



Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve ekonomik büyüme ilişkisi: 1995–2020 Türkiye örneği

Hakan Eygü*

*Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi İ.İ.B.F., Ekonometri Bölümü, Yakutiye, Erzurum, 25240 TÜRKİYE. E-posta: hakaneygu@atauni.edu.tr. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4104-2368>

MAKALE BİLGİSİ

Geliş tarihi: 07.04.2022
Kabul tarihi: 11.06.2022
Çevrimiçi kullanım tarihi: 24.06.2022
Makale Türü: Araştırma makalesi

Anahtar Kelimeler:

Ekonomik büyüme, elektrik tüketimi, yenilenebilir kaynaklar, ARDL yaklaşımı, Toda-Yamamoto nedensellik

ÖZ

Bu çalışmada 1995–2020 dönemine ait kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla ile sermaye, işgücü ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimi (jeotermal, rüzgâr, biokütle, güneş, biyogaz, hidroelektrik ve atık kaynaklar) değişkeni arasındaki ilişki zaman serisi analiziyle incelenmiştir. Ekonometrik analizde ADF, PP birim kök testleri ile Ziyot-Andrews yapısal kırılmalı birim kök testleri ile serilerin durağan olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ARDL sınır testi ile eşbütünleşme ilişkisinin varlığı test edilmiş ve değişkenlerin uzun dönem ve kısa dönem dinamikleri incelenmiştir. Daha sonra nedensellik ilişkisinin tespitinde ise Toda-Yamamoto nedensellik analizi kullanılmıştır. Eşbütünleşik serilere Toda-Yamamoto nedensellik testi uygulanarak yenilenebilir enerji tüketiminden büyümeye doğru tek yönlü nedensellik olduğu bulunmuştur. Bu doğrultuda yenilenebilir enerji tüketimindeki artışlar ekonomik büyümeyi olumlu etkileyeceği söylenebilir.

The relationship between the use of renewable energy sources and economic growth: Case of Turkey between the years 1995–2020

ARTICLE INFO

Received: 07.04.2022
Accepted: 11.06.2022
Available online: 24.06.2022
Article type: Research article

Keywords:

Economic growth, electricity consumption, renewable sources, ARDL approach, Toda-Yamamoto causality

ABSTRACT

This study examines the relationship between gross national product, capital, labor force and the electricity consumption from renewable energy sources (geothermal, wind, biomass, solar, biogas, hydroelectric and waste resources) for the period 1995-2020 by time series analysis. In econometric analysis, ADF, PP unit root tests and Ziyot-Andrews structural break unit root tests suggest that the series are stationary. Besides, the existence of the cointegration relationship was tested with the ARDL bounds test and the long-term and short-term dynamics of the variables were examined. Then, Toda-Yamamoto causality analysis was used to test the causality. By applying the Toda-Yamamoto causality test to the cointegrated series, it was found that there is a one-way causality running from renewable energy consumption to growth. In this respect, it can be said that increase in renewable energy consumption positively affects the economic growth.

1. Giriş

İnsan hayatı için vazgeçilmez bir ihtiyaç olan enerji, hem üretim hem de tüketim sürecinde önemli bir faktördür. Bu nedenle enerjinin ekonomik büyüme sürecindeki önemi göz ardı edilemez. Gelişen teknoloji ve nüfus artışının yanı sıra sanayileşme ve artan yaşam standartları enerji tüketiminin dolayısıyla enerjiye olan talebin her geçen gün daha da artmasına neden olmaktadır. Dünya enerji ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılayan fosil enerji kaynakları (kömür, petrol ve doğalgaz) hızla tükenmektedir. Bu durum özellikle enerjide dışa bağımlı ve gelişmekte olan ülkelerde alternatif enerji kaynakları arayışını hızlandırmıştır. Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye sahip olduğu kısıtlı fosil enerji kaynaklarından dolayı enerjide büyük ölçüde dışa bağımlıdır. Her geçen gün daha da artan bu bağımlılık ülke ekonomisi üzerinde büyük bir yük oluşturmaktadır. Bu anlamda Türkiye enerjideki dışa bağımlılığını azaltmak, bu bağımlılığın ülke ekonomisi üzerindeki yükünü hafifletmek ve enerji arz güvenliğini sağlamak adına enerji ihtiyacını daha çok yerli ve yenilenebilir kaynaklardan karşılamayı hedeflemiştir. Son araştırmalar (Coester, Hofkes ve Papyrakis, 2018) yenilenebilir enerjinin ekonomik büyümeye etkisi ile sonuçlandığını ve bunun sonucunda yeterli üretim kapasitesinin artırılması gerektiği belirlenmiştir. Ülkelerin ekonomik büyüme ve kalkınma hedefine ulaşması için farklı stratejiler belirlemelidir (Köse ve Gültekin, 2019, s. 141).

