



2025, 14 (1), 540-557 | Araştırma Makalesi

Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının Ekolojik Ayak İzine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği

Esin Kendir¹

Harun Yakışık²

Öz

Yenilenebilir enerji ile çevresel ilişkilere yönelik çalışmaların son dönemlerde yoğun bir şekilde arttığı görülmektedir. Dünyanın artan enerji talebi ve iklim değişikliği tehdidi, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyacı her geçen gün daha da artırmaktadır. Ekolojik ayak izini azaltan yenilenebilir enerji yatırımları fosil yakıt tüketimini azaltacağından, iklim değişikliğiyle mücadelede kritik bir rol oynayarak sürdürülebilir bir enerji geleceği için hayati öneme sahiptir. Dolayısıyla bu çalışmada yenilenebilir enerji yatırımlarının ekolojik ayak izini ne yönde etkilediğini ortaya koymak amaçlanmaktadır. Literatürde, genel olarak yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkileri araştırılırken, bu çalışma elektrik üretiminde yenilenebilir enerji yatırımlarının (RI) ekolojik ayak izi (EFP) üzerindeki etkilerine odaklanmaktadır. Bu nedenle, literatürdeki bu boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Çalışmada Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye (BRICS-T) için 2007-2020 dönemini kapsayan veriler, Breusch-Pagan LM testi, LLC ve IPS testleri, Hausman testi ve PMG tahmincisi kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji yatırımları ekolojik ayak izini artırırken, yabancı doğrudan yatırımlar, ekolojik ayak izini azaltmaktadır. Nüfus yoğunluğunun ise ekolojik ayak izi üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamaktadır. Bu sonuçlara göre yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımların çevresel sürdürülebilirlik için kritik önem taşıdığı ve bu alandaki politikaların güçlendirilmesi gerektiği vurgulanabilir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji Yatırımları, Ekolojik Ayak İzi, Çevresel Sürdürülebilirlik, BRICS-T, Panel Veri Analizi

Kendir, E., & Yakışık, H. (2025). Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının Ekolojik Ayak İzine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 14(1), 540-557. <https://doi.org/10.15869/itobiad.1615883>

Geliş Tarihi	09.01.2025
Kabul Tarihi	23.03.2025
Yayın Tarihi	28.03.2025
*Bu CC BY-NC lisansı altında açık erişimli bir makaledir.	

1 Dr., esinkendir@hotmail.com, ORCID:0000-0003-0435-7499

2 Prof. Dr., Çankırı Karatekin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Politikası Anabilim Dalı, Çankırı, Türkiye, haruny@karatekin.edu.tr, ORCID:0000-0001-9542-1614



2025, 14 (1), 540-557 | Research Article

The Impact of Renewable Energy Investments on Ecological Footprint: New Evidence From BRICS-T Region

Esin Kendir¹

Harun Yakışık²

Abstract

Recent studies on the relationship between renewable energy and environmental sustainability have increased significantly. The growing global energy demand and the threat of climate change further underscore the necessity of renewable energy sources. Since renewable energy investments help reduce ecological footprint (EFP) by decreasing fossil fuel consumption, they play a critical role in combating climate change and ensuring a sustainable energy future. Therefore, this study aims to examine the impact of renewable energy investments on the ecological footprint. While the existing literature predominantly explores the effects of renewable energy consumption on carbon emissions, this study focuses specifically on the impact of renewable energy investments (RI) in electricity generation on the ecological footprint (EFP). By doing so, it seeks to fill a gap in the literature. This study analyzes data from Brazil, Russia, India, China, South Africa, and Turkey (BRICS-T) for the period 2007–2020 using the Breusch-Pagan LM test, LLC and IPS unit root tests, the Hausman test, and the PMG estimator. The findings indicate that while economic growth and renewable energy investments increase the ecological footprint, foreign direct investments contribute to its reduction. However, population density does not have a statistically significant effect on the ecological footprint. These results highlight the critical importance of renewable energy investments for environmental sustainability and emphasize the need to strengthen policies in this area.

Keywords: Renewable Energy Investments, Ecological Footprint, Environmental Sustainability, BRICS-T, Panel Data Analysis

Kendir, E., & Yakışık, H. (2025). The Impact of Renewable Energy Investments on Ecological Footprint: New Evidence From BRICS-T Region. *Journal of the Human and Social Science Researches*, 14(1), 540-557. <https://doi.org/10.15869/itobiad.1615883>

Date of Submission	09.01.2025
Date of Acceptance	23.03.2025
Date of Publication	28.03.2025
*This is an open access article under the CC BY-NC license.	

1 Dr., esinkendir@hotmail.com, ORCID:0000-0003-0435-7499

2 Prof. Dr., Çankırı Karatekin University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economic Policy, Çankırı, Türkiye, haruny@karatekin.edu.tr, ORCID:0000-0001-9542-1614

Giriş

Son dönem literatür çalışmalarına bakıldığında yenilenebilir enerji ve ekolojik ayak izi ilişkilerini araştıran çalışmaların sürdürülebilir kalkınmanın literatüre girdiği Brundtland Raporu (ortak geleceğimiz) sonrası yoğunluk kazandığı görülmektedir. Kyoto Protokolü, Bin Yıl Kalkınma Hedefleri, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, Paris İklim Değişikliği Sözleşmesi ve Avrupa Yeşil Mutabakatı hedefleri doğrultusunda ülkelerin karbon emisyonunu azaltma yönünde verdiği taahhütlerle birlikte çalışmalar daha da hızlanmıştır. Sürdürülebilir Kalkınma Raporu'nda "bugünün ihtiyaçlarını karşılarken, gelecekteki kuşakların imkanlarını kısıtlamayacak, kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerini daraltmayacak bir kalkınma tarz ve sürecinin benimsenmesi" (WCED, 1987) şeklinde tanımlanmaktadır. Dolayısıyla sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak ekonomik büyümenin gerçekleştirilmesini sağlarken aynı zamanda bu rapor kaynakların etkin kullanılması gerektiğini de ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda küresel ısınma tüm ülkeler için önemli bir sorun haline geldiğinden Kyoto Protokolü, her üretim faaliyetinin ekosistemde karbon ayak izi oluşturduğunda tüm ülkelere karbon emisyonunu azaltma yükümlülükleri getirmiştir (Mart'inez-Zarzoso, 2009). Bin Yıl Kalkınma Hedefleri ise Birleşmiş Milletlerin (BM), Eylül 2001'de tüm ülkelerin 2015 yılına kadar ulaşması gereken ortak hedefleri belirlemiştir (UN, 2012). Bu hedeflerden yedinci hedef, çevresel sürdürülebilirlik hedefiyle ilişkilidir. Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden yedinci hedef, herkes için uygun fiyatlı, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişimi içermektedir (UNSC, 2015). Bu hedef fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılarak sürdürülebilir ve gezegene en az ya da sıfır emisyon salan enerji dönüşümünün gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır. BM İklim Değişikliği Konferansı 2015 yılında (COP21) iklim değişikliği konusunda yasal bağlayıcılığı olan ilkeler belirlemiş ve 2016 yılında yürürlüğe girmiştir. Kyoto Protokolünde belirlenen taahhütleri yerine getirmekten çekinen başta gelişmiş ülkeler olduğundan 2020 sonrası iklim değişikliği ile ilgili sorumlulukları yürütme ve takip etme işlevi Paris İklim Değişikliği Sözleşmesi'ne geçmiştir. Paris İklim Değişikliği Sözleşmesi'nin en genel hedefi "küresel ortalama sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelerin 2°C altında tutmak" ve "sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelerin 1,5°C ile sınırlamak" tır (UNFCCC, 2015). Avrupa Komisyonu, Avrupa Birliği ülkelerinin 2050 yılına kadar iklim nötrlüğüne ulaşması, çevre dostu teknolojilere yönelik araştırma ve yatırımların teşvik edilmesi ve kirliliğin azaltılması amacıyla 2019 yılında Avrupa Yeşil Mutabakatı'nı oluşturmuştur. Bu mutabakat, bir dizi politika önlemi ve destek programını içermektedir. (European Commission, 2019). Mutabakat içerdiği hedefleri 2020 yılında kademeli olarak uygulamaya başlamıştır.

