoğu zaman enerji yoğun üretim yapılarıyla desteklenmesi, ekolojik ayak izinin artmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle yükselen ekonomilerde çevresel sürdürülebilirliğin yalnızca büyüme performansı üzerinden değil; enerji yapısı, finansal gelişme, tarımsal üretim ve destek politikalarıyla birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir (Fan vd., 2025; Usman ve Makhdum, 2021).

Enerji kullanımı çevresel bozulmanın temel belirleyicilerinden biridir. Fosil yakıtlara dayalı enerji tüketimi ekonomik büyümeyi desteklemekle birlikte ekolojik ayak izi ve sera gazı emisyonları üzerinde artırıcı etkiler yaratabilmektedir. Buna karşılık yenilenebilir enerji kullanımı, çevresel baskıların azaltılması ve daha sürdürülebilir bir enerji yapısına geçiş açısından önemli bir politika aracıdır. Yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel sürdürülebilirlik açısından taşıdığı önem, farklı ülke ve ülke grupları üzerine yapılan çalışmalarda da vurgulanmaktadır (Attiaoui vd., 2017; Kırıkkaleli ve Adebayo, 2021).

Enerji politikalarının yanında tarımsal üretim ve tarımsal finansal destekler de çevresel sürdürülebilirlik üzerinde önemli rol oynamaktadır. Tarım sektörü gıda güvenliği, istihdam ve kırsal kalkınma açısından stratejik öneme sahip olmakla birlikte; su kullanımı, arazi genişlemesi, gübre ve pestisit tüketimi, fosil yakıt kullanımı ve mekanizasyon düzeyi yoluyla ekolojik ayak izini artırabilmektedir. Bu nedenle tarımsal desteklerin çevresel etkisi, desteklerin yalnızca miktarına değil, hangi üretim biçimlerini teşvik ettiğine bağlı olarak değişmektedir. Çevresel koşullara bağlanmayan destekler yoğun girdi kullanımını artırarak çevresel bozulmayı derinleştirebilirken, sürdürülebilir üretime yönlendirilen destekler uzun dönemde çevresel iyileşmeye katkı sağlayabilmektedir (Heyl vd., 2022; Laborde vd., 2021). Bu bağlamda enerji, tarım ve finans politikalarının çevresel sürdürülebilirlik açısından birbirinden bağımsız değil, tamamlayıcı politika alanları olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi ekolojik ayak izini azaltıcı bir unsur olarak öne çıkarken, tarımsal desteklerin çevresel etkisi desteklerin tasarımı ve yönlendirildiği üretim alanlarına göre farklılaşabilmektedir. Bu nedenle yenilenebilir enerji kullanımı ile tarımsal finansal desteklerin aynı model içinde ele alınması, çevresel bozulmanın kaynaklarını daha bütüncül biçimde değerlendirme imkânı sunmaktadır (Alola vd., 2019; Doğan vd., 2025).

Bu çalışmanın temel amacı, 2000–2024 dönemi için Brezilya, Rusya, Çin, Güney Afrika ve Türkiye’den oluşan seçilmiş yükselen ekonomilerde yenilenebilir enerji kullanımı ve tarımsal finansal desteklerin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini incelemektir. Ayrıca çalışmada ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasındaki doğrusal olmayan ilişkinin varlığı EKC hipotezi kapsamında test edilmektedir. Bu amaç doğrultusunda PMG-ARDL tahmincisi kullanılarak değişkenlerin kısa ve uzun dönemli etkileri birlikte değerlendirilmektedir. Çalışma, yükselen ekonomilerde çevresel sürdürülebilirliğin enerji ve tarım politikalarıyla birlikte ele alınması gerektiği düşüncesinden hareket etmektedir. Bu kapsamda

yenilenebilir enerji kullanımı ve tarımsal finansal desteklerin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerinin kısa ve uzun dönem ayrımıyla incelenmesi, çevresel bozulmanın azaltılmasına yönelik politika tartışmalarına ampirik bir katkı sunmayı amaçlamaktadır. Ayrıca EKC hipotezinin seçilmiş yükselen ekonomiler için test edilmesi, ekonomik büyümenin çevresel etkilerinin hangi aşamada ve hangi politika kanallarıyla sürdürülebilir bir yapıya dönüşebileceğinin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu yönüyle çalışma, yükselen piyasa ekonomisi ülkelerinde büyüme, enerji, tarım ve çevre politikalarının bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesine katkı sunmaktadır. Bu kapsamda çalışma aşağıdaki araştırma sorularına odaklanmaktadır.

Araştırma Sorusu 1: Seçilmiş yükselen piyasa ekonomilerinde yenilenebilir enerji kullanımı ekolojik ayak izini azaltarak çevresel kaliteyi iyileştirmekte midir?

Araştırma Sorusu 2: Brezilya, Rusya, Çin, Güney Afrika ve Türkiye’de tarımsal finansal desteklerin ekolojik ayak izi üzerindeki uzun dönemli etkisi bulunmakta mıdır?

Araştırma Sorusu 3: Seçilmiş yükselen piyasa ekonomilerinde ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi arasında Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezini destekleyen ters U biçiminde doğrusal olmayan bir ilişki var mıdır?

Bu araştırma sorularından hareketle geliştirilen hipotezler şu şekildedir:

H1: Seçilmiş yükselen piyasa ekonomilerinde yenilenebilir enerji kullanımı ekolojik ayak izini azaltarak çevresel kaliteyi iyileştirmektedir.

H2: Uzun dönemde tarımsal finansal destekler ekolojik ayak izi üzerinde anlamlı bir etkiye sahiptir.

H3: Seçilmiş yükselen piyasa ekonomilerinde Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezi geçerlidir.

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünü izleyen ikinci bölümde, ekolojik ayak izi ile yenilenebilir enerji tüketimi ve tarımsal finansal destekler arasındaki ilişkiyi inceleyen ampirik literatür sistematik olarak değerlendirilmektedir. Üçüncü bölümde, araştırmada kullanılan veri seti, değişkenler ve ekonometrik yöntem tanıtılmaktadır. Dördüncü bölümde, yatay kesit bağımlılığı, katsayı homojenliği, panel birim kök ve PMG-ARDL analizlerinden elde edilen ampirik bulgular sunulmaktadır. Son bölümde ise çalışmanın temel bulguları özetlenmekte, bulgular doğrultusunda politika önerileri sunulmakta, çalışmanın sınırlılıkları tartışılmakta ve gelecekte yapılabilecek araştırmalara yönelik öneriler sunulmaktadır.

Literatür

Çevresel sürdürülebilirlik, yenilenebilir enerji kullanımı ve tarımsal finansal destekler arasındaki ilişki son yıllarda sürdürülebilir kalkınma literatürünün önemli araştırma alanlarından biri hâline gelmiştir. Özellikle ekolojik ayak izi, karbon emisyonları ve çevre kalitesi gibi göstergeler üzerinden yapılan çalışmalar, ekonomik büyüme sürecinde enerji yapısının, finansal sistemin ve tarımsal üretim politikalarının çevresel sonuçlar üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim Kırıkkaleli ve Adebayo (2021), yenilenebilir enerji tüketimi ve finansal gelişmenin çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli değişkenler olduğunu belirtirken; Sethi vd. (2024), yeşil finans, yeşil teknoloji inovasyonu ve kurumsal kalitenin çevresel sürdürülebilirliği destekleyen temel unsurlar arasında yer aldığını vurgulamaktadır. Tarımsal üretim boyutunda ise Sharma vd. (2025), teknolojik gelişme ve yeşil enerji kullanımının sürdürülebilir tarım üzerindeki etkilerini ele alırken; Liang ve Meng (2024) ile Zafar (2026), tarımsal desteklerin üretici davranışları ve çevresel sonuçlar üzerindeki etkilerine dikkat çekmektedir. Bu bağlamda literatürde yenilenebilir enerji tüketimi, finansal gelişme, yeşil finans, tarımsal destekler ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının çevresel bozulma üzerindeki etkilerini inceleyen farklı ülke ve ülke gruplarına yönelik çalışmalar bulunmaktadır.

