

YENİ SANAYİLEŞMİŞ ÜLKELERDE YENİLENEBİLİR ENERJİ VE İNSANİ GELİŞMENİN EKONOMİK BÜYÜMEYE KATKISI

CONTRIBUTION OF RENEWABLE ENERGY AND HUMAN DEVELOPMENT TO ECONOMIC GROWTH IN NEWLY INDUSTRIALISED COUNTRIES

Fatih AKIN*, Selin DİNÇER**

*Dr. Öğr. Üyesi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Refahiye MYO, fatih.akin@erzincan.edu.tr, 

**Öğr. Gör. Dr., Kırıkkale Üniversitesi, Keskin MYO, selindincer@kku.edu.tr, 

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
Gönderilme Tarihi 02.05.2025 Revizyon Tarihi 04.06.2025 Kabul Tarihi 30.06.2025 Makale Kategorisi Araştırma Makalesi JEL Kodları C33 O13 O15	<i>Bu çalışmada 1990-2022 döneminde yeni sanayileşmiş ülkelerde (NIC) (Brezilya, Çin, Hindistan, Endonezya, Malezya, Meksika, Filipinler, Güney Afrika, Tayland, Türkiye) yenilenebilir enerji ve HDI düzeyinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi Artırılmış Ortalama Grup (AMG) tahmincisi ve Juodis, Karavias & Sarafidis (JKS, 2021) Granger nedensellik analizi ile incelenmiştir. LM Bootstrap Panel Eşbütünleşme testi sonuçları yenilenebilir enerji, HDI ve ekonomik büyüme değişkenleri arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Panel AMG tahmin sonuçları panel genelinde yenilenebilir enerji ve HDI düzeyinin ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve anlamlı etkisi olduğunu göstermektedir. Ülkeler göre sonuçlar Çin, Hindistan, Endonezya ve Türkiye’de yenilenebilir enerjinin büyüme üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkisi olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Güney Afrika hariç tüm ülkelerde HDI düzeyinin büyüme üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğunu göstermektedir. JKS Granger nedensellik testi sonuçları ise HDI ile ekonomik büyüme arasında ve HDI ile yenilenebilir enerji arasında çift yönlü nedensellik bulunduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca ekonomik büyümeden yenilenebilir enerjiye doğru tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Bulgular, NIC ülkelerinde yenilenebilir enerji ve HDI değerinin ekonomik büyüme üzerinde önemli rol oynadığını vurgulamaktadır.</i> Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, İnsani Gelişme Endeksi, Ekonomik Büyüme, NIC Ülkeleri

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received 02.05.2025 Revized 04.06.2025 Accepted 30.06.2025 Article Classification: Research Article JEL Codes C33 O13 O15	<i>In this study, the impact of renewable energy and HDI level on economic growth in newly industrialised countries (NICs) (Brazil, China, India, Indonesia, Malaysia, Mexico, Philippines, South Africa, Thailand, Türkiye) in the period 1990-2022 is examined with the Augmented Mean Group (AMG) estimator and Juodis, Karavias & Sarafidis (JKS, 2021) Granger causality analysis. The results of the LM Bootstrap Panel Cointegration test reveal that there is a long-run relationship between renewable energy, the HDI, and economic growth variables. Panel AMG estimation results show that renewable energy and HDI levels have a positive and significant effect on economic growth across the panel. The results by countries show that renewable energy has a significant and positive effect on economic growth in China, India, Indonesia, and Türkiye. In addition, the HDI level has a positive and statistically significant effect on growth in all countries except South Africa. The JKS Granger causality test results reveal that there is bidirectional causality between HDI and economic growth and between HDI and renewable energy. In addition, unidirectional causality was found from economic growth to renewable energy. The findings emphasise that renewable energy and HDI play an important role in economic growth in NIC countries.</i> Keywords: Renewable Energy, Human Development Index, Economic Growth, NIC Countries

Atıf (Citation): Akin, F. & Dinçer, S. (2025). “Yeni Sanayileşmiş Ülkelerde Yenilenebilir Enerji ve İnsani Gelişmenin Ekonomik Büyüme Katkısı”, *Ekonomi Maliye İşletme Dergisi*, 8(1): 46-61



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Extended Summary

Renewable energy and the HDI are two important factors affecting the sustainability of economic growth. Renewable energy investments create new employment opportunities and support economic growth by reducing environmental costs. At the same time, while the use of renewable energy resources supports environmental sustainability, it can also positively affect human development by improving air quality and living standards. On the other hand, an increase in the HDI level improves labour productivity and innovation capacity. Thus, growth shaped based on both human development and environmental sustainability can enable long-term and inclusive economic development.

HDI measures the quality of life of individuals as a composite index covering basic indicators such as health, education, and standard of living. High levels of human development contribute to economic growth by increasing labour productivity and innovation capacity, while economic growth supports human development through investments in infrastructure such as education and health. This interplay strengthens the multidimensional nature of development. Today, energy is considered one of the fundamental elements of industrialisation and economic development, and there is a strong relationship between energy consumption and economic growth. Global energy demand is largely met from non-renewable sources, which brings environmental problems. On the other hand, renewable energy resources both contribute to economic growth and support sustainable development by minimising environmental impacts. When assessed together with HDI, renewable energy investments are of strategic importance for sustainable, inclusive, and long-term economic development. Accordingly, human development and renewable energy utilisation constitute the basic building blocks of sustainable economic growth.

In this study, the effects of renewable energy and HDI level on economic growth in NIC countries in the period 1990-2022 are analysed by panel data analysis and JKS Granger causality analysis. NIC countries are developing countries that have rapidly completed the industrialisation process and transitioned from an agriculture-oriented economic structure to an industry-oriented structure. NIC countries are taking important steps in renewable energy investments along with industrialisation, and therefore constitute a group of countries that should be carefully examined in terms of energy use, human development, and economic growth.

In the first step of the panel data analysis conducted to examine the effect of renewable energy and HDI level on growth in NIC countries, it was determined that the model contains horizontal cross-section dependence and has a heterogeneous structure with the horizontal cross-section dependence and homogeneity test. In the second step, the CIPS unit root test revealed that the variables are non-stationary at the level and become stationary when the first differences are taken. In the third step, the LM Bootstrap test, which is performed by taking into account the horizontal cross-section dependence, reveals that there is a long-run cointegration relationship between the variables. The results of the AMG estimator performed in the fourth stage show that REN and HDI variables generally have positive and statistically significant effects on GDP. While the effect of REN is significant in China, India, Indonesia, and Türkiye, HDI shows a strong positive effect in all countries (except South Africa). Finally, the results of the JKS Granger causality test conducted in the fifth stage reveal that there is bidirectional causality between HDI and economic growth and between HDI and renewable energy. In addition, unidirectional causality was found from economic growth to renewable energy.

The findings of the study that there is a positive and significant relationship between renewable energy and economic growth are consistent with the studies conducted by Bhattacharya et al. (2016) on 38 selected countries, Apargis and Payne (2010) on OECD countries, and Ślusarczyk et al. (2022) on Poland and Sweden. The findings on the positive and significant relationship between HDI and economic growth are consistent with the findings of Taqi et al. (2021) on Pakistan and Hao and Phuoc (2016) on 30 countries. In addition, the finding of a causality relationship from economic growth to renewable energy in NIC countries is consistent with the ‘Conservation Hypothesis’, which argues that there is unidirectional causality from economic growth to energy consumption.

These findings reveal that renewable energy and human development play an important role in economic growth in NIC countries. According to these findings, governments and policymakers should sustainably support economic growth by encouraging renewable energy investments. Because renewable energy has a significant effect on growth. Moreover, considering the strong impact of the HDI level on economic growth, more attention should be paid to human development areas such as education, health, and living standards. Finally, since there is a bidirectional causality between HDI and renewable energy, it is important to plan renewable energy projects in a way to supports the human development of societies.