Bu çalışmada, Türkiye’de ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi arasındaki ilişkiyi sermaye işgücünün ayrı faktörler olarak kabul edildiği çok değişkenli model yardımıyla etkili politikalar önermektir. Çalışmada modele dahil edilen sermaye ve işgücü değişkenleri ile son yıllardaki enerji tüketim verilerinin modele dahil edilmesi çalışmayı, çoğu çalışmadan farklı kılmaktadır. Ekonometrik analizler kullanılarak sırasıyla birim kök testleri ile serilerin durağanlığı araştırılmış, eşbütünleşme analizi ile seriler arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla ARDL yöntemi uygulanmış ve son olarak Toda-Yamamoto nedensellik analizi yapılmıştır.

2. Literatür

Literatür incelendiğinde ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji üretimi ile birçok değişken arasında ekonometrik çalışma bulunmaktadır. Son on yılda ülkeler elektrik enerjisi üretimi ve tüketimini tahmin etmek için çok sayıda yaklaşım önermişlerdir. Bu doğrultuda elektrik talep modellemesinde yapısal kırılmalar (Dogan, 2016, s. 78) ve dış değişkenlerden kaynaklanan (Apadula, Bassini, Elli ve Scapin, 2012, s. 346) geçici etkiler, gibi birçok öngörülemeyen faktör mevcuttur (Oliveira ve Oliveira, 2018). Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında ilişki panel veri analizi ile araştırılmış (Apergis ve Payne, 2010) ve yenilenebilir enerji tüketimi ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir ilişki (Koçak ve Şarkgüneşi, 2017, s. 51) bulmuşlardır. Karagöl vd. (2007) çalışmasında Türkiye’de ekonomik büyüme ile elektrik tüketiminin 1974-2004 yılları arasındaki dönem için incelemiştir. ARDL sınır testi kullanılarak yapılan analizde seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğunu belirlemiş ve kısa dönemde pozitif bir ilişki, uzun dönem için ise negatif ilişki olduğu belirlenmiştir. Mucuk ve Uysal (2009) Türkiye’nin 1960-2006 yılları arasındaki dönemde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi eşbütünleşme ve Granger nedensellik testleri kullanarak incelemiştir. Araştırma sonucunda değişkenlerin eşbütüleşik olduğu ve Granger nedenselliği enerji tüketiminde ekonomik büyümeye doğru gerçekleştiğini belirlemiştir. Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin olan ülkelere biri olduğundan (Benli, 2013, s. 33; Yuksel, 2013, s. 1037) son yıllarda Türkiye’de yabancı yatırımı artmıştır (Isiks, Isiksal, ve Jalali, 2016, s. 79). Türkiye’deki enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki incelenmiş (Erdal et al., 2008) yapılan nedensellik ilişkisi sonucunda Türkiye için enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü ilişki bulunmuştur. Anatürk ve Özata (2019) çalışmasında Türkiye’de yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarının tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmışlar ve araştırma sonucunda büyüme üzerinde elektrik enerjisinin daha etkili olduğunu belirlemiştir. Ayrıca yenilenemeyen enerji kaynaklarının tüketiminin artması çevresel bozulmaya neden olduğu ifade edilmiştir (Caglar, Mert ve Boluk, 2021). Benzer bir çalışma yenilenebilir enerji kaynaklarının belirleyicileri ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki incelenmiş ve yenilenebilir enerji kaynaklarının üretim sürecinde kullanıldığı belirlenmiştir (Çınar ve Yılmaz, 2015, s.73). Ayrıca enerji ile büyüme arasındaki bir çalışmada büyüme oranının kişi başı enerji tüketimindeki değişimin etkilediği belirlenmiştir (Yurdakul, 2018). Kantarmacı ve Birecikli (2020) çalışmasında AB ülkelerinin 2006-2016 yılları arasındaki dönemde yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyümeye

katkısını araştırmışlardır. Analiz sonucunda yenilenebilir enerji birincil üretiminin ekonomik büyüme ve işgücü üzerindeki uzun dönemli etkileri olduğunu belirlemişlerdir. Lise ve Van Montfort (2007) Türkiye'nin 1970-2003 yılları arasındaki dönemde enerji tüketimim ile GSYH eşbütünleşme analizi ile bu değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya koymuşlardır. Araştırma sonucunda Türkiye'nin 2025 yılına kadar %5,9 ile %7 oranında büyüyeceğini belirlemişlerdir. Öcal ve Aslan (2013) 1990-2010 yılları arasındaki dönemi araştırmışlardır. Araştırma sonucunda yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi negatif olarak etkilediği ve tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu bulmuşlardır. Alper (2018) çalışmasında toplam sabit sermaye yatırımlarındaki, işgücüne katılım oranındaki ve yenilenebilir enerji kullanımındaki %1 birimlik artışın ekonomik büyümeyi sırasıyla %0,29, %0,22 ve %0,19 oranında arttırdığını belirlemiştir. Durğun ve Durğun (2018) çalışmasında Türkiye'nin 1980-2015 yılları arasındaki dönemde gayrisafi yurtiçi hasıla ile kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi (hidroelektrik dahil) arasındaki nedensellik ilişkisini ARDL sınır testi ile incelemişlerdir. Sonuç olarak serilerin eşbütünleşik olduğunu ortaya koymuştur. Soğukpınar vd. (2021) çalışmasında Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları 2019-2023 dönemini kapsayan toplam elektrik enerjisi talep tahmini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda geliştirilen enerji politikalarının elektrik talebini azalttığını belirlemişlerdir.