Yenilenebilir enerji tüketimi ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalar, genel olarak yenilenebilir enerji kullanımının çevresel bozulmayı azaltıcı yönde etkili olduğunu göstermektedir. Kırıkkaleli ve Adebayo (2021), küresel ölçekte yenilenebilir enerji tüketimi ve finansal gelişmenin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bayer-Hanck eşbütünleşme testi, FMOLS, DOLS, CCR ve frekans alanı nedensellik yöntemlerini kullanan çalışmada, yenilenebilir enerji tüketimi ile finansal gelişmenin çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli belirleyiciler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bulgular, yenilenebilir enerji kullanımının çevresel kaliteyi desteklediğini ve uzun dönemde çevresel bozulmayı azaltıcı bir rol üstlendiğini göstermektedir.

Benzer biçimde Sethi vd. (2024), gelişmekte olan ekonomilerde yeşil finans, yeşil teknoloji inovasyonu ve kurumsal kalitenin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini incelemiştir. Driscoll-Kraay ve iki aşamalı sistem GMM yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada, yeşil finansın, yeşil teknoloji

inovasyonunun, yenilenebilir enerji kullanımının ve kurumsal kalitenin çevresel sürdürülebilirliğe olumlu katkı sunduğu belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçları, gelişmekte olan ülkelerde çevresel kalitenin yalnızca enerji dönüşümüyle değil, aynı zamanda finansal sistemin yeşil yatırımları desteklemesi ve kurumsal yapının çevre dostu politikaları güçlendirmesiyle iyileşebileceğini göstermektedir.

Asya ülkeleri üzerine yapılan çalışmalarda da yenilenebilir enerji ve teknolojik gelişmenin tarımsal sürdürülebilirlik açısından önem taşıdığı görülmektedir. Sharma vd. (2025), seçilmiş Asya ülkelerinde teknolojik gelişme ve yeşil enerjinin sürdürülebilir tarım üzerindeki etkilerini CS-ARDL ve Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik yöntemleriyle incelemiştir. Çalışmada, teknolojik ilerleme ve yenilenebilir enerji kullanımının tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan çevresel baskıları azaltabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgu, tarımsal üretimin çevresel etkilerinin azaltılmasında yalnızca finansal desteklerin değil, aynı zamanda üretim teknolojilerindeki dönüşümün ve yenilenebilir enerji kullanımının da kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir.

Ülke bazlı analizlerde de benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Doğan vd. (2025), Danimarka örneğinde yenilenebilir enerji tüketimi, finansal gelişme, tarımsal katkı ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada, yenilenebilir enerji tüketimi ve finansal gelişmenin çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli olduğu, tarım sektörünün çevresel etkilerinin ise üretim yapısına ve enerji kullanım biçimine bağlı olarak değiştiği ifade edilmiştir. Çelik (2025) ise Çin ve Hindistan için CO₂ emisyonları, yenilenebilir enerji, tarımsal üretim ve finansal gelişme arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Çalışmanın sonuçları, yenilenebilir enerji ve finansal gelişmenin çevresel göstergeler üzerinde anlamlı etkiler yaratabileceğini ortaya koymuştur. Bu çalışmalar, farklı ülke örneklerinde yenilenebilir enerji kullanımının çevresel bozulmayı azaltma potansiyeline sahip olduğunu desteklemektedir.

Literatürde tarımsal finansal destekler ve sübvansiyonların çevresel etkilerine odaklanan çalışmalar ise daha karmaşık sonuçlar ortaya koymaktadır. Tarımsal destekler bir yandan üreticilerin gelirini artırmakta ve sürdürülebilir üretim tekniklerine geçişi kolaylaştırmakta, diğer yandan yanlış tasarlandığında yoğun girdi kullanımını teşvik ederek çevresel bozulmayı artırabilmektedir. Liang ve Meng (2024), Japonya'nın Tohoku bölgesinde çevre dostu tarıma yönelik doğrudan ödemeler ve finansal olmayan desteklerin küçük üreticilerin gelirleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada, doğrudan ödemelerin küçük üretici gelirlerini artırdığı, ancak finansal olmayan desteklerin etkisinin daha sınırlı kaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç, tarımsal desteklerin üretici davranışları üzerinde etkili olabileceğini ve desteklerin çevre dostu üretim biçimlerine yönlendirilmesi durumunda sürdürülebilir tarıma katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Tarımsal sübvansiyonların çevresel etkilerini ele alan Zafar (2026), Hindistan örneğinde tarımsal destek politikalarının emisyonlar üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada, özellikle gübre ve elektrik sübvansiyonlarının emisyonları artırdığı, elektrik sübvansiyonlarının ise çevresel bozulma üzerinde daha güçlü bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, tarımsal desteklerin her zaman çevre dostu sonuçlar üretmediğini; aksine, fosil yakıt kullanımı, aşırı sulama, kimyasal gübre ve pestisit kullanımı gibi çevresel baskıları artırabilecek kanallar üzerinden olumsuz sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir.

Liu vd. (2025), Çin'de tarımsal işletmelere verilen devlet sübvansiyonlarının çevresel performans üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada devlet sübvansiyonlarının çevresel performans üzerinde ters U biçimli bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre sübvansiyonların belirli bir düzeye kadar çevresel performansı destekleyebileceği, ancak etkin olmayan veya aşırı destek yapılarının çevresel performans üzerinde olumsuz sonuçlar doğurabileceği belirtilmiştir. Bu çalışma, tarımsal finansal desteklerin çevresel etkisinin desteklerin niteliğine, miktarına, kullanım alanına ve çevresel koşullara bağlı olarak değişebileceğini ortaya koymaktadır.

Avrupa ülkeleri üzerine yapılan çalışmalar da tarımsal destekler, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik arasında güçlü bir bağ bulunduğunu göstermektedir. Kulyk ve Sługocki (2025), Visegrad ülkelerinde ortak tarım politikasının tarımsal enerji verimliliği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, tarımsal desteklerin enerji verimliliği üzerinde etkili olduğu, ancak bu etkinin yalnızca mali desteklerle açıklanamayacağı; teknolojik kapasite, üretim yapısı ve çiftçi davranışları gibi faktörlerle birlikte değerlendirilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Doran vd. (2025) ise Orta ve Doğu Avrupa ülkelerinde AB tarımsal harcamalarının enerji sürdürülebilirliği üzerindeki etkisini araştırmıştır. Çalışmada, AB tarımsal öncelikleri kapsamında yapılan harcamaların yenilenebilir enerji üretimi ve tarımda enerji verimliliği açısından önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tarımsal desteklerin sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etme potansiyeli, sistematik ve kapsam incelemesi niteliğindeki çalışmalarda da vurgulanmaktadır. Piñeiro vd. (2020), sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesini teşvik eden mekanizmaları kapsam incelemesi yöntemiyle

değerlendirmiştir. Çalışmada, finansal teşviklerin ve destek mekanizmalarının sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesinde etkili olabileceği, ancak sonuçların destek türüne, uygulama biçimine ve yerel koşullara bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir. Barbosa (2024) ise sürdürülebilir tarım için kamu destek mekanizmalarını sistematik literatür taramasıyla incelemiştir. Çalışmada, kamu sübvansiyonları, düzenlemeler, finansal yardımlar ve teşvik programlarının sürdürülebilir tarımı destekleyen temel politika araçları olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yeşil finans ve finansal politikalar bağlamında yapılan çalışmalar, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında finansal sistemin önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Liu (2024), yeşil finansın kırsal ekonomik dayanıklılık ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki rolünü değerlendirmiştir. Çalışmada, yeşil finansın kırsal alanlarda çevre dostu yatırımları destekleyerek hem ekonomik dayanıklılığı hem de çevresel sürdürülebilirliği artırabileceği vurgulanmıştır. Ameiliyah (2025) ise finansal politikaların yenilenebilir enerji gelişimi ve sürdürülebilir gıda sistemleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada, finansal politikaların yenilenebilir enerji yatırımlarını ve sürdürülebilir gıda sistemlerini desteklemede önemli bir araç olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmalar, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerinin yalnızca enerji ve tarım politikalarıyla değil, aynı zamanda finansal sistemin yönlendirici gücüyle de ilişkili olduğunu göstermektedir.