Giriş

Bir ülkenin refahını veya genel halkın yaşam kalitesini ölçmede Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'nın (GSYİH) yeterli olup olmadığı oldukça fazla tartışılan konuların başında gelmektedir. GSYİH'nin yüksek oranda artmasına rağmen birçok insan için yaşam kalitesinin iyileşmemesi algısı, GSYİH hesaplamalarının yalnızca ekonomik çıktıları değil, aynı zamanda yaşam kalitesi ve insani refahı da kapsayacak şekilde genişletilmesi gerektiği düşüncesine yol açmıştır (Taqi vd., 2021). Bu noktada İnsani Gelişme Endeksi (HDI) ülkelerin ilerlemesini GSYİH'den farklı bir şekilde ölçen alternatif bir gösterge olarak ön plana çıkmaktadır. HDI, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından 1990 yılında ülkelerin sosyoekonomik kalkınmasını ölçmek amacıyla geliştirilmiş bir göstergedir (Kaewner vd., 2023).

HDI sağlık sektörü, ekonomi sektörü, uzun yaşam, eğitim gibi insan gelişimi alanını kapsayan bir endekstir (Elistia & Syahzuni, 2018; Karimi Alavijeh vd., 2024). İnsani gelişim kavramı ise insanların daha uzun, daha sağlıklı ve daha dolu bir yaşam sürmelerini sağlayacak şekilde, insanların seçimlerini genişletmek olarak tanımlanmaktadır. Son yıllarda politika yapıcılar ve hükümetler, toplumlarına daha fazla refah sağlamak amacıyla daha yüksek düzeyde insani gelişime ulaşmak için pek çok çaba göstermektedir (Karimi Alavijeh, 2024). Bu eksende insani gelişim, ekonomik, sosyal ve politik unsurların bir araya gelerek bireylerin yaşam kalitesini artırmaya yönelik bütüncül bir süreci kapsamaktadır. HDI, yaşam beklentisi endeksi, eğitim endeksi ve yaşam standardı endeksi olmak üzere insanların seçimlerini genişletme temel kapasitesini gösteren üç endeksin ortalamasına dayalı bir bileşik endekstir (Hasan, 2021). 1990 yılında UNDP tarafından geliştirilen HDI değerinin hesaplanmasında kullanılan göstergeler, veri tabanı ve hesaplama yöntemi bakımından 2010 yılında değişiklikler yapıldığı görülmektedir (Taqi, 2021).

HDI, bir ülkenin ekonomik büyüme ve kalkınmasının temel göstergelerinden biridir. Nitekim ekonomik büyüme, bir ülkenin kalkınmasında önemli bir faktördür ve ekonomik büyümeyi artıracı birçok faktör bulunmaktadır. Bunlardan biri HDI düzeyidir. Ekonomik büyüme ve insani gelişim arasında karşılıklı bir etkileşim bulunmakta, biri diğerinin sürdürülebilirliğini desteklemektedir. Bir taraftan, büyüme HDI düzeyinde sürdürülebilir iyileşmeleri mümkün kılacak kaynakları sağlamaktadır. Diğer taraftan, iş gücünün kalitesindeki iyileşmeler, büyüme için önemli bir katkı sağlamaktadır (Ranis vd., 2000). Ekonomik büyüme, HDI üzerinde yalnızca gelir boyutunu etkilemekle kalmaz, aynı zamanda çok boyutlu etkiler de oluşturmaktadır. Özellikle ekonomik büyümenin artması, hükümetlerin eğitim ve sağlık altyapılarına daha fazla kaynak ayırmasına olanak tanımaktadır (Hanushek & Woessmann, 2010).

Öte yandan son yüzyılda enerji, sanayileşme ve ekonomik kalkınma süreçlerinin temel bir bileşeni olarak kabul edilmiştir. Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki güçlü ilişki artarak devam etmektedir. Enerji, herhangi bir ülkenin ekonomik büyümesini teşvik etmek için kritik bir faktör olarak ön plana çıkmaktadır (Wang vd., 2018). Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki bu sıkı ilişki, bir ülkenin kalkınma düzeyini belirleyen temel dinamikler olarak öne çıkmaktadır. Enerji ihtiyacı, temel olarak yenilenemez enerji kaynakları (örneğin petrol, doğalgaz ve kömür) ve yenilenebilir enerji kaynakları (örneğin rüzgâr, güneş, hidroelektrik, biyokütle ve jeotermal) olmak üzere iki farklı kaynak grubundan sağlanmaktadır. Günümüzde küresel enerji talebinin büyük bir bölümü hâlâ yenilenemez enerji kaynakları aracılığıyla karşılanmaktadır (Azam vd., 2021). Yenilenemez enerji kaynaklarının yoğun kullanımı ise çevre kirliliği, küresel ısınma, iklim değişikliği, sağlık riski gibi birtakım küresel sorunları beraberinde getirmektedir. Son dönemdeki yenilenebilir enerji tüketimiyle ilgili çalışmalar da buna bağlı olarak iki ana beklentiye dayanmaktadır. Birincisi, yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeye olumlu katkılar sağlaması, ikincisi ise yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre üzerinde yenilenemez enerji kaynakları kadar olumsuz etkisinin bulunmamasıdır (Yıldırım vd., 2012).

Yenilenebilir enerji, doğal süreçlerden (örneğin güneş ışığı ve rüzgâr) elde edilen veya tükenmeyen ya da yenilenebilir olan enerjidir. Başlıca yenilenebilir enerji türleri güneş, rüzgâr, jeotermal, hidroelektrik, biyoyakıt ve okyanus enerjisidir (Bhattacharya vd., 2016). Günümüzde çevre sorunlarının temelinde, küresel enerji ihtiyacının karşılanmasında fosil yakıtların yoğun olarak kullanılması ve buna bağlı olarak ortaya çıkan karbon emisyonları yer almaktadır. Bu emisyonlar,

iklim değişikliği, hava kirliliği ve küresel ısınma gibi ekosistemi tehdit eden ciddi çevresel problemlere neden olmaktadır. Fosil yakıtların yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ise, karbon salımını azaltarak bu küresel çevre sorunlarının hafifletilmesine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (Dinçer, 2025).

Bu çerçevede literatürde ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki teorik ilişki büyüme hipotezi, koruma hipotezi, geri besleme hipotezi ve nötralite hipotezi olmak üzere dört test edilebilir hipotezle uyumlu hale getirilmiştir. Büyüme hipotezine göre, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında tek yönlü bir nedensellik bulunmaktadır. Enerji tüketimi ekonomik büyüme için oldukça önemlidir. Büyüme hipotezinin aksine Koruma hipotezi, ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik olduğunu öne sürer. Yani ekonomik faaliyetlerin toplam değeri arttığında, insanların ve ekonomilerin enerjiye daha fazla erişim sağlamaktadır. Geri besleme hipotezi, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında karşılıklı bir ilişki olduğunu ve her iki faktörün birbirini artırdığını öne sürer. Nötralite hipotezi ise ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında herhangi bir nedensel ilişki bulunmadığını öne sürer (Tiba & Omri, 2007; Quadrat-Ullah & Nevo, 2021).

Yenilenebilir enerji potansiyelinin son yıllarda büyümesi, hükümet destekli programlar, sübvansiyonlar, vergi kredileri ve diğer teşviklerle yönlendirilmiştir. Bu da yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyet rekabetçiliğini artırmıştır. Birçok ülkede, yenilenebilir enerjiler geleneksel enerji kaynaklarıyla geniş bir rekabet içindedir (Bhattacharya vd., 2016). Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, fosil yakıtlarla enerji üretimine kıyasla daha temiz bir alternatif olarak da değerlendirilmektedir. Yenilenebilir enerji üretimine yapılan yatırımların ekonomik büyüme ve kalkınma ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir (Chang vd., 2015).

NIC ülkeleri gelişmekte olan ülkeler arasında, sanayileşme sürecini hızla tamamlamaya başlayan ve ekonomik yapılarında tarımdan sanayiye doğru kayma gösteren ülkelerdir. NIC ülkelerinin ekonomileri, ABD, Japonya ve Batı Avrupa ülkeleri gibi gelişmiş ülkeler kadar ileri düzeyde değildir. Ancak hala diğer gelişmekte olan ülkelere kıyasla daha yüksek ekonomik büyüme gösteren ülkelerin bir alt kategorisini ifade etmektedir. Bu kavram, 1970'lerde yaygın olarak tanınmaya başlanmıştır. Yeni sanayileşmiş ülkeler, ulusal gelirlerinin önemli bir kısmını üretim sektöründen, yani imalat, inşaat ve madencilik faaliyetleriyle ilişkili endüstrilerden elde eden ülkelere uygulanan sosyoekonomik bir terimdir (Corporate Finance Institute, 2025).