Çevresel sürdürülebilirlikle mücadele, ülkelerin öncelikli gündem maddelerinden biri haline gelmiştir. Bu bağlamda, özellikle Avrupa Yeşil Mutabakatı, iklim nötrlüğü hedefine ulaşmak için somut adımlar atmaya amaçlamaktadır. Ancak, mevcut literatür incelendiğinde, bu hedeflere ulaşma yolunda yapılan çalışmaların genellikle belirli konulara odaklandığı görülmektedir. Bilindiği üzere, karbon emisyonu ile ilgili yapılan çalışmalar daha çok yenilenebilir enerji yatırımlarının sera gazı emisyonlarını azaltmadaki etkisine odaklanmakta, iklim değişikliğiyle mücadele etmenin nasıl katkı sağladığını analiz etmektedir. Ekolojik ayak izi üzerine yapılan çalışmalar ise daha çok yenilenebilir enerji projelerinin genel çevresel etkilerini değerlendirmektedir. Bu sayede uzun vadede daha çevre dostu projeler geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışma ise BRICS-T ülkelerinde yenilenebilir enerji yatırımlarının ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerine odaklanmaktadır. Bu etkileri görmek amacıyla 2007- 2020 yılları veri aralığı ele alınmıştır. BRICS-T ülkeleri, dünya nüfusunun ve küresel enerji tüketiminin büyük bir bölümünü oluşturan ülkeler grubunda yer almaktadır. Türkiye ise gözlemci ülke olması ve bu ülkelerle yürüttüğü yakın ekopolitik ilişkiler sebebiyle bu çalışmaya dahil edilmiştir (Yaşar ve Bolat, 2023). Bu doğrultuda BRICST ülkelerinde yapılan yenilenebilir enerji yatırımlarının çevresel etkilerini analiz etmek önemli bir hale gelmiştir.

Buna ek olarak BRICS-T ülkeleri, gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYİH) büyüme oranlarındaki önemli farklılıklarla ön plana çıkan en büyük gelişmekte olan ekonomiler olmalarıyla da dikkat çekmektedir. GSYİH ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişki pozitif ve negatif yönleri ile çok boyutludur. GSYİH büyüdükçe çevre dostu teknolojilere daha fazla yatırım yapılabilir ve karbon vergileri gibi politikalar uygulanabilmektedir. Bunun aksine ekonomik büyüme, doğal kaynak kullanımını artırarak ekosistemler üzerinde baskı yaratabilir ve fosil yakıtlara dayalı sanayileşen ülkeler için sera gazı emisyonlarını arttırabilmektedir (Asif vd., 2024: 29).

Ayrıca BRICS-T ülkelerinde yabancı doğrudan yatırımların çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki rolü oldukça etkilidir. Brezilya, Hindistan ve Güney Afrika gibi gelişen piyasalar fosil yakıtlara bağımlılıklarından dolayı ekonomik zorluklarla karşılaşmaktadır(www.reuters.com). Ükelere sağlanan yabancı doğrudan yatırımlar sermaye akışı sağlayarak sanayileşmeyi hızlandırabilmekte ve çok uluslu şirketlerin getirdiği yenilikçi teknolojiler ile bu ülkelerde yeşil büyümeyi teşvik etmektedir (Şaşmaz vd., 2018).

Aynı zamanda nüfus yoğunluğu bu ülkelerin enerji tüketimi ve çevresel etkileri üzerinde de önemli bir rol oynamaktadır (Feng vd., 2024: 169). Artan nüfus yoğunluğu, yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımların ne kadar etkili olduğunu ve bu yatırımların ekolojik ayak izini nasıl etkileyebileceğini anlamak açısından kritik bir faktördür (Thi Mai vd., 2024: 1763). BRICS-T ülkeleri, gelişmekte olan ülkeler grubunda yer aldığından, hızlı büyüme arzuları ve yüksek nüfus yoğunlukları doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı arttırmaktadır. Bu durum, doğal kaynakların daha hızlı tükenmesine yol açarken, söz konusu ülkelerin ekolojik ayak izi üzerindeki görece etkilerini de artırdığı söylenebilir.

Ancak detaylı literatür incelemesi sonucunda çalışmalar genel itibarıyla yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyonu değişkeni (Charfeddine ve Kahia, 2019; Chen vd., 2019; Farhani, 2013; Saidi ve Mbarek, 2016) alanında yoğunlaşırken yenilenebilir enerji üretiminin ekolojik ayak izi üzerindeki etkileri konusunda yapılan çalışmaların yok denecek kadar az sayıda olduğu ve yeterince incelenmediği gerçeğiyle karşılaşmıştır (Voumik vd.2023). Bu bağlamda bu çalışma ile yenilenebilir enerji projelerinin ekolojik ayak izine bir başka ifadeyle çevresel sürdürülebilirliğe gerçekten katkı sağlayıp sağlamadığı sorusuna yanıt aranmaktadır.

Bu doğrultuda çalışma çevresel sürdürülebilirlik bağlamında BRICS-T ülkelerinde gayrisafi yurtiçi hasıla, nüfus yoğunluğu, yabancı doğrudan yatırımlar ve yenilenebilir enerji yatırımlarının ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Bu doğrultuda 2007-2020 veri aralığı ele alınmıştır. Çalışmada, ilk olarak panel veri setinin yatay kesit bağımlılığı Breusch-Pagan LM testi ile incelenmiş ve yatay kesit bağımlılığının varlığı tespit edilmiştir. Ardından, değişkenlerin durağanlık özellikleri LLC ve IPS panel

birim kök testleri ile analiz edilmiş ve bazı değişkenlerin seviyede durağan olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle, değişkenlerin birinci farkları alınmıştır. Daha sonra, Hausman testi ile sabit etkiler modelinin uygunluğu belirlenmiş ve ülkeler arasında heterojenliğin varlığı tespit edilmiştir. Panel veri analizinde heterojenliğin etkilerini daha detaylı incelemek amacıyla MG (Mean Group) ve PMG (Pooled Mean Group) tahminicileri kullanılmıştır.

Ayrıca çalışma, literatürde genellikle yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonları üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalardan farklı olarak, yenilenebilir enerji yatırımlarının ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini analiz etmesi bakımından özgün bir değer taşımaktadır. Dolayısıyla çalışma literatürde karşılaşılan bu boşluğu daha kapsamlı bir çerçevede ele alarak doldurmayı ve literatüre bir çeşitlilik kazandırmayı amaçlamaktadır. Bu sayede çalışmanın özgün değerini de ortaya koymaktadır.

Çalışmanın diğer bölümleri ilk olarak çevresel sürdürülebilirlik bağlamında yapılan çalışmaları göstermek amacıyla literatür taramasından oluşmaktadır. Burada amaç çalışmanın literatürde yapılan diğer çalışmalardan farkını ortaya koymaktır. Çalışma araştırma metodolojisi ve analizlerle devam etmekte, bulguların tartışılması ve sonuç bölümüyle sonuçlanmaktadır.

Literatür Taraması

Literatürde çevresel sürdürülebilirlik bağlamında yenilenebilir enerjinin çevresel bozulmayla arasındaki ilişkiyi inceleyen çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların metodolojileri, bulguları ve sonuçları arasındaki ilişkiler dikkate alındığında, araştırmaların genel olarak yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izi ya da karbon emisyonları üzerindeki etkisini değerlendirmeye odaklandığı görülmektedir. Ancak, çalışmalarda kullanılan yöntemler, incelenen ülkeler ve dönemler çerçevesinde farklı sonuçlara ulaşılmıştır.