Çin üzerine yapılan mikro düzeyli çalışmalar, çevresel düzenleme ve yeşil sübvansiyonların tarımsal üretici davranışları üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Ke ve Huang (2024), Guangdong bölgesinde çevresel düzenleme ve yeşil sübvansiyonların tarımsal düşük karbonlu üretim davranışı üzerindeki etkisini anket verileriyle incelemiştir. Çalışmada, çevresel düzenlemelerin düşük karbonlu üretim davranışını olumlu etkilediği; yeşil sübvansiyonların etkisinin ise üretici türüne ve sektörel koşullara göre farklılık gösterdiği ifade edilmiştir. Bu bulgu, sürdürülebilir tarım politikalarının üretici davranışlarını dönüştürmede etkili olabileceğini, ancak politika tasarımıyla yerel ve sektörel farklılıkların dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Resmî kalkınma yardımları, tarım ve yenilenebilir enerji sektörleri üzerinden çevresel sürdürülebilirliği etkileyen bir başka politika alanı olarak öne çıkmaktadır. Li vd. (2024), resmî kalkınma yardımlarının tarım ve yenilenebilir enerji sektörleri aracılığıyla ekolojik çevre üzerindeki etkisini incelemiştir. Dinamik eşik modelleri ve sağlık analizlerinin kullanıldığı çalışmada, kalkınma yardımlarının çevresel etkilerinin doğrusal olmayabileceği ve bu etkilerin tarımsal gelişme ile yenilenebilir enerji kapasitesine bağlı olarak değişebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, bu çalışma, çevresel sürdürülebilirlik politikalarında uluslararası finansman ve kalkınma yardımlarının da dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Türkiye üzerine yapılan çalışmalar ise yenilenebilir enerji, finansal gelişme, tarım ve çevre ilişkisine ulusal düzeyde katkı sunmaktadır. Akçay ve Bilgin (2017), sürdürülebilir kalkınma politikası açısından yenilenebilir enerji kooperatifçiliğine yönelik mali teşviklerin önemini ele almıştır. Çalışmada, yenilenebilir enerji kooperatiflerinin çevre dostu enerji üretimi açısından önemli olduğu ve mali teşviklerin bu yapıların gelişimini destekleyebileceği belirtilmiştir. Baykut (2025), Türkiye’de çevre kalitesini finans, tarım ve enerji üçgeninde incelemiş; çevreyle uyumlu kredi ve yatırım politikalarının, yeşil finansın ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının desteklenmesi gerektiğini vurgulamıştır. Eröksüz ve Ayyıldız (2025) ise Türkiye’de yenilenebilir enerji finansman kredilerinde kamu kontrgaranti önerisini tartışmış ve bu tür mekanizmaların yenilenebilir enerji yatırımlarının finansmanında önemli bir araç olabileceğini belirtmiştir.

Literatür boşluğu

Genel olarak değerlendirildiğinde, literatür yenilenebilir enerji kullanımının çevresel baskıyı azaltabildiğine işaret ederken tarımsal finansal desteklerin sonuçlarının destek tasarımına bağlı olduğunu göstermektedir. Mevcut çalışmalar bu değişkenleri çoğunlukla ayrı ayrı ele almakta veya çevresel bozulmayı yalnızca karbon emisyonları üzerinden değerlendirmektedir. Bu çalışma, Brezilya, Rusya, Çin, Güney Afrika ve Türkiye için yenilenebilir enerji tüketimi, tarımsal finansal destekler, ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırımlar ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkileri aynı modelde ve kısa-uzun dönem ayrımıyla inceleyerek bu boşluğa katkı sunmaktadır. Çalışmanın bulguları, politika seçeneklerinin çevresel koşullar ve ülke bağlamları gözetilerek tartışılmasına ampirik bir temel sağlamaktadır.

Veri ve yöntem

Çalışma, Brezilya, Rusya, Çin, Güney Afrika ve Türkiye’den oluşan yükselen piyasa ekonomileri ülkeleri için tarımsal finansal desteklerin ve yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izi üzerindeki potansiyel etkilerini ve bu ülkelerde EKC hipotezinin geçerliliğini test etmeyi amaçlamaktadır. Çalışma,

2000–2024 dönemini kapsayan yıllık verilerden oluşmaktadır. Bu doğrultuda, çalışmanın modeli şu şekilde oluşturulmaktadır:

$$EF = f(TD, REN, GDP, GDP^2, FDI) \quad (1)$$

Denklem 1’de; EF, ekolojik ayak izini ifade etmekte ve bağımlı değişken olarak eşitliğin sol tarafında yer almaktadır. Çalışmanın bağımsız değişkenlerinden ilki olan tarımsal finansal destekler TD ile ifade edilirken, REN yenilenebilir enerji tüketimini, GDP ve GDP² sırasıyla ekonomik büyümeyi ve ekonomik büyümenin karesini, son olarak FDI ise doğrudan yabancı yatırımları göstermektedir.

Denklem 1’de yer alan EF, TD, REN, GDP ve GDP² değişkenleri arasında ölçek etkisini ortadan kaldırmak (Aydoğdu, 2024), bu değişkenlere ait katsayıların esneklik olarak yorumlanmasını sağlamak amacıyla logaritmaları alınarak hesaplanmıştır. FDI değişkeni ise yüzdelik oran (Gayrisafi Yurt içi Hasıla’nın yüzdesi) şeklinde yer aldığından logaritması alınmadan modelde analizi gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda Denklem 1 aşağıdaki şekilde yeniden oluşturulmuştur:

$$LEF_{it} = \alpha_0 + \beta_1 LTD_{it} + \beta_2 LREN_{it} + \beta_3 LGDP_{it} + \beta_4 LGDP_{it}^2 + \beta_5 FDI_{it} + u_{it} \quad (2)$$

($i = 1, \dots, 5$), ($t = 2000, \dots, 2024$), α_0 sabit terimi, β_1 - β_5 bağımsız değişkenlerin katsayılarını, u ise hata terimini ifade etmektedir.

LEF verileri kişi başına küresel hektar cinsinden Küresel Ayak İzi Ağı veri tabanından (Küresel Ayak İzi Ağı, 2025), LTD verileri milyon avro cinsinden Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) veri tabanından (OECD, 2025), LREN verileri kişi başına kilovat-saat cinsinden Our World in Data’dan (Our World in Data, 2025) alınmıştır. GDP (sabit 2015 ABD doları) ve FDI (GSYİH’nin yüzdesi) verileri Dünya Bankası veri tabanından derlenmiştir (Dünya Bankası, 2025).

Analizde önce tanımlayıcı istatistikler, korelasyon matrisi ve varyans büyütme faktörü incelenmiştir. Ardından yatay kesit bağımlılığı ve eğim heterojenliği testleri uygulanmıştır. Yatay kesit bağımlılığı dikkate alınarak CIPS birim kök testi kullanılmış, uzun dönemli ilişkinin varlığı Westerlund eşbütünleşme testiyle sınanmış ve son aşamada PMG-ARDL tahmincisiyle kısa ve uzun dönem katsayıları tahmin edilmiştir.

