

**G7 ÜLKELERİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ VE EKONOMİK BÜYÜME  
İLİŞKİSİNİN ASİMETRİK PANEL NEDENSELLİK ANALİZİ İLE  
İNCELENMESİ**

ASYMMETRIC PANEL CAUSALITY ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP  
BETWEEN RENEWABLE ENERGY AND ECONOMIC GROWTH IN G7  
COUNTRIES

**Ayşegül HAN**

Dr., Ekonometri, İnönü Üniversitesi  
PhD, Econometrics, İnönü University  
[aysegullhann@gmail.com](mailto:aysegullhann@gmail.com)

**ORCID ID:** <https://orcid.org/0000-0002-3390-2129>

**Makale bilgisi | Article Information**

**Makale Türü / Article Type:** Araştırma Makalesi / Research Article

**Geliş Tarihi / Date Received:** 31 Ekim / 31 October

**Kabul Tarihi / Date Accepted:** 01 Kasım / 01 November

**Yayın Tarihi / Date Published:** 01 Kasım / 01 November

**Yayın Sezonu / Pub Date Season:** Aralık / December

**Bu Makaleye Atıf İçin / To Cite This Article:** Han Ayşegül (2023). G7 Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Asimetrik Panel Nedensellik Analizi ile İncelenmesi. *IJESOS International Journal Of Educational and Social Sciences* 2(2), 1-16. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10060843>

**İntihal:** Bu makale turnitin.com yazılımınca yazar tarafından taranmıştır.  
İntihal tespit edilmemiştir.

**Plagiarism:** This article has been scanned with turnitin.com by writer. No  
plagiarism detected.

**İletişim:**

e-posta: [editor@ijesos.com](mailto:editor@ijesos.com)  
Web: [www.ijesos.com](http://www.ijesos.com)

**Öz:** Bu çalışma, G7 ülkeleri arasındaki yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme ilişkisini incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışma, Kanada, Almanya, Fransa, İngiltere, İtalya, Japonya ve ABD gibi G7 ülkelerinin 1990-2022 dönemine ait verilerini Dünya Bankası veri tabanından kullanarak gerçekleştirilmiştir. Değişkenler arasındaki nedensel ilişkileri değerlendirmek için güvenilir bootstrap panel testleri kullanılmış ve durağanlık özelliklerini belirlemek amacıyla CADF ve CIPS panel birim kök testi uygulanmıştır. Araştırma bulgularına göre, G7 ülkeleri genelinde yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasında nedensellik tespit edilememiştir. Ancak, Almanya ve İtalya'da ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında tek yönlü nedensellik bulgusuna ulaşılmıştır. ABD'de ise, ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji arasında çift yönlü nedensellik gözlemlenmiştir, yani ekonomik büyüme hem yenilenebilir enerji tüketimini artırırken, aynı zamanda yenilenebilir enerji yatırımları da ekonomik büyümeyi desteklemektedir. Kanada, Fransa, İngiltere ve Japonya için incelenen sonuçlar ise, ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji tüketimini artırdığını, ancak geri besleme etkisinin gözlenmediğini göstermektedir, yani ekonomik büyüme bu ülkelerde yenilenebilir enerji tüketimini geri dönüşsüz bir şekilde artırmamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir enerji, ekonomik büyüme, G7 ülkeleri, asimetrik panel nedensellik.

**Abstract:** This study aims to examine the relationship between renewable energy and economic growth among G7 countries. The study was conducted by using the data of G7 countries such as Canada, Germany, France, the UK, Italy, Japan, and the USA for the period 1990–2022, from the World Bank database. Reliable bootstrap panel tests were used to assess the causal relationships between the variables, and CADF and CIPS panel unit root tests were applied to determine the stationarity properties. According to the findings, no causality was found between renewable energy and economic growth in G7 countries. However, unidirectional causality was found between economic growth and renewable energy consumption in Germany and Italy. In the US, bidirectional causality was observed between economic growth and renewable energy, i.e., economic growth boosts renewable energy consumption while renewable energy investments support economic growth. The results for Canada, France, the UK, and Japan show that economic growth increases renewable energy consumption, but no feedback effect is observed, i.e., economic growth does not irreversibly increase renewable energy consumption in these countries.

**Key Words:** Renewable energy, economic growth, G7 countries, asymmetric panel causality.

## GİRİŞ

Günümüz dünyasında, iklim değişikliğiyle mücadele ve ekonomik büyüme arasında titiz bir denge sağlama ihtiyacı kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu noktada, yeşil ekonomi ve yenilenebilir enerji kaynakları, doğal kaynakları koruma ve ekonomik büyümeyi destekleme amacını birleştirerek bu dengenin anahtarı haline gelmiştir. Fosil yakıtların kısıtlı ve çevreyi kirletici doğası dikkate alındığında, yenilenebilir enerji kaynakları sürdürülebilir ekonomik büyümeyi desteklemenin kritik bir unsurudur.

Enerji, günümüz toplumlarının temel taşlarından biridir. Hem ekonomik büyüme hem de insan yaşam kalitesi açısından vazgeçilmezdir. Ekonomik büyüme, bir ülkenin refahını artırarak, işgücü verimliliğini yükselterek ve kişi başına düşen geliri artırarak gerçekleşir. Bu büyümeyi sağlamak için sermaye, yatırım, üretim, istihdam ve inovasyon gibi faktörler hayati öneme sahiptir. Ancak, günümüzde enerji tüketimi sadece ekonomik büyümeyi desteklemekle kalmaz, aynı zamanda doğrudan çevresel etkileriyle de ilişkilidir. Sanayileşmenin hız kazanmasıyla birlikte, fosil yakıtlara olan talep artmış ve bu durum çevresel kirliliği de artırmıştır (Yu vd., 2022: 16). Bu bağlamda, sürdürülebilir kalkınma anlayışı, ekonomik büyümeyi desteklerken doğal dengenin korunması gerekliliğini ortaya koymuştur.