NIC terimi 1970'ler ve 1980'lerde bazı ülkelerin hızlı sanayileşme sürecine girmesiyle tanınmaya başlamıştır. 2016 itibarıyla Türkiye, Tayland, Malezya, Meksika, Brezilya, Güney Afrika, Çin ve Hindistan'da NIC grubu içerisinde yer almaktadır. Bu ülkelerin her biri, kişi başı gelirin genel bir artışı ve yaşam standardında yükselmeler yaşamaktadır (Singal & Wokutch, 2018). NIC ülkelerinde ekonomik büyüme ve HDI seviyesi genellikle artış gösterme eğilimindedir ancak her ülkenin ekonomik, sosyal ve siyasi yapısına bağlı olarak bu göstergeler farklılaşmaktadır. NIC ülkelerinde yenilenebilir enerji alanında da önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Özellikle Çin, Hindistan, Brezilya ve Türkiye gibi ülkeler, büyük ölçekli yenilenebilir enerji projelerine yatırım yapmaktadır. Dolayısıyla NIC ülkeleri sanayileşmede önemli gelişmeler kaydeden ülkeler olarak dikkat çekmektedir. Bu bağlamda enerji kullanımı, insani gelişim ve ekonomik büyüme çerçevesinde incelenmesi gereken önemli bir ülke grubudur.

Bu çalışmada 1990-2022 döneminde NIC ülkelerinde yenilenebilir enerji ve HDI düzeyinin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri incelenmektedir. Mevcut literatürde yenilenebilir enerji tüketimi, HDI ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki birçok çalışmada ele alınmış olmakla birlikte, bu çalışmalar çoğunlukla gelişmiş veya gelişmekte olan ülke gruplarına odaklanmış, NIC ülkeleri özelinde kapsamlı analizler sınırlı kalmıştır. Bu bağlamda, 1990-2022 dönemini kapsayan veri seti ile 10 NIC ülkelerini odağına alan bu çalışma, yenilenebilir enerji tüketimi ve HDI'nin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini panel eşbütünleşme ve nedensellik analizleriyle birlikte değerlendirerek literatürdeki bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Böylece çalışma politika yapıcılar açısından da yenilenebilir enerji ve insani gelişmişlik temelli büyüme stratejilerine dair yol gösterici ampirik kanıtlar sunmaktadır.

1. Literatür Çalışması

Ekonomik büyüme ile HDI arasındaki ilişki, büyüme ve kalkınma ekonomisi literatüründe incelenen konuların başında gelmektedir. Bir ülkenin refahını ve yaşam kalitesini araştırırken sadece ekonomik büyümeye odaklanılmamalı, eğitim, sağlık ve yaşam beklentisi gibi temel insani ihtiyaçları da dikkate alan HDI düzeyi de dikkate alınmalıdır. Zira yüksek büyüme oranları bazı durumlarda eğitim ve sağlık gibi HDI bileşenlerini yeterince yansıtmayabilir. Literatür incelendiğinde ekonomik büyüme ile HDI arasındaki bağlantıyı inceleyen pek çok araştırma bulunmaktadır. Bu çalışmalar, çeşitli ülke ve bölgelerden elde edilen veriler ile farklı ekonometrik yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Örneğin Abraham ve Ahmed (2011) 1975–2008 döneminde büyüme ve HDI ilişkisini Nijerya örneği üzerinden incelemişlerdir. Ekonomik büyümenin kısa vadede HDI üzerinde negatif bir etkisi olduğu görülmüş, ancak bu sonucun istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığı tespit edilmiştir.

Diğer taraftan HDI ve büyüme ilişkisini inceleyen çalışmaların önemli bir kısmında HDI ve büyüme arasında anlamlı ve pozitif bir ilişkinin varlığı doğrulanmaktadır. Örneğin Hoa ve Phuoc (2016) 1999-2014 döneminde 30 ülkede ekonomik büyüme ve HDI arasındaki ilişkiyi incelemişler ve HDI seviyesinin ülkelerin ekonomik büyümesi üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Elistia ve Syahzuni (2018) 2010-2016 döneminde ASEAN ülkelerinde büyüme ile HDI arasındaki ilişkiyi inceleyerek büyüme ile HDI arasında güçlü ve anlamlı bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Gulcemal (2020) tarafından 1990-2018 döneminde 16 gelişmekte olan ülkede insani gelişmenin ekonomik büyümeyi desteklediği bulgusuna ulaşılmıştır.

Khan vd. (2019) 1990-2014 döneminde Pakistan’da büyüme ile HDI arasındaki ilişkiyi ARDL ve VECM yöntemleri ile incelemişlerdir. Çalışma sonuçları büyüme ile HDI arasında olumlu ve pozitif bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Benzer şekilde Taqi vd. (2021) Pakistan’da 1980-2018 döneminde HDI seviyesinin ekonomik büyüme üzerinde etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki ise özellikle çevresel sürdürülebilirliğin ön plana çıktığı son yıllarda iktisat literatüründe önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyümeye odaklanan çalışmalar yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeye doğrudan ve dolaylı olarak katkıda bulunabileceğini ortaya koymaktadır. Literatür yenilenebilir enerjinin büyüme sürecine katkı sağladığını ve yenilenebilir enerji ile büyüme arasında önemli bir ilişki bulunduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin, Apergis ve Payne (2010) 1985-2005 dönemi arasında OECD ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca çalışmada yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında iki yönlü nedensellik ilişkisi bulunduğu belirtilmiştir.

Yıldırım vd. (2012) tarafından 1949-2010 döneminde ABD’de yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeye etkisi nedensellik analizi ile incelenmiş ve yenilenebilir enerji türleriyle reel GSYİH arasında ise herhangi bir nedensellik ilişkisi saptanmamıştır. Azam vd. (2021) 1990-2015 döneminde yeni sanayileşmiş ülkelerde yenilenebilir elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Chang vd. (2015) tarafından 1990-2011 döneminde G7 ülkelerinde ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji arasında çift yönlü nedensellik olduğunu, Kanada, İtalya ve ABD’de tarafsızlık hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Fransa ve İngiltere’de büyümeden yenilenebilir enerjiye, Almanya ve Japonya’da ise yenilenebilir enerjiden büyümeye tek yönlü nedensellik ilişkisi saptanmıştır. Bhattacharya vd. (2016) 1991-2012 döneminde seçilmiş 38 ülkede yenilenebilir enerji tüketiminin, ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Inglesi-Lotz (2016) 1990-2010 döneminde OECD ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik koşullar üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada reel GSYİH veya kişi başına reel GSYİH, toplam yenilenebilir enerji tüketimi, istihdam ve AR-GE harcamaları arasında uzun vadeli bir denge ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Fan ve Hao (2020) tarafından 2000-2015 döneminde 31 Çin ilinde yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında uzun vadeli ve istikrarlı bir denge ilişkisi bulunduğunu tespit etmişlerdir. Qudrat-Ullah ve Nevo (2021) tarafından 2008-2014 döneminde Afrika’da yenilenebilir enerji tüketiminin kısa ve uzun dönemde ekonomik büyümeyi artırdığı tespit edilmiştir. Gyimah vd. (2022)

tarafından 1990-2015 döneminde Gana’da ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında bir geri besleme etkisi olduğunu, ancak yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde anlamlı bir dolaylı etkisi olmadığı saptanmıştır. Ślusarczyk vd. (2022) 1991-2022 döneminde Polonya ve İsveç’te yenilenebilir enerjinin ekonomik büyüme üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif etkisinin bulunduğunu ortaya koymuşlardır.