3. Yöntem

3.1. Model ve veri seti

Çalışmanın uygulama bölümünde 1995-2020 dönemini kapsayan yıllık veriler kullanılmıştır. Ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketim değişkeni (RELC) arasındaki ilişki incelenmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları; jeotermal, rüzgâr, biokütle, güneş, biyogaz, hidroelektrik ve atık kaynakların tümü olarak belirlenmiştir. Ekonomik büyüme değişkeni olarak Reel Gayrisafi Yurtiçi Hasılanın (GSYH) 2015 baz yılı ABD Doları cinsinden veriler kullanılmıştır. Analiz kısmında kullanılan değişkenler ve açıklamaları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1

Veri seti ve açıklamaları

Değişkenler	Temsili Değişkenler	Açıklama	Kaynak
Gayri safi yurtiçi hasıla	$\ln Y_t$	Gayri safi yurtiçi hasıla, 2015=100 sabit fiyatıyla ABD Doları cinsinden alınmıştır.	Dünya Bankası (2022) 1995-2020
Sabit sermaye	$\ln K_t$	Sabit sermaye oluşumu değişkeni, 2015=100 sabit fiyatıyla ABD Doları cinsinden alınmıştır.	Dünya Bankası (2022) 1995-2020
Toplam işgücü	$\ln L_t$	Toplam işgücü sayısı 15+, total (%)	Dünya Bankası (2022) 1995-2020
Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimi	$\ln RELC_t$	Toplam enerji tüketimi (%)	TÜİK (2022) 1995-2020

Kaynak: Yazar tarafından hazırlandı.

Çalışmada serilerin durağan olup olmadıklarını belirlemek için öncelikle Genişletilmiş Dickey-fuller (ADF), Phillips-Perron (PP) birim kök testleri ve yapısal kırılmalı birim kök testlerinden biri olan Zivot-Andrews birim kök testi ile incelenmiştir. Sonrasında değişkenler arasındaki eşbütünleşmenin varlığı ARDL sınır Testi yaklaşımıyla incelenmiş, Toda-Yamamoto Nedensellik analizi yapılarak bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki yorumlanmıştır.

Bağımlı değişkenin (açıklanan) GSYH'nin olduğu ve sermaye, işgücü, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketiminin bağımsız (açıklayıcı) değişken olduğu model,

$$\ln Y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln K_t + \beta_2 \ln L_t + \beta_3 \ln RELC_t + u_t \quad (1)$$

Kurulan logaritmik modelde seçili değişkenlerin doğal logaritması alınmış ve tanımlanan değişkenleri göstermektedir. β' lar ise ilgili değişkenin katsayısını ve aynı zamanda esneklik katsayılarını ifade etmektedir. u_t ' ler hata terimini temsil etmektedir.

3.2. Durağanlığın İncelenmesi

Çalışmalarda yer alan serilerin durağan olup olmadıkları birim kök testleri ile tespit edilir. Durağan olmayan serilerle yapılan analizlerde elde edilen sonuçların gerçeği yansıtması düşük bir ihtimaldir. Bu yüzden uygulamaya başlamadan önce serilerin durağanlığına bakılması önem arz etmektedir.

Serilerin durağanlığının tespitinde yaygın kullanılan birim kök testlerinin yanın sıra yapısal kırılmaları dikkate alan birim kök testleri de kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan sıradan birim kök testleri seriyi durağan bulurlarsa yapısal kırılmalı birim kök testleri kullanılmayabilir. Ancak yapısal kırılmalı birim kök testleri genellikle sıradan birim kök testleri ile de beraber kullanılmaktadır (Mert ve Çağlar, 2019, s. 97; Coşkun ve Eygü, 2020, s. 237).

ADF ve PP birim kök testleri kullanılarak serinin durağan olup olmadığı belirlenmiştir. Tablo 2'de ADF ve PP birim kök test sonuçları verilmiştir. ADF ve PP birim kök testleriyle serinin durağan olup olmadığını göstermek için hipotezler,

H_0 : Seri durağan değildir (Birim kök içermez)

H_1 : Seri durağandır (Birim kök içerir)

şeklinde kurulmaktadır.

Tablo 2'de ADF ve PP test sonuçlarına göre değişkenlerin durağan olmadıkları ancak birinci farklarda durağan oldukları ($p < 0,05$) yani tüm değişkenlerin $I(1)$ oldukları tespit edilmiştir.