Yenilenebilir enerji kaynakları, bu dengeyi sağlamanın temel taşıdır. Fosil yakıtların aksine, yenilenebilir enerji kaynakları doğal kaynakları korur, atmosfere zararlı emisyonları minimumda tutar ve gelecek nesillere temiz bir çevre bırakma amacını taşır (Sen, 2022: 7). Güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve gelgit enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklar, sürekli olarak mevcut olup çevreyi kirletmez. Bu özellikleriyle yenilenebilir enerji, sürdürülebilir ekonomik büyümeyi destekleyen temel bir faktör olarak ön plana çıkar. Sadece enerji ihtiyacını karşılamakla kalmaz, aynı zamanda ekonomik büyümeyi sürdürülebilir kılar, çevresel dengeyi korur ve gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakma amacını taşır (Zastempowski, 2023: 41). Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha geniş çapta kullanılması ve teşvik edilmesi hem ekonomik büyümeyi destekleyecek hem de doğal dengeyi koruyacaktır.

G7 ülkeleri, dünya ekonomisinde önemli bir rol oynamakta ve sürdürülebilir kalkınmanın temel taşlarından biri olarak kabul edilmektedir. Bu ülkeler, ekonomik büyüme stratejilerini belirlerken aynı zamanda çevresel etkileri minimize etme ve enerji verimliliğini artırma gibi sürdürülebilir kalkınma hedeflerini göz önünde bulundurmaya zorundadır. Bu kapsamda, yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi anlamak son derece önemlidir. Çünkü doğru bir şekilde yönlendirilmiş enerji politikaları hem ekonomik büyümeyi destekleyebilir hem de çevresel sürdürülebilirliği sağlayabilir.

Bu kapsamda çalışmanın ana amacı, G7 ülkelerinde yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme ilişkisini detaylı bir şekilde incelemektir. Bu inceleme, asimetrik panel nedensellik testi kullanılarak gerçekleştirilecektir. Bu analiz, yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeye olan etkilerini ayrıntılı bir şekilde ortaya koymayı hedeflemektedir. Elde edilen bulgular, sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin oluşturulmasında önemli bir rol oynayacak ve enerji politikalarının planlanmasında değerli bir rehber sağlayacaktır.

## **LİTERAÜR TARAMASI**

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini ele alan araştırmalarda dört ana hipotez vardır. Bu hipotezler, büyüme, koruma, yansızlık ve geri besleme hipotezleri olarak adlandırılır (Menegaki ve Tuğcu, 2016: 79).

Büyüme hipotezi, enerji tüketiminin ekonomik büyümeye önemli katkıda bulunduğunu öne sürer. Bu teoriye göre, enerji tüketimindeki artış, ekonomik büyümeyi doğrudan ve dolaylı olarak teşvik edebilir (Apergis ve Payne, 2011; Raza vd., 2015). Yani, daha fazla enerji tüketimi, endüstriyel üretimde artışa, yeni iş imkanlarının yaratılmasına ve ekonomik büyümenin genel olarak hızlanmasına katkıda bulunabilir. Ancak, bu teori enerji tüketimindeki artışın olumsuz yönlerini de göz ardı etmez. Daha önceki çalışmalar, enerji tüketimiyle ekonomik büyüme arasında tek yönlü neden-sonuç ilişkisi bulunduğunu belirtmektedir. Bu ilişkiyi destekleyen pek çok araştırma bulunmaktadır ve enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Bu çalışmalar arasında Fang (2011), Yıldırım vd. (2012), Omay, Hasanov ve Uçar (2012), Sebri ve Ben-Salha (2014), Shahzad vd. (2017), Bao ve Xu (2019), Charfeddine ve Kahia (2019) ile Fan ve Hao

(2020) tarafından yapılan çalışmalar yer almaktadır. Bu araştırmalar, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinin bulunduğunu göstermektedir.

Koruma hipotezi, ekonomik büyümenin enerji tüketimini artırdığını savunur. Bu hipoteze göre, ekonomik büyüme gerçekleştikçe daha fazla enerji tüketimi de meydana gelir. Bu durumda, enerji tasarrufu politikalarının ekonomik büyümede sınırlı etkisinin olacağı veya hiçbir etkisinin olmayacağı düşünülür. Başka bir deyişle, ekonomik büyüme sürecinde enerji tüketiminin artması kaçınılmazdır ve enerji tasarrufu tedbirleri, bu artışı engelleyemeyebilir veya büyük ölçüde azaltamayabilir. Bu nedenle, koruma hipotezi, ekonomik büyümenin enerji talebini artırıcı etkilerini vurgular ve enerji politikalarının ekonomik büyümeyi düşürmeye yönelik etkilerinin sınırlı olabileceğini öne sürer (Almulali, Fereidoun, Lee ve Sab, 2013: 210). Daha önce yapılan çalışmalar, ekonomik büyümeyle enerji tüketimi arasında tek yönlü bir ilişki bulunduğunu belirtmektedir. Diğer bir deyişle, ekonomik büyüme, enerji tüketimini artırabilir. Bu konuda yapılan araştırmalarda Hossain (2011), Mahmoodi ve Mahmoodi (2011), Pirlogea ve Cicea (2012), Ouedraogo (2013), Sbia vd. (2014), Batman vd. (2019), Tuna ve Tuna (2019) ve Rahman ve Velayutham (2020) gibi çalışmalar, koruma hipotezini destekleyen sonuçlara ulaşmıştır.

