



2025, 14 (3), 1355-1378 | Araştırma Makalesi

Yenilenebilir Enerji Üretimi ve İktisadi Büyüme İlişkisi: BRICS-T Ülkeleri Üzerine Panel VAR Analizi

Tuğçe Olcay ¹

Öz

Enerji krizleri, iklim değişikliği, çevre ve iktisadi büyüme ilişkisinden kaynaklı gelişmeler ülkelerde fosil kaynaklı enerjiden yenilenebilir enerjiye dönüşüm sürecini başlatmıştır. Bu dönüşüm sürecinde yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretim süreci ile iktisadi büyüme ilişkisinin ortaya konması iktisadi büyüme, enerji ve iklim değişikliği politikalarının bütünlük olarak dengeli bir şekilde yürütülebilmesi açısından önem kazanmaktadır. Bu çalışmada, yenilenebilir enerji üretimi ve iktisadi büyüme arasındaki ilişkinin BRICS ülke grubunda yer alan Brezilya, Rusya, Hindistan, Güney Afrika, Mısır, İran ve Türkiye için 1992-2022 dönemi verileri kullanılarak panel vektör otoregresif yöntemi (panel VAR) ile analiz edilmesi amaçlanmıştır. Panel VAR model tahmini ile nedensellik testi, öngörü hatası varyans ayrıştırması ve etki-tepki analizi yapılmıştır. Nedensellik testi sonuçlarına göre yenilenebilir enerji üretimi ve iktisadi büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiş, yenilenemeyen enerji üretimi ile iktisadi büyüme arasında nedensellik ilişkisinin olmadığı görülmüştür. Varyans ayrıştırmasında, iktisadi büyümeyi kendisi dışında sabit sermaye oluşumundan sonra etkileyen ikinci değişkenin yenilenebilir enerji üretimi olduğu, yenilenemeyen enerji üretiminin iktisadi büyümeyi açıklayıcı etkisinin düşük olduğu anlaşılmıştır. Etki tepki analizinde ise yenilenebilir enerji üretiminin iktisadi büyüme üzerinde pozitif etkisi olduğu, verilen tüm şokların etkisinin dört-beş dönem içinde yok olduğu görülmüştür. Analiz sonuçlarından elde edilen bulgular birlikte genel olarak değerlendirildiğinde, yenilenebilir enerji üretiminin iktisadi büyümeyi olumlu yönde etkilediği söylenebilir. Yenilenebilir enerji üretimi, politika yapıcılar tarafından iktisadi büyüme için dikkate alınması gereken önemli bir faktör konumunda görülmelidir. Ülkeler ekonomik yapıları, gelişmişlik düzeyleri, bulundukları coğrafya, sahip oldukları enerji kaynakları ve konu ile ilgili küresel hedefleri çerçevesinde yenilenebilir enerji üretim yatırımlarının, Ar-Ge'nin ve üretim teknolojilerinin geliştirilmesi için enerji politikalarında sübvansiyon ve teşvik uygulamalarına yönelik düzenlemeler yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji Üretimi, Yenilenemeyen Enerji Üretimi, İktisadi Büyüme, BRICS-T Ülkeleri, Panel VAR Analizi

Olcay, T. (2025). Yenilenebilir Enerji Üretimi ve İktisadi Büyüme İlişkisi: BRICS-T Ülkeleri Üzerine Panel VAR Analizi. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 14(3), 1355-1378. <https://doi.org/10.15869/itobiad.1644394>

Geliş Tarihi	21.02.2025
Kabul Tarihi	28.07.2025
Yayın Tarihi	30.09.2025
*Bu CC BY-NC lisansı altında açık erişimli bir makaledir.	



The Relationship of Renewable Energy Production and Economic Growth: Panel VAR Analysis on BRICS-T Countries

Tuğçe Olcay ¹

Abstract

Developments originating from the relationship between energy crises, climate change, environment and economic growth have initiated the transformation process from fossil-based energy to renewable energy in countries. In this transformation process, revealing the relationship between energy production from renewable energy sources and economic growth is important in terms of carrying out economic growth, energy and climate change policies in an integrated and balanced manner. The aim of this study was to analyze the relationship between renewable energy production and economic growth using the 1992-2022 period data for the BRICS country group (Brazil, Russia, India, South Africa, Egypt, Iran) and Türkiye with the panel vector autoregressive method (panel VAR). Causality testing, forecast error variance decomposition and impulse-response analysis were performed with panel VAR model estimation. According to the causality test results, a bidirectional causality was determined between renewable energy production and economic growth, and it was observed that there was no causality between non-renewable energy production and economic growth. In the variance decomposition, it was understood that the second variable affecting economic growth after fixed capital formation is renewable energy production, the explanatory effect of non-renewable energy production on economic growth is low. In the impulse-response analysis, it was observed that renewable energy production had a positive impact on economic growth, and the impacts of all given shocks disappeared within four to five periods. When the findings obtained from the analysis results are evaluated together, it can be said that renewable energy production positively affects economic growth. Renewable energy production should become an important factor for economic growth by policy makers. Countries should make arrangements for subsidies and incentives in their energy policies to develop investments, R&D and production technologies for renewable energy production, within the framework of their economic structures, development levels, geography, energy resources and global goals related to the subject.

Keywords: Renewable Energy Production, Non-Renewable Energy Production, Economic Growth, BRICS-T Countries, Panel VAR Analysis

Olcay, T. (2025). The Relationship of Renewable Energy Production and Economic Growth: Panel VAR Analysis on BRICS-T Countries. *Journal of the Human and Social Science Researches*, 14(3), 1355-1378. <https://doi.org/10.15869/itobiad.1644394>

Date of Submission	21.02.2025
Date of Acceptance	28.07.2025
Date of Publication	30.09.2025
*This is an open access article under the CC BY-NC license.	

¹ Assist. Prof. Dr., Karabük University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economic Theory, Karabük, Türkiye, tugceolcay@karabuk.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8247-9021

Giriş

Enerji, ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişimine katkı sağlayan, her geçen gün kullanımı artarak devam eden, iklim değişikliği nedeniyle de dünyanın ekonomik, sosyal ve siyasal dönüşümünde belirleyici bir rolü bulunan iktisadi faaliyetlerin vazgeçilmez kaynaklarından biridir. Üretim sürecinde girdi ve çıktı olarak yer alan, emek ve sermaye gibi ekonomik büyümenin temel ögesi, kullanımındaki artışla refah düzeyinin göstergesi konumunda olan enerji stratejik bir kaynaktır. Enerjinin stratejik kaynak özelliği enerjiye erişim güvenliği ve enerji kaynaklarını kontrol edebilme arayışlarında enerji diplomasisinin önemini artırmış, ülkelerin gruplaşmalar, ekonomik yaptırımlar, çatışmalar ve hatta savaşlarla krizler yaratan politika uygulamalarına neden olmuştur.

Dünyada yenilenemeyen (fosil) enerji³ kaynak alanlarının yoğun olduğu bölgelerde yaşanan istikrarsızlıklar ve küresel düzeyde etkisini gösteren olumsuz ekonomik gelişmeler, doğal afetler, salgın hastalıklar ile tedarik zincirlerindeki aksamadan, fiyatlamadan kaynaklı enerji krizleri enerji arz güvenliğini tehdit eder boyutlara taşımaktadır. Enerji krizleri, yüksek oranlarda ithal fosil yakıtlara bağımlı ekonomilerde enerji maliyetlerinden kaynaklanan harcamaları yükseltmekte, enerji kaynaklarına erişimde tedarik zincirlerinin güvenlik risklerinin arttığı dönemlerde enerjide arz-talep ve dış ticaret dengelerinde, ekonomik büyümede olumsuz etkilere neden olmaktadır. Diğer yandan iklim değişikliği belirtilerindeki artışın, çevre kirliliği ve doğal kaynakların korunması konusunun dünya gündeminde önemli yer tutmaya başlaması ülkeleri ekonomik büyüme, nüfus artışı, kentleşme ve refah düzeylerindeki yükselişle artan enerji talebini karşılayabilmek için enerjide ithalat bağımlılığını azaltacak, arz güvenliğini sağlayacak yeni kaynak arayışlarına yöneltmiştir. Yeni kaynak arayışları ülkeleri, yaklaşık iki yüzyıldır ekonomiyi büyütürken doğayı kirletmeyi sürdüren fosil kaynak kullanımını azaltarak küresel enerji sisteminde yapısal değişimi ifade eden enerji dönüşümüyle temiz enerjiye geçiş gibi gerçekleştirilmesi zorlu bir mücadele süreciyle karşı karşıya bırakmaktadır.

Temiz enerjiye geçişin gerekliliğini ortaya koyan ve küresel düzeyde kabul gören Roma Kulübü tarafından hazırlanarak 1972 yılında yayımlanan “Büyümenin Sınırları (Limits to Growth)” raporunda, ekonomik büyüme ile çevre ilişkisinden kaynaklanan sorunların dünyanın taşıma kapasitesini aşacağı ve yüzyıllık bir süreçte önemli tehditlerin yaşanacağı vurgulanmıştır (Meadows vd., 1972). Rapor, ülkelerin yeni enerji kaynağı arayışlarında çevreye uyumlu enerji politikalarını belirlemede, fosil kaynak kullanımının azaltılmasında ve düşük karbonlu (temiz) enerji sistemlerine yönelik adımların atılmasında önemli bir rol oynamıştır. Bunun yanında rapor, ekonomik büyüme ile enerji ve iklim değişikliği politikalarının bütünleşik olarak dengeli bir şekilde yürütülmesi için yeşil ekonomi ile kaynakların verimli kullanılmasını amaçlayan yenilikçilik temelli döngüsel ekonomi hedeflerinde birlikteliğin sağlanarak yaşama geçirilmesinde uluslararası düzeyde işbirliği başlangıcının yolunu açmıştır.