Tablo 2

Birim kök analizi sonuçları

	Model	ADF		PP	
		Düzye	I. Farkta	Düzye	I. Farkta
lnGSYH	C	-0,211 (0,924)	-4,407 (0,002***)	-0,224 (0,923)	-4,407 (0,002***)
	CT	-3,942 (0,027**)	-4,323 (0,011**)	-2,240 (0,448)	-4,323 (0,011**)
	NCT	5,130 (0,998)	-2,739 (0,008***)	5,130 (0,998)	-2,613 (0,011**)
lnK	C	-0,928 (0,3761)	-4,973 (0,000***)	-0,921 (0,764)	-4,973 (0,000***)
	CT	-3,452 (0,070)	-4,858 (0,003***)	-2,303(0,417)	-4,858 (0,003***)
	NCT	-0,344 (0,549)	-8,154 (0,000***)	-0,319 (0,559)	-7,289 (0,000***)
lnL	C	-2,101 (0,245)	-2,829 (0,059*)	-1,662 (0,437)	-2,821 (0,070)
	CT	-2008 (0,567)	-3,551(0,226)	-1,535 (0,789)	-2,751 (0,226)
	NCT	-1,001 (0,275)	-2,717 (0,008***)	-0,929 (0,304)	-2,694 (0,009***)
lnRELC	C	1,278 (0,997)	-3,991 (0,005***)	0,925 (0,994)	-4,022 (0,005***)
	CT	-2,238 (0,449)	-4, 302 (0,012**)	-2,161 (0,473)	-4,368 (0,011**)
	NCT	-0,509 (0,484)	-1,304 (0,171)	0,379 (0,786)	-2,929 (0,005***)

C: Sabit model, CT: Sabit ve trendli model, NCT: Trendsiz ve sabitsiz model, ADF testinde maksimum gecikme sayısı 5 olarak alınmış ve optimum gecikme sayısı Schwarz Bilgi Kriterine göre belirlenmiştir. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Yapısal kırılmalı birim kök testi olan Ziyot-Andrews testi kırılmanın içsel olarak belirlenmesinin veri kaybını önlediği, bu nedenden dolayı Perron testine göre daha ileri bir test olduğu söylenebilir (Zivot ve Andrews, 1992). Ziyot-Andrews yapısal kırılmalı birim kök testleriyle seride kırılma olup olmadığını göstermek için hipotezler,

H_0 : Yapısal kırılma vardır.

H_1 : Yapısal kırılma yoktur.

şeklinde kurulmaktadır.

Tablo 3

Zivot-Andrews yapısal kırılmalı birim kök test sonuçları

Değişkenler	Model	Kırılma Dönemi	t-istatistik	Seçilen Gecikme Uzunluğu	Değişkenler	Model	Kırılma Dönemi	t-istatistik	Seçilen Gecikme Uzunluğu
lnGSYH	A	2017	-3,828	9	Δ lnGSYİH	A	2002	-4,971	0
	C	2010	-7,008	9		C	2001	-5,092	0
lnK	A	2014	-5,694	1	Δ lnK	A	2012	-6,268	0
	C	2012	-7,681	1		C	2013	-6,554	0
lnL	A	2009	-5,245	8	Δ lnL	A	2004	-6,860	0
	C	2016	-9,296	8		C	2009	-4,891	0
lnRELC	A	2009	-4,951	1	Δ lnRELC	A	2006	-6,356	0
	C	2003	-3,203	1		C	2007	-7,351	0

Kritik Değerler: Model A için %5 anlamlılık düzeyinde -4,80; Model C için %5 anlamlılık düzeyinde -5,08.

Δ birinci fark işlemcisidir.

Tablo 3'te yapısal kırılmalı birim kök testi incelendiğinde $|t_h| > t_{k(ZA)}$ değerinden büyük olduğu için H_0 hipotezi reddedilir ve seride yapısal kırılma olmadığı sonucuna ulaşılr.

3.3. ARDL sınır testi

Seriler $I(0)$ ve $I(1)$ de durağan olduğu için ARDL modelini tahmin etmek için uygun gecikme uzunluğu belirlenmiş ve Tablo 4'te verilmiştir.