Enerji tüketimiyle ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin karşılıklı bir nedensellik içerdığı geri besleme hipotezi ile açıklanmaktadır. Bu hipoteze göre, enerji tüketimiyle ekonomik büyüme birbirini olumlu bir şekilde etkileyebilirler (Omri, 2014: 952). Daha önce yapılan çalışmalar, ekonomik büyümeyle enerji tüketimi arasında çift yönlü ilişkiyi göstermektedir. Bu konuda yapılan araştırmalardan Francis vd. (2007), Apergis ve Payne (2010), Fowowe (2012), Lin ve Moubarak (2014), Chang vd. (2015), Shahbaz vd. (2018), Alola, vd. (2019), Aydın (2019) ve Luqman vd. (2019) tarafından elde edilen bulgular, geri besleme hipotezini doğrulamaktadır.

Enerji tüketimiyle ekonomik büyüme arasında anlamlı bir ilişkinin bulunmadığını veya değişkenler arasında nedensellik bulunmadığı ise yansızlık hipotezi ile açıklanmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalar, enerji tüketimiyle ekonomik büyüme arasında ilişki bulunmadığını göstermektedir.

Bu konudaki araştırmalar arasında Mahmoodi ve Mahmoodi (2011), Tuğcu vd. (2012), Chang, Chu ve Chen (2013), Tuğcu ve Topcu (2018), Özcan & Öztürk (2019) ve Tuna ve Tuna (2019) gibi çalışmalar yansızlık hipotezini destekleyen verilere işaret etmektedir.

## **VERİ SETİ VE METODOLOJİ**

Çalışmada G7 ülkelerinde (Kanada, Almanya, Fransa, İngiltere, İtalya, Japonya ve ABD), 1990-2022 arasındaki, yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme değişkenlerinin nedensel etkilerini test etmek amacıyla veriler Dünya Bankası veri tabanından sağlanmıştır. Veri analizi için logaritmaları alınmış veriler kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan model aşağdaki şekildedir;

$$\ln REC_t = \alpha_{it} + \beta_1 \ln GDP_{it} + \varepsilon_{it}$$

Burada, 'GDP' ekonomik büyümeyi temsil ederken, 'REC' yenilenebilir enerji tüketimini ifade etmektedir.  $\alpha_{it}$ ,  $\beta_1$  ve  $\varepsilon_{it}$  temsil ettikleri sırasıyla sabit terim, katsayı ve hata terimidir.

Değişkenler arasındaki nedensel bağlantıları ortaya çıkarmak için Kónya (2006) ve Yılcı ve Aydın (2017) bootstrap panel testleri kullanılmıştır. Panel veri değişkenlerinin durağan veya durağan olmaması durumunda, Konya panel nedenselliği tutarlı ve güvenilir sonuçlar üretmektedir. Çalışmada yatay kesit bağımlılığı (CD) Pesaran (2004) CD ve Pesaran vd. (2008)  $LM_{adj}$  testleri kullanılarak araştırılmıştır. Değişkenlerin durağanlıklarının tespit edilmesi için standart ADF birim kök testiyle serilerin birinci farklarının ve gecikme düzeylerinin yatay kesit ortalamaları kapsayan genişletilmif CADF ve gecikmeli değişkenlerin t-istatistiklerinin ortalamaları alınarak oluşturulan CIPS panel birim kök testi kullanılmıştır.

Granger ve Yoon (2002) değişkenlerin negatif ve pozitif bileşenlerinin pozitif ve negatif şoklara farklı tepkiler verebileceğini vurgulamıştır. Bu nedenle, Yılcı ve Aydın (2017) tarafından Kónya (2006) temel alınarak seriler arasındaki asimetric nedenselliği araştırabilen bir test geliştirilmifdir. Böylece asimetric nedensellik, asimetric ilişkileri ortaya çıkararak seriler arasındaki nedenselliği daha detaylı bir şekilde ortaya koymaktadır. Asimetric nedensellik aşağdaki gibi tahmin edilebilir:

$$Y_{1,t}^+ = \alpha_{1,1} + \sum_{j=1}^{ly_1} \beta_{1,1,j} Y_{1,t-j}^+ + \sum_{j=1}^{lx_1} \delta_{1,1,j} X_{1,t-j}^+ + \varepsilon_{1,1,t}^+$$

$$Y_{2,t}^+ = \alpha_{1,2} + \sum_{j=1}^{ly_1} \beta_{1,2,j} Y_{2,t-j}^+ + \sum_{j=1}^{lx_1} \delta_{1,2,j} X_{2,t-j}^+ + \varepsilon_{1,2,t}^+$$

...

$$Y_{N,t}^+ = \alpha_{1,N} + \sum_{j=1}^{ly_1} \beta_{1,N,j} Y_{N,t-j}^+ + \sum_{j=1}^{lx_1} \delta_{1,N,j} X_{N,t-j}^+ + \varepsilon_{1,N,t}^+$$

ve

$$X_{1,t}^+ = \alpha_{2,1} + \sum_{j=1}^{ly_2} \beta_{1,1,j} Y_{1,t-j}^+ + \sum_{j=1}^{lx_2} \delta_{2,1,j} X_{1,t-j}^+ + \varepsilon_{2,1,t}^+$$

$$X_{2,t}^+ = \alpha_{2,2} + \sum_{j=1}^{ly_1} \beta_{2,2,j} Y_{2,t-j}^+ + \sum_{j=1}^{lx_1} \delta_{2,2,j} X_{2,t-j}^+ + \varepsilon_{2,2,t}^+$$

...

$$X_{N,t}^+ = \alpha_{2,N} + \sum_{j=1}^{ly_2} \beta_{2,N,j} Y_{N,t-j}^+ + \sum_{j=1}^{lx_2} \delta_{2,N,j} X_{N,t-j}^+ + \varepsilon_{2,N,t}^+$$

Burada N, t ve j sırasıyla ülke sayısını, zaman periyodunu ve uygun gecikme uzunluğunu sembolize etmektedir. Değişkenlerdeki asimetri, değişkenlerin pozitif ve negatif şoklara farklı tepkiler verebileceği anlamına gelir. Bu farklılıkların göz ardı edilmesi seriler arasında var olan olası ilişkiyi gösteremez. Asimetriyi dikkate alırsak, seriler arasındaki olası asimetrik ilişkiler keşfedilebilir (Yılcı ve Aydın 2017: 12).