Örneğin Saidi ve Mbarek (2016), Granger nedensellik testini uygulayarak yenilenebilir enerji tüketimi ile gayri safi yurtiçi hasıla arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu ortaya koyarken, Charfeddine ve Kahia (2019) PVAR modeli ve varyans ayrıştırma yöntemi kullanarak yenilenebilir enerjinin karbon emisyonlarını ve ekonomik büyümeyi açıklamada sınırlı bir güce sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu durum, yenilenebilir enerji kullanımının çevresel sürdürülebilirlik açısından her zaman belirleyici bir faktör olmayabileceğini göstermektedir. Benzer şekilde, Chen vd. (2019) Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini test ederek yenilenebilir enerjinin karbon emisyonları üzerindeki etkisinin bölgelere göre değiştiği sonucu elde etmişlerdir. Bu sonuç, yenilenebilir enerji kullanımının ekolojik etkilerinin tek tip bir modele sığdırılamayacağını, ülkelerin ekonomik yapıları, enerji politikaları ve teknolojik gelişmişlik düzeylerine göre farklılık gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

Çalışmalar ekolojik ayak izi açısından değerlendirildiğinde Pata (2021), BRIC ülkeleri için yaptığı çalışmada Fourier ADL eş bütünleşme modelini kullanarak doğal kaynak rantı, yenilenebilir enerji ve kentleşmenin ekolojik ayak izini azalttığını ve çevre kalitesine olumlu katkı sağladığı bulgusuna ulaşmıştır. Bu bulgu, yenilenebilir enerjinin çevresel bozulmayı azaltıcı bir rol oynayabileceğine işaret ederken, Doytch (2020), sabit etkiler yöntemiyle yaptığı çalışmada finansal olmayan hizmetlere yönelik doğrudan yabancı yatırımların ekolojik açıdan daha zararlı olduğu sonucuna varmıştır. Bu iki çalışma

arasındaki fark, ekolojik ayak izi üzerindeki değişkenlerin etkilerinin ülkeler ve sektörlerle göre değişebileceğini göstermektedir.

Görüldüğü gibi son dönemlerde yapılan çalışmaların modellerinde yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izi ya da karbon emisyonu üzerindeki etkileri araştırmaya çalışılmıştır. Farklı ülke grupları ve farklı analiz tekniklerine göre farklı bulgular elde edildiği bu çalışmalarda ortaya konulmuştur. Örneğin Pata (2021) yaptığı çalışmada yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izini azalttığı sonucunu elde ederken Voumik vd. (2023) G-7 ülkeleri üzerine yaptığı çalışmada kantil regresyon ve genelleştirilmiş momentler yöntemi ile yenilenebilir enerji üretiminin karbon emisyonlarını azalttığı bulgusunu elde etmiştir. Bu alanda yapılan farklı çalışmaların ülke grupları, analiz teknikleri ve elde edilen bulguları detaylı olarak Tablo1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Literatür Özeti

Araştırmacılar ve Yayın Yılı	Örneklem ve Dönem	Yöntem	Bulgular	
Sahbi Farhani (2013)	12 MENA Ülkesi (1975-2008)	Panel FMOLS ve DOLS tahminleri	Uzun vadede ekonomik büyüme ve karbon emisyonlarından yenilenebilir enerji tüketimine doğru giden tek yönlü bir nedensellik bulgusuna ulaşılmıştır.	
Marquart ve Sandra (2015)	5 gelişmekte olan ülkeler (1961-2006)	Prais-Winsten Yöntemi	Demografik özelliklerin bu ülkelerde ekolojik ayak izlerini etkileyen temel faktörler olduğu sonucuna varılmıştır.	
Saidi ve Mbarek (2016)	9 Gelişmiş Ülke (1990-2013)	Granger nedensellik testi	Yenilenebilir enerji tüketimi ile gayri safi yurtiçi hasıla arasında çift yönlü nedensellik bulunmuştur.	
Liu ve Kim (2018)	44 BRI Ülkeleri (1990- 2016)	Var Modeli, PVAR Modeli, VECM Modeli, Panel Granger testi	Yabancı doğrudan yatırımların ekolojik ayak izi ile çift yönlü bir ilişki göstermediği sonucuna varılmıştır.	
Charfeddine ve Kahia (2019)	24 MENA Ülkesi (1980-2015)	PVAR modeli, Etki Tepki fonksiyonu ve varyans ayrıştırması	Yenilenebilir enerji ve yabancı doğrudan yatırımlarının karbon emisyonlarını ve ekonomik büyümeyi açıklamada küçük bir açıklama gücüne sahip olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.	
Chen vd. (2019)	Çin (1995-2012)	Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinin testi	Yenilenebilir enerjinin karbon emisyonları üzerindeki etkisinin bölgelere göre farklılık gösterdiği sonucu elde edilmiştir.	
Hussain vd. (2020)	Pakistan (1981-2016)	VECM Modeli	Nüfus yoğunluğunun ekolojik ayak izi üzerindeki etkisinin negatif olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.	
Doytch (2020)	117 Düşük; Orta ve Yüksek Gelirli Ülkeler (1884-2011)	Sabit yöntem	Etkiler	Finansal olmayan hizmetlere yönelik doğrudan yabancı yatırım, üretime yönelik doğrudan yabancı yatırımdan daha çok ekolojik olarak zararlı olduğu sonucuna varılmıştır.
Melike Atay Polat	Türkiye (1980-2013)	Eş testleri	Bütünleşme	Doğrudan yabancı yatırımların karbondioksit emisyonunu azalttığı sonucuna varılmıştır.
Pata (2021)	4 BRIC ülkeleri (1971-2016)	Fourier Eşbütünleşme Modeli	ADL	Doğal kaynak rantı, yenilenebilir enerji ve kentleşmenin ekolojik ayak izini azalttığını ve bunların çevre kalitesine olumlu bir katkıda buldukları bulgularına ulaşılmıştır.

Tablo 1 Devamı			
Araştırmacılar ve Yayın Yılı	Örneklem ve Dönem	Yöntem	Bulgular
Arogundade vd. (2022)	31 Afrika ülkesi	Driscoll-Kraay, Durbin modeli	Yabancı doğrudan yatırımların Afrika'daki ekolojik ayak izi üzerinde doğrusal olmayan bir etkisi olduğu ve Afrika'daki çevresel bozulma belirleyicisinin hem doğrudan hem de taşma etkilerine dair kanıt sağladığı sonucuna varılmıştır.
Appiah vd. (2023)	29 OECD ülkesi	CS-ARDL modeli	Ekolojik ayak izi ile yenilenebilir enerji, inovasyon ve çevresel politika değişkenleri arasında çift yönlü nedensellik olduğunu ortaya koymaktadır
Mazlum (2023)	E-7 Ülkeler (1990-2018)	İkinci Nesil Eş Bütünleşme Testi	Ekonomik büyümenin ekolojik ayak izini artırdığı sonucuna varılmıştır
Voumik vd. (2023)	G-7 Ülkeleri (1971-2019)	Kantil Regresyon, Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi, Tesadüfi Etkiler ve Sabit Etkiler	Hidroelektrik ve yenilenebilir enerji üretiminin, tüm regresyon modellerinde karbon emisyonlarını azalttığı sonucuna varılmıştır.
Aktürk Gültekin (2024)	ve OECD Ülkeleri (1997-2020)d	MG ve RC modelleri	GSYİH artışının ekolojik ayak izini artırdığı, yenilenebilir enerji kullanımının ise azalttığı sonucuna varılmıştır.
Aydın vd (2024)	OECD ülkeleri (1995-2020)	AMG ve RCCE' Tahmincisi	Çevre politikalarının katılığı, Slovenya ve Kore'de yeşil enerji benimsenmesini teşvik ederken, OECD ülkeleri genelinde bu politikaların yetersiz kaldığı görülmüştür.
Nuta vd. (2024)	Avrupa Ülkeleri (1995-2018)	Konya Nedensellik Testi	Çevre, teknolojik yenilik, nüfus yaşlanması ve doğrudan yabancı yatırım arasında uzun vadeli ilişki olduğu sonucuna varılmıştır.