Literatürde, sınırlı olmakla birlikte ekonomik büyüme, HDI ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenlerini birlikte ele alarak inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmalar, kalkınmanın yalnızca ekonomik göstergelerle değil, aynı zamanda insani gelişim ve çevresel sürdürülebilirlikle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Wang vd. (2018) 1990-2014 döneminde Pakistan’da yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve HDI arasındaki ilişkiyi İki Aşamalı En Küçük Kareler (2SLS) yöntemi ile incelemişlerdir. Sonuçlar Pakistan’da yenilenebilir enerji tüketiminin insani gelişim sürecinin durumunu iyileştirmede, gelir yükseldikçe HDI seviyesinin düştüğünü ortaya koymaktadır. Sarkodie ve Adams (2020) 1990-2017 döneminde Sahra Altı Afrika ülkelerinde Driscoll-Kraay standart hataları ile parametrik olmayan regresyon yöntemini kullanarak elektrik erişimi, HDI, siyasi sistem ortamı, gelir seviyesi ve gelir eşitsizliği arasındaki ilişkiyi ele almışlardır. Bulgular HDI ve gelir seviyesinin elektrik erişimini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır.

Yang vd. (2022) 1990-2020 döneminde ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji ve HDI arasındaki ilişkiyi N-11 ekonomileri için incelemişlerdir. Çalışmada, yenilenebilir enerji tüketiminin yalnızca kısa vadede ekonomik büyümeyi artırdığı, HDI seviyesinin ise büyümeyi hızlandırdığı tespit edilmiştir. Kaewnern vd. (2023) 1996-2007 döneminde en yüksek insani gelişmeye sahip on ülkede ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketiminin HDI üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketiminin HDI üzerinde olumlu etkiler yarattığını, HDI ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Karimi Alavijeh vd. (2024) tarafından 2000-2019 döneminde AB ülkelerinde yenilenebilir enerji ve ekonomik büyümenin HDI üzerindeki etkisini Momentler Kuantil Regresyonu (MMQR) yöntemi ile incelenmiştir. Çalışmada yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin HDI üzerinde pozitif etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Sasmaz vd. (2020) ise 1990-2017 döneminde 28 OECD ülkesinde yenilenebilir enerjinin HDI üzerinde olumlu etkisinin bulunduğu ve yenilenebilir enerji ile HDI arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Literatürde yer alan çalışmalar, yenilenebilir enerjinin büyüme üzerindeki etkisinin önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının artırılması, çevresel sürdürülebilirliği sağlarken büyümeyi de desteklemektedir. Bununla birlikte, yenilenebilir enerjinin büyüme üzerindeki etkisi, ülkelerin enerji altyapısına, politikalarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Ancak genel olarak, yenilenebilir enerji kullanımı arttıkça, ülkeler daha sürdürülebilir bir büyüme modeline ulaşarak sürdürülebilir büyümeyi destekleyebilmektedir. Diğer taraftan literatürde yer alan çoğu çalışmada HDI seviyesi ile ekonomik büyüme arasında anlamlı bir ilişki olduğu doğrulanmaktadır. HDI seviyesi ve büyüme arasındaki ilişki sadece ekonomik faktörlerle değil, aynı zamanda sosyal ve kültürel faktörlerle de şekillenmektedir.

Öte yandan literatürde, sınırlı olmakla birlikte ekonomik büyüme, HDI ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenlerini bir arada ele alarak inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır. Bu araştırmalar, ekonomik büyümenin sürdürülebilirliği açısından sadece üretim ve gelir artışının değil, aynı zamanda beşerî gelişim düzeyinin ve çevresel faktörlerin de önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeye olumlu katkı sağlarken, aynı zamanda HDI üzerindeki etkileri de dikkate alınmakta, böylece ekonomik kalkınmanın sosyal ve çevresel boyutlarıyla birlikte değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Literatürden anlaşılabileceği gibi yenilenebilir enerji ve HDI seviyesinin ekonomik büyüme ile güçlü bir ilişkisi bulunmaktadır ve bu ilişki sürdürülebilir büyüme ve kalkınmanın şekillenmesinde oldukça önemlidir.

2. Veri Seti ve Yöntem

Bu çalışmada 1990-2022 döneminde NIC ülkelerinde yenilenebilir enerji ve HDI düzeyinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi panel veri analizi ile test edilmiştir. Wang vd. (2018) tarafından yapılan çalışmadan hareketle oluşturulan çalışmanın modeli Denklem 1’de verilmiştir.

$$GDP_{it} = \beta_0 + \beta_{i1}REN_{it} + \beta_{i2}HDI_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Verilen denklemde ekonomik büyümeyi temsilen GDP (Kişi Başına Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla, Sabit 2015 ABD\$), yenilenebilir enerji tüketimini temsilen REN (Kişi Başına Kwh) ve insani gelişme endeksini temsilen ise HDI (0-1 arası endeks değeri) kullanılmaktadır. Analizde kullanılan bu verilerin doğal logaritmaları alınmıştır. GDP, Dünya Bankası (WB) veri tabanından, REN, Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) veri tabanından ve HDI ise Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) veri tabanından elde edilmiştir.

Tablo 1: Veri Açıklamaları

Değişkenler	Açıklama	Ölçüm	Kaynak
GDP	Ekonomik Büyüme	Kişi Başına Sabit 2015 ABD \$	WB
REN	Yenilenebilir Enerji Tüketimi	Kişi Başına Kwh	IEA
HDI	İnsani Gelişme Endeksi	0-1 Arası Endeks Değeri	UNDP

Panel veri analizlerinde ilk olarak sıklıkla karşılaşılan ve ekonometrik modellemenin geçerliliği açısından önemli sonuçlar doğuran konulardan biri yatay kesit bağımlılığıdır (Cross-Sectional Dependence- CSD). Genel tanımıyla yatay kesit bağımlılığı, bir panel veri setini oluşturan farklı kesit birimleri (örneğin, ülkeler, firmalar, bölgeler veya bireyler) arasında, aynı zaman dilimi içerisinde mevcut olan korelasyon veya karşılıklı bağımlılık ilişkisini ifade etmektedir (De Hoyos & Sarafidis, 2006). Özellikle makroekonomik panellerde, küreselleşme, uluslararası ticaret, finansal akışkanlık ve teknolojik yayılma gibi faktörler nedeniyle birimlerin birbirlerinden etkilenmesi ve ortak şoklara maruz kalması oldukça yaygındır. Bu durum, birimler arası bağımsızlık varsayımının sıklıkla ihlal edilmesine yol açmaktadır (Pesaran, 2004; Sarafidis & Wansbeek, 2012; Tuğcu, 2018). Literatürde, panel verilerde yatay kesit bağımlılığının varlığını araştırmak üzere çeşitli testler geliştirilmiştir. Bu testlerden ilki ve en bilineni Breusch ve Pagan (1980) tarafından önerilen Lagrange Çarpanı (LM) testidir. Daha sonraki yıllarda Pesaran (2004) CD_{lm} ile CD testi ve Pesaran vd. (2008) LM_{adj} testi sıklıkla kullanılmaktadır (Pesaran, 2004; Pesaran vd., 2008). Bu testlerin formülasyonları aşağıda sırasıyla verilmiştir.

$$LM(BP, 1980) = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (\hat{p}_{ij}^2) \rightarrow X^2 \frac{N(N-1)}{2} \quad (2)$$

$$CD_{lm}(Pesaran, 2004) = \sqrt{\left(\frac{1}{N(N-1)}\right)} T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (T\hat{p}_{ij}^2 - 1) \xrightarrow{asy} N(0,1) \quad (3)$$

$$CD(Pesaran, 2004) = \sqrt{\left(\frac{2T}{N(N-1)}\right)} \left(\sum_{i=1}^{N-1} T \sum_{j=i+1}^N \hat{p}_{ij}^2\right) \xrightarrow{asy} N(0,1) \quad (4)$$

$$LM_{adj}(PUY, 2008) = \left(\frac{2}{N(N-1)}\right)^{\frac{1}{2}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \left[\hat{p}_{ij}^2 \left(\frac{T-K-\hat{p}_{ij}-\hat{\mu}_{Tij}}{v_{Tij}}\right)\right] \rightarrow N(0,1) \quad (5)$$

Verilen yatay kesit bağımlılık testlerinin hipotezleri ise şu şekildedir;