## BULGULAR

Tablo 1, oluşturulan modelin yatay kesit bağımlılık sınavının sonuçlarını içermektedir.

**Tablo 1:** Yatay Kesit Bağımlılık Testi Sonuçları

Yenilenebilir Enerji Tüketimi	İstatistik Değeri	Olasılık Değeri
LM	50.425	0.000*
CD <sub>LM</sub>	4.54	0.000*
CD <sub>LM1</sub>	-3.406	0.000*
LM <sub>adj</sub>	7.243	0.000*

Ekonomik Büyüme	İstatistik Değeri	Olasılık Değeri
LM	65.054	0.000***
CD <sub>LM</sub>	6.798	0.000***
CD <sub>LM1</sub>	-3.943	0.000***
LM <sub>adj</sub>	-4.377	0.000***

**Not:** \*\*\*p<0.01.

Tablo 1’de belirtilen sonuçlar, serilerde yatay kesit bağımlılığı olduğunu ifade etmektedir. Dolayısıyla, bu durumu dikkate alarak çalışmada CADF-CIPS birim kök testi gibi ikinci nesil panel birim kök testleri kullanılmıştır.

Birim kök testlerinden elde edilen bulgular Tablo 2’de sunulmuştur.

**Tablo 2:** Birim Kök Testi Sonuçları

Ekonomik Büyüme Düzey	Gecikme Uzunluğu	CADF İstatistik Değeri	Ekonomik Büyüme Birinci Fark	Gecikme Uzunluğu	CADF İstatistik Değeri
Kanada	2	-3.263	Kanada	2	-5.530***
Almanya	2	-3.307	Almanya	3	-4.777***
Fransa	2	-2.486	Fransa	2	-4.387***
İngiltere	2	-3.209	İngiltere	2	-5.501***
İtalya	2	-2.117	İtalya	2	-3.860*
Japonya	2	-2.787	Japonya	2	-3.864*
ABD	2	-1.777	ABD	2	-4.761***
<b>CIPS Test İstatistiği</b>		-1.778	<b>CIPS Test İstatistiği</b>		-3.669***
Yenilenebilir Enerji Tüketimi Düzey	Gecikme Uzunluğu	CADF İstatistik Değeri	Yenilenebilir Enerji Tüketimi Birinci Fark	Gecikme Uzunluğu	CADF İstatistik Değeri
Kanada	2	-0.192	Kanada	2	-4.002**
Almanya	2	-2.178	Almanya	2	-4.426**
Fransa	2	-2.081	Fransa	2	-4.709***
İngiltere	2	-2.750	İngiltere	2	-3.818*
İtalya	2	-1.639	İtalya	3	-3.904**
Japonya	2	-1.967	Japonya	2	-3.732*
ABD	2	-5.989	ABD	2	-8.079***
<b>CIPS Test İstatistiği</b>		-2.54	<b>CIPS Test İstatistiği</b>		-4.382***

**Not:** CADF ve CIPS için kritik değerler Pesaran (2006) alınmıştır. \*\*\*p<0.01; \*\*p<0.05; \*p<0.10.

CADF testi, ülkelerin durağanlığını ayrı ayrı değerlendirirken, CIPS testi panel verilerinin bütünsel durağanlığını sınamaktadır. Uygulama sonuçlarına göre, CADF sonuçları incelendiğinde, araştırılan ülkelerin hepsinin birinci farkta durağan hale geldiği çeşitli anlamlılık seviyelerinde belirlenmiştir. Ayrıca, CIPS test bulguları değerlendirildiğinde, yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme değişkenlerinin G7 ülkeleri için birinci farkta durağanlaştığı sonucuna ulaşılmıştır.



Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini tespit etmek amacıyla gerçekleştirilen simetrik panel nedensellik testi bulguları Tablo 3'te sunulmuştur.

**Tablo 3:** Simetrik Panel Nedensellik Testinden Bulgular (+, +)

		$H_0$ : Ekonomik büyüme yenilenebilir enerji tüketiminin nedeni değildir.			$H_0$ : Yenilenebilir enerji tüketimi ekonomik büyümenin nedeni değildir.			
Ülkeler	Test İstatistiği	Bootstrap Kritik Değerler			Test İstatistiği	Bootstrap Kritik Değerler		
		1%	5%	10%		1%	5%	10%
Kanada	0.073	10.739	6.721	3.444	1.393	17.388	14.314	7.502
Almanya	2.217	10.670	12.350	9.138	7.421	20.298	16.851	13.395
Fransa	3.707	6.009	5.588	4.323	0.806	10.417	5.689	3.828
İngiltere	3.274	10.148	8.910	6.894	0.064	10.840	7.380	4.628
İtalya	7.111	12.018	11.156	8.582	5.484	15.499	14.831	11.062
Japonya	10.406	20.062	14.466	10.733	0.045	10.968	8.810	5.829
ABD	11.269	30.652	29.339	22.549	0.434	10.755	5.223	3.858

**Not:** \*\*\*p<0.01; \*\*p<0.05; \*p<0.10.

Simetrik panel nedensellik testi sonuçları ve bootstrap kritik değerleri Tablo 1'de gösterilmektedir. Konya (2006) test sonuçları, G7 ülkelerinde yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasında nedensellik bulgusu bulunamamıştır. Başka bir ifadeyle, bu ülkelerde yansızlık hipotezinin geçerli olduğu söylemek mümkündür.