Ampirik bulgular

Ön test sonuçları

Bu araştırmanın ilk adımı, Tablo 1’de sunulan 125 gözleminden oluşan veri setine ait tanımlayıcı istatistiklerin incelenmesinden oluşmaktadır. LEF’in ortalama değeri 1,216 olup, 0,530 ile 1,826 arasında değişmekte ve standart sapması 0,277’dir. Çarpıklık katsayısının pozitif ve 0,294 olması dağılımın hafif sağa doğru çarpık olduğunu gösterirken, basıklık değerinin 2,833 olması ise dağılımın normale yakın olduğunu göstermektedir. LTD istatistikleri ortalama 9,127 olup, 6,371 ile 12,596 arasında değişmekte ve standart sapması 1,604’tür. Bu istatistikler, örnek ülkelerde çalışma dönemi boyunca önemli miktarlarda tarımsal finansal desteğin sağlandığına işaret etmektedir. Benzer şekilde LTD de aynı LEF gibi çarpıklık değerinden dolayı hafif sağa doğru çarpık bir dağılım göstermektedir. Aynı zamanda 2,787 basıklık değeri ile normale yakın bir dağılıma sahiptir. Benzer şekilde, LREN istatistikleri ortalama 7,535 olup, 4,493 ile 9,099 arasında değişmekte ve standart sapması 1,242’dir. LREN ise, LEF ve LTD’nin aksine negatif bir çarpıklık değerine (-1,062) sahiptir ve bu da dağılımın sola doğru çarpık olduğunu göstermektedir. LGDP değişkeni ise 7,713 ile 9,641 arasında değişmekle birlikte 8,921 ortalama değere sahiptir. Bu, LGDP değişkeninin 2000–2024 yılları arasında analize dâhil edilen ülkelerde nispeten istikrarlı bir seyir izlediğini ortaya koymaktadır. Standart sapmanın düşük ve 0,361 olması bu durumu daha belirgin hâle getirmektedir. Son olarak, FDI değişkeninin minimum ile maksimum değerleri sırasıyla -1,736 ve 9,680 olarak hesaplanmıştır. Minimum değerinin negatif olması en az bir ülkede ve bir yılda doğrudan yabancı yatırımların ülkeyi terk ettiğini göstermektedir. Maksimum değer ise ortalamanın çok üzerinde olması ($9,680 > 2,171$) ise en az bir dönemde ve en az bir ülkede ortalamanın çok üzerinde doğrudan yabancı sermaye girişlerinin gerçekleştiğini ifade etmektedir. Genel olarak değişkenlerin temel istatistikleri değerlendirildiğinde, LEF ve LGDP değişkenlerinin daha istikrarlı bir yapıya sahip olduğu, LTD, LREN ve FDI değişkenlerinin ise daha geniş aralıklarda hareket ettiği görülmektedir.

Tablo 1: Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	LEF	LTD	LREN	LGDP	LGDP ²	FDI
Ortalama	1,216	9,127	7,535	8,921	79,723	2,171
Standart sapma	0,277	1,604	1,242	0,361	6,343	1,487
Minimum	0,530	6,371	4,493	7,713	59,491	-1,736
Maksimum	1,826	12,596	9,099	9,641	92,964	9,680
Çarpıklık	0,294	0,319	-1,062	-0,842	-0,687	1,015
Basıklık	2,833	2,787	3,206	4,246	3,894	6,887
Varyans	0,077	2,574	1,544	0,130	40,237	2,211
Gözlem	125	125	125	125	125	125

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

Şekil 1, LEF ile LTD, LREN, LGDP ve FDI arasındaki ikili korelasyonları göstermektedir. LEF, LTD ve FDI ile negatif; LGDP ve LREN ile pozitif korelasyona sahiptir. Bu katsayılar yalnızca birlikte değişimin yönünü ve büyüklüğünü betimler; tarımsal desteklerin, yabancı yatırımların, ekonomik büyümenin veya yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izi üzerindeki nedensel etkisini ya da bu etkinin mekanizmasını tek başına göstermez. Nedensel yorum için korelasyon matrisinin ötesinde model varsayımları ve tahmin sonuçları dikkate alınmalıdır.

**Şekil 1:** Korelasyon Matrisi

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

Korelasyon matrisi değişkenler arasındaki ikili ilişkileri göstermektedir. Bu ikili ilişkilerin özellikle de bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yüksekliği çoklu doğrusallık (multicollinearity) sorununa neden olabilmektedir. Çoklu doğrusallık, bağımsız değişkenler arasında yüksek derecede korelasyon olduğunda veya farklı değişkenler birbirine göre yapılandırıldığında ortaya çıkan regresyon analizindeki sorunlardan birisidir. Çoklu doğrusallığı tespit etmek için genellikle varyans büyütme faktörü (VIF) testi kullanılmaktadır. Her bir bağımsız değişken, sırasıyla bağımlı değişken olarak ele alınmakta ve R² değerini elde etmek için kalan diğer bağımsız değişkenlere göre regresyon uygulanmaktadır (Kişi, 2026). 10'dan büyük bir VIF değeri, modelde çoklu doğrusallığın varlığını göstermektedir (Das, 2019). VIF testi şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$VIF_i = \frac{1}{1 - R_i^2} \quad (3)$$

Tablo 2'deki VIF değerlerinin tamamı 10'un altındadır. Bu sonuç, kullanılan eşik bakımından açıklayıcı değişkenler arasında ciddi bir çoklu doğrusal bağlantı sorunu bulunmadığına işaret etmektedir.

Tablo 2: VIF Testi Sonucu

Değişkenler	VIF	1/VIF
LREN	2,34	0,427860
LGDP	2,00	0,501129
LTD	1,35	0,738792
FDI	1,26	0,791754
Mean VIF	1,74	

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

Yatay kesit bağımlılığı ve eğim heterojenliği sonuçları

Panel veri analizinde, yatay kesit bağımlılığı (CSD) değerlendirilmesi gereken temel hususlardan biridir. Bu bağımlılık, gözlemlenmeyen ortak faktörlerden veya ortak makroekonomik şoklara maruz kalmaktan kaynaklanabilir (Feng vd., 2021). Bu bağımlılığı göz ardı etmek, yanıltıcı ve yanlış tahminlere yol açabilir (Andrews, 2005). Bu çalışmada, Breusch ve Pagan (1980) LM testi uygulanmaktadır. Bu test, $N(N-1)/2$ serbestlik derecesi ile χ^2 dağılım göstermekte ve $N < T$ olduğu durumda geçerli olmaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2026).

Breusch ve Pagan (1980) LM testi şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \quad (4)$$

Burada $\hat{\rho}_{ij}^2$, i. ve j. birimlerin kalıntıları arasındaki korelasyon katsayısını ifade etmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2026).

$$\hat{\rho}_{ij} = \hat{\rho}_{ji} = \frac{\sum_{t=1}^T e_{it} e_{jt}}{(\sum_{t=1}^T e_{it}^2)^{1/2} (\sum_{t=1}^T e_{jt}^2)^{1/2}} \quad (5)$$

e_{it} , her birimden uygun bir yöntemle tahmini gerçekleştirilen kalıntıları göstermektedir. Temel hipotezin “yatay kesit bağımlılığı yoktur” ve alternatif hipotezin “yatay kesit bağımlılığı vardır” şeklinde kurulduğu Breusch ve Pagan (1980) LM testinde olasılık değerleri eğer 0,05’ten küçük ise %5 anlamlılık düzeyinde temel hipotez reddedilmektedir. Bu, paneli oluşturan birimler arasında yatay kesit bağımlılığının var olduğunu göstermektedir (Gövdeli, 2018).

Homojenlik testi (SH), bir ülkedeki değişimin panel analizine dâhil edilen diğer ülkelerde de bir değişikliğe yol açıp açmadığını belirlemeyi amaçlamaktadır (Nas vd., 2024). Bu bağlamda, homojenlik/heterojenliği test etmek için Swamy (1970) tarafından geliştirilen Swamy’nin S testi uygulanmaktadır. $N < T$ olduğu paneller için daha uygun bir test olan Swamy’nin S testinde sınanacak hipotezler şu şekilde kurulmaktadır:

$$H_0 = \beta_i = \beta$$

$$H_1 = \beta_i \neq \beta$$

Parametrelerin homojen olduğu ifade edilen bu testte istatistik,

$$\hat{S} = \chi^2_{k(N-1)} = \sum_{i=1}^N (\hat{\beta}_i - \bar{\beta}^*)' \bar{V}_i^{-1} (\hat{\beta}_i - \bar{\beta}^*) \quad (6)$$

olarak tanımlanmaktadır. $\hat{\beta}_i$, birimlere göre regresyonlardan elde edilen OLS tahmincilerini gösterirken, $\bar{\beta}^*$, ağırlıklı sabit etkiler tahmincisini ve $\bar{V}_i$ ise iki tahmincinin varyansları arasında oluşan farkı ifade etmektedir. Swamy’nin S testi istatistiği, $K(N-1)$ serbestlik derecesi ile χ^2 dağılımına sahiptir (Yerdelen Tatoğlu, 2026).