$H_0 = \text{Yatay kesit bağımlılığı yoktur.}$

$H_1 = \text{Yatay kesit bağımlılığı vardır.}$

Panel veri analizlerinde izlenecek ikinci adım, modeldeki eğim katsayılarının kesit birimler arasında homojen mi yoksa heterojen mi olduğunu belirlemektir. Bu homojenlik varsayımını test etmek için Pesaran ve Yamagata (2008), Swamy’nin (1970) yöntemine dayalı standartlaştırılmış delta

($\tilde{A}$ ve $\tilde{A}_{adj}$) testini geliştirmiştir. Test, birim bazında tahmin edilen eğimlerin farklılığını ve tahminlerin hassasiyetini dikkate alarak, katsayıların birimler arasında sistematik fark gösterip göstermediğini değerlendirir (Bersvendsen & Ditzen, 2020). Bu testlerin formülasyonları aşağıda sırasıyla verilmiştir.

$$\tilde{A} = \sqrt{N} \frac{N^{-1}\hat{S}-k}{\sqrt{2k}} \quad (6)$$

$$\tilde{A}_{adj} = \sqrt{N} \frac{N^{-1}\hat{S}-k}{\text{var}(t,k)} \quad (7)$$

Verilen homojenite testlerinin hipotezleri;

H_0 : Eğim katsayıları homojendir.

H_1 : Eğim katsayıları heterojendir.

Panel veri analizlerinde üçüncü adımda, değişkenlerin durağanlık seviyeleri belirlenmektedir. Değişkenler yatay kesit bağımlılık ve heterojenlik içerdiğinden dolayı Pesaran (2007) tarafından geliştirilen, panel veri setlerinde birim kök testleri için yeni bir yöntem önermektedir. Geleneksel yöntemler kesitsel bağımsızlığı varsayar, ancak bu genellikle gerçekçi değildir. Pesaran, standart ADF regresyonlarını bireysel serilerin gecikmeli seviyelerinin ve birinci farklarının kesitsel ortalamaları ile genişleterek kesitsel bağımlılığı ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Bu yöntem, kesitsel olarak genişletilmiş ADF (CADF) istatistiklerini kullanarak, kesitsel olarak genişletilmiş IPS (CIPS) testi geliştirmektedir. CADF ve CIPS istatistiklerinin asimptotik özellikleri incelenmiş ve küçük örneklem özellikleri Monte Carlo simülasyonları ile test edilmiştir (Pesaran, 2007). Bu testin formülasyonu aşağıda verilmiştir.

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N CADF_i \quad (8)$$

Verilen birim kök testinin hipotezleri aşağıda yer almaktadır;

H_0 : Birim kök vardır.

H_1 : Birim kök yoktur.

Dördüncü adımda tüm değişkenlerin birinci farkta durağan hale gelmesi ile uzun vadeli eşbütünleşme analizinin yapılması mümkün hale gelmiştir. Bu kapsamda, uzun dönemli ilişkilerin varlığını test etmek amacıyla, yatay kesitler arasındaki bağımlılığı dikkate alan ve Westerlund ile Edgerton (2007) tarafından geliştirilen LM Bootstrap Panel Eşbütünleşme testi tercih edilmiştir. Bu testin formülasyonu aşağıda verilmiştir.

$$LM_N^+ = \frac{1}{NT^2} \Sigma_{i=1}^N \Sigma_{i=1}^T \hat{\omega}_i^{-2} S_{it}^2 \quad (9)$$

Verilen eşbütünleşme testinin hipotezleri ise şu şekildedir;

H_0 : Eşbütünleşme vardır.

H_1 : Eşbütünleşme yoktur.

Eşbütünleşme ilişkisinin bulunması halinde beşinci adımda uzun dönem tahmincisi kullanılmaktadır. Bu tahmincilerden biri olan, AMG tahmincisi, panel veri analizinde kullanılan bir yöntemdir. Özellikle yatay kesit bağımlılığı ve heterojenlik gibi sorunları ele almak için geliştirilmiştir. Bu yöntem, zaman serisi özelliklerini gözlemlenebilir ve gözlemlenemeyen değişkenlerin panel grupları arasındaki etkilerini hesaba katmaktadır. AMG tahmincisi, Eberhardt ve Bond (2009) tarafından geliştirilmiştir. AMG tahmincisinin temel formülasyonu iki aşamadan oluşur. İlk aşamada, birinci

farkları alınmış değişkenlerle Havuzlanmış En Küçük Kareler (OLS) regresyonu tahmin edilir ve dönem kukla değişkenlerinin katsayıları elde edilir. Bu katsayılar, gözlemlenemeyen ortak faktörlerin zaman içindeki "ortak dinamik süreci"ni temsil eder:

$$\Delta y_{it} = b' \Delta x_{it} + \sum_{t=2}^T c_t \Delta D_t + e_{it} \quad (10)$$

Burada $\hat{c}_t \equiv \mu_t^*$ olarak tanımlanır ve ortak dinamik süreci tahmin eder. İkinci aşamada, her bir panel birimi için ayrı ayrı regresyonlar tahmin edilir. Bu regresyonlara, birinci aşamada elde edilen ortak dinamik süreç değişkeni (μ_t^*) eklenir:

$$y_{it} = \alpha_i + b_i' x_{it} + c_i t + d_i \mu_t^* + e_{it} \quad (11)$$

Son olarak, AMG tahmincisi ($\hat{b}_{AMG}$), bu bireysel birim regresyonlarından elde edilen eğim katsayılarının (b_i) basit ortalaması olarak hesaplanır:

$$\hat{b}_{AMG} = N^{-1} \sum_{i=1}^N b_i \quad (12)$$

Son aşamada ise değişkenler arasında nedensellik ilişkisine bakılmıştır. Juodis vd. (2021) tarafından geliştirilen Granger nedensellik testi, modelde homojen ya da heterojen katsayılar bulunduğu Granger nedenselliğinin olmadığı H_0 hipotezini sınamak için kullanılır. Bu panel testi yaklaşımı, Granger nedensellik parametrelerinin sıfır ve homojen olması gerektiği fikrine dayanır ve yalnızca bu parametreler için ortak bir tahmin edici kullanılmasını öngörür. Bu tahmin edici, paneldeki kesit birim sayısını (N) ve zaman serisi gözlemlerinin sayısını (T) ifade etmek üzere $\sqrt{NT}$ yakınsama oranına ulaşılmasını sağlar. Test, "Nickell Yanlılığı" etkisini hesaba katmak amacıyla Dhaene ve Jochmans'ın (2015) Half Panel Jackknife (HPJ) yöntemini kullanır. Özellikle orta uzunluktaki zaman boyutlarında, heterojen parametreler ve yüksek kalıcılık gibi koşullar altında etkin sonuçlar verir. Mevcut testlere göre daha iyi boyut ve güç performansı sunması, çok değişkenli sistemlerde kullanılabilmesi ve hem homojen hem de heterojen alternatifler karşısında etkili olması gibi avantajları vardır. Test, hatalardaki kesitsel bağımlılığa ve kesitsel heteroskedastisiteye izin verir ve Bayesian bilgi kriteri (BIC) kullanarak gecikme uzunluğu seçimi için seçenekler sunar (Juodis vd., 2021; Xiao vd., 2023).

$$y_{i,t} = \phi_{0,i} + \sum_{p=1}^P \phi_{p,i} y_{i,t-p} + \sum_{p=1}^P \beta_{p,i} x_{i,t-p} + e_{i,t} \quad (13)$$

Burada $i=1, \dots, N$ ve $t=1, \dots, T$. $\phi_{0,i}$ grup dışı etkileri, $e_{i,t}$ hata terimlerini, $\phi_{p,i}$ homojen olmayan otoregresif faktörleri ve $\beta_{p,i}$ homojen olmayan geri bildirim faktörlerini temsil eder. Testin hipotezleri aşağıdaki gibidir:

$H_0: \beta_{p,i} = 0$ tüm i ve p için (Granger nedeni değildir)

$H_1: \beta_{p,i} \neq 0$ bazı i ve p için (Granger nedenidir)

3. Bulgular

Tablo 2'de yatay kesit bağımlılığı ve homojenite testlerinin sonuçları yer almaktadır. Tüm yatay kesit bağımlılığı testleri (LM, CD_{lm} , CD, LM_{adj}) ve homojenite testlerinin ($\tilde{A}$ ve $\tilde{A}_{adj}$) H_0 hipotezleri reddedilmiştir ($p < 0.01$ veya $p < 0.05$). Yani hem değişkenler (GDP, REN, HDI) hem de model yatay kesit bağımlılık içermektedir. Ayrıca, model heterojen olarak bulunmuştur. Bu bulguların, analiz edilen değişkenlerin modelleme ve tahmin süreçlerinde dikkate alınması gerekmektedir.