Değişkenler bileşenlerine ayrıldığında ise sonuçlar değişmiştir. Pozitif şoklar arasındaki asimetrik panel nedensellik testi bulguları Tablo 4'te belirtilmiştir:

**Tablo 4:** Asimetrik Panel Nedensellik Testinden Bulgular (+, +)

		$H_0$ : Ekonomik büyüme yenilenebilir enerji tüketiminin nedeni değildir.			$H_0$ : Yenilenebilir enerji tüketimi ekonomik büyümenin nedeni değildir.			
Ülkeler	Test İstatistiği	Bootstrap Kritik Değerler			Test İstatistiği	Bootstrap Kritik Değerler		
		1%	5%	10%		1%	5%	10%
Kanada	1.731	14.554	10.048	8.621	0.269	4.598	2.819	1.958
Almanya	2.923*	5.214	3.089	2.471	6.665	11.75	8.325	7.183
Fransa	8.964	12.675	10.213	9.035	0.482	3.996	2.588	2.017
İngiltere	2.204	9.14	6.786	5.725	1.709	11.802	9.185	7.844
İtalya	17.931**	19.668	16.174	14.476	0.014	6.361	4.19	3.531
Japonya	4.162	15.299	11.979	10.365	0.1	9.367	6.031	5.012
ABD	17.624	34.317	27.4	24.307	2.869	13.885	10.637	8.922

**Not:** \*\*\*p<0.01; \*\*p<0.05; \*p<0.10.

Pozitif şoklar arasındaki nedensellik ilişkisi incelendiğinde, Almanya ve İtalya için ekonomik büyümeden yenilenebilir enerjiye doğru tek yönlü nedensellik olduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle, bu iki ülkede

ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimini artırmaktadır. Bu durum koruma hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Bu, enerji tüketiminin artmasıyla ekonomik büyümenin de arttığını gösterir. Almanya ve İtalya’da bu hipotezin geçerli olması, enerji politikalarının ve teşviklerinin bu ülkelerde enerji tüketiminin artmasına ve ekonomik büyümeye olumlu katkı sağladığını düşündürülebilir. Bu, enerji politikalarının ekonomik büyüme üzerinde olumlu etkilere sahip olabileceği anlamına gelmektedir.

Negatif şoklar arasındaki asimetric panel nedensellik testi bulguları Tablo 5’te belirtilmiştir:

**Tablo 5:** Asimetric Panel Nedensellik Sonuçları (-, -)

Ülkeler	Test İstatistiği	Bootstrap Kritik Değerler			Test İstatistiği	Bootstrap Kritik Değerler		
		1%	5%	10%		1%	5%	10%
Kanada	22.014**	27.081	20.950	18.924	37.857	104.503	85.735	77.037
Almanya	9.328	25.445	19.459	16.844	6.357	42.372	30.419	23.686
Fransa	16.708*	24.612	17.004	14.239	48.683	64.871	58.848	55.989
İngiltere	35.215***	29.156	21.882	19.189	16.741	51.044	39.370	33.375
İtalya	4.759	11.956	7.720	6.161	1.602	13.022	9.261	7.107
Japonya	11.333**	14.461	10.994	9.624	9.335	24.495	15.764	13.671
ABD	4.539*	8.148	5.042	4.021	11.615*	19.588	13.056	10.969

**Not:** \*\*\*p<0.01; \*\*p<0.05; \*p<0.10.

Negatif şoklar incelendiğinde ABD için dikkate değer bir durum gözlemlenmiştir. Yenilenebilir enerjiyle ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik olduğu belirlenmiştir. Başka bir deyişle, geri besleme hipotezi geçerlidir. Bu bağlamda, ABD’de ekonomik büyüme yenilenebilir enerji tüketimini artırarak, aynı zamanda yenilenebilir enerji yatırımları da ekonomik büyümeyi desteklemektedir. Bu durum, enerji sektöründeki yatırımların ekonomik büyümeyi artırıcı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Diğer yandan, Kanada, Fransa, İngiltere ve Japonya için incelenen sonuçlar, ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji tüketimini artırdığını, ancak bu ülkelerde geri besleme etkisinin gözlenmediğini göstermektedir. Yani, ekonomik büyüme yenilenebilir enerji tüketimini arttırmakta, ancak bu ülkelerde yenilenebilir enerji tüketimi ekonomik büyümeyi geri dönüşsüz bir şekilde artırmamaktadır. Bu sonuçlar, koruma hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir.

## **SONUÇ**

Bu çalışmada, G7 ülkelerinde yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme ilişkisini değerlendirmek amacıyla asimetrik panel nedensellik kullanılarak bir inceleme yapılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, G7 ülkeleri genelinde yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasında doğrudan nedensellik belirlenmemiştir. Başka bir ifadeyle, yansızlık hipotezi G7 ülkeleri için geçerlidir. Ancak, pozitif ve negatif şoklara yönelik ayrı analizler ilginç sonuçlar ortaya koymuştur.

Almanya ve İtalya'da, ekonomik büyüme yenilenebilir enerji tüketimini artırmaktadır. Bu durum, enerji politikalarının ve teşviklerinin bu ülkelerde enerji tüketimini artırarak ekonomik büyümeye olumlu katkı sağladığını göstermektedir. Ayrıca, ABD'de yenilenebilir enerjiyle ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik bulunmuştur. Bu durum, enerji sektöründeki yatırımların ekonomik büyümeyi artırıcı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Diğer yandan, Kanada, Fransa, İngiltere ve Japonya'da ekonomik büyüme yenilenebilir enerji tüketimini artırmakta, ancak geri besleme etkisi gözlenmemiştir. Bu sonuçlar, koruma hipotezinin bu ülkeler için geçerli olduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle, ekonomik büyüme yenilenebilir enerji kullanımını arttırmaktadır. Fakat bu ülkelerde yenilenebilir enerji ekonomik büyümeyi geri dönüşsüz bir şekilde arttırmamaktadır.

Bu sonuçlar, sürdürülebilir kalkınma politikaları ve enerji politikalarının oluşturulmasında önemli ipuçları sunmaktadır. Özellikle, enerji politikalarının ekonomik büyümeyi destekleyebileceği ve bu etkileşimin ülkeden ülkeye farklılık gösterebileceği göz önünde bulundurularak gelecekteki politika kararlarına yön verecek önemli bir kaynak olabilir.