³ Enerjinin birçok farklı kaynağı bulunmaktadır. Bu kaynaklar yenilenebilir ve yenilenemeyen olarak sınıflandırılmaktadır. Dünyada milyonlarca yıl önce yaşayan bitkilerin ve hayvanların kalıntılarından binlerce yılda oluşan, tüketildikten sonra yenilenemeyen veya yenilenmesi çok uzun oluşumları ve evreleri gerektiren kömür, doğal gaz ve petrol gibi fosil enerji kaynakları yenilenemeyen enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır (U.S. Energy Information Administration [EIA], 2024a).

Bu bağlamda uluslararası düzeyde Birleşmiş Milletler (BM) öncülüğünde 1972 yılında Stockholm’de BM Çevre Konferansı ile başlayan işbirliği süreci 1987 yılında yayımlanan Brundtland Raporu, 1992 yılı Rio Konferansı, 1994 yılı BM İklim Değişikliği Sözleşmesi, 2005 yılı Kyoto Protokolü, 2016 yılı Paris Anlaşması ve İklim Değişikliği Sözleşmesi kapsamında “COP” olarak bilinen ve her yıl tekrarlanan Taraflar Konferansları (United Nations-UN Climate Conference of the Parties) ile günümüze kadar devam etmektedir. İşbirliği süreci ülkelere ekonomi ve enerji politikalarının belirlenmesinde çevre ve doğal yaşamı etkilemeyecek, atmosferde insan kaynaklı sera gazı emisyonunu azaltacak yenilenebilir enerji kaynaklarına⁴ dönüşümü temel alan yükümlülükler getirmiştir.

Yirminci yüzyılın sonlarından günümüze kadar ortaya çıkan küresel enerji sistemindeki gelişmeler ülkeleri fosil kaynaklı enerjiden düşük karbonlu (temiz) enerjiye dönüşüm için zorlamaktadır. Temiz enerji küresel alanda %80 gibi yüksek bir orana ulaşan yenilenemeyen enerji kullanım artışını azaltacak potansiyele sahiptir (International Energy Agency [IEA], 2022). Enerji dönüşümü, enerjiye ulaşmak amacıyla enerji kaynaklarının ve teknolojilerinin değişimi şeklinde ifade edilebildiği gibi, günümüzde daha çok temiz enerji sistemlerine dönüşüm olarak kabul görmektedir (SHURA, 2022, s. 7). Bu dönüşüm süreci, geçmişte birincil enerji kaynağı⁵ olarak odundan kömüre, kömürden petrole geçişte olduğu gibi mevcut enerji kaynaklarının her birinin ayrı ayrı kullanılmasıyla oluşan, büyüme ve çevre ilişkisini dikkate almayan enerji geçişlerinden farklı bir görünüm sergilemektedir. Farklılık, fosil kaynaklı enerjiden karbon emisyonlarının azalmasını destekleyecek yenilenebilir enerji üretiminin enerji talebindeki artışa cevap verebilecek hızda artarak süreç içinde enerji ikamesi ile dönüşümün gerçekleşme beklentisinden kaynaklanmaktadır (BP, 2024, s. 6).

İktisadi büyüme alanındaki çalışmaların büyük bir kısmı büyümeyi etkileyen faktörler ile ilgilenmiş, sermaye, işgücü, doğal kaynaklar ve teknoloji gibi klasik faktörler büyümenin kaynakları arasında yer almıştır. Neoklasik büyüme modelinin dışında tutulan enerji, 1990’lı yıllardan itibaren iktisadi büyüme açısından yaşamsal bir girdi olarak görülmektedir. Enerji dönüşümü ile birlikte ülkelerin yeni ekonomi politikalarında yenilenebilir enerji iktisadi büyümeyi etkileyen faktör olarak öne çıkmaktadır (Wadström vd., 2019, s. 626).

Çevresel ve sosyo-ekonomik hedefleri uzlaştırmayı amaçlayan, insan refahını ve sosyal eşitliği iyileştiren yeşil ekonominin yenilenebilir enerji üretim ve dağıtım politikalarıyla ilişkili düşük karbonlu enerji teknolojileri çevresel amaçlarının yanında iktisadi büyüme için önemli potansiyele sahiptir (Pahle vd., 2016, ss. 1331-1332). Yenilenebilir enerji teknolojileri rekabetçi yeşil enerji piyasası yaratarak ve bu piyasayı genişleterek iktisadi büyümeyi desteklemektedir (Singh vd., 2019, s. 2). Ancak, yenilenebilir enerji teknolojilerine ulaşım, patent hakları ve maliyetlerin yüksekliği yanında geleneksel enerji

⁴ Doğada sürekli var olan, kullanılmasına rağmen tüketilme hızından daha hızlı kendini yenileyebilen, tükenme ihtimali oldukça düşük ancak kesintili bir yapıya sahip olan güneş, rüzgar, jeotermal, hidrolik ve biyokütle gibi enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır (EIA, 2024b).

⁵ Enerji kaynakları dönüştürülebilirliklerine göre birincil ve ikincil olarak sınıflandırılmaktadır. Birincil enerji kaynakları doğal enerji akışlarından, biyosferden ve fosil yakıtların doğal rezervlerinden kullanıma uygun bir formda enerjinin yakalandığı veya çıkarıldığı kısaca birincil üretimin yapılabildiği kaynaklardır. İkincil enerji kaynakları ise birincil enerji kaynaklarından enerjinin dönüştürülmesiyle enerji ürünlerinin ikincil üretiminin yapılabildiği kaynaklardır (United Nations [UN], 2018, ss. 56-57).

kaynaklarının üretimine ve kullanımına yönelik teknolojik yenilikler yenilenebilir enerji üretimine geçişi olumsuz etkileyebilir (Aydın vd., 2024, s. 8).

Yeşil büyümenin en önemli bileşenlerinden biri olan yenilenebilir enerji yatırımları ve üretimi enerji sistemini esnek bir yapıya dönüştürmekte, tedarik kaynaklarını çeşitlendirmektedir. Bu süreçte, enerji depolama teknolojileri, ulaşımda enerji kullanımının yaygınlaşması, dijitalleşme, akıllı şebekelerin kullanımındaki artış, mikro enerji üretimleri yapan tüketicilerin çoğalması, ortaya çıkan yeni iş modelleri katma değer ve istihdam olanakları yaratarak toplumun refah düzeyini artırmakta, iktisadi büyümeye katkı yapmaktadır.

Yenilenebilir enerji üretimi, fosil enerji kaynaklı ithalat bağımlılığını azaltmasıyla enerji piyasasındaki volatilitenin neden olduğu ekonomik belirsizliği gidermekte, ödemeler dengesinde iyileşme yaratmakta ve çıktı düzeyini yükselterek girdilerin üretkenliğini artırmakta böylece sürdürülebilir bir büyüme sağlamaktadır. Ayrıca, yenilenebilir enerji üretimi çevre ve insan sağlığına yönelik olumsuz etkileri de azaltarak sağlıklı insan kaynağının yetişmesine imkan vermesi ile büyüme üzerinde dolaylı etki yaratmaktadır (Vaona, 2016, s. 354). Bu dolaylı etki, yenilenebilir enerji üretimi ile birlikte çevresel iyileşmeyi ve kaliteyi artıran, çevre ve insan sağlığını en üst düzeyde koruyacak olan kurumların varlığı ile gerçekleşebilmektedir (Sogut vd., 2025, s. 98).

Yenilenebilir enerjinin yerli kaynak olması, enerji arzını çeşitlendirmesi, ithalatı azaltıcı etkisi, sosyal gelişimi desteklemesi ve net-sıfır emisyon hedefine ulaşımdaki katkısı yenilenebilir enerji üretiminin ülkelerin enerji politikalarının merkezinde alternatif kaynak olarak yer almasında önemli rol oynamaktadır. Ülkelerin, temiz enerjiye dönüşüm sürecini istikrarlı bir şekilde yöneterek ekonomik ve sosyal politikalarıyla uyumlu orta ve uzun vadeli enerji politikaları belirleyip uygulamaya geçmesiyle küresel alanda rekabet açısından önemli fırsatlarla karşılaşılacağı söylenebilir. Yenilebilir enerji yatırımlarında, üretimlerinde ilerlemeler sağlandıkça ortaya çıkacak yenilikçi iş modellerinin ve yüksek katma değer yaratan yenilikçi yenilenebilir enerji üretim teknolojilerinde yerleşmenin, nitelikli işgücü istihdamının, üretimde temiz enerji kullanımının ihracatta yaratacağı olumlu etkisinin iktisadi büyümeye katkı yapacağı öngörülmektedir. Yenilenebilir enerji üretiminin ülkeler açısından yaratacağı avantajlar ve iktisadi büyümeye yapacağı katkılar konunun önemini ortaya koymaktadır.

Ülkelerin enerji politikalarında enerji dönüşümü çerçevesinde yenilenebilir enerjinin alternatif enerji kaynağı olarak öne çıkmaya başlaması ve iktisadi büyümeyi etkileyen faktör haline gelmesi bu ilişkinin araştırılmasını gerektirmektedir. Çalışmada, yenilenebilir enerji üretimi ve iktisadi büyüme ilişkisinin BRICS-T ülkeleri için 1992-2022 dönemi verileri kullanılarak panel vektör otoregresif yöntemi (panel VAR) ile analiz edilmesi amaçlanmaktadır.