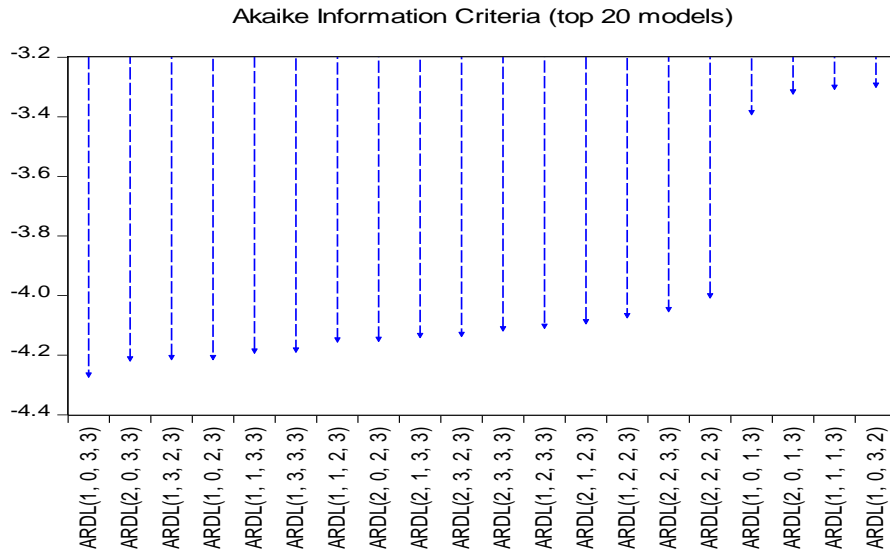
Tablo 4

Uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi

Lag	FPE	AIC	SC	HQ
0	14,741	14,041	14,238	14,094
1	0,037	8,039	9,021*	8,299
2	0,021*	7,378*	9,145	7,846

* Kriterler tarafından seçilen gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Belirlenen gecikme uzunluğu doğrultusunda uygun ARDL modeli Akaike bilgi kriterine göre belirlenmiştir ve sonuçlar Şekil 1' de gösterilmiştir. Akaike bilgi kriterine göre uygun ARDL modeli ARDL(1,0,3,3) olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Akaike Bilgi Kriterine göre en iyi 20 model

Eşbütünleşme ilişkisinin varlığının tespitinde kullanılan ARDL sınır testi sonuçları Tablo 5’ te verilmiştir.

Tablo 5

ARDL sınır testi sonuçları

Kritik Değer Sınırları		
Anlamlılık düzeyi	Alt sınır I(0)	Üst sınır I(1)
%10	2,37	3,21
%5	2,79	3,67
%2.5	3,15	4,08
%1	3,64	4,66

Not: F-istatistiği: 15,936; H_0 : Seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi yoktur.

*Kritik değerler ile Pesaran vd. (2001) tarafından elde edilmiştir.

Tablo 5 incelendiğinde hesaplanan F istatistik değerinin tüm önem seviyelerinde üst sınırın üzerinde olduğu görülmekte ve sıfır hipotezi reddedilmiştir. Bu doğrultuda eşbütünleşme ilişkisi olduğu durumda uzun ve kısa dönemli ilişki incelenebilmektedir.

3.4. Uzun dönemli ilişki

Belirlenen ARDL(1,0,3,3) modelinden faydalanılarak hesaplanan uzun dönem sonuçları Tablo 6’te verilmiştir.

Tablo 6

Uzun dönem katsayıları (bağımlı değişken lnGSYH)

Değişken	Katsayı	t-istatistiği	p-değeri
lnK	3,551	1,679	0,118
lnL	-2,821	-11,002	0,000***
lnRELC	0,266	25,429	0,000***

***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Tablo 6 incelendiğinde uzun dönemde değişkenlerden L negatif ve anlamlı, RELC pozitif yönde ve anlamlı, K değişkeni ise ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etkiye sahip olmasına rağmen bu etki istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Diğer bir ifadeyle, toplam işgücündeki %1’lik değişimin ekonomik büyüme de yaklaşık %2,8’lik negatif yönlü değişime neden olacağı, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimindeki %1’lik değişimin ekonomik büyüme de %0,26’lık aynı yönlü değişime neden olacağı söylenebilir.

3.5. Hata düzeltme modeli

Değişkenler arasındaki kısa dönem ilişkinin araştırılmasında ARDL kısıtsız hata düzeltme modeli kullanılmış ve sonuçlar Tablo 7’da verilmiştir.

Tablo 7

Hata Düzeltme Modeli Sonuçları

Değişken	Katsayı	t-istatistiği	p-değeri
$\Delta(\ln L)$	0,515	2,459	0,030***
$\Delta(\ln L(-1))$	1,890	5,978	0,000***
$\Delta(\ln L(-2))$	0,461	2,104	0,057*
$\Delta(\ln RELC)$	-0,035	-1,596	0,136
$\Delta(\ln RELC(-1))$	-0,226	-6,098	0,000***
$\Delta(\ln RELC(-2))$	-0,208	-6,067	0,000***
CoinEq(-1)	-0,657	-10,307	0,000***
$R^2 = 0,826$		$DW = 2,445$	

Δ fark işlemcisidir. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Hata düzeltme modelinde hata düzeltme katsayısı olan CointEq(-1) katsayısının negatif ve anlamlı olması beklenmektedir. Bu katsayının negatif ve anlamlı olması değişkenlerin uzun dönem ilişkisinden sapmanın sonraki dönemlerde dengeye geleceği anlamına gelmektedir. Tablo 7 incelendiğinde CointEq(-1) katsayısının -0,657 ve anlamlı olduğu görülmektedir. Uzun dönem dengesinde meydana gelen sapmanın yaklaşık %46,49' u bir sonraki dönem (1 yıl sonra) dengeye gelmektedir.

RELC bir ve iki gecikmeli değerlerinin büyüme üzerinde negatif bir etkisinin olduğu görülmektedir. RELC harcamalarının kısa dönemde büyüme üzerinde negatif bir etkisi olsa bile uzun dönem dengesinden sapların dengeye gelmesiyle birlikte uzun dönemde pozitif ve anlamlı bir etkisinin olduğu Tablo 7'te görülmektedir.