Sonuç olarak, bu çalışma G7 ülkelerinde yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme ilişkisini anlamak için kapsamlı bir analiz sunmuştur. Bu bulgular, enerji politikalarının sürdürülebilir kalkınma hedeflerine nasıl katkı sağlayabileceği konusunda değerli bir perspektif sunmaktadır. Gelecekteki araştırmalar, bu ilişkinin daha derinlemesine anlaşılması ve daha kapsamlı politika önerilerinin geliştirilmesi açısından önemli olacaktır.

## **KAYNAKÇA**

- Al-mulali, U., Fereidoun, H. G. Lee, J. Y. & Sab, C. H. B. C. (2013). Examining the bi-directional long run relationship between renewable energy consumption and GDP growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 209–222.
- Alola, A. A., Bekun, F. V., & Sarkodie, S. A. (2019). Dynamic impact of trade policy, economic growth, fertility rate, renewable and non-renewable energy consumption on ecological footprint in Europe. *Science of the Total Environment* (685), 702-709.
- 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.
- Apergis, N. & Payne, J.E. (2011). The renewable energy consumption–growth nexus in Central America. *Applied Energy*, 88(1), 343-347.
- Aydın, M. (2019). Renewable and non-renewable electricity consumption-economic growth nexus: Evidence from OECD countries. *Renewable Energy*, (136), 599-606.
- Bao, C., & Xu, M. (2019). Cause and effect of renewable energy consumption on urbanization and economic growth in China's provinces and regions. *Journal of Cleaner Production*(231), 483-493.
- Batman, T., Bayraç, H. N., & Güllü, M. (2019). Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının büyüme ve karbon emisyonu ilişkisi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi (ASEAD)*, 6(3), 645-658.
- Chang, T., Chu, H. P. & Chen, W. Y. (2013). Energy consumption and economic growth in 12 Asian countries: Panel data analysis. *Applied Economics Letters*, 20(3), 282-287.
- Chang, T., Gupta, R., Inglesi-Lotz, R., Simo-Kengne, B. D., 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.
- Charfeddine, L., & Kahia, M. (2019). Impact of renewable energy consumption and financial development on CO2 emissions and economic growth in the MENA region: A panel vector autoregressive (PVAR) analysis. *Renewable Energy*, 138(C), 198-213.
- Fan, W., & Hao, Y. (2020). An empirical research on the relationship amongst renewable energy. *Renewable Energy* (146), 598-609.
- Fang, Y. (2011). Economic welfare impacts from renewable energy consumption: The China experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 5120-5128.
- Fowowe, B. (2012). Energy Consumption and Real GDP: Panel Co-Integration and Causality Tests for Sub-Saharan African Countries. *Journal of Energy in Southern Africa*, 23(1), 8-14.
- Francis, B.M., Moseley, L. & Iyare S.O. (2007). Energy Consumption and Projected Growth in Selected Caribbean Countries. *Energy Economics*, 29(6), 1224-1232.
- Granger, C., & Yoon, G. (2002). Hidden cointegration. San Diego: University of California, *Department of Economics Working Paper*.
- Hossain, M. S. (2011). Panel estimation for CO2 emissions, energy consumption, economic growth, trade openness and urbanization of newly industrialized countries. *Energy Policy*, 39(11), 6991-6999.
- Kónya, L. (2006). Exports and growth: Granger causality analysis on OECD countries with a panel data approach. *Economic Modelling*, 23(6), 978-992.
- Lin, B., & Moubarak, M. (2014). Renewable energy consumption – Economic growth nexus for China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (40), 11-117.
- Luqman, M., Ahmad, N., & Bakhsh, K. (2019). Nuclear energy, renewable energy and economic growth in Pakistan Evidence from non-linear autoregressive distributed lag model. *Renewable Energy*, (139), 1299-1309.

- Mahmoodi, M., & Mahmoodi, E. (2011). Renewable Energy Consumption and Economic Growth: The Case of 7 Asian Developing Countries. *American Journal of Scientific Research*, (35), 146-152.
- Menegaki, A.N. & Tuğcu, C.T. (2016). The sensitivity of growth, conservation, feedback & neutrality hypotheses to sustainability accounting. *Energy for Sustainable Development*, 34, 77-87.
- Omay, T., Hasanov, M. & Uçar, N. (2012). Energy consumption and economic growth: Evidence from nonlinear panel cointegration and causality tests. *MPRA Paper No:37653*.
- Omri, A. (2014). An international literature survey on energy-economic growth nexus: Evidence from country-specific studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 951-959.
- Ouedraogo, N.S. (2013). Energy consumption and economic growth: Evidence from the economic community of West African States (ECOWAS). *Energy Economics*, 36, 637-647.
- Özcan, B., & Öztürk, İ. (2019). Renewable energy consumption-economic growth nexus in emerging countries: A bootstrap panel causality test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (104), 30-37.
- Pesaran, H. M. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. *Working Paper No:0435*, University of Cambridge.
- Pesaran, M.H. (2006). Estimation and inference in large heterogeneous panels with a multifactor error structure. *Econometrica*, 74(4):967-1012.
- Pesaran, M.H., Ullah, A. ve Yamagata, T. (2008). A Bias-Adjusted LM Test of error cross-section independence. *Econometrics Journal*, 11(1):105-127.
- Pirlogea, C. & Cicea, C. (2012). Econometric Perspective of The Energy Consumption and Economic Growth Relation in European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(8), 5718-5726.
- Rahman, M. M., & Velayutham, E. (2020). Renewable and non-renewable energy consumption economic growth nexus: New evidence from South Asia. *Renewable Energy*, (147), 399-408.
- Raza, S.A., Shahbaz, M. & Nguyen, D.K. (2015). Energy conservation policies, growth and trade performance: Evidence of feedback hypothesis in Pakistan. *Energy Policy*, 80, 1-10.
- Sbia, R., Shahbaz, M., & Hamdi, H. (2014). A contribution of foreign direct investment, clean energy, trade openness carbon emissions and economic growth to energy demand in UAE. *Economic Modelling*, (36), 191-197.
- Sebri, M., & Ben-Salha, O. (2014). On the causal dynamics between economic growth, renewable energy consumption, CO2 emissions and trade openness: Fresh evidence from BRICS countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (39), 14-23.
- Sen, V. (2022). Willingness to pay for renewable energy: A concept-centric review of literature. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 13, 1-24.
- Shahzad, S.J.H., Kumar, R.R., Zakaria, M. & Hurr, M. (2017). Carbon emission, energy consumption, trade openness and financial development in Pakistan: A Revisit. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 185-192.
- Shahbaz, M., Naem, M., Ahad, M., & Tahir, I. (2018). Is natural resource abundance a stimulus for financial development in the USA? *Resources Policy*, (55), 223-232.
- Tuğcu, C. T., Öztürk, İ. & Aslan, A. (2012). Renewable and Non-renewable Energy Consumption and Economic Growth Relationship Revisited: Evidence from G7 Countries. *Energy Economics*, 34(6), 1942-1950.
- Tuğcu, C. T., & Topçu, M. (2018). Total, renewable and non-renewable energy consumption and economic growth: Revisiting the issue with an asymmetric point of view. *Energy*, (152), 64-74.