Enerji ve iktisadi büyüme arasındaki ilişki literatürde çoğunlukla enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi özelinde ele alınmaktadır. Yenilenebilir enerji üretimi ve iktisadi büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar son yıllarda artış göstermektedir. Çalışmalarda enerji tüketiminin ve üretiminin genellikle elektrik ölçeğinde değerlendirilmesi, bir başka ifadeyle enerji ve elektrik terimlerinin sıklıkla birbirinin yerine kullanılması, elektriğin toplam enerji tüketiminin ve üretiminin bir bileşeni ve birincil enerjinin dönüştürülmesi sonucu elde edilen doğrudan kullanıma uygun enerji ürünü olduğunun dikkate alınmadığını göstermektedir. Bu çalışmada ise yenilenebilir

enerji üretiminin doğal enerji akışlarından ve biyosferden kullanıma uygun formda yakalanan birincil enerji üretimi ölçeğinde analizde yer alması açısından çalışma özgün bir değer taşımaktadır.

Çalışmada yer alan Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika'nın oluşturduğu BRICS ülke grubu Mısır, Etiyopya ve Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü'nün (OPEC) önde gelen üyelerinden İran, Suudi Arabistan ve Birleşik Arap Emirlikleri'nin 1 Ocak 2024 tarihinde katılımıyla on ülkeye ulaşarak küresel gayri safi yurtiçi hasılanın (GSYH) üçte birini ve dünya nüfusunun %45'ini oluşturmaktadır (BRICS, 2024, s. 2; BRICS-Russian, 2024). Yeni katılımlarla birlikte dünyanın en büyük petrol ihracatçıların ve aynı zamanda Çin ve Hindistan gibi en büyük ithalatçıların da bünyesinde yer alması BRICS'i küresel enerji piyasasında belirleyici bir güce ulaştırmıştır. Bunun yanında küresel ekonomideki payı, uluslararası para sistemindeki rolü, küresel güvenlikteki yeri ile yeni katılım isteklerindeki yoğunluk BRICS ülke grubunu uluslararası alanda etkin bir konuma taşımaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarına bağımlı BRICS ülkelerinin enerji dönüşümü ile yenilenebilir enerji üretimine yönelmesi ve dolayısıyla küresel düzeyde yeşil ekonomiye geçiş sürecini etkileyecek potansiyele sahip olma özelliği bu çalışmanın yapılmasında önemli rol oynamaktadır. Gelişmekte olan ekonomilerden (UN, 2024, s. 136) oluşan BRICS'in genel görünümü ve enerji piyasasındaki yeri dikkate alındığında yenilenebilir enerji üretimi ve iktisadi büyüme arasındaki ilişkinin BRICS grubundaki ülkeler ile değerlendirilmesi çalışmanın önemini artırmaktadır. Çalışmada ülke ve dönem açısından verilerine erişilebilir olan 6 BRICS ülkesi Brezilya, Rusya, Hindistan, Güney Afrika, Mısır, İran ve Türkiye yer almaktadır. Türkiye'nin, BRICS ülke grubu ile ekonomik ve politik ilişkileri yanında gelişmekte olan ekonomiler arasında yer alması ve gruba katılma isteğinde bulunması bu çalışmaya dahil edilmesinde etken olmakta ve çalışmanın önemine katkı sağlamaktadır.

Çalışmanın devamında literatür taraması yapılmakta, veri seti ve değişkenler tanımlanmakta, model oluşturulmakta, analiz yöntemine ve analiz bulgularına yer verilmektedir. Sonuç kısmında genel bir değerlendirme yapılarak politika önerileri ortaya konulmaktadır.

Literatür Taraması

Enerji ve iktisadi büyüme ilişkisine yönelik yapılan çalışmalarda ilgi öncelikle enerji tüketimi ve iktisadi büyüme alanında yoğunlaşırken, yenilenebilir enerjinin artan önemi ile yenilenebilir enerji tüketimi ve iktisadi büyüme ilişkisinin incelenmesine doğru kaymış, bu alanda yenilenebilir enerji üretimini ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimini konu alan çalışmalar ise son yıllarda artış göstermiştir. Tablo 1'de yenilenebilir enerji üretimi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi ile iktisadi büyüme ilişkisine yönelik literatürü oluşturan çalışmalardan bir kısmına yer verilmektedir.

Tablo 1. Literatür Özeti

Yazar(lar)	Ülke ve Dönem	Yöntem	Bulgular
Bayraktutan vd. (2011)	30 OECD Ülkesi, 1980-2007	Pedroni Eşbütünleşme, Holtz-Eakin	Yenilenebilir elektrik üretimi ile ekonomik büyüme arasında uzun

		Nedensellik	dönemde pozitif bir ilişki ve çift yönlü nedensellik
Ohler ve Fetters (2014)	20 OECD Ülkesi, 1990-2008	DOLS, FMOLS, Hata Düzeltme Modeli (Panel ECM), Nedensellik Testi	Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi ile GSYİH arasında uzun dönemde pozitif bir ilişki ve çift yönlü nedensellik
Tiwari vd. (2015)	12 Sahra altı Afrika Ülkesi, 1971-2011	Lineer Eşbütünleşme ve Hidden Eşbütünleşme	Ülkelerin birinci alt grubu için büyüme hipotezi, ülkelerin ikinci bir alt grubu için koruma hipotezi geçerli
Bento ve Moutinho (2016)	İtalya, 1960-2011	ARDL, Granger Nedensellik	Kişi başına düşen çıktıdan kişi başına düşen yenilenebilir elektrik üretimine ve kişi başına düşen yenilenemeyen elektrik üretiminden kişi başına düşen yenilenebilir elektrik üretimine doğru uzun vadeli tek yönlü nedensellik ilişkisi
Armeanu vd. (2017)	28 AB Ülkesi, 2003-2014	FMOLS, DOLS, Granger Nedensellik	Yenilenebilir birincil enerji üretiminin kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla üzerinde etkisi olumlu, kısa ve uzun dönemde kişi başına gayri safi yurtiçi hasıladan birincil yenilenebilir enerji üretimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi
Bayraç ve Çildir (2017)	28 AB Ülkesi, 2006-2015	Hata Düzeltme Modeli (VECM) (MG, PMG)	Yenilenebilir enerji üretimindeki artış kısa ve uzun dönemde kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasılayı artırmakta
Atems ve Hotaling (2018)	174 Ülke, 1980-2012	Sistem GMM	Yenilenebilir ve yenilenemeyen elektrik üretimi ile büyüme arasında pozitif ilişki
Khobai (2018)	Güney Afrika, 1997:1-2012:4	VECM, Granger Nedensellik	Yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde pozitif ilişki ve yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrikten ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi

Dinç ve Akdoğan (2019)	Türkiye, 1980-2016	VECM, Granger Nedensellik	Yenilenebilir enerji üretimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi
Singh vd. (2019)	20 GÜ ve GOÜ, 1995-2016	FMOLS	Yenilenebilir enerji üretimi ile ekonomik büyüme arasında pozitif yönlü bir ilişki
Wadström vd. (2019)	Kanada, 1966-2015	Kantil Regresyon ve Nedensellik	Yenilenebilir enerji üretimi ile ekonomik büyüme arasında tek yönlü nedensellik ilişkisi
Ağır ve Türkmen (2020)	Yükselen Piyasa Ekonomileri 1990-2015	CCE (Common Corelated Effects-Ortak Korelasyonlu Etkiler)	Yenilenebilir enerjiden üretimi ile ekonomik büyüme arasında negatif, yenilenemeyen enerjiden üretim ile büyüme arasında pozitif ilişki
Kantarmacı ve Birecikli (2020)	28 AB Ülkesi, 2006-2016	FMOLS	Yenilenebilir enerji birincil üretimi ile reel gayri safi yurtiçi hasıla arasında uzun dönemde pozitif ilişki
Koç ve Apaydın (2020)	15 G20 Ülkesi, 1991-2007	Sabit Etkiler	Rüzgâr enerjisi üretimi ile ekonomik büyüme arasında pozitif yönlü ilişki
Oyeleke ve Akinlo (2020)	Nijerya, 1980-2017	VECM	Kısa dönemde hidro enerji üretimi ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki
Ünüvar ve Keskinkılıç (2020)	19 G20 Ülkesi, 2000-2016	FMOLS, DOLS	Yenilebilir enerji üretimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde pozitif yönlü bir ilişki
Birol ve Demirgil (2022)	15 AB Ülkesi, 1995-2019	AMG, Granger Nedensellik	Rüzgar enerjisi üretimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde ilişki yok. Ekonomik büyüme ile rüzgar enerjisi üretimi arasında pozitif yönlü bir ilişki ve ekonomik büyümeden rüzgar enerjisi üretimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi
Seyhan ve Seyhan (2022)	27 AB Ülkesi ve Türkiye, 2008-2015	Kümeleme Analizi, Malmquist Endeksi	Ülkelerin toplam faktör verimliliğinde artış eğilimi
Topcu ve Doğan (2022)	11 Seçilmiş Ülke, 2000-2019	DSUR, Dumitrescu-Hurlin Nedensellik	Güneş enerjisi üretimi ile ekonomik büyüme arasında ilişki yok ve ekonomik büyümeden güneş enerjisi

			üretimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi
Chen vd. (2023)	Kanada, 1982-2015	ARDL (PMG)	Yenilenebilir enerjiden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi
Deka vd. (2023)	27 AB Ülkesi, 1990-2019	FMOLS, DOLS, GMM	Yenilenebilir enerji üretimi gayri safi yurtiçi hasıla üzerinde pozitif bir etkiye sahip
Kuşkaya (2023)	ABD, 1990:1-2020:2	Kantil Regresyon Analizi	Yenilenebilir enerjilerin üretimi ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etkiye sahip
Caner ve Yaşar (2024)	Türkiye, 1990-2019	ARDL, Toda-Yamamoto Nedensellik	Yenilenebilir enerji üretimi ile iktisadi büyüme arasında uzun dönemde pozitif bir ilişki, nedensellik ilişkisi yok

Literatürde yer alan Armeanu vd. (2017), Bayraç ve Çildir (2017), Kantarmacı ve Birecikli (2020), Ünüvar ve Keskinkılıç (2020), Birol ve Demirgil (2022), Deka vd. (2023), Kuşkaya (2023), Caner ve Yaşar (2024) çalışmalarında yenilenebilir enerji üretimi ile iktisadi büyüme arasında uzun dönemde pozitif bir ilişki bulgusuna ulaşıldığı, Bayraktutan vd. (2011), Ohler ve Fetters (2014), Atems ve Hotaling (2018), Khobai (2018) çalışmalarında yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin iktisadi büyüme üzerinde olumlu etkisi olduğu görülmektedir. Yenilenebilir enerji üretimini elektrik ölçeğinde değerlendiren çalışmalarda yenilenebilir enerji üretimi ile iktisadi büyüme arasında Tiwari vd. (2015), Singh vd. (2019), Koç ve Apaydın (2020), Oyeleke ve Akinlo (2020) pozitif bir ilişki, Ağır ve Türkmen (2020) negatif bir ilişki, Topcu ve Doğan (2022) ilişkinin olmadığını tespit etmiştir. Çalışmalar nedensellik analizi için değerlendirildiğinde farklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir.