Tablo 3: Yatay Kesit Bağımlılığı ve Eğim Heterojenliği Testi Sonuçları

CSD test		
Test adı	Test değeri	Olasılık
Breusch ve Pagan LM	18,43	0,0481
SH test		
Test adı	Test değeri	Olasılık
Swamy S testi	Chi2 (24) = 2009,51	0,0000

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

Tablo 3, çalışmada (N:5, T:25) N<T durumunda kullanılması uygun olan Breusch ve Pagan (1980) LM testine ve heterojenliği gösteren Swamy (1970) S testine ait sonuçları göstermektedir. Breusch ve Pagan (1980) LM testinin sonuçları, %5 anlamlılık düzeyinde temel hipotezin reddedildiğini ve modelde CSD'nin varlığını ortaya koymaktadır. Bu, ülkelerden herhangi birine gelen bir şokun diğerlerini de etkileyebileceğini ifade etmektedir. Bu nedenle, analize dâhil edilen ülkelerin çevresel kalite, yenilenebilir enerji, tarımsal desteklere yönelik politika belirlerken paneli oluşturan diğer ülkelerin uygulamış oldukları politikaları ve bu politikaları etkileyebileceğini düşündükleri şokları da dikkate almaları gerekmektedir. Bununla birlikte, Swamy S testi sonuçları, H_0 hipotezinin reddedildiğini, parametrelerin homojen olmadığını yani birimden birime göre değiştiğini ve heterojen bir yapı sergilediğini göstermektedir. Bu sonuç, heterojen yapıya uygun testlerin gerçekleştirilmesini gerekli kılmaktadır (Yaman ve Sungur, 2020).

Birim kök testi sonucu

Modelde CSD'nin varlığı ortaya konulduktan sonra birim kök testlerinin uygulanması önemli hâle gelmektedir. Var olan CSD'den dolayı birinci nesil birim kök testlerinin yerine ikinci nesil birim kök testlerinin uygulanması önemlidir. Bu nedenle, çalışmada ikinci nesil birim kök testlerinden en yaygın kullanılanları arasında yer alan ve Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CIPS testi kullanılmaktadır. Bu test, Im vd. (2003) tarafından geliştirilen geleneksel IPS testinin genişletilmiş versiyonudur (Özdemir, 2026). Bu testin hesaplaması aşağıdaki gibidir:

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i(N, T) \quad (7)$$

Bu teste ait hipotezler ise şu şekilde oluşturulmaktadır:

H_0 = Paneldeki tüm seriler birim kök içermektedir.

H_1 = Paneldeki serilerin en az biri birim kök içermemektedir.

CIPS testi sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur. LTD ve LREN düzeyde durağanken LEF, LGDP, LGDP² ve FDI birinci farkları alındıktan sonra durağan hâle gelmektedir. Dolayısıyla seriler I(0) ve I(1) bütünleşme derecelerinin bir karışımını göstermektedir.

Tablo 4: CIPS Testi Sonucu

Sabit + Trendli			
Değişkenler	Düzyey	Birinci Fark	Sonuç
LEF	-2,297	-5,313***	Birinci Fark
LTD	-3,639***	-5,606***	Düzyey
LREN	-3,849***	-6,009***	Düzyey
LGDP	-2,539	-3,359***	Birinci Fark
LGDP ²	-2,561	-3,317***	Birinci Fark
FDI	-2,553	-5,528***	Birinci Fark
<i>Kritik Değerler</i>	<i>%10: -2,73, %5: -2,86, %1: -3,10</i>		

Not: ** ve *** sırasıyla %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

Eşbütünleşme testi

Yatay kesit bağımlılığının saptanması nedeniyle birinci nesil panel eşbütünleşme testleri yerine Westerlund (2007) hata düzeltme temelli eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Test; Gt, Ga, Pt ve Pa istatistiklerini üretmekte, kısa ve uzun dönem parametrelerinde heterojenliğe izin vermekte ve yatay kesit bağımlılığı altında bootstrap ile dirençli olasılık değerleri sağlayabilmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2026).

Westerlund (2007) eşbütünleşme testinin matematiksel gösterimi genel olarak şu şekilde ifade edilebilmektedir:

$$\Delta Y_{it} = \delta'_i d_t + \alpha_i(Y_{it-1} - \beta'_i X_{it-1}) + \sum_{j=1}^{p_i} \varphi_{ij} \Delta Y_{it-j} + \sum_{j=0}^{p_i} \gamma_{ij} \Delta X_{it-j} + e_{it} \quad (8)$$

Denklem yeniden düzenlendiğinde aşağıdaki gibi yazılabilmektedir:

$$\Delta Y_{it} = \delta'_i d_t + \alpha_i Y_{it-1} + \lambda'_i X_{it-1} + \sum_{j=1}^{p_i} \varphi_{ij} \Delta Y_{it-j} + \sum_{j=0}^{p_i} \gamma_{ij} \Delta X_{it-j} + e_{it} \quad (9)$$

d_t , deterministik bileşenler vektörünü ifade ederken, λ_i uzun dönem, γ_i ve φ_i ise kısa dönem parametrelerini göstermektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2026).

Tablo 5'te yatay kesit bağımlılığı altında geçerli olan dirençli bootstrap olasılık değerleri esas alınmıştır. Gt istatistiği %5, Pt istatistiği %10 düzeyinde anlamlıdır; Ga ve Pa istatistikleri anlamlı değildir. Sonuçlar bütün olarak değerlendirildiğinde eşbütünleşme yokluğu temel hipotezini reddetmek için kısmi kanıt bulunmakta ve değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı desteklenmektedir.

Tablo 5: Eşbütünleşme Testi Sonucu

İstatistik	Değer	Z-value	P-value	Robust P-value
Gt	-2,840	-1,409	0,079	0,040**
Ga	-6,768	1,443	0,925	0,320
Pt	-5,742	-1,256	0,105	0,090*
Pa	-6,264	0,497	0,690	0,302

Not: ** ve * sırasıyla %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

Panel ARDL sonucu

CIPS testi, LTD ve LREN'in I(0); LEF, LGDP, LGDP² ve FDI'nin I(1) olduğunu göstermektedir. Serilerin I(0) ve I(1) düzeylerinin bir karışımını göstermesi ve hiçbir serinin I(2) olduğuna ilişkin bulgu bulunmaması, kısa ve uzun dönem ilişkilerini birlikte tahmin edebilen Panel ARDL yaklaşımını bu çalışma için uygun kılmaktadır. Panel ARDL modeli gecikmeli bağımlı ve açıklayıcı değişkenleri içermekte ve uzun dönem eşbütünleşme ilişkisini hata düzeltme yapısı içinde tahmin etmektedir (Özdemir, 2026).

Panel ARDL modeli aşağıdaki gibi yazılabilmektedir:

$$\Delta Y_{it} = \phi(Y_{it-1} - \theta' X_{it-1}) + \sum_{j=1}^{p-1} \lambda_j^* \Delta Y_{it-j} + \sum_{j=0}^{p-1} \delta_j^* \Delta X_{it-j} + \mu_i + e_{it} \quad (10)$$

Burada,

$$\phi = -\left(1 - \sum_{j=1}^p \lambda_j\right) \quad (11)$$

$$\theta = \frac{\sum_{j=0}^p \delta_j}{(1 - \sum_k \lambda_k)} \quad (12)$$

$$\lambda_j^* = -\sum_{m=j+1}^p \lambda_m \quad (13)$$

$$\delta_j^* = -\sum_{m=j+1}^p \delta_m \quad (14)$$

θ uzun dönem, λ ve δ ise kısa döneme ait parametreleri temsil etmektedir. Bununla birlikte, ϕ hata düzeltme parametresini göstermektedir.

PMG-ARDL modeli ise şu şekilde gösterilebilmektedir;

$$\Delta Y_{it} = \phi_i(Y_{it-1} - \theta' X_{it-1}) + \sum_{j=1}^{p-1} \lambda_j^* \Delta Y_{it-j} + \sum_{j=0}^{p-1} \delta_{ij}^* \Delta X_{it-j} + \mu_i + e_{it} \quad (15)$$

Yatay kesit bağımlılığı, karma I(0)/I(1) bütünleşme yapısı ve uzun dönem ilişkisinin sınanması amacıyla PMG-ARDL tahmincisi kullanılmıştır. Tablo 6'da kısa ve uzun dönem katsayıları sunulmaktadır. Hata düzeltme teriminin negatif (-0,318) ve %1 düzeyinde anlamlı olması, kısa dönem sapmalarının uzun dönem dengesine doğru düzeltilildiğini göstermektedir. Katsayı, bir dönemde ortaya çıkan dengesizliğin yaklaşık %31,8'inin izleyen dönemde giderildiğine işaret etmektedir.