Yenilenebilir enerji, ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırımlar ve demografik faktörlerin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmalar Tablo1'de sunulmuştur. Tablodaki çalışmalar incelendiğinde farklı ülkeler, zaman dilimleri ve yöntemler kullanılarak bu ilişkilerin analiz edildiği görülmektedir. Bazı çalışmaların bulguları yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izini azaltıcı etkisine vurgu yaparken bazı bulguların ise etkisinin sınırlı olduğu veya ülke gruplarına göre değişiklik gösterdiği ortaya konulmuştur. Örneğin, Pata (2021) BRIC ülkeleri için yaptığı çalışmada doğal kaynak rantı, yenilenebilir enerji ve kentleşmenin ekolojik ayak izini azalttığını belirtirken, Charfeddine ve Kahia (2019) MENA ülkelerinde yenilenebilir enerjinin ekolojik sürdürülebilirlik açısından sınırlı bir etkisi olduğunu bulmuştur. Benzer şekilde, Chen vd. (2019), yenilenebilir enerjinin karbon emisyonları üzerindeki etkisinin bölgelere göre farklılık gösterdiğini belirlemiştir. Bu durum, yenilenebilir enerji yatırımlarının ve politikalarının etkisinin ülkelerin ekonomik ve çevresel yapısına bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.

Öte yandan, bazı çalışmalar doğrudan yabancı yatırımların ekolojik etkilerini de analiz etmiş ve farklı sonuçlara ulaşmıştır. Liu ve Kim (2018), doğrudan yabancı yatırımların ekolojik ayak izini artırdığı sonucuna varırken, Arogundade vd. (2022) Afrika ülkeleri için yaptığı çalışmada doğrudan yabancı yatırımların ekolojik ayak izi üzerindeki etkisinin doğrusal olmadığını ve politika belirleyicilerin hem doğrudan hem de dolaylı etkileri göz önünde bulundurulması gerektiğini vurgulamıştır. Bu sonuç, doğrudan yabancı yatırımların çevresel etkilerinin yatırımın türüne ve sektörüne bağlı olarak

değişebileceğini göstermektedir. Diğer taraftan Polat (2015), karbondioksit emisyonu ve doğrudan yabancı yatırımlar arasındaki ilişkiyi incelemiş ve doğrudan yabancı yatırımlardaki %1'lik artışın karbondioksit emisyonunu azalttığını tespit etmiştir.

Ayrıca tablodaki çalışmalar ekolojik ayak izi üzerindeki etkiler açısından da farklılaşmaktadır. Appiah vd. (2023), yaptığı çalışmada ekolojik ayak izi ile makroekonomik değişkenler arasında uzun vadeli bir ilişki tespit ederken, Hussain vd. (2020) nüfus yoğunluğunun ekolojik ayak izine negatif etkisi olduğunu belirlemiştir. Bu durum, ekolojik ayak izinin yalnızca enerji politikalarıyla değil, demografik ve makroekonomik faktörlerle de şekillendiğini göstermektedir.

Son olarak, Voumik vd. (2023), G-7 ülkeleri üzerine yaptığı çalışmada kantil regresyon ve genelleştirilmiş momentler yöntemi ile yenilenebilir enerji üretiminin karbon emisyonlarını azalttığını belirtmiştir. Bu bulgu, Pata (2021) ile paralellik gösterse de Charfeddine ve Kahia (2019) ve Chen vd. (2019) tarafından elde edilen bulgular ile çelişmektedir. Bu çelişki, yenilenebilir enerjinin ekolojik etkilerinin bölgesel, ekonomik ve politik faktörlere bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.

Genel olarak tablodaki çalışmalarda metodoloji ve bulgular açısından farklılık olduğu görünse de yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi konusunda kesin bir fikir birliğinin olduğu söylenemez. Fakat çalışmaların genel eğilimi yenilenebilir enerji yatırımlarının çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağladığı yönündedir.

Sonuç olarak ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerin büyüklüğü ülke gruplarına, politikalarına ve ekonomik yapılarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Tüm bu parametreler doğrultusunda BRICS-T ülkeleri için yapılacak bir analizin literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada ise mevcut literatürden farklı olarak BRICS-T ülkelerinde yenilenebilir enerji yatırımlarının ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi incelenmektedir. Literatürde çoğunlukla yenilenebilir enerji tüketimi değişkeni kullanılmışken, bu çalışmada yenilenebilir enerji yatırımının elektrik üretimindeki yüzde payı değişkeni olarak ele alınmıştır. Bu farklılık, çalışmanın yenilikçi yönünü oluşturmakta ve mevcut çalışmalara katkı sunmayı amaçlamaktadır. Ayrıca GSYİH, nüfus yoğunluğu ve yabancı doğrudan yatırımlar gibi değişkenler de kontrol değişkenleri olarak modele dahil edilmiştir. Çünkü literatürde bu değişkenlerin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerinin hem olumlu hem de olumsuz yönde olabileceği bulgularına ulaşılmıştır.

Veri Seti ve Yöntem

Bu çalışma çevresel sürdürülebilirlik bağlamında BRICS-T ülkelerinde gayrisafi yurtiçi hasıla, nüfus yoğunluğu, yabancı doğrudan yatırımlar ve yenilenebilir enerji yatırımlarının ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Bu doğrultuda 2007-2020 dönemi veri aralığı ele alınmıştır.

Çalışmada kullanılan veriler, uluslararası kuruluşların veri tabanlarından elde edilmiştir. Ekolojik ayak izi verileri kişi başına gha (küresel hektar) kullanımıyla ilgili geniş kapsamlı veriler sunan Global Footprint Network veri tabanından alınmıştır (<https://www.footprintnetwork.org/>). Gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYİH) verileri ise 2015 yılı sabit fiyatlarıyla, ülkelerin ekonomik büyüme performanslarını değerlendirmek amacıyla Dünya Bankası veri tabanından temin edilmiştir.

(<https://databank.worldbank.org/>). Aynı şekilde, ülkelerin nüfus yoğunluğu verileri de Dünya Bankası kaynaklıdır ve nüfusun km² başına düşen kişi sayısını ifade etmektedir.

Yabancı doğrudan yatırımlar net girişlerin gayrisafi yurtiçi hasılaya oranı olarak ülkelerin ekonomik gelişimi ve dış sermaye akışlarını değerlendirmek amacıyla yine Dünya Bankası veri tabanından sağlanmıştır. Yenilenebilir enerji yatırımları ile ilgili veriler ise elektrik üretimindeki yüzde payı olarak küresel düzeyde yenilenebilir enerji dönüşümünü takip eden Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) veri tabanından alınmıştır (<https://www.irena.org/>). Ekolojik ayak izi (LEFP), gayrisafi yurtiçi hasıla (LGDP) ve nüfus yoğunluğu (LPOP DEN) değişkenleri düzey değerleri olduğu için doğal logaritması alınmıştır. Tablo 2’de verilere ilişkin açıklama ve kaynaklara yer verilmiştir.

Tablo 2. Değişkenlere İlişkin Açıklamalar

Değişkenler	Açıklama	Kaynak
LEFP	Ekolojik Ayak İzi (kişi başına gha)	footprintnetwork.org
LGDP	GSYİH (sabit 2015 ABD\$)	World Bank
LPOP DEN	Km ² başına düşen nüfus yoğunluğu	World Bank
FDI	Yabancı doğrudan yatırım, net girişler (% GSYİH)	World Bank
RI	Yenilenebilir Enerji Yatırımı (elektrik üretimindeki payı (%))	IRENA

Verilere ilişkin açıklama ve kaynaklar Tablo 2’ de sunulmuştur. Çalışmada kullanılan klasik panel veri modeli aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$EFPL_{it} = \beta_0 + \beta_1 GDPL_{it} + \beta_2 POPDEN_{it} + \beta_3 FDI_{it} + \beta_4 RI_{it} + u_i + \epsilon_{it}$$

Burada: $EFPL_{it}$ ülke "i" ve yıl "t" için ekolojik ayak izini, $GDPL_{it}$ ülke "i" ve yıl "t" için gayri safi yurtiçi hasılayı (GSYİH), $POP DEN_{it}$ ülke "i" ve yıl "t" için nüfus yoğunluğunu, FDI_{it} ülke "i" ve yıl "t" için yabancı doğrudan yatırımları ve RI_{it} ülke "i" ve yıl "t" için yenilenebilir enerji yatırımlarını temsil etmektedir. u_i ise her ülkeye özgü sabit etkileri temsil etmekte ve ϵ_{it} modelde açıklanamayan ve rastgele değişkenliği temsil eden hata terimini ifade etmektedir.