3.6. Model varsayımları

Kurulan modelden elde edilen analiz sonuçlarının güvenilir olup olmadığını anlamamanın yolu bazı varsayımların sağlanıp sağlanmadığının da incelenmesi gerekir. Varsayımları sağlanması sonuçların güvenilir olması anlamına gelmektedir. Bu bölümde kurulan ARDL(1,0,3,3) modelin için test edilen varsayım sonuçlarına Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8

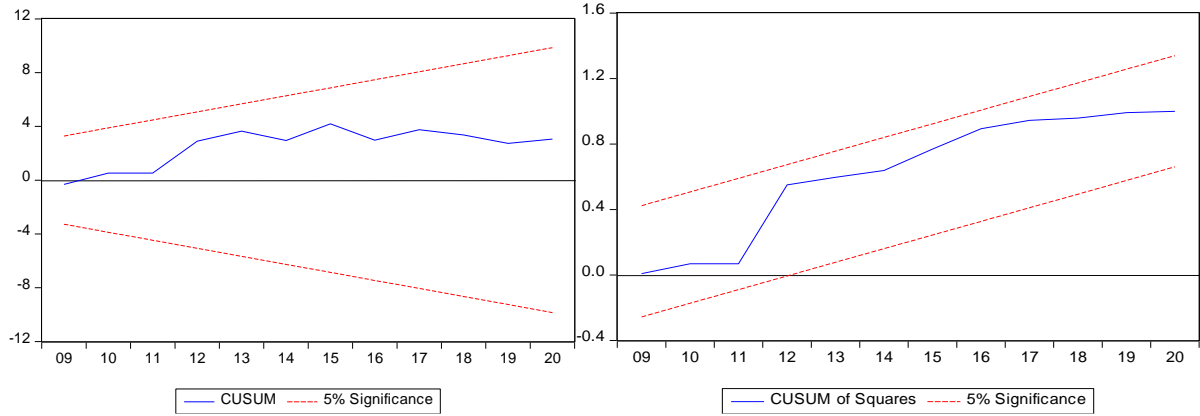
Modeli Tahmin Sonuçları

Değişken	Katsayı	t-istatistiği	p-değeri
LNGSYH(-1)	0,342	3,151	0,008
LNK	2,331	1,649	0,125
LNL	0,515	1,619	0,131
LNL(-1)	-0,479	-0,922	0,374
LNL(-2)	-1,429	-3,097	0,009
LNL(-3)	-0,461	-1,372	0,194
LNRECL	-0,035	-1,038	0,319
LNRECL(-1)	-0,016	-0,326	0,749
LNRELC(-2)	0,017	0,417	0,683
LNRELC(-2)	0,209	4,756	0,000
C	27,917	6,522	0,000
Tanımsal Test Sonuçları			
Jarque-Bera Testi	0,983 (0,611)	Breusch-Pagan-Godfrey Testi	0,601 (0,727)
Breusch-Godfrey Testi	1,628 (0,244)	Ramsey Reset Testi	0,315 (0,586)

*Tanımsal test sonuçlarında parantez içindeki değerler p-değ. göstermektedir.

Tablo 8’de görüldüğü üzere tanısıl test sonuçlarından Jargue-Bera Testi ile modelin normal dağılım gösterdiği ($p > 0,05$) belirlenmiştir. Breusch-Godfrey Testi ile “otokorelasyon yoktur” şeklinde kurulan H_0 hipotezinin reddedilememesi ($p > 0,05$) otokorelasyon olmaması varsayımının sağlandığı anlamına gelmektedir. Sabit varyans varsayımı için yapılan Breusch-Pagan-Godfrey testi ile “değişen varyans yoktur” şeklinde kurulan H_0 hipotezinin reddedilememesi ($p > 0,05$) model sabit varyans varsayımının sağlamaktadır. Modelin matematiksel kalıbını doğru seçilip seçilmediği Ramsey Reset testi ile belirlenmiştir. Test sonuçlarında “modelin matematiksel kalıbı doğru seçilmiştir” şeklinde kurulan H_0 hipotezinin reddedilememesi ($p > 0,05$) sıfır hipotezinin reddedilememesi modelin fonksiyonel kalıbında hata yoktur şeklinde ifade edilebilir.

Modelin uzun dönem katsayılarının istikrarlılığını belirlemek amacıyla yapılan CUSUM ve CUSUMSQ test sonuçları Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. CUSUM ve CUSUMSQ Test Sonuçları

CUSUMSQ testi CUSUM testine göre daha hassastır. Şekil 2 incelendiğinde elde edilen eğrilerin kritik sınırlar içinde kaldığı görülmektedir. Bu durum tahmin sonuçlarının istikrarlı olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda tahmin edilen ekonomik büyüme modeli hakkında politika da bulunmak amacıyla kullanılmasında bir sakınca görülmektedir.