Literatürde ilgili konuyu yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi kapsamında ve yenilenebilir enerji üretimini elektrik ölçeğinde inceleyen çalışmalar çoğunlukta bulunmakta, Avrupa Birliği, G20 ve OECD ülke grubunda yoğunlaşmaktadır. Bu çalışmanın ise az sayıda çalışma tarafından kullanılan birincil yenilenebilir enerji üretimi ölçeği, ülke grubu, dönem ve yöntem bakımından diğer çalışmalardan farklılığı dikkate alındığında literatürdeki önemli bir boşluğu doldurması ve literatüre katkı yapması beklenmektedir.

Veri Seti ve Model

Çalışmada, yenilenebilir enerji üretimi ve iktisadi büyüme arasındaki ilişki BRICS-T ülkeleri için 1992-2022 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak panel vektör otoregresif (panel VAR) yöntemi ile analiz edilmektedir. Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika'nın oluşturduğu BRICS ülke grubunda 1 Ocak 2024 tarihi itibarıyla Mısır, Etiyopya, İran, Suudi Arabistan ve Birleşik Arap Emirlikleri de bulunmaktadır. Analizde, ülke ve dönem seçiminde verilere erişilebilirlik dikkate alınarak BRICS ülkeleri olan 10 ülkeden verilerine ulaşılan 6 ülke olan Brezilya, Rusya, Hindistan, Güney Afrika, Mısır,

İran ve Türkiye yer almaktadır. Çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin bilgiler Tablo 2’de görülmektedir. Değişkenlerin doğal logaritması alınarak analizde kullanılmaktadır. Analizde Stata 17 programından yararlanılmaktadır.

Tablo 2. Değişkenlerin Tanımlanması

Değişken	Açıklama	Veri Kaynağı
Y	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (sabit 2015 ABD Doları)	Dünya Bankası
K	Gayri Safi Sabit Sermaye Oluşumu (sabit 2015 ABD Doları)	Dünya Bankası
L	Toplam İşgücü	Dünya Bankası
NRE	Yenilenemeyen Enerji Üretimi (katrilyon Btu)	U.S. Energy Information Administration (EIA)
RE	Yenilenebilir Enerji Üretimi (katrilyon Btu)	U.S. Energy Information Administration (EIA)

Yenilenebilir enerji üretimi ve iktisadi büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmak için ilgili literatür incelemesi yanında iktisadi büyümede sermaye ve emek girdileri ile beraber enerjinin de önemli bir girdi olduğunu vurgulayan Sarı ve Soytaş’ın (2007), Ghali ve El-Sakka’nın (2004) çalışmalarında kullanılan model dikkate alınmaktadır. Çalışmada, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji üretiminin ayrıştırıldığı panel VAR analizinde kullanılan modeller aşağıdaki eşitlik (1)’de gösterilmektedir:

$$\begin{aligned}
 \ln Y_{it} &= a_{0i} + \sum_{j=1}^m \beta_{jt} \ln Y_{it-j} + \sum_{j=1}^m \lambda_{jt} \ln K_{it-j} + \sum_{j=1}^m \theta_{jt} \ln L_{it-j} + \sum_{j=1}^m \rho_{jt} \ln NRE_{it-j} + \sum_{j=1}^m \psi_{jt} \ln RE_{it-j} + u_{1it} \\
 \ln NRE_{it} &= a_{1i} + \sum_{j=1}^m \gamma_{jt} \ln Y_{it-j} + \sum_{j=1}^m \delta_{jt} \ln K_{it-j} + \sum_{j=1}^m \Omega_{jt} \ln L_{it-j} + \sum_{j=1}^m \pi_{jt} \ln NRE_{it-j} + \sum_{j=1}^m \phi_{jt} \ln RE_{it-j} + u_{2it} \quad (1) \\
 \ln RE_{it} &= a_{2i} + \sum_{j=1}^m \xi_{jt} \ln Y_{it-j} + \sum_{j=1}^m \zeta_{jt} \ln K_{it-j} + \sum_{j=1}^m \mu_{jt} \ln L_{it-j} + \sum_{j=1}^m \omega_{jt} \ln NRE_{it-j} + \sum_{j=1}^m \eta_{jt} \ln RE_{it-j} + u_{3it}
 \end{aligned}$$

Burada $i=1,2,...,7$ ve $t= 1992,...,2022$ olmak üzere birim ve zaman boyutunu ifade etmektedir. K ve L değişkenlerinin modele dahil edilmesindeki amaç modelin açıklayıcılığını artırmak olduğu için bu değişkenlerin modelleri yukarıdaki eşitlikte ayrıca gösterilmemiştir. Eşitlikte yer alan panel VAR modellerinde, her bir değişkenin kendisinin ve diğer değişkenlerin gecikmeli değerleri kullanılarak değişkenlerin cari değerleri üzerindeki etkisi tahmin ve analiz edilmektedir.

Yöntem

Tüm değişkenlerin içsel olarak ele alındığı Vektör Otoregresif (Vector Autoregression-VAR) modelleri, çok değişkenli eşanlı denklem modellerine alternatif olarak Sims (1980) tarafından geliştirilmiştir (Abrigo ve Love, 2016, s. 778). Vektör otoregresyon katsayılarının tahmini için VAR analizinin standart tekniklerini panel veriye uygulamanın birim etkiler nedeniyle yanıltıcı sonuçlara yol açabileceği Holtz-Eakin, Newey ve Rosen (1988) tarafından vurgulanarak panel VAR yaklaşımı ortaya çıkmıştır (Holtz-Eakin vd., 1988, ss. 1371, 1394).

Doğrusal denklem sistemiyle temsil edilen panele özgü sabit etkilere sahip p adet gecikmeli k değişkenli homojen panel VAR modeli aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$Y_{it} = Y_{it-1}A_1 + Y_{it-2}A_2 + \dots + Y_{it-p+1}A_{p-1} + Y_{it-p}A_p + X_{it}B + u_i + e_{it} \quad (2)$$

$$i \in \{1, 2, \dots, N\}, t \in \{1, 2, \dots, T_i\}$$

Y_{it} (1xk) bağımlı değişken vektörünü, X_{it} (1xl) dışsal değişken vektörünü, u_i ve e_{it} (1xk) bağımlı değişkene özgü sabit etkilerin ve kendine özgü (idiosyncratic) hataların vektörlerini ifade etmektedir. $A_1, A_2, \dots, A_{p-1}, A_p$ (kxk) boyutunda ve B (lxk) boyutunda tahmin edilen parametreleri göstermektedir (Abrigo ve Love, 2016, s. 779).

Dinamik bir model olan Panel VAR modelinin tahmininde Genelleştirilmiş Momentler Yönteminin (GMM) kullanılması diğer yöntemlere göre tutarlı tahminlerin elde edilmesini sağlamaktadır. Panel VAR yönteminde GMM tahmininde, Arrelano ve Bover (1995) çalışması ile geçmiş değerlerin farkının kullanılması veri kaybına yol açtığı için tüm mümkün gelecek değerlerinin ortalamasından fark alınarak veri kaybını önleyen ileri ortogonal sapmalar yöntemi önerilmektedir. Panel VAR analizinde, GMM modelleri için optimum gecikme uzunluğunun seçilmesi Hansen J testine dayalı tutarlı moment ve model seçim kriterlerinden (consistent moment and model selection criteria-MMSC) Akaike bilgi kriteri (AIC), Bayes bilgi kriteri (BIC) ve Hannan-Quinn bilgi kriterine (HQIC) dayanmaktadır. Bilgi kriter denklemleri eşitlik (3)'de yer almaktadır:

$$MMSC_{BIC,n}(k, p, q) = J_n(k^2p, k^2q) - (|q| - |p|)k^2 \ln n$$

$$MMSC_{AIC,n}(k, p, q) = J_n(k^2p, k^2q) - 2k^2(|q| - |p|) \quad (3)$$

$$MMSC_{HQIC,n}(p, q) = J_n(k^2p, k^2q) - Rk^2(|q| - |p|) \ln \ln n, \quad R > 2$$

burada $J_n(k, p, q)$; moment koşulları, örnek büyüklüğü n olan bağımlı değişkenin q gecikmesine dayalı p mertebesinde k değişkenli bir panel VAR modeli için aşırı tanımlama kısıtlamalarının J istatistiğini göstermektedir (Abrigo ve Love, 2016, ss. 780, 782).