Tablo 6: Panel ARDL Sonucu (PMG)

Değişkenler	Katsayı	Std. Hata	İstatistik	Olasılık değeri
Kısa Dönem				
D(LTD)	0,043***	0,014	3,12	0,002
D(LREN)	-0,078	0,060	-1,31	0,191
D(LGDP)	0,598	15,731	0,04	0,970
D(LGDP ²)	-0,018	0,891	-0,02	0,984
D(FDI)	0,001	0,003	0,33	0,742
Sabit Terim	-5,281***	1,280	-4,13	0,000
Hata Düzeltme Terimi (ECT)	-0,318***	0,078	-4,06	0,000
Uzun Dönem				
LTD	-0,096**	0,037	-2,56	0,011
LREN	-0,078***	0,024	-3,22	0,001
LGDP	3,859***	0,882	4,37	0,000
LGDP ²	-0,189***	0,050	-3,73	0,000
FDI	-0,004	0,008	-0,48	0,629

Not: *, ** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

Tablo 6'ya göre tarımsal finansal desteğin (LTD) LEF üzerindeki kısa dönem katsayısı pozitif ve %1 düzeyinde anlamlıdır: LTD'deki %1'lik artış, diğer koşullar sabitken LEF'te yaklaşık %0,043'lük artışla ilişkilidir. Uzun dönem katsayısı ise negatif ve %5 düzeyinde anlamlıdır; LTD'deki %1'lik artış LEF'te yaklaşık %0,096'lık azalışla ilişkilidir. Kısa ve uzun dönem işaretlerinin farklılaşması, desteğin tasarımı ve kullanım süresiyle bağlantılı olabilecek bir örüntü sunmaktadır. Yoğun girdi kullanımı veya sürdürülebilir teknolojilerin benimsenmesi gibi mekanizmalar olası açıklamalardır; ancak bu mekanizmalar modelde doğrudan test edilmemiştir. Bulgular, Liu vd. (2025) tarafından bildirilen doğrusal olmayan destek-çevre ilişkisiyle karşılaştırılabilir.

LREN'in LEF üzerindeki katsayısı her iki dönemde de negatiftir; ancak yalnızca uzun dönem katsayısı istatistiksel olarak anlamlıdır. Uzun dönemde LREN'deki %1'lik artış, diğer koşullar sabitken LEF'te yaklaşık %0,078'lik azalışla ilişkilidir. Kısa dönem katsayısının anlamsız olması, yenilenebilir enerji yatırımlarının devreye alınma süresiyle ilişkili olabilir; bu mekanizma doğrudan sınanmamıştır. Uzun dönem bulgusu, yenilenebilir enerji tüketimi ile daha düşük ekolojik baskı arasında ilişki bildiren çalışmalarla uyumludur (Chavda ve Mehta, 2026; Idroes vd., 2024; Kırıkkaleli ve Adebayo, 2021; Sahoo ve Sethi, 2021).

Uzun dönemde ekonomik büyüme değişkenleri (LGDP ve LGDP²) incelendiğinde; LGDP katsayısının pozitif (3,859) ve anlamlı, LGDP² katsayısının ise negatif (-0,189) ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu sonuç, çevresel Kuznets eğrisi (EKC) hipotezinin analize dâhil edilen ülkelerde geçerli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu hipotez, ekonomik büyümenin ilk aşamalarında sanayileşme, fosil yakıtların yoğun olarak yaşandığı artan enerji tüketimi ve üretim artışının ekolojik ayak izini artırarak çevresel bozulmaya sebep olduğunu; ancak belirli bir gelir seviyesinden sonra durumun tersine dönerek ekolojik ayak izini azaltarak çevresel kalitenin arttığını göstermektedir. Bunun geçerli olabilmesi için LGDP'nin pozitif, LGDP²'nin ise negatif olması gerekmektedir. Uzun dönem sonuçları, LGDP'nin pozitif ve LGDP²'nin ise negatif ve anlamlı olduğunu göstermektedir. Bu işaret örüntüsü, panel düzeyinde ters U biçimindeki EKC hipotezini desteklemektedir. Elde edilen bu bulgu, daha önce gerçekleştirilen birçok çalışma (Ayad vd., 2024; Han ve Lin, 2025; Mohammed vd., 2024; Naqvi vd., 2025) ile benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte, analizi gerçekleştirilen seçilmiş yükselen piyasa ekonomilerinde uzun dönemde EKC hipotezi için dönüm noktasının hesaplanmıştır. EKC için dönüm noktası $(-\beta_3/2\beta_4)$ formülüyle hesaplanmaktadır. Bu doğrultuda EKC için dönüm noktası:

$-3,859 / [2 \times (-0,189)] = 10,209$. Bu değer, panel tahmininde LGDP'nin yaklaşık 10,21 düzeyinde bir dönüm noktasına işaret etmektedir. LGDP bu değer altındayken tahmin edilen eğim pozitif, üstündeyken negatiftir. Değişken logaritmik ölekte tanımlandığından bu değer, veri kaynağındaki gelir birimine dönüştürülmeden doğrudan bir parasal gelir eşiği olarak yorumlanmamalıdır.

FDI değişkeninin kısa ve uzun dönem katsayıları istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu nedenle mevcut model, doğrudan yabancı yatırımların ekolojik ayak izi üzerinde pozitif veya negatif bir etkisi olduğu yönünde yeterli kanıt sunmamaktadır.

Sonuç ve politika önerileri

Bu çalışma, 2000–2024 döneminde Brezilya, Rusya, Çin, Güney Afrika ve Türkiye’de tarımsal finansal desteklerin ve yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izi üzerindeki kısa ve uzun dönemli ilişkilerini incelemiş; ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi EKC hipotezi kapsamında test etmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkiler PMG-ARDL tahmincisiyle değerlendirilmiştir.

Tarımsal finansal desteğin kısa dönem katsayısı pozitif, uzun dönem katsayısı negatiftir. Bu bulgu, desteğin çevresel sonuçlarının zaman ufkuna ve politika tasarımına göre farklılaşabileceğine işaret etmektedir. Yoğun girdi kullanımı ile verimli ve sürdürülebilir üretim tekniklerinin benimsenmesi, bu işaret değişimini açıklayabilecek olası mekanizmalardır; ancak mevcut model bu mekanizmaları doğrudan ölçmemektedir. Uzun dönem bulgusu, sürdürülebilir tarım teşviklerinin çevresel sonuçlarını tartışan Barbosa (2024) ve Piñeiro vd. (2020) ile uyumludur.

Yenilenebilir enerji tüketiminin kısa dönem katsayısı istatistiksel olarak anlamlı değilken uzun dönem katsayısı negatif ve anlamlıdır. Bu sonuç, çevresel kazanımların enerji altyapısının dönüşümüyle gecikmeli olarak ortaya çıkabileceği yorumuyla uyumludur; yatırım süresi mevcut modelde doğrudan test edilmemiştir. Uzun dönem bulgusu, Türk (2026), Roy (2024) ve Li vd. (2022) ile benzer yöndedir.

Kısa dönem katsayıları EKC hipotezi için yeterli kanıt sunmamaktadır. Uzun dönemde LGDP katsayısının pozitif, LGDP² katsayısının negatif ve her ikisinin anlamlı olması, panel düzeyinde ters U biçimindeki EKC hipotezini desteklemektedir. Sanayileşme, enerji bileşimi, teknoloji ve çevre bilinci bu örüntünün olası açıklamalarıdır; ancak model bu kanalları ayrı ayrı test etmemektedir. Bulgular, Sobirov vd. (2025), Mahmood vd. (2023) ve Jahanger (2022) ile aynı yöndedir. FDI katsayılarının anlamsız olması ise yabancı yatırımların çevresel etkisinin yönü konusunda bu veri ve modelle karar verilemeyeceğini göstermektedir.