- Tuna, G., & Tuna, V. E. (2019). The asymmetric causal relationship between renewable and nonrenewable energy consumption and economic growth in the ASEAN-5 countries. *Resources Policy*, (62), 114-124.
- Yılandı, V. ve Aydın, M. (2017). Oil prices and stock prices: An asymmetric panel causality approach. *Journal of Applied Research in Finance and Economics*, 2(4), 9-19.
- Yıldırım, 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.
- Yu, Y.; Yamaguchi, K.; Thuy, T.D.; Kittner, N. (2022). Will the public in emerging economies support renewable energy? Evidence from Ho Chi Minh City, Vietnam. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 169, 112942.
- Zastempowski, M. (2023). Analysis and modeling of innovation factors to replace fossil fuels with renewable energy sources-Evidence from European Union enterprises. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 178, 113262.

### **GENİŞLETİLMİŞ ÖZET**

Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki, günümüzde sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşma çabalarında kritik bir rol oynamaktadır. Yenilenebilir enerji, fosil yakıtlara dayalı enerji üretimine göre çevresel etkileri minimize eder. Kömür, petrol gibi fosil yakıtların aksine, rüzgâr, güneş, hidroelektrik gibi yenilenebilir kaynaklar doğal ve sınırsızdır. Bu durum, doğal kaynakların korunmasına katkı sağlayarak ekosistemlerin dengesini korur. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynakları çevresel kirliliği azaltarak hava ve su kalitesini iyileştirir. Fosil yakıtlardan kaynaklanan hava kirliliği, solunum yolu hastalıkları ve iklim değişikliği gibi ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir. Yenilenebilir enerjinin kullanımıyla, bu olumsuz etkilerin önüne geçilir, insan sağlığına ve genel yaşam kalitesine olumlu katkıda bulunur.

Ekonomik açıdan bakıldığında, yenilenebilir enerji sektörü, yeşil ekonomi alanında yeni iş imkanları yaratır. Yenilenebilir enerji projeleri, mühendislik, inşaat, teknoloji ve yenilikçilik gibi çeşitli sektörlerde istihdam olanakları sağlar. Aynı zamanda, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji uygulamalarının yaygınlaştırılmasıyla enerji maliyetleri düşer, rekabetçiliği artırır.

Enerji güvenliği açısından da yenilenebilir enerji kaynakları, enerji arzını çeşitlendirir. Fosil yakıtlara dayalı enerji üretimindeki dışa bağımlılığı azaltır. Doğal afetler veya jeopolitik krizler gibi durumlarda, yenilenebilir enerji kaynakları daha güvenilir bir enerji arzı sağlar. Ancak, yenilenebilir enerjinin ekonomik büyümeye etkisi oldukça kompleks bir konudur. Yenilenebilir enerji projeleri için gereken yatırımlar, başlangıçta maliyetli olabilir. Ancak, uzun vadeli olarak bakıldığında, enerji tasarrufu ve çevresel faydalar göz önüne alındığında bu yatırımlar genellikle ekonomik olarak karlı hale gelir. Enerji dönüşümü, doğru politika ve teşviklerle desteklendiğinde ekonomik büyümeyi sürdürülebilir bir şekilde tetikleyebilir. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik kalkınma açısından büyük öneme sahiptir. Bu alandaki araştırmalar ve uygulamalar hem ekonomik büyümeyi destekleyen hem de doğal kaynakları koruyan sürdürülebilir enerji politikalarının geliştirilmesine ışık tutmaktadır.

Çalışmanın ana hedefi, G7 ülkelerinde yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi detaylı bir şekilde incelemektir. Bu amaç doğrultusunda asimetrik panel nedensellik testi kullanılarak bir analiz gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında, Kanada, Almanya, Fransa, İngiltere, İtalya, Japonya ve ABD gibi G7 ülkelerinin 1990-2022 dönemine ait verileri Dünya Bankası veri tabanından temin edilmiştir.