GMM yöntemi kullanılarak Panel VAR modelinin tahmini ile nedensellik ilişkisi, öngörü hatası varyans ayrıştırması ve etki-tepki fonksiyonu değerlerinin hesaplanması sağlanarak yorumlanabilir sonuçlar elde edilmektedir. GMM tahmininde parametre matrisinin (A) yer aldığı etki-tepki fonksiyonu ve değeri (Φ_i) eşitlik (4)'deki gibi gösterilmektedir:

$$\Phi_i = \begin{cases} I_k & , \quad i = 0 \\ \sum_{j=1}^i \Phi_{t-j} A_j & , \quad i = 1, 2, \dots \end{cases} \quad (4)$$

Etki-tepki fonksiyonunun güven aralıkları, panel VAR parametrelerinin asimptotik dağılımına ve çapraz denklemlerin hata varyans-kovaryans matrisine dayanarak tahmin edilebilmektedir. Etki-tepki fonksiyonlarına benzer şekilde, her değişkenin öngörü hata varyansına katkısını izole etmek için P matrisini kullanarak ortogonalleştirilen şoklar ($e_{it}P^{-1}$), öngörü hata varyansını ayrıştıran kovaryans matrisine (I_k) sahip bulunmaktadır. Değişken m'nin, n değişkeninin h-adım ileri öngörü hatası varyansına katkısının hesaplandığı denklem ve katkıların n değişkeninin h-adım ileri öngörü hatası varyansına göre normalleştirildiği denklem eşitlik (5)'de yer almaktadır (Abrigo ve Love, 2016, ss. 782-784).

$$\sum_{i=0}^{h-1} \theta_{mn}^2 = \sum_{i=1}^{h-1} (i_n' P \Phi_i i_m)^2 \quad (5)$$

$$\sum_{i=0}^{h-1} \theta_{.n}^2 = \sum_{i=1}^{h-1} i_n' \Phi_i' \Sigma \Phi_i i_n$$

Panel VAR modelinde değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin tespitinde, sabit parametresi heterojen ve eğim parametreleri homojen olan Panel VAR modelinin her denklemi için GMM tahmininde parametre matrisine (A) dayanılarak Granger nedensellik Wald testi uygulanmaktadır (Abrigo ve Love, 2016, s. 781).

Ampirik Bulgular

Bu bölümde öncelikle yatay kesit bağımlılığı test edilmekte, durağanlığın sınanması için birim kök testi yapılmakta, gecikme uzunluğu belirlenmekte, analizde kullanılacak modeller için homojenlik testi uygulanmakta ve sonrasında panel VAR model tahmini ile nedensellik testi, öngörü hatası varyans ayrıştırmaları ve etki-tepki analizi yapılmaktadır.

Panel VAR analizinde durağan değişkenler arasındaki dinamik ilişkilerin incelenmesi değişkenlerin durağanlığının tespiti için birim kök analizini gerektirmektedir. Yatay kesit bağımlılığının (birimler arası korelasyon) varlığına göre uygulanacak olan birim kök testinin değişmesi nedeniyle öncelikle yatay kesit bağımlılığı test edilmektedir.

Yatay kesit bağımlılığının belirlenmesinde; büyük zaman (T) ve küçük yatay kesit (birim) (N) boyutu durumunda Breusch Pagan (1980) LM testi, N'nin büyük olduğu durumda Pesaran (2004) CD testi, N'nin ve T'nin büyük olduğu büyük paneller durumunda ise LM istatistiğinin ortalaması ve varyansı kullanılarak düzeltilmiş versiyonu olan Pesaran, Ulah ve Yamagata (2008) NLM testi kullanılmaktadır (Breusch ve Pagan, 1980; Pesaran, 2004; Pesaran vd., 2008).

Tablo 3. Yatay Kesit Bağımlılık Testi

Test	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
Breusch Pagan (1980) LM Testi	145.233	0.0000
Pesaran (2004) CD Testi	0.86	0.389

Çalışmada kullanılan panel veride, zaman boyutu yatay kesitten büyük olduğu için ($T > N$) yatay kesit bağımlılığı Breusch Pagan LM testi ile sınanmaktadır. Tablo 3'de yer alan test sonucuna göre "kalıntıların birimler arası korelasyonlu olmadığı" temel hipotezi

%1 anlamlılık düzeyinde reddedilmekte, seriler arasında yatay kesit bağımlılığı bulunmaktadır.

Bu durumda, değişkenlerinin durağanlığının sınanması için ikinci nesil panel birim kök testlerinden Pesaran CIPS testi (yatay kesit genişletilmiş Dickey Fuller – CADF) kullanılmaktadır.

CADF testinde, birim kök testlerini tahmini faktörlerden sapmalara dayandırmak yerine yatay kesit bağımlılık sorununu gidermek için ADF regresyonları, bireysel serilerin gecikmeli düzeylerinin ve birinci farklarının yatay kesit ortalamalarıyla genişletilmiştir (Pesaran, 2007, ss. 266, 302).

Tablo 4. CIPS Panel Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	t-bar	cv10(%90)	cv5(%95)	cv1(%99)	Z[t-bar]	p-değeri
lnY	-1.846	-2.210	-2.330	-2.550	-0.185	0.427
lnK	-2.001	-2.210	-2.330	-2.550	-0.622	0.267
lnL	-1.849	-2.210	-2.330	-2.550	-0.196	0.422
lnNRE	-1.914	-2.210	-2.330	-2.550	-0.377	0.353
lnRE	-2.209	-2.210	-2.330	-2.550	-1.208	0.114
dlnY	-2.742	-2.210	-2.330	-2.570	-2.679	0.004
dlnK	-2.938	-2.210	-2.330	-2.570	-3.213	0.001
dlnL	-2.390	-2.210	-2.330	-2.570	-1.718	0.043
dlnNRE	-2.665	-2.210	-2.330	-2.570	-2.468	0.007
dlnRE	-3.307	-2.210	-2.330	-2.570	-4.221	0.000

Tablo 4’deki test sonuçlarına göre, tüm değişkenlerin CADF test istatistiği (t-bar) %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeyinde verilen kritik değerlerden mutlak küçük ve olasılık (p) değeri %5’den büyük olduğu için temel hipotez reddedilememekte, serilerin düzeyde durağan olmadığı anlaşılmaktadır. Tüm değişkenlerin birinci farklarında ise CADF test istatistiği (t-bar) %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeyinde verilen kritik değerlerden mutlak büyük ve olasılık (p) değeri %5’den küçük olduğu için temel hipotez reddedilmekte, serilerin birinci farkta durağan (birinci derecede entegre) olduğu görülmektedir. Bu nedenle, çalışmada panel VAR modelinde birinci farkları alınan değişkenler kullanılarak analiz yapılmaktadır. Doğal logaritması alınan GSYH’nın (Y) birinci farkı GSYH’daki büyümeyi ifade etmektedir. Diğer değişkenler için de aynı durum geçerlidir.

Panel VAR modeli tahmininde, uygun gecikme uzunluğunun kullanılması ile aşırı parametrelendirme sorununun ortaya çıkmaması açısından model tahmin edilmeden önce uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi sağlıklı bir model kurulumu için gerekliliktir. Gecikme uzunluğu belirleme kriterleri Tablo 5’de görülmektedir.

Tablo 5. Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Gecikme	J p-değeri	MBIC	MAIC	MQIC
1	0.4018702	-309.9555	-72.59652	-168.8761
2	0.4440503	-207.495	-49.25574	-113.4421
3	0.1344923	-96.25522	-17.13557	-49.22875

MBIC, MAIC ve MQIC bilgi kriterlerinin 1 gecikmede minimum olduğu görülmektedir. Ayrıca kullanılan araç değişkenlerin uygunluğu için Hansen J testinin olasılık değerine

de bakıldığında “kullanılan araç değişkenler dışsaldır” şeklinde olan temel hipotezi 1 gecikmede kabul edilmekte, bir başka ifadeyle 1 gecikmede kullanılan araç değişkenlerin geçerli olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan tüm bu değerlendirmeler sonucunda uygun gecikme 1 olarak belirlenmiştir.

Uygun gecikme uzunluğu belirlendikten sonra bir gecikmeli panel VAR modeli için analizde kullanılacak modellerin Pesaran ve Yamagata’nın (2008) Δ testi ile homojenlikleri test edilmektedir.

Tablo 6. Homojenlik Testi

Bağımlı Değişken	Δ olasılık değeri	$\tilde{\Delta}_{adj}$ olasılık değeri
dlnY	0.659	0.612
dlnNRE	0.695	0.652
dlnRE	0.271	0.206

Not: K ve L değişkenlerinin modele dahil edilmesindeki amaç modelin açıklayıcılığını artırmak olduğu için bu değişkenlerin modellerinin homojenlik testi tabloda ayrıca gösterilmemektedir.

Tablo 6’da yer alan sonuçlara göre “eğim parametreleri homojendir” temel hipotezi reddedilmemekte ve eğim parametrelerinin homojen olduğu kabul edilmektedir. Bu durumda analize, ileri ortogonal sapmalar kullanılarak genelleştirilmiş momentler (GMM) (pvar) yöntemi ile devam edilebilmektedir.