3.7. Toda–Yamamoto nedensellik analizi

Bu bölümde ekonomik büyüme teorisinin araştırılması ve politika önerileri geliştirmek amacıyla VAR analizi uygulanmıştır. VAR Granger Nedensellik testi ile seriler arasında nedensellik olup olmadığını göstermek için hipotezler,

H_0 : Seriler arasında nedensellik yoktur.

H_1 : Seriler arasında nedensellik vardır.

şeklinde kurulmaktadır. Bu doğrultuda uygulanan analiz sonuçları Tablo 9’de verilmiştir.

Tablo 9

VAR Granger Nedensellik/Blok Dışsallık Testi

VAR Granger Nedensellik/Blok Dışsallık Wald Testi				
<i>Bağımlı Değişken: lnGSYH</i>				
Dışlanan	χ^2	s.d	p-değeri	Sonuç
lnK	0,402	2	0,817	
lnL	7,783	2	0,020***	lnL→lnGSYH
lnRELC	6,125	2	0,046***	lnRELC→lnGSYH
Tümü	9,130	6	0,166	
<i>Bağımlı Değişken: lnK</i>				
Dışlanan	χ^2	s.d	p-değeri	
lnGSYH	2,134	2	0,344	
lnL	3,393	2	0,183	
lnRELC	1,083	2	0,581	lnRELC↔lnGSYH
Tümü	6,891	6	0,331	
<i>Bağımlı Değişken: lnL</i>				
Dışlanan	χ^2	s.d	p-değeri	
lnGSYH	2,941	2	0,229	
lnK	2,713	2	0,257	
lnRELC	13,063	2	0,001***	lnRELC→lnL
Tümü	15,657	6	0,015***	
<i>Bağımlı Değişken: lnRELC</i>				
Dışlanan	χ^2	s.d	p-değeri	
lnGSYH	3,090	2	0,213	
lnK	0,395	2	0,821	
lnL	3,722	2	0,155	
Tümü	11,165	6	0,083*	

***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Tablo 9 incelendiğinde yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimi serisinden ekonomik büyümeye doğru nedensellik olduğu ($p < 0,05$) yani H_0 hipotezinin reddedildiğine karar verilir. Diğer bir ifadeyle yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimi serisinden ekonomik büyümeye doğru nedensellik vardır.

4. Sonuç ve değerlendirme

Yaşamın her alanında tüketilen enerji bir ülkenin ekonomik gelişiminin sürdürülebilir bir yapı kazanmasında vazgeçilmez bir gereksinimdir. Ekonomik gelişim sürecinde mal ve hizmetlerin üretiminde önemli bir girdi olarak kullanılan enerjiye olan talep artmaktadır. Türkiye için ekonomik büyümenin en önemli kaynaklarından biri enerjidir. Mevcut çalışmanın amacı, 1995-2020 dönemi için Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketiminin Türkiye ekonomisi üzerindeki etkisini işgücü ve sermayenin dâhil edildiği çok değişkenli bir modelde analiz etmektir. Bu amaçla, ARDL yaklaşımı kullanılarak etkiler incelenmiştir.

Ampirik sonuçlar, ekonomik ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu göstermektedir. Uzun dönem dengesinde meydana gelen sapmanın yaklaşık %46,49’ u bir sonraki dönemde dengeye gelmektedir. Yenilenebilir enerji değişkeni bir ve iki gecikmeli değerlerinin ihracat üzerinde negatif bir etkisinin olduğu görülmüştür. Yenilenebilir enerji harcamalarının kısa dönemde ihracat üzerinde negatif bir etkisi olsa bile uzun dönem dengesinden sapların dengeye gelmesiyle birlikte uzun dönemde pozitif ne anlamlı bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimi serisinden ekonomik

büyümeye doğru nedensellik olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak analiz sonuçları literatürde yer alan çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Ülkemiz nüfusunun giderek artması ile birlikte enerji tüketiminin de arttığı bilinmektedir. Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişki insanların refahını yani yaşam standartlarını etkilemektedir. Bu doğrultuda ülkemizin gelişmesi için düşük karbon salınımına sahip olan yenilenebilir enerji kaynakları ile mümkündür. Bu nedenle Türkiye yenilenebilir kaynaklara yönelik yatırımları desteklemeli ve uygun politikalar geliştirilmelidir. Geliştirilecek politikaların etkili olması için literatürde yer alan çalışmalarda kullanılan değişkenlerin yönü de oldukça önemlidir.

Yazar Beyanı

Araştırma ve yayın etiği beyanı

Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Etik kurul onayı

Bu çalışma için Etik Kurul Onayı gerekmemektedir.

Çıkar çatışması

Yazarlar açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Destek beyanı

Bu çalışma için herhangi bir destek alınmamıştır.