Panel sonuçları, tarımsal finansal desteklerin ölçülebilir çevresel koşullara bağlanmasının ve düşük karbonlu üretim, verimli sulama, organik girdi kullanımı ve kaynak verimliliği gibi uygulamalara yönlendirilmesinin değerlendirilmesini desteklemektedir. Yenilenebilir enerji yatırımlarının, özellikle tarımsal üretimdeki enerji gereksinimleriyle birlikte planlanması da uzun dönem bulgusuyla uyumludur. Bu önerilerin uygulanmasında maliyet, enerji güvenliği, üretici kapasitesi ve ülkeye özgü kurumsal koşullar birlikte değerlendirilmelidir.

PMG-ARDL modeli ortak uzun dönem katsayıları tahmin ettiğinden Brezilya, Rusya, Çin, Güney Afrika veya Türkiye için ayrı politika etkileri belirlememektedir. Bu nedenle ülkelere veya belirli ürün gruplarına yönelik kesin reçeteler mevcut bulgulardan doğrudan çıkarılamaz. Ülkeye özgü destek türleri, enerji bileşimi ve tarımsal yapı dikkate alınarak ayrı katsayılar üreten çalışmalar yapılması; politika tasarımının bu ek kanıtlarla desteklenmesi gerekir.

Çalışma beş yükselen ekonomi ve tek bir çevresel göstergıyla sınırlıdır. CO₂ emisyonu ve yük kapasitesi faktörü gibi alternatif göstergeler farklı sonuçlar verebilir. Tarımsal destekler ve yenilenebilir enerji kaynakları alt türlerine ayrılmamış, ülkeye özgü katsayılar tahmin edilmemiştir. Gelecek araştırmalar destek türlerini ve yenilenebilir enerji teknolojilerini ayrıştırabilir; daha geniş ülke örneklemeleri, alternatif çevresel göstergeler ve FMOLS, DOLS, GMM, AMG veya CCEMG gibi yöntemlerle bulguların sağlamlığını sınayabilir.

Hakem Değerlendirmesi / Peer-review:

Dış bağımsız.

Externally peer-reviewed.

Çıkar Çatışması / Conflict of Interests:

Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

The author has no conflict of interest to declare.

Finansal Destek / Grant Support:

Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

The author declared that this study received no financial support.

Etik Beyan / Ethical Statement:

Çalışmada yalnızca Dünya Bankası, OECD, Küresel Ayak İzi Ağı ve Our World in Data tarafından yayımlanan ülke düzeyinde, kamuya açık ikincil veriler kullanılmış; insan katılımcı, hayvan deneyi veya kişisel veri yer almamıştır. Bu nedenle etik kurul onayı gerekmemektedir.

Only publicly available, country-level secondary data published by the World Bank, OECD, Global Footprint Network, and Our World in Data were used; no human participants, animal experiments, or personal data were involved. Therefore, ethics committee approval was not required.

Kaynakça / References

- Akçay, V. H., & Bilgin, S. (2017). Sürdürülebilir kalkınma politikası açısından yenilenebilir enerji kooperatifçiliğine yönelik mali teşviklerin önemi. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 52(Özel Sayı), 867–896. <https://doi.org/10.15659/3.sektor-sosyal-ekonomi.17.12.845>
- Alola, A. A., Bekun, F. V., & 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>
- Ameiliyah, A. (2025). The impact of financial policies on renewable energy development and sustainable food systems. *Proceedings of Economics Business Innovation & Creativity*, 2(1), 177–180. <https://doi.org/10.32493/ebic.v2i1.50936>
- Andrews, D. W. (2005). Cross-section regression with common shocks. *Econometrica*, 73(5), 1551–1585. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0262.2005.00629.x>
- Attiaoui, I., Toumi, H., Ammouri, B., & Gargouri, I. (2017). Causality links among renewable energy consumption, CO2 emissions, and economic growth in Africa: Evidence from a panel ARDL-PMG approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 13036–13048. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8850-7>
- Ayad, H., Shuaib, M., Hossain, M. E., Haseeb, M., Kamal, M., & Ur Rehman, M. (2024). Re-examining the environmental Kuznets curve in MENA countries: Is there any difference using ecological footprint and CO2 emissions? *Environmental Modeling & Assessment*, 29(6), 1023–1036. <https://doi.org/10.1007/s10666-024-09977-7>
- Aydin, M., & Turan, Y. E. (2020). The influence of financial openness, trade openness, and energy intensity on ecological footprint: Revisiting the environmental Kuznets curve hypothesis for BRICS countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 43233–43245. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10238-9>
- Aydoğdu, A. (2024). Hatemi-J yaklaşımı ile Bitcoin, emtia, dolar ve borsa endeksleri arasındaki nedensellik analizi. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 63, 1–17. <https://doi.org/10.30794/pausbed.1494042>
- Barbosa, M. (2024). Government support mechanisms for sustainable agriculture: A systematic literature review and future research agenda. *Sustainability*, 16(5), Article 2185. <https://doi.org/10.3390/su16052185>
- Baykut, E. (2025). Türkiye’de çevre kalitesi: Finans-tarım-enerji üçgeninden içgörüler. *Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(2), 735–752. <https://doi.org/10.52122/nisantasisbd.1753309>
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239–253. <https://doi.org/10.2307/2297111>
- Çelik, R. A. (2025). The nexus among CO2, renewable energy, agricultural production and financial development: Empirical evidence from China and India. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 15(4), 661–672. <https://doi.org/10.32479/ijeep.19617>
- Chavda, P., & Mehta, D. (2026). Impact of green trade and renewable energy on ecological footprint in India. *Journal of Quantitative Economics*, 24(1), 179–194. <https://doi.org/10.1007/s40953-025-00477-3>
- Das, P. (2019). Analysis of collinear data: Multicollinearity. In *Econometrics in theory and practice: Analysis of cross section, time series and panel data with Stata 15.1* (pp. 137–151). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9019-8_5

- Doğan, E., Ulucak, R., Koçak, E., & Işık, C. (2020). The use of ecological footprint in estimating the environmental Kuznets curve hypothesis for BRICST by considering cross-section dependence and heterogeneity. *Science of the Total Environment*, 723, Article 138063. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138063>
- Doğan, M., Georgescu, I., Çeştepe, H., Sarıgül, S. S., & Tatar, H. E. (2025). Renewable energy consumption and the ecological footprint in Denmark: Assessing the influence of financial development and agricultural contribution. *Agriculture*, 15(8), Article 835. <https://doi.org/10.3390/agriculture15080835>
- Doran, N. M., Badareu, G., Doran, M. D., Fıru, M. A., & Staicu, A. L. (2025). Evaluating the impact of EU expenditures under agricultural priorities on energy sustainability in CEE countries. *Agriculture*, 15(4), Article 417. <https://doi.org/10.3390/agriculture15040417>
- Dünya Bankası. (2025). *World Development Indicators*. Erişim tarihi: 12 Kasım 2025, <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı. (2025). *Agricultural financial support*. Erişim tarihi: 11 Aralık 2025, <https://www.oecd.org/en/data/indicators/agricultural-financial-support.html>
- Eröksüz, M., & Ayyıldız, S. (2025). Türkiye’de yenilenebilir enerji finansman kredilerinde kamu kontrgaranti önerisinin tartışılması. *Bankacılık ve Finansal Araştırmalar Dergisi*, 12(2), 105–120. <https://doi.org/10.55026/jobaf.1627669>
- Fan, L., Usman, M., Haseeb, M., & Kamal, M. (2025). The impact of financial development and energy consumption on ecological footprint in economic complexity-based EKC framework: New evidence from BRICS-T region. *Natural Resources Forum*, 49(2), 1536–1559. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12448>
- Feng, L., Zhao, P., Ding, Y., & Liu, B. (2021). Rank-based tests of cross-sectional dependence in panel data models. *Computational Statistics & Data Analysis*, 153, Article 107070. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2020.107070>
- Gövdeli, T. (2018). Ekonomik özgürlük, turizm ve ekonomik büyüme: BRICST ülkelerinde Konya bootstrap nedensellik analizi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 379–390. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.451262>
- Han, T. T. T., & Lin, C. Y. (2025). Exploring long-run CO2 emission patterns and the environmental Kuznets curve with machine learning methods. *Innovation and Green Development*, 4(1), Article 100195. <https://doi.org/10.1016/j.igd.2024.100195>
- Heyl, K., Ekardt, F., Sund, L., & Roos, P. (2022). Potentials and limitations of subsidies in sustainability governance: The example of agriculture. *Sustainability*, 14(23), Article 15859. <https://doi.org/10.3390/su142315859>
- Idroes, G. M., Hardi, I., Rahman, M. H., Afjal, M., Novianidy, T. R., & Idroes, R. (2024). The dynamic impact of non-renewable and renewable energy on carbon dioxide emissions and ecological footprint in Indonesia. *Carbon Research*, 3(1), Article 35. <https://doi.org/10.1007/s44246-024-00117-0>
- Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53–74. [https://doi.org/10.1016/s0304-4076\(03\)00092-7](https://doi.org/10.1016/s0304-4076(03)00092-7)
- Jahanger, A. (2022). Impact of globalization on CO₂ emissions based on EKC hypothesis in developing world: The moderating role of human capital. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(14), 20731–20751. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17062-9>
- Ke, C., & Huang, S. (2024). The effect of environmental regulation and green subsidies on agricultural low-carbon production behavior: A survey of new agricultural management entities in Guangdong Province. *Environmental Research*, 242, 117768. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117768>
- Kırıkkaleli, D., & Adebayo, T. S. (2021). Do renewable energy consumption and financial development matter for environmental sustainability? New global evidence. *Sustainable Development*, 29(4), 583–594. <https://doi.org/10.1002/sd.2159>
- Kişi, M. (2026). Makroekonomik ve çevresel faktörlerin halk sağlığı üzerindeki etkileri: OECD ülkeleri üzerine panel veri analizi. *Business & Management Studies: An International Journal*, 14(1), 300–311. <https://doi.org/10.15295/bmij.v14i1.2704>