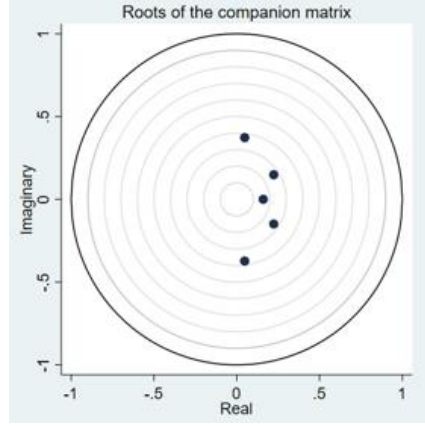
Tablo 7. Panel VAR Model Tahmini

	dlnY _{t-1}	dlnK _{t-1}	dlnL _{t-1}	dlnNRE _{t-1}	dlnRE _{t-1}
dlnY _t	0.1047947 (0.178)	0.0542661 (0.009)	0.102582 (0.233)	-0.0469875 (0.157)	0.009904 (0.052)
dlnK _t	-0.1425723 (0.563)	0.3156739 (0.000)	0.6096218 (0.026)	-0.1494303 (0.193)	0.0107674 (0.563)
dlnL _t	0.3494266 (0.000)	-0.0881708 (0.000)	-0.0780198 (0.235)	0.0183775 (0.411)	-0.0043627 (0.503)
dlnNRE _t	0.260721 (0.132)	0.0938999 (0.011)	-0.4916465 (0.004)	0.2576088 (0.000)	-0.0079397 (0.420)
dlnRE _t	-13.55283 (0.000)	2.867328 (0.000)	4.759746 (0.000)	1.002066 (0.024)	0.1023075 (0.375)

Not: Verilen değerler katsayıları ve parantez içerisindeki değerler ise olasılık (p) değerlerini göstermektedir.

Tablo 7’deki Panel VAR modeli değişkenlerinin katsayı tahminleri değişkenlerin arasındaki ilişkiyi açıklamaya yönelik olarak yorumlanmamaktadır. Panel VAR model tahmini değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi, öngörü hatası varyans ayrıştırması ve etki-tepki analiz değerlerinin hesaplanmasında kullanılarak değişkenler arasındaki ilişkiler tespit edilmektedir.

Modelin her bir özdeğerinin modülü hesaplanarak panel VAR tahmininin istikrar koşulu kontrol edilmelidir. Şekil 1’de özdeğerlerin 1’den küçük olması ve birim çember içerisinde yer alması panel VAR modelinin istikrar koşulunu sağladığını göstermektedir.



Şekil 1. Özdeğer İstikrar Koşulu

Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi, temel hipotezi “dışlanan değişken eşitlikteki değişkenin Granger nedeni değildir” olan panel VAR Granger nedensellik Wald testi ile incelenmektedir. Tablo 8’de teste ait sonuçlar verilmektedir.

Tablo 8. Granger Nedensellik Wald Testi Sonuçları

Eşitlikteki	Dışlanan	χ^2	df	p-değeri
dlnY	dlnK	6.786	1	0.009***
	dlnL	1.424	1	0.233
	dlnNRE	2.008	1	0.157
	dlnRE	3.770	1	0.052*
	tamamı	14.382	4	0.006
dlnK	dlnY	0.335	1	0.563
	dlnL	4.966	1	0.026**
	dlnNRE	1.694	1	0.193
	dlnRE	0.334	1	0.563
	tamamı	7.692	4	0.104
dlnL	dlnY	31.779	1	0.000***
	dlnK	26.121	1	0.000***
	dlnNRE	0.676	1	0.411
	dlnRE	0.449	1	0.503
	tamamı	36.020	4	0.000
dlnNRE	dlnY	2.273	1	0.132
	dlnK	6.427	1	0.011**
	dlnL	8.402	1	0.004***
	dlnRE	0.650	1	0.420
	tamamı	31.634	4	0.000
dlnRE	dlnY	23.846	1	0.000***
	dlnK	13.391	1	0.000***
	dlnL	13.812	1	0.000***
	dlnNRE	5.125	1	0.024**
	tamamı	38.967	4	0.000

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Yenilenebilir enerji üretiminden iktisadi büyümeye ve iktisadi büyümeden yenilenebilir enerji üretimine doğru nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Yenilenebilir enerji üretiminin iktisadi büyümenin nedeni olduğu görülürken yenilenemeyen enerji üretiminden iktisadi büyümeye doğru bir nedensellik olmadığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, iktisadi büyümenin yenilenemeyen enerji üretiminin nedeni olmadığı tablodaki bulgulardan anlaşılmaktadır. Bu değerlendirmelerden, iktisadi büyüme ve yenilenebilir enerji üretimi arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin var olduğu görülmektedir.

Değişkenlere ait öngörü hata varyansının hangi değişkenlerde meydana gelen şoklar tarafından belirlendiğini, bir başka ifadeyle değişkenlerin birinde meydana gelecek olan bir değişimin ne kadarının kendisinden ve diğer değişkenlerden kaynaklandığını gösteren varyans ayrıştırma sonuçları Tablo 9'da yer almaktadır.

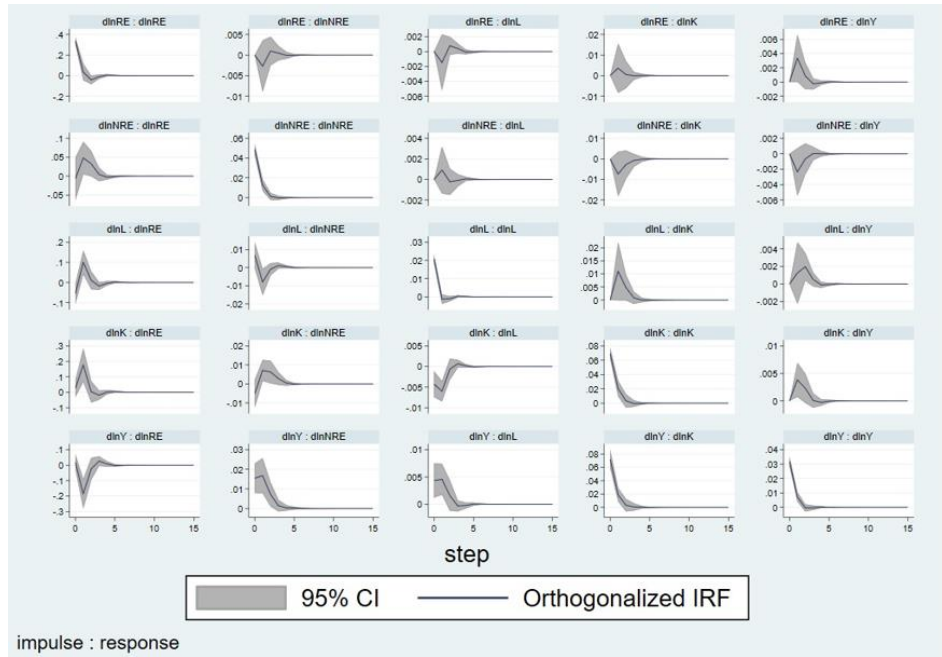
Tablo 9. Varyans Ayrıştırması Sonuçları

Tepki Değişkeni ve Öngörü Zamanı	Etki Değişkeni				
	dlnY	dlnK	dlnL	dlnNRE	dlnRE
dlnY					
1	1	0	0	0	0
5	0.9604769	0.0180698	0.0051614	0.0054153	0.0108767
10	0.9604698	0.0180722	0.0051641	0.0054159	0.010878
15	0.9604698	0.0180722	0.0051641	0.0054159	0.010878
dlnK					
1	0.5205328	0.4794672	0	0	0
5	0.506101	0.4739785	0.0130839	0.0056143	0.0012224
10	0.506101	0.4739781	0.0130839	0.0056144	0.0012227
15	0.506101	0.4739781	0.0130839	0.0056144	0.0012227
dlnL					
1	0.0403694	0.0389401	0.9206905	0	0
5	0.0796711	0.1031058	0.8100447	0.0017183	0.00546
10	0.0796743	0.1031131	0.8100259	0.0017197	0.005467
15	0.0796743	0.1031131	0.8100259	0.0017197	0.005467
dlnNRE					
1	0.0886787	0.0099488	0.0177848	0.8835878	0
5	0.1711114	0.0372456	0.0339621	0.7551745	0.0025064
10	0.1711198	0.037247	0.0339624	0.7551637	0.0025071
15	0.1711198	0.037247	0.0339624	0.7551637	0.0025071
dlnRE					
1	0.0034028	0.0051325	0.025774	0.0004139	0.9652768
5	0.1779531	0.158574	0.0666306	0.0170978	0.5797444
10	0.1779482	0.1586277	0.0666518	0.0170992	0.579673
15	0.1779483	0.1586277	0.0666518	0.0170992	0.579673

İktisadi büyüme ve diğer değişkenler için on beş dönem olarak raporlanan varyans ayrıştırma sonuçlarında önemli bir değişiklik olmadığı görülmektedir. İlk dönemde, iktisadi büyüme öngörü hata varyansının tamamı kendisinde meydana gelen şoklar tarafından belirlenirken, son dönemde ise iktisadi büyümedeki değişimin %96'sı kendisinden, yaklaşık %2'si sabit sermaye oluşumundan, %5'i işgücünden, %5'i yenilenemeyen enerji üretiminden ve %1'i yenilenebilir enerji üretiminden

kaynaklanmaktadır. İktisadi büyümeyi kendisi dışında sabit sermaye oluşumundan sonra etkileyen ikinci değişkenin yenilenebilir enerji üretimi olduğu ve yenilenemeyen enerji üretiminin iktisadi büyümeyi açıklayıcı etkisinin düşük olduğu görülmektedir. Yenilenebilir enerji üretimi öngörü hata varyansının ilk dönemde yaklaşık %97'si kendisinde meydana gelen şoklar tarafından belirlenirken, son dönemde ise %57,9'u kendisi, %17,7'si iktisadi büyüme, %15,8'i sabit sermaye oluşumu, %6,6'sı işgücü ve %1,7'si yenilenemeyen enerji üretimi tarafından açıklanmaktadır. Yenilenebilir enerji üretiminde iktisadi büyümenin açıklayıcı etkisinin arttığı söylenebilir.