Çalışmanın devamında ilk olarak değişkenlere ilişkin temel istatistiklere yer verilmiştir. Daha sonra panel veri setinin yatay kesit bağımlılığı Breusch-Pagan LM testi ile incelenmiş ve yatay kesit bağımlılığının varlığı tespit edilmiştir. Ardından, değişkenlerin durağanlık durumları LLC ve IPS panel birim kök testleri ile analiz edilmiş ve bazı değişkenlerin seviyede durağan olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle, değişkenlerin birinci farkları alınmıştır. Daha sonra, Hausman testi ile sabit etkiler modelinin uygunluğu belirlenmiş ve ülkeler arasında heterojenliğin varlığı tespit edilmiştir. Panel veri analizinde heterojenliğin etkilerini daha detaylı incelemek amacıyla MG (Mean Group) ve PMG (Pooled Mean Group) tahminicileri kullanılmıştır. Hausman test sonuçlarına göre PMG tahminicisi tercih edilmiştir. PMG tahminicisi aracılığıyla ekolojik ayak izi (EFPL) ile ekonomik büyüme (GDPL), yenilenebilir enerji yatırımları (RI) ve yabancı doğrudan yatırımlar (FDI) arasındaki uzun dönem ilişkileri incelenmiştir (Tatoğlu, 2020).

Bulgular

Çalışmanın bu bölümünde ilk olarak değişkenlere ilişkin temel istatistiklere yer verilmiştir.

Tablo 3. Değişkenlere İlişkin Temel İstatistikler

Variable	Gözlem Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
LEFP	84	.2617686	.5069357	-.4814861	.974972
LGDP	84	12.17329	.453966	11.47376	13.16484
LPOPDEN	84	1.796482	.5517214	.940322	2.671783
FDI	84	2.218862	1.063576	.4387358	4.502694
RI	84	27.57583	25.90786	.61	89.05

Tablo 3'te, 2007-2020 dönemine ait BRICS-T ülkelerinin değişkenlerine ilişkin temel istatistikler sunulmaktadır. Tablo incelendiğinde, bu ülkelerin ekolojik ayak izi ortalaması 0.27, gayrisafi yurt içi hasıla ortalaması 12.173, nüfus yoğunluğu ortalaması 1.796, yabancı doğrudan yatırımlar ortalaması 2.218 ve yenilenebilir enerji yatırımlar ortalamasının 27.575 olduğu görülmektedir. Değişkenlere ait standart sapma ve diğer istatistiksel değerler de tabloda yer almaktadır. Çalışmada, Levin vd. (LLC) ve Im vd. (1997) (IPS) panel birim kök testleri kullanılmıştır (Tatoğlu, 2020: 105). Bu testler, dengeli panel veri setlerine uygulanmaktadır. LLC istatistiği şu şekildedir;

$$\Delta y_{it} = a y_{it-1} + \sum_{j=1}^{p_i} \beta_{ij} \Delta y_{it-j} + X'_{it} \delta + \mu_{it}$$

Burada i seçilen ülkeleri ve t simgesi ise ele alınan zaman dilimini ifade etmektedir. LLC istatistiği ortak bir $a = p - 1$ olduğunu varsaymakta ve p_i 'nin katsayılar arasında değişmesine izin vermektedir. X_{it} ise modeldeki tüm dışsal değişkenleri temsil etmektedir. Modelin parametrelerinin kalıcılığının kesitler arasında ortak olduğu ve böylece tüm i için $p = p$ olduğu varsayılır. LLC yaklaşımı için sıfır hipotezi altında birim kök olduğu alternatifi " $H_0 : a = 0$ " ve birim kök olmadığı alternatifi ise " $H_1 : a = 0$ "dır.

Im, Pesaran ve Shin (2003) oto-regresif katsayıların ülkeden ülkeye değiştiğini varsaymaktadır. LLC testi gibi, bu test de Augmented Dickey-Fuller ilkesine dayanmaktadır. IPS testi için test denklemi şu şekildedir;

$$\Delta Y_{i,t} = a_i + p_i y_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p_i} \beta_{i,j} \Delta y_{i,t-j} + \varepsilon_{i,t}$$

burada $Y_{i,t}$ ($i = 1, 2, \dots, N$; $t = 1, 2, \dots, T$), t zaman periyodunu, i serideki ülkeleri, p_i ADF regresyonundaki gecikme sayısını ve $\varepsilon_{i,t}$ hata terimlerini temsil etmektedir. IPS testinin sıfır hipotezi " $H_0 : p_i = 0$ ve alternatif hipotezi ise " $H_1 : p_i < 0$ "dır. Tablo 4'te değişkenlerin durağanlık özelliklerini ölçmek amacıyla LLC ve IPS panel birim kök testlerinin bulgularına yer verilmiştir. LLC ve IPS panel birim kök testine göre genel bir otopregresif parametreye izin verildiği, birim ortalamalarının sabit olduğu ancak trend bileşeninin bulunmadığı varsayımına dayanmaktadır (Tatoğlu, 2020: 68-73).

Tablo 4. IPS ve LLC Test Sonuçları

Değişkenler	IPS Testi		LLC	
	İstatistik değeri	Prob değeri	İstatistik değeri	Prob değeri
LEFP	-0.9233	0.1779	-3.8074	0.0001*
LGDP	-1.1048	0.1346	-3.0124	0.0013*
LPOPDEN	-1.3474	0.0889***	-3.4951	0.0002*
FDI	-2.1049	0.0176**	-6.1444	0.0000*
RI	2.8165	0.9976	2.3456	0.9905
ΔLEFP	-4.8359	0.0000*	-4.2252	0.0000*
ΔLGDP	0.5144	0.6965	1.8940	0.9709
ΔLPOPDEN	3.8752	0.9999	3.0951	0.9990
ΔFDI	-4.3747	0.0000*	-7.7363	0.0000*
ΔRI	-3.4513	0.0003*	-1.9915	0.0232*

Not: (*p<0,01 , **p<0,05 , ***p<0,10 anlam düzeyinde)

Değişkenlerin durağanlık durumlarını belirlemek amacıyla LLC ve IPS panel birim kök testlerinin sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur. Tablodaki olasılık değerlerine göre, LEFP ve RI değişkenleri seviyelerinde durağanlık göstermemektedir. Ancak, bu değişkenlerin birinci farkları alındığında, %1 önem düzeyinde durağan hale geldikleri görülmektedir. Buna karşın, LGDP değişkeni hem seviyesinde hem de birinci farkı alındıktan sonra durağanlık sergilememektedir.

Çalışmada, birimler arası ilişki Breusch-Pagan LM testi ile incelenmiştir. Panel veri modellerinde, yatay kesit boyutunun zaman boyutundan küçük olduğu durumlarda, Breusch-Pagan LM testi birimler arası ilişkiyi ölçmek için kullanılabilir. Modelin zaman boyutu 13 ve yatay kesit boyutu 7 olduğundan, Breusch-Pagan LM testinin uygulanması uygundur.

Tablo 5: Breusch-Pagan LM Testi

	İstatistik Değeri	Olasılık Değeri
Breusch-Pagan LM Testi	307.09	0.0000

Tablo 5'te, Breusch-Pagan LM testine ait sonuçlar sunulmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, olasılık değeri $0.000 < 0,05$ olduğundan sıfır hipotezi (H_0) reddedilmiş ve birimler arasında ilişki olduğu saptanmıştır. Bu durum, yatay kesitler arasında bağımlılık bulunduğunu ifade eden alternatif hipotezin (H_1) kabul edildiği anlamına gelmektedir.