- Kulyk, P., & Sługocki, W. (2025). The impact of the Common Agricultural Policy on energy efficiency in agriculture: Between farmer support and sustainable development in the Visegrad Group. *Energies*, 18(21), Article 5578. <https://doi.org/10.3390/en18215578>
- Küresel Ayak İzi Ağı. (2025). *Global Footprint Network*. Erişim tarihi: 12 Kasım 2025, <https://www.footprintnetwork.org/>
- Laborde, D., Mamun, A., Martin, W., Piñeiro, V., & Vos, R. (2021). Agricultural subsidies and global greenhouse gas emissions. *Nature Communications*, 12, Article 2601. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22703-1>
- Li, R., Guo, J., & Wang, Q. (2024). Evaluating the impact of official development assistance on ecological environments in agricultural and renewable energy sectors. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11, Article 1607. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03979-2>
- Li, R., Wang, X., & Wang, Q. (2022). Does renewable energy reduce ecological footprint at the expense of economic growth? An empirical analysis of 120 countries. *Journal of Cleaner Production*, 346, Article 131207. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131207>
- Liang, H., & Meng, Y. (2024). Impact of direct payments and non-financial support on smallholder income from environmentally friendly agriculture in Tohoku region, Japan. *Journal of Environmental Management*, 351, Article 119698. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119698>
- Liu, L., Li, X., & Wang, Z. (2025). The impact of government subsidies on the environmental performance of agricultural enterprises. *Sustainability*, 17(16), Article 7275. <https://doi.org/10.3390/su17167275>
- Liu, Z. (2024). Assessing the role of green finance in enhancing rural economic resilience and environmental sustainability. *Frontiers in Management Science*, 3(1), 82–89. <https://doi.org/10.56397/fms.2024.02.09>
- Mahmood, H., Furqan, M., Hassan, M. S., & Rej, S. (2023). The environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis in China: A review. *Sustainability*, 15(7), Article 6110. <https://doi.org/10.3390/su15076110>
- Mohammed, S., Gill, A. R., Ghosal, K., Al-Dalahmeh, M., Alsafadi, K., Szabó, S., Oláh, J., Alkerdi, A., Ocwa, A., & Harsanyi, E. (2024). Assessment of the environmental Kuznets curve within EU-27: Steps toward environmental sustainability (1990–2019). *Environmental Science and Ecotechnology*, 18, Article 100312. <https://doi.org/10.1016/j.ese.2023.100312>
- Naqvi, R. A., Almohsen, B., & Sohail, A. (2025). Modeling the environmental Kuznets curve: A stochastic approach using economic and climate data. *Journal of Environmental Management*, 373, Article 123108. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123108>
- Nas, Ş., Miçoogulları, S. A., & Moalla, M. (2024). The significance of participation in the global production network to economic development: An econometric analysis of BRICS+ T countries. *Ege Academic Review*, 24(1), 101–116. <https://doi.org/10.21121/eab.1194774>
- Our World in Data. (2025). *Search*. Erişim tarihi: 12 Kasım 2025, <https://ourworldindata.org/search>
- Özdemir, Ö. (2026). Gelişmekte olan ülkelerde çevresel sürdürülebilirliğin ekonomik, çevresel ve teknolojik belirleyicileri: Panel ARDL analizi. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 26(1), 818–831. <https://doi.org/10.11616/asbi.1824450>
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265–312. <https://doi.org/10.1002/jae.951>
- Piñeiro, V., Arias, J., Dürr, J., Elverdin, P., Ibáñez, A., Kinengyere, A., Opazo, C., Owoo, N., Page, J., Prager, S., & Torero, M. (2020). A scoping review on incentives for adoption of sustainable agricultural practices and their outcomes. *Nature Sustainability*, 3, 809–820. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00617-y>
- Roy, A. (2024). The impact of foreign direct investment, renewable and non-renewable energy consumption, and natural resources on ecological footprint: An Indian perspective. *International Journal of Energy Sector Management*, 18(1), 141–161. <https://doi.org/10.1108/IJESM-09-2022-0004>
- Sahoo, M., & Sethi, N. (2021). The intermittent effects of renewable energy on ecological footprint: Evidence from developing countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(40), 56401–56417. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14600-3>

- Sethi, L., Behera, B., & Sethi, N. (2024). Do green finance, green technology innovation, and institutional quality help achieve environmental sustainability? Evidence from the developing economies. *Sustainable Development*, 32(3), 2709–2723. <https://doi.org/10.1002/sd.2811>
- Sharma, G. D., Shah, M. I., Chopra, R., Rao, A., & Shahzad, U. (2025). Impact of technological advancement and greener energy on sustainable agriculture in Asia: Evidence from selected Asian countries. *Sustainable Development*, 33(1), 221–237. <https://doi.org/10.1002/sd.3106>
- Sobirov, Y., Artikov, B., Khodjaniyozov, E., Marty, P., & Saidmamatov, O. (2025). Economic growth, FDI, tourism, and agricultural productivity as drivers of environmental degradation: Testing the EKC hypothesis in ASEAN countries. *Sustainability*, 17(18), Article 8394. <https://doi.org/10.3390/su17188394>
- Swamy, P. A. V. B. (1970). Efficient inference in a random coefficient regression model. *Econometrica*, 38(2), 311–323. <https://doi.org/10.2307/1913012>
- Türk, M. M. (2026). The impact of renewable energy and technological innovations on ecological footprint: Evidence from G-7 countries. *Environmental Research and Technology*, 9(1), 64–79. <https://doi.org/10.35208/ert.1619297>
- Usman, M., & Makhdam, M. S. A. (2021). What abates ecological footprint in BRICS-T region? Exploring the influence of renewable energy, non-renewable energy, agriculture, forest area and financial development. *Renewable Energy*, 179, 12–28. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.07.014>
- 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>
- Yaman, H., & Sungur, O. (2020). İleri teknoloji ihracati ve büyüme ilişkisi: OECD ülkelerine yönelik ekonometrik bir analiz. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 63–80. <https://doi.org/10.11616/basbed.v20i53206.645139>
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2026). *Panel zaman serisi analizi: Stata uygulamalı* (5. baskı). Beta Basım Yayın Dağıtım.
- Zafar, S. (2026). Evaluating the emission impacts of agricultural subsidies policy in India. *Indian Growth and Development Review*, 19(1), 24–42. <https://doi.org/10.1108/IGDR-10-2024-0181>