Şekil 2'de, hata terimlerinde meydana gelen değişimlerin içsel değişkenler üzerindeki etkilerini gösteren etki tepki fonksiyonları sonuçları yer almaktadır. Etki tepki analizi, hata terimlerinden birindeki %1'lik standart hatalık şokun, içsel değişkenlerin şimdiki ve gelecekteki değerlerine olan etkisinin tespiti için kullanılmaktadır.



Şekil 2. Etki Tepki Analizi Sonuçları

İktisadi büyümenin diğer değişkenlerde meydana gelen bir standart sapmalık şoka verdiği tepkiler şeklin sağ tarafında yer alan grafiklerde görülmektedir. Yenilenebilir enerji üretimindeki bir standart sapmalık şoka karşılık iktisadi büyüme pozitif tepki vermekte, bir başka ifadeyle yenilenebilir enerji üretimindeki bir standart sapmalık şok iktisadi büyüme üzerinde pozitif anlamlı etki yaratmaktadır. Yenilenemeyen enerji üretiminde bir standart sapmalık şok meydana geldiğinde ise iktisadi büyümenin verdiği tepki negatiftir. Şeklin en altında soldan sağa doğru iktisadi büyümede meydana gelen bir standart sapmalık şoka yenilenebilir enerji üretiminin ve yenilenemeyen enerji üretiminin verdiği tepkiler yer almaktadır. İktisadi büyümede bir standart sapmalık şoka karşılık yenilenebilir enerji üretimi ilk dönemlerde negatif, son dönemlerde pozitif tepki

vermektedir. İktisadi büyümede bir standart sapmalık şokun yenilenemeyen enerji üretimi üzerinde ise düşük pozitif anlamalı etki yarattığı görülmektedir. Etki tepki analizinden elde edilen bulgulara göre, verilen şokların etkisi dört-beş dönem içinde yok olmaktadır. Yenilenebilir enerji üretiminin iktisadi büyüme üzerinde pozitif, iktisadi büyümenin yenilenebilir enerji üretimi üzerinde negatif ve pozitif etkisi olduğu söylenebilir.

Sonuç

Yirminci yüzyılın sonlarından günümüze kadar küresel enerji sisteminde ortaya çıkan gelişmeler sonucunda ekonomik büyüme, teknolojik gelişme, nüfus artışı, kentleşme ve refah düzeylerindeki yükselişe artan enerji talebini karşılayabilecek, enerjide ithalat bağımlılığını azaltacak, enerji arz güvenliğini sağlayacak düşük karbonlu (temiz) yenilenebilir enerji ülkelerin enerji politikalarının merkezinde alternatif kaynak olarak yer almaya başlamıştır. İktisadi büyüme, enerji ve iklim değişikliği politikalarının bütünleşik olarak dengeli bir şekilde yürütülmesi açısından yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretim sürecinin ekonomik etkilerinin belirlenmesi önem kazanmaktadır. Yenilenebilir enerji üretim sürecinde ortaya çıkacak yenilikçi iş modellerinin sermaye ve emek yoğun teknolojilerin gelişmesine katkı sağlamasının, yerli enerji ekipmanlarının üretilmesinin, katma değer yaratılmasının iktisadi büyümeyi destekleyeceği öngörülmektedir.

Çalışmada, yenilenebilir enerji üretimi ve iktisadi büyüme arasındaki ilişki BRICS ülkelerinden verilerine ulaşılan altı ülke olan Brezilya, Rusya, Hindistan, Güney Afrika, Mısır, İran ve Türkiye için 1992-2022 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak panel vektör otoregresif (panel VAR) yöntemi ile analiz edilmiştir. Nedensellik testi sonuçlarına göre; yenilenebilir enerji üretiminden iktisadi büyümeye ve iktisadi büyümeden yenilenebilir enerji üretimine doğru olmak üzere yenilenebilir enerji üretimi ve iktisadi büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiş, yenilenemeyen enerji üretimi ile iktisadi büyüme arasında nedensellik ilişkisinin olmadığı görülmüştür. Varyans ayrıştırmasından elde edilen sonuçlara göre; on beş dönem olarak raporlanan varyans ayrıştırmasında iktisadi büyümede önemli bir değişiklik gerçekleşmemiş, iktisadi büyümeyi kendisi dışında sabit sermaye oluşumundan sonra etkileyen ikinci değişkenin yenilenebilir enerji üretimi olduğu ve yenilenemeyen enerji üretiminin iktisadi büyümeyi açıklayıcı etkisinin düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca, yenilenebilir enerji üretiminde iktisadi büyümenin açıklayıcı etkisinin arttığı anlaşılmıştır. Etki tepki analiz sonuçlarına göre; yenilenebilir enerji üretiminin iktisadi büyüme üzerinde pozitif, iktisadi büyümenin yenilenebilir enerji üretimi üzerinde negatif ve pozitif etkisi olduğu, verilen tüm şokların etkisinin dört-beş dönem içinde yok olduğu görülmüştür.

Panel VAR analizi ile elde edilen nedensellik ilişkisi, varyans ayrıştırması ve etki-tepki analiz sonuçları birlikte genel olarak değerlendirildiğinde, yenilenebilir enerji üretiminin iktisadi büyümeyi olumlu yönde etkilediği söylenebilir. Analiz sonuçları çerçevesinde yapılan bu değerlendirme, literatürdeki ampirik çalışmaların farklı analiz yöntemleri ile yenilenebilir enerji üretimi ve iktisadi büyüme arasındaki ilişkiyi incelemeleri dikkate alınarak Armeanu vd. (2017), Bayraç ve Çildir (2017), Sing vd. (2019), Koç ve Apaydın (2020), Deka vd. (2023) çalışmalarında elde edilen bulgular ile benzerlik göstermektedir.

Yenilenebilir enerji üretimi politika yapımcılar tarafından iktisadi büyüme açısından önemli bir faktör haline gelmektedir. Yenilenebilir enerji üretim teknolojilerinde ilerleme ile toplam enerji üretimi içinde yenilenebilir enerji üretiminin payı arttıkça yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyümeye etkisinin daha belirgin hale geleceğini söylemek mümkündür.

BRICS ülkeleri, fosil kaynaklardan uzaklaşarak yenilenebilir enerji üretimini artırması ile küresel düzeyde önemli bir etki yaratma potansiyeline sahiptir. Yenilenebilir enerji üretiminin finans sektörüne ve endüstrilerin büyümesine dolayısıyla yeni iş alanlarının ortaya çıkmasına ve istihdama katkısı olabilecektir. BRICS ülkeleri yenilenebilir enerji teknolojilerine ve finansmana erişim konusunda gelişmiş ülkelerden destek beklentisine girmeden yenilenebilir enerji üretimi ile çevre uyumu konusunda gerekli becerileri, yeterlilikleri geliştirecek ve bilgileri üretebilecek ortak bir politika, yeşil büyüme için finansal sistem, yeşil enerji piyasası geliştirerek uygulamaya geçmelidir. Sürdürülebilir iktisadi büyüme için yenilenebilir enerji yatırımlarının, Ar-Ge'nin ve üretim teknolojilerinin geliştirilmesi yönünde teşvik edici politikalar üretilmelidir. Yenilikçi teknolojilerden ve sürdürülebilir büyüme uygulamalarından, uluslararası işbirliğinin getireceği fırsatlardan tüm üye ülkelerin yararlanması sağlanmalıdır.

BRICS ülkelerinin her birinin yenilenebilir enerji üretimi yapabilecek kaynakları açısından farklı potansiyele sahip olmaları ve üretim teknolojileri maliyetlerinin yüksekliği farklı teşvik uygulamalarını gerektirmektedir. Bu bağlamda enerji politikalarında yenilenebilir enerjiye yönelimi sağlayacak politika araçları olarak geliri artıracak sübvansiyonlara, yatırım ve üretim maliyetini azaltacak uygun yatırım kredilerine ve çeşitli vergi teşviklerine, sabit fiyat garantisi, kota ve yeşil sertifika uygulamalarına yer verilmelidir. Enerji politikaları yenilenebilir enerjiye geçişteki gelişmeler çerçevesinde güncellenmeli, sübvansiyon ve teşvikler geliştirilmelidir.

Ülkeler ekonomik yapıları, gelişmişlik düzeyleri, bulundukları coğrafya, sahip oldukları enerji kaynakları ve konu ile ilgili küresel hedefleri çerçevesinde yenilenebilir enerji üretimi alanında faaliyette bulunan ve bulunacak girişimcilere, teknolojik yatırımların yapılmasının kolaylaştırılmasına, dışa bağımlılığı azaltacak yerli ekipman üretimine, işgücü yetkinliklerinin artırılması için kamu, özel sektör ve üniversite işbirliğine, sübvansiyonları ve vergi avantajlarını artırmak için kamu ve özel finans kaynaklarının daha verimli kullanılmasına, uluslararası rekabet gücünün artırılmasına yönelik uygulamalar geliştirmeli ve düzenlemeler yapmalıdır.

Yenilenebilir enerji üretimi ve iktisadi büyüme ilişkisinin araştırılması yanında yenilenebilir enerji kaynaklarının birbirinden ayrı olarak (güneş, rüzgar, hidrolik gibi) enerji üretimi ve iktisadi büyüme ilişkisini ortaya koyacak çalışmaların ve analizlerin yapılması ile elde edilecek bulgular ülkelerin yenilenebilir enerji yatırım politikalarının belirlenmesinde önemli katkılar sağlayacaktır.