Tablo 2: Yatay Kesit Bağımlılık ve Homojenite Test Sonuçları

CD Testi	LM(BP, 1980)	CD_{lm} (Pesaran, 2004)	CD(Pesaran, 2004)	LM_{adj} (PUY, 2008)
GDP	138.405 [0.000]***	9.846 [0.000]***	-3.264 [0.000]***	9.906 [0.000]***
REN	74.917 [0.003]***	3.154 [0.001]***	-2.431 [0.008]***	23.835 [0.000]***
HDI	64.085 [0.032]**	2.022 [0.022]**	-2.919 [0.002]***	12.656 [0.000]***
MODEL	132.001 [0.000]***	9.171 [0.000]***	2.175 [0.015]***	33.745 [0.000]***
Homojenite Testi		$\tilde{A}$		$\tilde{A}_{adj}$

28.620 [0.000]***

30.468 [0.000]***

Not: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tablo 3'te yer alan CIPS Birim Kök Testi sonuçları, GDP, REN ve HDI değişkenlerinin seviye ve birinci fark düzeylerinde sabitli ve sabitli&trendli modellerde incelenmiştir. Seviye düzeyinde, GDP, REN ve HDI değişkenleri için test istatistikleri kritik değerlerin altında kalmış (p<0.01 veya p<0.05) ve birim kök hipotezi reddedilememiştir. Birinci fark düzeyinde ise tüm değişkenler için test istatistikleri kritik değerlerin altında kalmış ve birim kök hipotezi reddedilmiştir (p<0.01). Bu sonuçlar, değişkenlerin seviye düzeyinde durağan olmadığını ancak birinci fark düzeyinde durağan hale geldiğini göstermektedir.

Tablo 3: CIPS Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	Seviye		1. Fark	
	Sabitli	Sabitli&Trendli	Sabitli	Sabitli&Trendli
GDP	-2.054	-1.982	-2.987***	-3.273***
REN	-2.139	-2.750*	-4.408***	-4.617***
HDI	-2.143	-2.120	-3.206***	-3.408***
Kritik Değerler	Sabitli	%10 [-2.210]*	%5 [-2.330]**	%1 [-2.550]***
	Sabitli&Trendli	%10 [-2.730]*	%5 [-2.840]**	%1 [-3.060]***

Not: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tablo 4'te bulunan LM Bootstrap Panel Eşbütünleşme testi sonuçları, GDP, REN ve HDI değişkenlerinin eşbütünleşme ilişkisini değerlendirmektedir. Modelde yatay kesit bağımlılık bulunduğundan dolayı bootstrap olasılık değerleri dikkate alınmaktadır. Yapılan testlerde, sabitli ve sabit & trendli modellerde LM istatistikleri ve bootstrap olasılık değerleri (p<0.01) eşbütünleşme hipotezini reddedememektedir. Bu, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 4: LM Bootstrap Panel Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Eşbütünleşme Denklemi: $GDP_{it} = \beta_0 + \beta_{i1}REN_{it} + \beta_{i2}HDI_{it} + \varepsilon_{it}$		
LM Bootstrap (H ₀ : Eşbütünleşme var)	Sabitli	Sabit&Trendli
LM istatistik	1.792	3.284
Bootstrap Olasılık Değeri	[0.989]***	[0.915]***
Asimtotik Olasılık Değeri	[0.037]*	[0.001]

Not: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tablo 5'te AMG tahminci sonuçları, GDP'nin REN ve HDI değişkenlerine bağlı olarak tahmin edilmesini göstermektedir. Ülke bazında sonuçlar incelendiğinde, REN değişkeninin etkisi genellikle pozitif ve bazı ülkelerde istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0.05 veya p<0.01). Çin, Hindistan, Endonezya'da ve Türkiye'de REN'in GDP üzerindeki etkisi anlamlıdır. HDI değişkeni ise Güney Afrika hariç tüm ülkelerde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0.01), bu da HDI değerinin GDP üzerinde güçlü bir etkisi olduğunu göstermektedir. Güney Afrika'da HDI düzeyinin GDP üzerindeki negatif etkisi nedeni, yüksek gelir eşitsizliği ve işsizlik gibi sosyal sorunlardan kaynaklanabilir. Bu sorunlar, insani gelişme endeksinin ekonomik büyümeye olumlu katkısını Güney Afrika'da sınırlayabilir (Ogujiuba vd., 2024). Panel sonuçları da genel olarak REN ve HDI düzeyinin GDP üzerinde pozitif etkilerini doğrulamaktadır. Bu bulgular, NIC ülkelerinin ekonomik büyümesinde yenilenebilir enerji ve insani gelişme endeksinin önemli rol oynadığını vurgulamaktadır.

Tablo 5: AMG Tahminci Sonuçları

<i>Model: GDP=f(REN, HDI)</i>		
Ülkeler	REN	HDI
Brezilya	0.241 [0.146]	1.657 [0.000]***
Çin	0.180 [0.000]***	3.360 [0.000]***
Hindistan	0.147 [0.002]***	2.534 [0.000]***
Endonezya	0.061 [0.034]**	0.593 [0.023]**
Malezya	0.002 [0.948]	2.810 [0.000]***
Meksika	0.053 [0.185]	2.187 [0.000]***
Filipinler	-0.117 [0.305]	1.247 [0.047]**
Güney Afrika	-0.021 [0.257]	-1.256 [0.004]***
Tayland	0.011 [0.772]	1.358 [0.000]***
Türkiye	0.062 [0.020]**	1.156[0.000]***
Panel	0.062 [0.060]*	1.605 [0.000]***

Not: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tablo 6’da GDP, REN ve HDI değişkenleri için hem çok değişkenli hem de tek değişkenli JKS (2021) Granger nedensellik testi sonuçlarını göstermektedir. Çok değişkenli Granger nedensellik testi bulgularına göre, REN ve HDI düzeyi birlikte GDP’nin Granger nedeni olmadığı şeklindeki sıfır hipotezi %1 anlamlılık düzeyinde (p=0.000) reddedilmektedir. Bu sonuç, incelenen dönemde REN ve HDI değerinin GDP’nin gelecekteki değerlerini tahmin etmede istatistiksel olarak anlamlı ortak bir katkı sağladığını göstermektedir. Tek değişkenli Granger nedensellik analizleri incelendiğinde ise farklı yönlerde anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. GDP’den REN’e doğru %1 anlamlılık düzeyinde (p=0.000) tek yönlü bir Granger nedensellik bulunurken, REN’den GDP’ye doğru istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkiye rastlanmamıştır (p=0.663). Bu bulgunun ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik olduğunu savunan “Koruma Hipotezi” ile uyumlu olduğu görülmektedir. HDI ile GDP arasında ise çift yönlü bir ilişki gözlemlenmiş olup, HDI değerinden GDP’ye doğru %5 anlamlılık düzeyinde (p=0.011) ve GDP’den HDI değerine doğru %10 anlamlılık düzeyinde (p=0.050) Granger nedensellik anlamlı bulunmuştur. Benzer şekilde, HDI ve REN arasında da çift yönlü bir Granger nedensellik ilişkisi mevcuttur; HDI değerinden REN’e doğru %1 anlamlılık düzeyinde (p=0.005) ve REN’den HDI değerine doğru %5 anlamlılık düzeyinde (p=0.018) anlamlılık tespit edilmiştir.