Breusch-Pagan LM testi, birimler arasında yatay kesit bağımlılığı olduğunu ortaya koyduktan sonra, bir sonraki adımda ülkeler arasındaki heterojenliği saptamak için Hausman testi kullanılmıştır. Bu test, panel veri analizinde model seçimi için kritik bir rol oynamaktadır. Yatay kesit bağımlılığı, birimlerin (ülkelerin) birbirleriyle ilişkili olduğunu gösterirken, heterojenlik ise bu birimlerin modeldeki değişkenlere farklı tepkiler verdiğini ifade etmektedir. Hausman testi, bu heterojenliğin sabit etkilerle mi yoksa rastgele etkilerle mi daha iyi temsil edildiğini belirlemektedir.

Eğer Hausman testi sonucunda sabit etkiler modeli tercih edilirse, bu durum ülkeler arasında zaman içinde değişmeyen, ancak gözlemlenemeyen farklılıkların olduğunu göstermektedir. Yani, her ülkenin kendine özgü, sabit bir etkisi olmakta ve bu etki modelde sabit bir terim olarak ele alınmalıdır. Örneğin, ülkelerin coğrafi konumları, kültürel farklılıkları veya kurumsal yapıları gibi faktörler bu sabit etkilere neden olabilir.

Ancak, eğer rastgele etkiler modeli tercih edilirse, bu heterojenliğin rastgele ve gözlemlenemeyen faktörlerden kaynaklandığı sonucuna varılmaktadır. Bu durumda, ülkeler arasındaki farklılıklar zaman içinde değişebilir ve rastgele dağılır. Örneğin, ülkelerin ekonomik şoklara veya politika değişikliklerine verdiği tepkiler bu rastgele etkilere neden olabilmektedir.

Bu nedenle çalışmada Hausman testi uygulanmış ve testin sonuçlarına göre, $\chi^2(3) = 13.27$ ve $\text{Prob} > \chi^2 = 0.0041$ olarak raporlanmıştır. Bu değerler, testin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve sıfır hipotezinin (H_0) reddedilmesi gerektiğini göstermektedir. Sıfır hipotezi, sabit ve rastgele etkiler tahmincilerinin tutarlı olduğunu varsayar; ancak, bu durumda olasılık değeri 0.05'ten küçük olduğu için bu hipotez reddedilmektedir.

Bu sonuçlar, sabit etkiler modelinin rastgele etkiler modeline göre daha uygun olduğunu ve dolayısıyla ülkeler arasında heterojenliğin bulunduğunu doğrulamaktadır. Ancak, Hausman testi sonuçları, bu veri setinde sabit etkilerin daha uygun olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, Hausman testi sonuçları ve diğer bulgular, ülkeler arasında heterojenliğin varlığını güçlü bir şekilde desteklemektedir.

Bu nedenle, MG ve PMG tahmincileriyle analizler yapılmıştır. Hausman testi, ülkeler arasında sabit etkilerin varlığını ve önemini ortaya koysa da bu heterojenliğin nasıl modelleneceği konusunda daha detaylı bir inceleme gerekmektedir. MG ve PMG tahmincileri heterojenliğin daha kapsamlı bir şekilde ele alınmasına olanak tanımaktadır.

MG tahmincisi her bir ülke için ayrı ayrı tahminler yaparak ülkeler arası heterojenliği tam olarak dikkate almakta ve bu tahminlerin ortalamasını sunmaktadır. Bu yaklaşım, ülkeler arasında önemli farklılıkların olduğu ve bu farklılıkların modelde tam olarak yansıtılması gerektiği durumlarda tercih edilmektedir. PMG tahmincisi ise, uzun dönem katsayılarının homojen olduğunu varsayarak, kısa dönem katsayılarının ve hata terimlerinin heterojen olmasına izin vermektedir. Bu yöntem, ülkeler arasında uzun dönemde benzer ilişkilerin olduğu, ancak kısa dönemde farklılıkların gözlemlendiği durumlarda daha etkin sonuçlar vermektedir.

Tablo 6: MG ve PMG Tahmincileri

Katsayılar	MG	PMG
Uzun Dönem Tahmin Sonuçları		
GDPL	.3259637	.4242168*
POPENL	-.6640162	-.7075898
FDI	-.0023236	-.0061697***
RI	.0044432	.0147232 *
ECT Hata Düzeltme Katsayısı		
ECT	-1.207279	.3384697
Hausman testi	2.19 (0.7005)	

Not: (* $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,10$ anlam düzeyinde)

MG ve PMG tahmincileri sonuçları Tablo 6 'da sunulmuştur. Bu tahminciler değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkilerini incelemektedir. MG ve PMG tahmincileri arasında tercih yapabilmek için Hausman Testi sonuçlarına bakılmıştır. Tabloda da görüldüğü üzere test sonucunda 2.19'luk bir değer elde edilmiş ve olasılık değeri 0.05 ten büyük olmasından dolayı ($p = 0.7005 > 0.05$) PMG tahmincisi tercih edilmiştir. Dolayısıyla bu modelin katsayılarının yorumlanması gerekmektedir

PMG tahmincisi katsayılarına bakıldığında, GDPL katsayısı 0.4242168 olarak bulunmuş ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu durum, GDPL'de meydana gelen 1 birimlik artışın, ekolojik ayak izini yaklaşık 0.42 birim artırdığını göstermektedir. RI katsayısı 0.0147232 olarak bulunmuş ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu sonuç, RI'da meydana gelen 1 birimlik artışın, ekolojik ayak izini yaklaşık 0.015 birim artırdığını göstermektedir. FDI katsayısı -0.0061697 olarak bulunmuş ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu durum, FDI'da meydana gelen 1 birimlik artışın, ekolojik ayak izini yaklaşık 0.006 birim azalttığını göstermektedir. Nüfus yoğunluğu katsayısı ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu durum, nüfus yoğunluğunun ekolojik ayak izi üzerinde doğrudan ve anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Son olarak, ECT (Hata Düzeltme Terimi) katsayısının her iki model için de anlamlı olmadığı görülmektedir.

Sonuç olarak, PMG modeli tahmincisi, analiz edilen değişkenler üzerinde daha uygun ve anlamlı sonuçlar sunarak, özellikle GDP ve FDI değişkenlerinin etkilerine dair daha güçlü bulgular sağlamıştır. Genel olarak, PMG tahmincisi sonuçları, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji yatırımlarının ekolojik ayak izini artırdığını, yabancı doğrudan yatırımların ise azalttığını ortaya koymaktadır.

Sonuç ve Tartışma

Çevresel sürdürülebilirlik ile ilgili yapılan çalışmalar son yıllarda popüler hale gelmiştir. Fakat literatürdeki çalışmalar incelendiğinde çevresel bozulmanın belirleyicisi olan karbon emisyonunu etkileyen faktörler arasında yenilenebilir enerji tüketimi yer almaktadır. Bu çalışmada ise çevresel sürdürülebilirlik kalitesini daha kapsamlı ifade eden ekolojik ayak izi değişkeni kullanılmıştır.

Ancak literatürde yenilenebilir enerji üretiminin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların yok denecek kadar az olduğu görülmektedir. Ayrıca literatürde yapılan çalışmalar yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izi üzerine etkileri yerine yenilenebilir enerji üretiminin ekolojik ayak izi üzerine etkilerini incelemektedir. Bu çalışma literatürdeki bu boşluğu doldurmayı amaçladığından özgün değeri öne çıkmaktadır.

Ayrıca literatür incelendiğinde çalışmaların genellikle yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonları üzerindeki etkilerine yoğunlaştığı görülmektedir (Charfeddine ve Kahia, 2019; Chen vd., 2019; Farhani, 2013; Saidi ve Mbarek, 2016). Bu çalışmada ise 2007-2020 dönemini kapsayan yıllar ile BRICS-T ülkeleri için ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji yatırımları ve yabancı doğrudan yatırımların ekolojik ayak izi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Panel veri analizinde heterojenliğin etkilerini dikkate almak amacıyla MG ve PMG tahmincileri kullanılmıştır. Hausman test sonuçlarına göre, uzun dönem homojenliği varsayan PMG tahmincisi tercih edilmiştir.