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 – İthenticate
Etik Bildirim	itobiad@itobiad.com
Çıkar Çatışması	Çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
Finansman	Bu araştırmayı desteklemek için dış fon kullanılmamıştır.
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 - İthenticate
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.

Kaynakça / References

- Abrigo, M. R. M., & Love, I. (2016). Estimation of panel vector autoregression in Stata. *The Stata Journal*, 16(3), 778-804. <https://doi.org/10.1177/1536867X1601600314>
- Ağır, H., & Türkmen, S. (2020). Ekonomik büyüme etkisi bakımından doğal kaynaklar: Dinamik panel veri analizi. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 19(3), 840-852.
- Armeanu, D. Ş., Vintila, G., & Gherghina, Ş. C. (2017). Does renewable energy drive sustainable economic growth? Multivariate panel data evidence for EU-28 Countries. *Energies*, 10(3), 1-21. <https://doi.org/10.3390/en10030381>
- Atems, B., & Hotaling, C. (2018). The effect of renewable and nonrenewable electricity generation on economic growth. *Energy Policy*, 112, 111-118. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.10.015>
- 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, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.133404>
- Bayraç, H. N., & Çildir, M. (2017). AB yenilenebilir enerji politikalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(13), 201-212.
- Bayraktutan, Y., Yılğör, M., & Uçak, S. (2011). Renewable electricity generation and economic growth: Panel-data analysis for OECD Members. *International Research Journal of Finance and Economics*, 66, 59-66.
- Bento, J. P. C., & Moutinho, V. (2016). CO2 emissions, non-renewable and renewable electricity production, economic growth, and international trade in Italy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 142-155. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.151>
- Birol, Y. E., & Demirgil, B. (2022). Rüzgar enerjisi üretimi ve ekonomik büyüme ilişkisi: AB-15 Ülkeleri için bir panel veri analizi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (61), 305-327. <https://doi.org/10.18070/erciyesiibd.952820>
- BP. (2024). *bp energy outlook: 2024 edition*. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2024.pdf>
- 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>
- BRICS. (2024). *BRICS joint statistical publication 2024*. https://cdn.brics-russia2024.ru/upload/docs/BRICS24_JointStatisticalPublication_FINAL.pdf?17292326088792175
- BRICS-Russia 2024. (2024). BRICS intergovernmental organization. <https://brics-russia2024.ru/en/about/>
- Caner, E., & Yaşar, S. (2024). Yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi: Türkiye örneği. *ESAM Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(1), 90-110. <https://doi.org/10.53662/esamdergisi.1446688>

- Chen, Y., Mamon, R., Spagnolo, F., & Spagnolo, N. (2023). Sustainable developments, renewable energy, and economic growth in Canada. *Sustainable Development*, 31(4), 2950–2966. <https://doi.org/10.1002/sd.2561>
- Deka, A., Ozdeser, H., & Seraj, M. (2023). The impact of primary energy supply, effective capital and renewable energy on economic growth in the EU-27 countries: A dynamic panel GMM analysis. *Renewable Energy*, 219, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119450>
- Dinç, D. T., & Akdoğan, E. C. (2019). Renewable energy production, energy consumption and sustainable economic growth in Turkey: A VECM approach. *Sustainability*, 11(5), 1-14. <https://doi.org/10.3390/su11051273>
- Ghali, K. H., & El-Sakka, M. I. T. (2004). Energy use and output growth in Canada: A multivariate cointegration analysis. *Energy Economics*, 26(2), 225-238. [https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(03\)00056-2](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(03)00056-2)
- Holtz-Eakin, D., Newey, W., & Rosen, H. S. (1988). Estimating vector autoregressions with panel data. *Econometrica*, 56(6), 1371-1395. <https://doi.org/10.2307/1913103>
- International Energy Agency (IEA). (2022). *World energy outlook*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>
- Kantarmacı, S., & Üçdoğruk Birecikli, Ş. (2020). Yenilenebilir enerji birincil üretiminin ekonomik büyüme ve işgücü üzerine etkisi: AB-28 panel veri analizi. *İzmir Yönetim Dergisi*, 1(1), 10-28.
- Khobai, H. (2018). *The causal linkages between renewable electricity generation and economic growth in South Africa*. Munich Personal RePEc Archive (MPRA) Paper No. 86485. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/86485/>
- Koç, Ü., & Apaydın, Ş. (2020). İktisadi büyüme ve rüzgar enerjisi: Seçilmiş G-20 Ülkeleri için bir analiz. *Fiscaeconomia*, 4(3), 595-612. <https://doi.org/10.25295/fsecon.765376>
- Kuşkaya, S. (2023). Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme ilişkisinin kantil regresyon ile modellenmesi: ABD örneği. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 234-245. <https://doi.org/10.17336/igusbd.953467>
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W. (1972). *The limits to growth: A report for The Club of Rome's Project on the predicament of mankind* (5. bs.). New York: Universe Books. https://collections.dartmouth.edu/xcdas-derivative/meadows/pdf/meadows_ltg-001.pdf?disposition=inline
- Ohler, A., & Fетters, I. (2014). The causal relationship between renewable electricity generation and GDP growth: A study of energy sources. *Energy Economics*, 43, 125-139. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.02.009>
- Oyeleke, O. J., & Akinlo, T. (2020). Energy generation and economic growth: empirical evidence from Nigeria. *Environment, Development and Sustainability*, 22, 7177–7191. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00476-4>

Pahle, M., Pachauri, S., & Steinbacher K. (2016). Can the Green Economy deliver it all? Experiences of renewable energy policies with socio-economic objectives. *Applied Energy*, 179, 1331-1341. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.06.073>

Pesaran, M. H. (2004). *General diagnostic tests for cross section dependence in panels*. Cambridge Working Papers in Economics No: 0435. <https://files.econ.cam.ac.uk/repec/cam/pdf/cwpe0435.pdf>

Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22, 265-312. <https://doi.org/10.1002/jae.951>

Pesaran, M. H., Ullah, A., & Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *Econometrics Journal*, 11, 105-127. <https://doi.org/10.1111/j.1368-423X.2007.00227.x>

Pesaran, M. H., & Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142, 50-93. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.05.010>

Sari, R., & Soytas, U. (2007). The growth of income and energy consumption in six developing countries. *Energy Policy*, 35(2), 889-898. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.01.021>

Seyhan, N., & Seyhan, B. (2022). Yenilenebilir enerji - ekonomik büyüme ilişkisi açısından Türkiye ve AB Ülkelerinin Malmquist Endeksi ile performans incelemesi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 11(2), 1022-1044. <https://doi.org/10.15869/itobiad.937202>

SHURA Enerji Dönüşüm Merkezi. (2022). *Türkiye enerji dönüşümü görünümü 2021*. <https://shura.org.tr/wp-content/uploads/2022/07/rapor-2.pdf>

Singh, N., Nyuur, R., & Richmond, B. (2019). Renewable energy development as a driver of economic growth: Evidence from multivariate panel data analysis. *Sustainability*, 11(8), 2418, 1-18. <https://doi.org/10.3390/su11082418>

Sogut, Y., Demirtas, N., Teksan, E., Torusdag, M., Inal, V., & Aydin, M. (2025). Building a sustainable environment in EU countries: the critical role of infrastructure investments and institutional quality. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 32(1), 96-109. <https://doi.org/10.1080/13504509.2024.2410763>

Tiwari, A. K., Apergis, N., & Olayeni, O. R. (2015). Renewable and nonrenewable energy production and economic growth in Sub-Saharan Africa: A hidden cointegration analysis. *Applied Economics*, 47(9), 861-882. <https://doi.org/10.1080/00036846.2014.982855>

Topcu, B. A., & Doğan, M. (2022). The effect of solar energy production on financial development and economic growth: Evidence from 11 selected countries. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 17(1), 1-19. <https://doi.org/10.1080/15567249.2022.2141377>

United Nations. (1973). *Report of The United Nations conference on the human environment (Stockholm, 5-16 June 1972)*. New York: United Nations. <https://docs.un.org/en/A/CONF.48/14/Rev.1>

United Nations. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our common future*. <https://www.are.admin.ch/are/en/home/media/publications/sustainable-development/>

brundtland-report.html

United Nations. (1992). *United Nations framework convention on climate change*. https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf

United Nations. (1998). *Kyoto Protocol to The United Nations framework convention on climate change*. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>

United Nations. (2015). *Paris Agreement*. https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf

United Nations, Department of Economic and Social Affairs. (2024). *World economic situation and prospects 2024*. United Nations Publication. https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/WESP_2024_Web.pdf

United Nations, Department of Economic and Social Affairs Statistics Division. (2018). *International recommendations for energy statistics (IRES)*. New York: United Nations Publication. <https://unstats.un.org/unsd/energystats/methodology/documents/IRES-web.pdf>

U.S. Energy Information Administration (EIA). (2024a). What is energy: Sources of energy. <https://www.eia.gov/energyexplained/what-is-energy/sources-of-energy.php>

U.S. Energy Information Administration (EIA). (2024b). Renewable energy explained. <https://www.eia.gov/energyexplained/renewable-sources/>

U.S. Energy Information Administration (EIA). (2024). *Total energy production - primary energy*. <https://www.eia.gov/international/data/world>

Ünüvar, İ., & Kesinkılıç, S. (2020). Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme ilişkisi: G20 Ülkeleri örneği (2000-2016). *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 16(2), 251-266. <https://doi.org/10.17130/ijmeh.756859>

Vaona, A. (2016). The effect of renewable energy generation on import demand. *Renewable Energy*, 86, 354-359. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.062>

Wadström, C., Wittberg E., Uddin, G. S., & Jayasekera, R. (2019). Role of renewable energy on industrial output in Canada. *Energy Economics*, 81, 626-638. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.04.028>

World Bank. (2024). *World development indicators*. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>