Kaynakça

- Alper, F. Ö. (2018). Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: 1990-2017 Türkiye örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2), 223-242. <https://doi.org/10.18074/ckuiibfd.466782>
- Apadula, F., Bassini, A., Elli, A. ve Scapin, S. (2012). Relationships between meteorological variables and monthly electricity demand, *Applied Energy*, 98, 346-356. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.03.053>
- Apergis, N. ve Payne, J. E. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: evidence from a panel of OECD countries, *Energy Policy*, 38(1), 656-660. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.002>
- Anatürk, Ş. ve Özata, E. (2019). Türkiye’de yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynaklarından elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin ekonometrik analizi. *The Journal of International Social Research*, 68(12), 1018-1030. <https://hdl.handle.net/11421/26256>
- Benli, H. (2013). Potential of renewable energy in electrical energy production and sustainable energy development of Turkey: Performance and policies. *Renewable Energy*, 50, 33-46. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.06.051>
- Caglar, A. E., Mert, M. ve Boluk, G. (2021). Testing the role of information and communication technologies and renewable energy consumption in ecological footprint quality: Evidence from world top 10 pollutant footprint countries. *Journal of Cleaner Production*, 298, 126784. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126784>
- Coester, A., Hofkes, M. W. ve Papyrakis E. (2018). An optimal mix of conventional power systems in the presence of renewable energy: a new design for the German electricity market, *Energy Policy*, 116, 312-322. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.02.020>
- Coşkun, H. ve Eygü, H. (2020). Ar-Ge harcamaları ve ihracat ilişkisinin incelenmesi: Türkiye Örneği. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8, 233-242. <https://doi.org/10.18506/anemon.761623>
- Çınar, S. ve Yılmaz, M. (2015). Yenilenebilir enerji kaynaklarının belirleyicileri ve ekonomik büyüme ilişkisi: Gelişmekte olan ülkeler örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 30(1), 55-78.

- De Oliveira ve E. M., Oliveira, F. L. C. (2018). Forecasting mid-long term electric energy consumption through bagging ARIMA and exponential smoothing methods, *Energy*, 144, 776-788. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.12.049>
- Dogan, E. (2016). Are shocks to electricity consumption transitory or permanent? Sub-national evidence from Turkey, *Utilities Policy*, 41, 77-84. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2016.06.007>
- Durğun, B. ve Durğun, F. (2018). Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi: Türkiye örneği. *International Review of Economics and Management*, 6(1), 1-27. <https://doi.org/10.18825/iremjournal.347200>
- Erdal, G., Erdal, H. ve Esengün, K. (2008). The causality between energy consumption and economic growth in Turkey. *Energy Policy*, 36(10), 3838-3842. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.07.012>
- Isiks, A. Z., Isiksal, H. ve Jalali, H. (2017). The impact of foreign direct investment on Turkish economy 2010–2016. *Economics*, 5(2), 69-81. <https://doi.org/10.1515/eoik-2017-0019>
- Kantarmacı, S. ve Birecikli, Ş. Ü. Yenilenebilir enerji birincil üretiminin ekonomik büyüme ve işgücü üzerine etkisi: AB-28 Panel Veri Analizi. *İzmir Yönetim Dergisi*, 1(1), 10-28.
- Karagöl, E., Erbaykal, E. ve Ertuğrul, H. M. (2007). Türkiye’de ekonomik büyüme ile elektrik tüketimi ilişkisi: sınır testi yaklaşımı. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 8(1), 72-80.
- Koçak, E. ve Şarkgüneşi, A. (2017). The renewable energy and economic growth nexus in Black Sea and Balkan countries, *Energy Policy*, 100, 51-57. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.10.007>
- Köse, Z. ve Gültekin, H. (2019). Ekonomik Büyümenin Bir Belirleyicisi Olarak Dış Ticaret: NAFTA Ülkeleri Örneği. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 5(2), 139-151. <https://doi.org/10.30855/gjeb.2019.5.2.005>
- Lise, W. ve Van Montfort, K. (2007). Energy consumption and GDP in Turkey: Is there a co-integration relationship?. *Energy economics*, 29(6), 1166-1178. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2006.08.010>
- Mert, M. ve Çağlar, A. E. (2019). *Eviews ve Gauss uygulamalı zaman serileri analizi*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Mucuk, M. ve Uysal, D. (2009). Türkiye ekonomisinde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme. *Maliye Dergisi*, 157(1), 105-115.
- Öcal, O. ve Aslan, A. (2013). Renewable energy consumption–economic growth nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 494-499. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.036>
- Soğukpınar, F., Erkal, G. ve Özer, H. (2021). Simülasyon yaklaşımıyla Türkiye’de yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik talebi öngörüsü. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 18(42), 1-1. <https://doi.org/10.26466/opus.899204>
- Yüksel, I. (2013). Renewable energy status of electricity generation and future prospect hydropower in Turkey. *Renewable Energy* 50, 1037-1043. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.08.063>
- Yurdakul, F. (2018). Kişi başına enerji tüketimi ile büyüme oranı arasındaki ilişki: Türkiye örneği. *Ekonomik Yaklaşım*, 29(107), 49-76.
- Zivot, E. ve Andrews, K. (1992). Further evidence on the great crash, the oil price shock and the unit root hypothesis, *Journey of Business and Economic Statistics*, 10, 251-270. <https://doi.org/10.1198/073500102753410372>