Tablo 6: JKS (2021) Granger Nedensellik Testi Sonuçları

Panel A: Çok Değişkenli Nedensellik			
<i>H₀ : Seçilen değişkenler GDP değişkeninin Granger nedeni değildir.</i>	Lag	HPJ Wald Test	Olasılık Değeri
REN, HDI → GDP	3	114.385	0.000***
Panel B: Tek Değişkenli Nedensellik			
<i>H₀ : X, Y’nin Granger nedeni değildir.</i>	Lag	HPJ Wald Test	Olasılık Değeri
REN → GDP	1	0.190	0.663
GDP → REN	1	14.206	0.000***
HDI → GDP	2	9.102	0.011**
GDP → HDI	2	5.986	0.050*
HDI → REN	1	7.883	0.005***
REN → HDI	1	5.558	0.018**

Not: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

4. Sonuç ve Tartışma

HDI, sağlık, eğitim ve yaşam standardı gibi temel göstergeleri kapsayan bileşik bir endeks olarak bireylerin yaşam kalitesini ölçmektedir. Yüksek düzeyde insani gelişim, iş gücü verimliliği ve yenilik kapasitesini artırarak ekonomik büyümeye katkı sağlarken, ekonomik büyüme de eğitim ve sağlık gibi altyapı alanlarına yapılan yatırımlarla insani gelişimi desteklemektedir. Bu karşılıklı etkileşim, kalkınmanın çok boyutlu yapısını güçlendirmektedir. Günümüzde enerji, sanayileşme ve ekonomik kalkınmanın temel unsurlarından biri olarak kabul edilmekte, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Küresel enerji talebi büyük ölçüde yenilenemez kaynaklardan

karşılanmakta olup, bu durum çevresel sorunları beraberinde getirmektedir. Buna karşın, yenilenebilir enerji kaynakları hem ekonomik büyümeye katkı sağlamakta hem de çevresel etkileri minimumda tutarak sürdürülebilir kalkınmayı desteklemektedir. HDI ile birlikte değerlendirildiğinde, yenilenebilir enerji yatırımları sürdürülebilir, kapsayıcı ve uzun vadeli ekonomik kalkınma için stratejik öneme sahiptir. Bu doğrultuda, insani gelişim ve yenilenebilir enerji kullanımı, sürdürülebilir ekonomik büyümenin temel yapı taşlarını oluşturmaktadır.

Bu çalışmada 1990-2022 döneminde NIC ülkelerinde yenilenebilir enerji ve HDI düzeyinin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri uzun dönem AMG tahmincisi ve JKS Granger nedensellik analizi ile incelenmiştir. NIC ülkeleri sanayileşme sürecini hızla tamamlayan ve tarım ağırlıklı ekonomik yapıdan sanayi odaklı yapıya geçiş yapan gelişmekte olan ülkelerdir. NIC ülkeleri, sanayileşme ile yenilenebilir enerji yatırımlarında da önemli adımlar atmakta ve bu nedenle enerji kullanımı, insani gelişim ve ekonomik büyüme açısından dikkatle incelenmesi gereken bir ülke grubunu oluşturmaktadır.

Çalışmada NIC ülkelerinde yenilenebilir enerji ve HDI seviyesinin büyümeye olan etkisi incelenirken gerçekleştirilen panel veri analizinin ilk aşamasında yatay kesit bağımlılığı ve homojenlik testi ile modelin yatay kesit bağımlılığı içerdiği ve heterojen yapıda olduğu tespit edilmiştir. İkinci adımda gerçekleştirilen CIPS birim kök testi ile değişkenlerin seviye düzeyinde durağan olmadığı, birinci farkları alındığında durağan hale geldikleri tespit edilmiştir. Üçüncü aşamada yatay kesit bağımlılığı dikkate alınarak yapılan LM Bootstrap testi ile değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Dördüncü aşamada gerçekleştirilen AMG tahminci sonuçları REN ve HDI değişkenlerinin GDP üzerinde genel olarak pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Çin, Hindistan, Endonezya ve Türkiye’de REN’in etkisi anlamlı olurken, HDI tüm ülkelerde (Güney Afrika hariç) güçlü pozitif etki göstermektedir. Son olarak beşinci aşamada gerçekleştirilen JKS Granger nedensellik testi sonuçları HDI ile ekonomik büyüme arasında ve HDI ile yenilenebilir enerji arasında çift yönlü nedensellik bulunduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca ekonomik büyümeden yenilenebilir enerjiye doğru tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir.

Çalışmada, yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunduğuna dair bulgular, Bhattacharya vd. (2016) tarafından seçilmiş 38 ülke, Apargis ve Payne (2010) tarafından OECD ülkeleri ve Ślusarczyk vd. (2022) tarafından Polonya ve İsveç üzerine yapılan çalışmalarla tutarlılık göstermektedir. HDI ve ekonomik büyüme arasındaki pozitif ve anlamlı ilişkiye ilişkin bulgular ise Taqi vd. (2021) tarafından Pakistan ve Hao ve Phuoc (2016) tarafından 30 ülke üzerinde gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen bulgular ile uyumludur. Ayrıca çalışmada NIC ülkelerinde ekonomik büyümeden yenilenebilir enerjiye doğru tespit edilen nedensellik ilişkisi bulgusunun, ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik olduğunu savunan “Koruma Hipotezi” ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Ulaşılan bu bulgular, NIC ülkelerinde yenilenebilir enerji ve insani gelişmenin ekonomik büyümede önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır. Bu bulgulara göre, hükümetler ve politika yapıcılar, yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik ederek ekonomik büyümeyi sürdürülebilir bir şekilde desteklemelidir. Zira yenilenebilir enerjinin büyüme üzerinde anlamlı etkisi vardır. Ayrıca, HDI seviyesinin ekonomik büyüme üzerindeki güçlü etkisi göz önünde bulundurularak, eğitim, sağlık ve yaşam standartları gibi insani gelişim alanlarına daha fazla önem verilmelidir. Son olarak, HDI ve yenilenebilir enerji arasında çift yönlü nedensellik bulunduğundan, yenilenebilir enerji projelerinin toplumların insani gelişimini destekleyecek şekilde planlanması önemlidir. Bu çalışmanın temel sınırlamalarından biri, 1990-2022 dönemine odaklanması ve yalnızca NIC ülkelerini incelemesidir. Gelecekteki araştırmalar, farklı ülkeleri kapsayacak şekilde genişletilerek ve çeşitli ekonometrik yöntemler ve değişkenler kullanılarak literatürü zenginleştirebilir.

Yazar Katkı Oranı (Author Contributions): Fatih AKIN (%50), Selin DİNÇER (%50)

Yazarların Etik Sorumlulukları (Ethical Responsibilities of Authors): Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Çıkar Çatışması (Conflicts of Interest): Çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

İntihal Denetimi (Plagiarism Checking): Bu çalışma intihal tarama programı kullanılarak intihal taramasından geçirilmiştir.