PMG tahmincisi sonuçları, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji yatırımlarının ekolojik ayak izini negatif yönde etkilediğini göstermektedir. Ekonomik büyüme katsayısının 0.4242168 ($p < 0.01$) olması, ekonomik büyümenin ekolojik ayak izini önemli ölçüde artırdığını ortaya koymaktadır. Bu bulgu, ekonomik büyümenin doğal kaynaklar üzerinde yarattığı baskıyı ve çevresel maliyetleri desteklemektedir. Literatürde, ekonomik büyümenin çevresel etkileri üzerine yapılan bazı çalışmalar, büyümenin

genellikle doğal kaynaklar üzerinde baskı yarattığını ve çevresel kirliliği artırdığını göstermektedir (Mazlum, 2023; Aktürk ve Gültekin, 2024).

Yenilenebilir enerji yatırımları katsayısının 0.0147232 ($p < 0.01$) olması ise yenilenebilir enerji yatırımlarının da ekolojik ayak izini artırdığını göstermektedir. Bu durum, yenilenebilir enerji teknolojilerinin üretim, kurulum ve atık yönetimi süreçlerinin çevresel etkileri olabileceğini düşündürmektedir. Yenilenebilir enerji yatırımlarının çevresel etkileri, literatürde daha az incelenmiş bir konudur. Ancak, bazı çalışmalar, yenilenebilir enerji teknolojilerinin de çevresel etkileri olabileceğini göstermektedir (Sovacoöl vd., 2020). Özellikle, biyokütle enerjisi ve hidroelektrik santrallerinin çevresel etkileri üzerine yapılan çalışmalar, bu teknolojilerin de doğal kaynaklar üzerinde baskı yaratabileceğini ve biyoçeşitliliği etkileyebileceğini göstermektedir. Bu çalışmanın sonuçları, yenilenebilir enerji yatırımlarının çevresel etkilerinin de dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

Yabancı doğrudan yatırımlar ise ekolojik ayak izini pozitif yönde etkilemektedir. Bu değişkenin katsayısının -0.0061697 ($p < 0.05$) olması yabancı doğrudan yatırımlarının çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağladığını göstermektedir. Bu durum, yabancı doğrudan yatırımlarının teknoloji transferi, çevreci üretim teknikleri ve sürdürülebilir yönetim uygulamaları yoluyla çevresel performansı iyileştirebileceğini göstermektedir. Polat (2015) tarafından Türkiye için yapılan bir çalışma ile benzerlik göstermektedir.

Voumik vd. (2023) G-7 ülkelerine yönelik yaptıkları çalışmada yenilenebilir enerjinin karbon emisyonunu azalttığı bulgusuna ulaşmışlardır ve bu çalışmadan elde edilen sonuç ile farklılaşmaktadır. Yenilenebilir enerji küresel durum raporuna (REN21, 2021) göre G-7 ülkelerinden biri olan Amerika Birleşik Devletleri bekleyen politika değişiklikleri nedeniyle 2020'nin sonunda rüzgâr enerjisindeki büyümeye öncülük etmiştir. Ayrıca aynı raporda Almanya'daki şirketlerin, çoğu durumda ısıtma ve soğutma için ihtiyaç duydukları enerjiyi başka bir yerden tedarik etmek yerine yerinde üretip ve tükettiğinden bahsedilmiştir. Bu projelerle birlikte Almanya 2020'nin sonunda yaklaşık 900 güneş termal sistemi ile endüstriyel ısı sağlamıştır. Bu sonuç G-7 ülkelerinde yenilenebilir enerji yatırımlarının karbon emisyonunu azaltmada daha etkin roller oynadığı sonucu ile açıklanabilir.

Bu çalışma, literatürde genellikle yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonları üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalardan farklı olarak, yenilenebilir enerji yatırımlarının ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini analiz etmesi bakımından özgün bir değer taşımaktadır. Ayrıca, BRICS-T ülkeleri gibi gelişmekte olan ekonomiler için ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji ve yabancı doğrudan yatırımlar arasındaki ilişkiyi incelemesi, bu ülkelerin sürdürülebilirlik politikalarına katkı sağlayacak önemli bulgular sunmaktadır. Özellikle, yenilenebilir enerji yatırımlarının ekolojik ayak izini arttırabileceği bulgusu, bu alandaki politika yapıcılara ışık tutmaktadır.

Ayrıca çalışma, BRICS-T ülkelerinde ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji yatırımlarının ekolojik ayak izi üzerindeki artırıcı etkilerini ortaya koymuştur. Bu bağlamda, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için ekonomik büyüme ve enerji politikalarının çevresel etkilerinin dikkate alınması gerekmektedir. Özellikle, yenilenebilir enerji yatırımlarının çevresel etkilerinin azaltılması ve yabancı doğrudan yatırımların çevresel sürdürülebilirliğe katkısının artırılması için politikalar geliştirilmesi gerektiği söylenebilir.

Sonuç olarak bu çalışma çevresel sürdürülebilirlik bağlamında ekolojik ayak izini etkileyen faktörleri ele alarak yenilenebilir enerji yatırımlarının ekolojik aya izi üzerindeki etkisini göstermiştir. Ayrıca bu çalışma gelecekteki araştırmalarda gayrisafi yurtiçi hasıla, nüfus yoğunluğu, yabancı doğrudan yatırımların ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini görmek amacıyla yenilenebilir enerji yatırımlarının da dahil edilmesi gerektiğine vurgu yapmaktadır. Bu sayede çalışma bulguları çevresel sürdürülebilirliği kontrol etmede, politika yapımcılarına ve gelecekteki literatüre yeni bakış açısı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışma sadece BRICS-T ülkeleri grubunda yenilenebilir enerji yatırımlarının ekolojik ayak izi üzerine odaklandığından çalışmanın kısıtını oluşturmaktadır. Daha sonra yapılacak çalışmalar farklı ülke gruplarını ele alarak çalışma bulguları zenginleştirilebilir.

Değerlendirme	İki Dış Hakem / Çift Taraflı Körleme
Etik Beyan	Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur.
Benzerlik Taraması	Yapıldı – Ithenticate
Etik Bildirim	itobiad@itobiad.com
Çıkar Çatışması	Çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
Finansman	Bu araştırmayı desteklemek için dış fon kullanılmamıştır.
Yazar Katkıları	Çalışmanın Tasarlanması: 1. Yazar (%60), 2. Yazar (%40) Veri Toplanması: 1. Yazar (%60), 2. Yazar (%40) Veri Analizi: 1. Yazar (%60), 2. Yazar (%40) Makalenin Yazımı: 1. Yazar (%60), 2. Yazar (%40) Makale Gönderimi ve Revizyonu: 1. Yazar (%60), 2. Yazar (%40)
Peer-Review	Double anonymized - Two External
Ethical Statement	It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited.
Plagiarism Checks	Yes - Ithenticate
Conflicts of Interest	The author(s) has no conflict of interest to declare.
Complaints	itobiad@itobiad.com
Grant Support	The author(s) acknowledge that they received no external funding in support of this research.
Author Contributions	Design of Study: 1. Author (%60), 2. Author (%40) Data Acquisition: 1. Author (%60), 2. Author (%40) Data Analysis: 1. Author (%60), 2. Author (%40) Writing up: 1. Author (%60), 2. Author (%40) Submission and Revision: 1. Author (%60), 2. Author (%40)

Kaynakça / References

Aktürk, E., & Gültekin, S. (2024). Teknolojik gelişim ile ekolojik ayak izi ilişkisi: OECD ülkeleri uygulaması. *Efil Journal of Economic Research*, 7(1), 104-117. <https://efiljournal.com/wp-content/uploads/2024/03/5-Ergu%CC%88n-Aktu%CC%88rk.pdf>