Değişkenler arasındaki nedensel bağlantıları açığa çıkarmak amacıyla Konya (2006) ve Yılandı ve Aydın (2017) tarafından geliştirilen bootstrap panel testleri

kullanılmıştır. Bu testler, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini değerlendirmek için oldukça güvenilir ve tutarlı sonuçlar sağlamaktadır. Ayrıca, değişkenlerin durağanlık özelliklerini belirlemek amacıyla CADF ve CIPS panel birim kök testi kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, G7 ülkelerinde yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasında nedensellik bulgusu elde edilememiştir. Bu durum, yansızlık hipotezinin bu ülkeler için geçerli olduğunu göstermektedir. Yani, yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki doğrusal veya belirgin bir nedensellik içermemektedir. Ancak, pozitif şoklar incelendiğinde Almanya ve İtalya için ekonomik büyümeden yenilenebilir enerjiye doğru tek yönlü nedensellik bulgusu elde edilmiştir. Bu da koruma hipotezinin bu ülkeler için geçerli olduğunu göstermektedir. Yani, ekonomik büyüme, bu ülkelerde yenilenebilir enerji tüketimini artırmaktadır. Bu durum, enerji politikalarının ve teşviklerinin, özellikle Almanya ve İtalya gibi ülkelerde enerji tüketiminin artmasına ve ekonomik büyümeye olumlu katkı sağladığını göstermektedir.

Öte yandan, ABD için incelenen sonuçlar dikkate değerdir. Yenilenebilir enerjiyle ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Bu durum, geri besleme hipotezinin bu ülke için geçerli olduğunu göstermektedir. Yani, ABD'de ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimini artırarak, aynı zamanda yenilenebilir enerji yatırımları da ekonomik büyümeyi desteklemektedir. Bu durum, enerji sektöründeki yatırımların ekonomik büyümeyi artırıcı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Diğer yandan, Kanada, Fransa, İngiltere ve Japonya için incelenen sonuçlar, ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji tüketimini artırdığını, ancak bu ülkelerde geri besleme etkisinin gözlenmediğini ortaya koymaktadır. Yani, ekonomik büyüme yenilenebilir enerji tüketimini arttırmakta, ancak bu ülkelerde yenilenebilir enerji tüketimi ekonomik büyümeyi geri dönüşsüz bir şekilde arttırmamaktadır. Bu sonuçlar da koruma hipotezinin bu ülkeler için geçerli olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, G7 ülkelerindeki yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme ilişkisi karmaşık bir yapıya sahiptir. Farklı ülkelerde farklı nedensellik ilişkileri gözlemlenmiştir, bu da enerji politikalarının ülke özelinde dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Bu çalışma, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşma yolunda atılacak adımların ve enerji politikalarının belirlenmesinde değerli bir kaynak oluşturabilir.

## **EXTENDED ABSTRACT**

The relationship between renewable energy and economic growth plays a critical role in today's efforts to achieve sustainable development goals. Renewable energy minimizes environmental impacts compared to energy production based on fossil fuels. Unlike fossil fuels such as coal and oil, renewable resources such as wind, solar, and hydroelectricity are natural and unlimited. This contributes to the conservation of natural resources and maintains the balance of ecosystems. In addition, renewable energy sources improve air and water quality by reducing environmental pollution. Air pollution from fossil fuels can lead to serious health problems such as respiratory diseases and climate change. The use of renewable energy avoids these negative impacts and contributes positively to human health and overall quality of life.

From an economic perspective, the renewable energy sector creates new jobs in the green economy. Renewable energy projects provide employment opportunities in various sectors, such as engineering, construction, technology, and innovation. At the same time, energy costs are reduced and competitiveness is increased by expanding energy efficiency and renewable energy practices.

In terms of energy security, renewable energy sources diversify energy supply. They reduce external dependence on fossil fuel-based energy production. In the event of natural disasters or geopolitical crises, renewable energy sources provide a more reliable energy supply. However, the impact of renewable energy on economic growth is a complex issue. The investments required for renewable energy projects

can be costly initially. However, in the long term, these investments often become economically profitable given the energy savings and environmental benefits. When supported by the right policies and incentives, the energy transition can trigger economic growth in a sustainable way. In this context, the relationship between renewable energy and economic growth is of great importance for both environmental sustainability and economic development. Research and practice in this area shed light on the development of sustainable energy policies that both support economic growth and conserve natural resources.

The main objective of this study is to examine the relationship between renewable energy and economic growth in G7 countries in detail. For this purpose, an analysis was conducted using the asymmetric panel causality test. Within the scope of the study, the data of G7 countries such as Canada, Germany, France, the UK, Italy, Japan, and the USA for the period 1990–2022 were obtained from the World Bank database.

Bootstrap panel tests developed by Kónya (2006) and Yılandı and Aydın (2017) are used to reveal the causal links between variables. These tests provide highly reliable and consistent results for assessing causal relationships between variables. In addition, CADF and CIPS panel unit root tests are used to determine the stationarity properties of the variables.

According to the results, there is no causality between renewable energy and economic growth in G7 countries. This shows that the neutrality hypothesis is valid for these countries. In other words, the relationship between renewable energy consumption and economic growth does not involve linear or significant causality. However, when positive shocks are analyzed, unidirectional causality from economic growth to renewable energy is found for Germany and Italy. This suggests that the conservation hypothesis is valid for these countries. That is, economic growth increases renewable energy consumption in these countries. This suggests that energy policies and incentives contribute positively to the increase in energy consumption and economic growth, especially in countries such as Germany and Italy.

On the other hand, the results analyzed for the US are noteworthy. Bidirectional causality was found between renewable energy and economic growth. This shows that the feedback hypothesis is valid for this country. That is, economic growth in the US increases renewable energy consumption, and at the same time, renewable energy investments support economic growth. This shows that investments in the energy sector have a positive effect on economic growth. On the other hand, the results for Canada, France, the UK, and Japan show that economic growth increases renewable energy consumption, but no feedback effect is observed in these countries. That is, economic growth increases renewable energy consumption, but renewable energy consumption does not irreversibly increase economic growth in these countries. These results suggest that the conservation hypothesis is valid for these countries.

In conclusion, the relationship between renewable energy and economic growth in G7 countries is complex. Different causal relationships have been observed in different countries, suggesting that energy policies should be considered on a country-specific basis. This study can be a valuable resource in determining energy policies and steps to be taken towards achieving sustainable development goals.