KAYNAKÇA

- Abraham, T. W., & Ahmed, U. A. (2011). "Economic Growth and Human Development Index in Nigeria: An Error Correction Model Approach". *International Journal of Administration and Development Studies*, 2(1): 239-254.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). "Renewable Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from a Panel of OECD Countries". *Energy Policy*, 38(1): 656-660.
- Azam, A., Rafiq, M., Shafique, M., Zhang, H., Ateeq, M., & Yuan, J. (2021). "Analyzing the Relationship Between Economic Growth and Electricity Consumption from Renewable and Non-Renewable Sources: Fresh Evidence from Newly Industrialized Countries". *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 44: 100991.
- Bersvendsen, T., & Ditzen, J. (2020). "Estimating Dynamic Panel Models with Heterogeneous Slopes". *Econometrics Journal*, 23(1): 1-22.
- Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I., & Bhattacharya, S. (2016). "The Effect of Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Evidence From Top 38 Countries". *Applied Energy*, 162: 733-741.
- 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.
- Chang, T., Gupta, R., Inglesi-Lotz, R., Simo-Kengne, B., Smithers, D., & Trembling, A. (2015). "Renewable Energy and Growth: Evidence from Heterogeneous Panel of G7 Countries Using Granger Causality". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52: 1405-1412.
- Corporate Finance Institute (2025). *Newly Industrialized Country (NIC)*. <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/economics/newly-industrialized-country-nic/> Erişim Tarihi: 20.03.2025.
- De Hoyos, R. E., & Sarafidis, V. (2006). "Testing for Cross-Sectional Dependence in Panel Data Models". *The Stata Journal*, 6(4): 482-496.
- Dhaene, G. ve Jochmans, K. (2015). "Split-Panel Jackknife Estimation of Fixed-Effect Models". *The Review of Economic Studies*, 82(3): 991-1030.
- Dinçer, S. (2025). "Alternative Renewable Energy Sources in the Context of Global Energy Crisis and Sustainable Environment". *Kapanaltı Dergisi* (7):19-30.
- Eberhardt, M. ve Bond, S. (2009). "Cross-Section Dependence in Nonstationary Panel Models: A Novel Estimator". *MPRA Paper No.* 17692.
- Elistia, E., & Syahzuni, B. A. (2018). "The Correlation of the Human Development Index (HDI) Towards Economic Growth (GDP per capita) in 10 ASEAN Member Countries". *Journal of Humanities and Social Studies*, 2(2): 40-46.
- Fan, W., & Hao, Y. (2020). "An Empirical Research on the Relationship Amongst Renewable Energy Consumption, Economic Growth and Foreign Direct Investment in China". *Renewable Energy*, 146: 598-609.
- Gulcemal, T. (2020). "Effect of Human Development Index on GDP for Developing Countries: A Panel Data Analysis". *Journal of Economics Finance and Accounting*, 7(4): 338-345.
- Guliyev, H., & Tatoğlu, F. Y. (2023). "The Relationship Between Renewable Energy and Economic Growth in European Countries: Evidence from Panel Data Model with Sharp and Smooth Changes". *Renewable Energy Focus*, (46): 185-196.
- Gyimah, J., Yao, X., Tachea, M. A., Hayford, I. S., & Opoku-Mensah, E. (2022). "Renewable Energy Consumption and Economic Growth: New Evidence from Ghana". *Energy*, 248: 123559.

- Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2010). "Education and Economic Growth". *Economics of Education*, (60) 67:1.
- Hasan, Z. (2021). "The Effect of Economic Growth and Human Development Index on Poverty in Indonesia". *Journal of Economics and Sustainability*, 3(1): 12-12.
- Hoa, P. T., & Phuoc, N. K. (2016). "Human Development Index Impact on Economic Growth". *Ho Chi Minh City Open University Journal of Science-Economics and Business Administration*, 6(1): 3-13.
- Inglesi-Lotz, R. (2016). "The impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: A Panel Data Application". *Energy Economics*, 53: 58-63.
- International Energy Agency. (2024). *Renewable Energy Consumption Per Capita (kWh)*. <https://www.iea.org>, Erişim Tarihi: 10.02.2025.
- Juodis, A., Karavias, Y., & Sarafidis, V. (2021). "A Homogeneous Approach to Testing for Granger Non-Causality in Heterogeneous Panels. *Empirical Economics*, 60(1): 93-112.
- Kaewnern, H., Wangkumharn, S., Deeyaonarn, W., Yousaf, A. U., & Kongbuamai, N. (2023). "Investigating the Role of Research Development and Renewable Energy on Human Development: An Insight from the Top Ten Human Development Index Countries". *Energy*, 262: 125540.
- Karimi Alavijeh, N., Ahmadi Shadmehri, M. T., Esmaeili, P., & Dehdar, F. (2024). "Asymmetric Impacts of Renewable Energy on Human Development: Exploring the Role of Carbon Emissions, Economic Growth, and Urbanization in European Union Countries". *Journal of the Knowledge Economy*, 1-25.
- Khan, N. H., Ju, Y., & Hassan, S. T. (2019). "The Determinants of Human Development Index in Pakistan: An Empirical Analysis". *Environmental Science and Pollution Research*, 26: 19294-19304.
- Minh, T. B., & Van, H. B. (2023). "Evaluating the Relationship Between Renewable Energy Consumption and Economic Growth in Vietnam, 1995–2019". *Energy Reports*, 9: 609-617.
- Ogujiuba, K., Maponya, L., & Stiegler, N. (2024). Determinants of Human Development Index in South Africa: A Comparative Analysis of Different Periods". *World*, (5): 527–550.
- Pesaran, M. H. (2004). "General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. Cambridge Working Papers in Economics" *Faculty of Economics*, (No. 0435). University of Cambridge.
- Pesaran, M. H. (2007). "A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence". *Journal of Applied Econometrics*, 22(2): 265-312.
- Pesaran, M. H. ve Yamagata, T. (2008). "Testing Slope Homogeneity in Large Panels. *Journal of Econometrics*", 142(1): 50-93.
- Pesaran, M. H., Ullah, A., & Yamagata, T. (2008). "A Bias-Adjusted LM Test of Error Cross Section Independence". *The Econometrics Journal*, 11(1): 105-127.
- Qudrat-Ullah, H., & Nevo, C. M. (2021). "The Impact of Renewable Energy Consumption and Environmental Sustainability on Economic Growth in Africa". *Energy Reports*, 7: 3877-3886.
- Ranis, G., Stewart, F., & Ramirez, A. (2000). "Economic Growth and Human Development". *World Development*, 28(2): 197-219.
- Sarafidis, V., & Wansbeek, T. (2012). "Cross-sectional Dependence in Panel Data Analysis". *Econometric Reviews*, 31(5): 483-531.

- Sarkodie, S. A., & Adams, S. (2020). "Electricity Access, Human Development Index, Governance and Income Inequality in Sub-Saharan Africa". *Energy Reports*, 6: 455-466.
- Sasmaz, M. U., Sakar, E., Yayla, Y. E., & Akkucuk, U. (2020). "The Relationship Between Renewable Energy and Human Development in OECD Countries: A Panel Data Analysis". *Sustainability*, 12(18): 7450.
- Singal, M., & Wokutch, R. (2018). "Newly industrialized countries (NICs)". *SAGE Publications*, 7: 2472-2473.
- Ślusarczyk, B., Żegleń, P., Kluczek, A., Nizioł, A., & Górka, M. (2022). "The Impact of Renewable Energy Sources on the Economic Growth of Poland and Sweden Considering COVID-19 Times". *Energies*, 15(1): 332.
- Swamy, P. A. V. B. (1970). "Efficient Inference in a Random Coefficient Regression Model". *Econometrica*, 38(2): 311-323.
- Taqi, M., e Ali, M. S., Parveen, S., Babar, M., & Khan, I. M. (2021). "An Analysis of Human Development Index and Economic Growth. A Case Study of Pakistan". *iRASD Journal of Economics*, 3(3): 261-271.
- Tiba, S., & Omri, A. (2017). "Literature Survey on the Relationships Between Energy, Environment and Economic Growth". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69: 1129-1146.
- Tuğcu, C. T. (2018). "Panel Data Analysis in Macroeconomics: Cross-Sectional Dependence and its Implications", *Journal of Economic Surveys*, 32(3): 719-748.
- United Nations Development Programme (UNDP). (2025). *Human Development Index (HDI)*. <https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index#/indicies/HDI>, Erişim Tarihi: 10.02.2025.
- Wang, Z., Zhang, B., & Wang, B. (2018). "Renewable Energy Consumption, Economic Growth and Human Development Index in Pakistan: Evidence form Simultaneous Equation Model". *Journal of Cleaner Production*, 184: 1081-1090.
- Westerlund, J., & Edgerton, D. L. (2007). "A Panel Bootstrap Cointegration Test". *Economics Letters* 97(3): 185-190.
- World Bank. (2025). *Gross Domestic Product Per Capita (Constant 2015 US\$)*. <https://data.worldbank.org>, Erişim Tarihi: 10.02.2025.
- Xiao, J., Juodis, A., Karavias, Y., Sarafidis, V., ve Ditzén, J. (2023). "Improved Tests for Granger Noncausality in Panel Data". *The Stata Journal*, 23 (1): 230-242.
- Yang, L., Zhou, X., & Feng, X. (2022). "Renewable Energy led Economic Growth Hypothesis: Evidence from Novel Panel Methods for N-11 Economies". *Renewable Energy*, 197: 790-797.
- Yildirim, E., Saraç, Ş., & Aslan, A. (2012). "Energy Consumption and Economic Growth in the USA: Evidence From Renewable Energy". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(9): 6770-6774.