Appiah, M., Li, M., Naeem, M. A., & Karim, S. (2023). Greening the globe: uncovering the impact of environmental policy, renewable energy, and innovation on ecological footprint. *Technological Forecasting and Social Change*, 192, 122561. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122561>

Arogundade, S., Hassan, A. S., & Bila, S. (2022). Diaspora income, financial development and ecological footprint in Africa. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 29(5), 440-454. <https://doi.org/10.1080/13504509.2022.2036855>

Asif, M., Li, J. Q., Zia, M. A., Hashim, M., Bhatti, U. A., Bhatti, M. A., & Hasnain, A. (2024). Environmental sustainability in BRICS economies: The nexus of technology innovation, economic growth, financial development, and renewable energy consumption. *Sustainability*, 16(16), 6934. <https://doi.org/10.3390/su16166934>

Aydin, M., Degirmenci, T., Erdem, A., Sogut, Y., & Demirtas, N. (2024). From public policy towards the green energy transition: Do economic freedom, economic globalization, environmental policy stringency, and material productivity matter?. *Energy*, 311, 133404. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.133404>

Brundtland, G. H. (1987). *Our common future world commission on environment and development*. <https://docenti.unimc.it/elena.borin/teaching/2019/21812/files/lessons-and-recommended-readings-1/Our%20Common%20future%201987.pdf>

Camarero, M., & Tamarit, C. (2004). New evidence of the real interest rate parity for OECD countries using panel unit root tests in a "SURE" framework. <http://www3.uji.es/~camarero>

Charfeddine, L., & Kahia, M. (2019). Impact of renewable energy consumption and financial development on CO2 emissions and economic growth in the MENA region: A panel vector autoregressive (PVAR) analysis. *Renewable Energy*, 139, 198-213. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.010>

Chen, Y., Zhao, J., Lai, Z., Wang, Z., & Xia, H. (2019). Exploring the effects of economic growth, and renewable and non-renewable energy consumption on China's CO2 emissions: Evidence from a regional panel analysis. *Renewable Energy*, 140, 341-353. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.058>

European Commission. (2019). *The European green deal. COM (2019) 640 final*. Erişim adresi: <https://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>

Farhani, S. (2013). Renewable Energy Consumption, Economic Growth and Co2 Emissions: Evidence from Selected MENA Countries. *In Energy Economics Letters* (Vol. 1, Issue 2). <http://aessweb.com/journal-detail.php?id=5049>

Feng, Q., Usman, M., Saqib, N., ve Mentel, U. (2024). Modelling the contribution of green technologies, renewable energy, economic complexity, and human capital in environmental sustainability: Evidence from BRICS countries. *Gondwana Research*, 132, 168-181. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2024.04.010>

Ferda Yerdelen Tatoğlu. (2020). *Panel Zaman Serileri Analizi*. Beta Yayınevi.

Hussain, M., Usman, M., Khan, J. A., Tarar, Z. H., & Sarwar, M. A. (2022). Reinvestigation of environmental Kuznets curve with ecological footprints: Empirical analysis of economic growth and population density. *Journal of Public Affairs*, 22(1). <https://doi.org/10.1002/pa.2276>

Jaunky, V. C., & Lundmark, R. (2015). Are shocks to wood fuel production permanent? Evidence from the EU. *Energies*, 8(11), 12718–12728. <https://doi.org/10.3390/en81112335>

Liu, H., & Kim, H. (2018). Ecological footprint, foreign direct investment, and gross domestic production: Evidence of Belt & Road Initiative countries. *Sustainability (Switzerland)*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/su10103527>

Mart'inez-Zarzoso, I., Bengochea-Morancho, A. and Morales-Lage, R. (2007). The impact of population on CO2 emissions: evidence from European countries, *Environmental and Resource Economics*, 38, 497-512. <http://ssrn.com/abstract=902703>

Mazlum, E. C. (2023). Ekonomik Büyüme ve Ekolojik Ayak İzi İlişkisi: E7 Ülkeleri Örneği. *Uluslararası Anadolu Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(1), 123-135. <https://doi.org/10.47525/ulasbid.1235614>

Pata, U. K. (2021). Linking renewable energy, globalization, agriculture, CO2 emissions and ecological footprint in BRIC countries: A sustainability perspective. *Renewable Energy*, 173, 197–208. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.125>

Pesaran, M. H. (2004). *General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels*. <http://ssrn.com/abstract=572504>

Pesaran, M. H., & Smith, R. (1995). Estimating long-run relationships from dynamic heterogeneous panels. *Journal of econometrics*, 68(1), 79-113. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01644-F](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01644-F)

Polat, M. A. (2015). Türkiye'de Yabancı Sermaye Yatırımları ile Co 2 Emisyonu Arasındaki İlişkinin Yapısal Kırımlı Testler İle Analizi. *Journal of International Social Research*, 8(41). doi: 10.17719/jisr.20154115094

REN21. (2021). *Renewables 2021: Global status report*. REN21 Secretariat. <https://www.ren21.net>

Saidi, K., & Ben Mbarek, M. (2016). Nuclear energy, renewable energy, CO2 emissions, and economic growth for nine developed countries: Evidence from panel Granger causality tests. *Progress in Nuclear Energy*, 88, 364–374. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2016.01.018>

Sovacool, B. K., Ali, S. H., Bazilian, M., Radley, B., Nemery, B., Okatz, J., & Mulvaney, D. (2020). Sustainable minerals and metals for a low-carbon future. *Science*, 367(6473), 30-33. doi: 10.1126/science.aaz6003

Şaşmaz, M. Ü., & Yayla, Y. E. (2018). Doğrudan Yabancı Sermaye Yatırımlarının Ekonomik Kalkınma Üzerindeki Etkisi: Oecd Ülkeleri Örneği. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 359-374. <https://doi.org/10.17218/hititsosbil.407511>

Tatoğlu, F. Y. (2020). *Panel veri ekonometrisi: Teori ve uygulamalar* (2. baskı). Beta Yayınları.

Taylor, M. P., ve Sarno, L. (1998). The behavior of real exchange rates during the post-Bretton Woods period. *Journal of international Economics*, 46(2), 281-312. [https://doi.org/10.1016/S0022-1996\(97\)00054-8](https://doi.org/10.1016/S0022-1996(97)00054-8)

Thi Mai, AN, Xuan, VN, Mai, HL, Xuan, HP ve Thi Phuong, TN (2024). Nüfus, karbondioksit emisyonları ve yenilenebilir enerji tüketimi bağlantısı: Vietnam'dan yeni bakış açıları. *Enerji Araştırması ve Kullanımı*, 42 (5), 1763-1798. doi: 10.1177/01445987241252453

UN. (2012). *The millennium development goals report 2012*, 12-31. Retrieved from <http://www.un.org/millenniumgoals/reports.shtml>

UNFCCC (2015). *Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations*. https://archive.uneca.org/sites/default/files/uploaded-documents/WISER/paris_agreement_-_hon_rosaline_smith.pdf

UNSC, (2015). *Technical report by the Bureau of the United Nations Statistical Commission on the process of the development of an indicator framework for the goals and targets of the post-2015 development agenda* (Working draft). [http:// unstats.un.org/](http://unstats.un.org/)

Voumik, L. C., Islam, M. A., Ray, S., Mohamed Yusop, N. Y., & Ridzuan, A. R. (2023). CO2 Emissions from Renewable and Non-Renewable Electricity Generation Sources in the G7 Countries: Static and Dynamic Panel Assessment. *Energies*, 16(3). <https://doi.org/10.3390/en16031044>

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>

Yaşar, F., & Bolat, İ. (2023). BRICS Ülkeleri ile Türkiye'nin Ekonomik Performansının Dış Ticaret Verileri Kapsamında Topsis Yöntemi ile İncelenmesi. *Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(2), 181-194. <https://doi.org/10.46790/erzisosbil.1371542>

<https://databank.worldbank.org/>

<https://www.footprintnetwork.org/>

<https://www.irena.org/>

<https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/comment-battle-net-zero-emissions-will-be-won-or-lost-emerging-markets-2024-09-12/>