

Türkiye için Yenilenebilir Enerjinin GSYH Üzerinde Etkisi: Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Yaklaşımı

Neman EYLASOV*

Ergin UZGÖREN**

Nijat GASIM***

ÖZ

Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye'deki yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemeyen enerji tüketimi, işgücü ve sermayenin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini Cobb-Douglas üretim fonksiyonu yaklaşımıyla incelemektir. Çalışmada kullanılan veri seti 1990-2020 yıllarını kapsamaktadır. Değişkenlerin durağanlıkları Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri kullanılarak incelenmiş, sonuç olarak tüm değişkenlerin birinci farkında durağan oldukları tespit edilmiştir. Değişkenler arasındaki eş-bütünleşme ilişkisi ARDL sınır testi ve Bayer-Hanck eş-bütünleşme testi ile sınanmış ve her iki yöntemle de eş-bütünleşme ilişkisi bulunduğu belirlenmiştir. Çalışmanın uzun dönem tahmin sonuçlarına göre elde edilen bulgular şu şekildedir: I) Türkiye'de sermaye oluşumu ve işgücü, ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir (Sermaye ve işgücündeki %1'lik artış sırasıyla ekonomik büyümeyi %0,28 ve %0,27 oranında artırmaktadır). II) Türkiye'de yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi, ekonomik büyümeyi olumlu bir şekilde etkilemektedir (Yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimindeki %1'lik artış sırasıyla ekonomik büyümeyi %0,16 ve %0,32 oranında artırmaktadır). III) Çalışma, Türkiye'de Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun ölçeğe göre artan getiriye işaret etmektedir. Ayrıca, çalışmada Toda-Yamamoto nedensellik testi kullanılmış ve işgücünden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik bulunmuştur. Çalışmanın sonuçlarına dayanarak, Türkiye için çeşitli politika önerileri sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu, Bayer-Hanck Eş-bütünleşme, ARDL Sınır Testi, Yenilenemeyen Enerji Tüketimi

JEL Sınıflandırması: C01, C22, O13, O44, Q43

Impact of Renewable Energy on GDP in Turkey: Cobb-Douglas Production Function Approach

ABSTRACT

The main aim of this study is to examine the impact of renewable energy consumption, non-renewable energy consumption, labor, and capital on economic growth in Türkiye using the Cobb-Douglas production function approach. The dataset used in the study covers the years 1990-2020. The stationarity of variables was investigated using Augmented Dickey-Fuller (ADF) and Phillips-Perron (PP) unit root tests, and the results indicate that all variables are stationary at the first difference. The cointegration relationship among the variables was tested with the ARDL bound test and Bayer-Hanck cointegration test, and both methods confirmed the existence of a cointegration relationship. Based on the long-run estimation results of the study, the findings are as follows: I) Capital formation and labor in Türkiye positively influence economic growth (a 1% increase in

* Doktora Öğrencisi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Bölümü. Email: nemaneylasov@ogr.iu.edu.tr. ORCID Bilgisi: 0000-0002-0087-2808

** Prof. Dr., Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İİBF, İktisat Bölümü. Email: ergin.uzgoren@dpu.edu.tr. ORCID Bilgisi: 0000 0001 9031 9768

*** Doktora Öğrencisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Bölümü. Email: nijatgasim@gmail.com. ORCID Bilgisi: 0000-0002-3976-1283

(Makale Gönderim Tarihi: 06.03.2023 / Yayına Kabul Tarihi: 16.02.2024)

Doi Number: 10.18657/yonveek.1261078

Makale Türü: Araştırma Makalesi

capital and labor increases economic growth by approximately 0.28% and 0.27%, respectively). II) Renewable and non-renewable energy consumption in Türkiye positively affect economic growth (a 1% increase in renewable and non-renewable energy consumption leads to an increase in economic growth by approximately 0.16% and 0.32%, respectively). III) The study suggests that in Türkiye, the Cobb-Douglas production function exhibits increasing returns to scale. Additionally, the study employed the Toda-Yamamoto causality test, revealing a unidirectional causality from labor to economic growth. Based on the results of the study, various policy recommendations are presented for Türkiye.

Key Words: Renewable Energy Consumption, Cobb-Douglas Production Function, Bayer-Hanck Co-integration, ARDL Bound Test, Non-Renewable Energy Consumption

JEL Classification: C01, C22, O13, O44, Q43

GİRİŞ

Geleneksel Solow modeli ve neoklasik büyüme teorisine göre, sermaye ve işgücü genellikle üretim sürecinde önemli faktörler olarak kabul edilirken, enerji genellikle göz ardı edilmiştir. Ancak, bu varsayım gerçek bir ekonomik sistemi tam olarak yansıtmayabilir. Gerçekte, üretim süreci hem fiziksel enerji hem de sermaye ile emek kaynaklarına bağlıdır. Enerji, ekonomik büyüme sürecinde kritik bir rol oynar, çünkü ekonomi, karmaşık işlemleri enerji kullanarak ham maddeleri yararlı ürünlere ve nihai hizmetlere dönüştüren bir sistemdir (Ayres ve Warr, 2010; Stern ve Kander, 2012; Streimikiene ve Kasperowicz, 2016).

Son dönemlerde, iktisat bilimi enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemeye odaklanmıştır. Kraft ve Kraft'ın (1978) ABD ekonomisi üzerine yaptığı ilk çalışmadan bu yana, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki, çeşitli ekonometrik teknikler kullanılarak birçok farklı ülke ve ülke grupları için detaylı bir şekilde incelenmiştir. İktisadi literatürde, enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki genellikle büyüme hipotezi, koruma hipotezi, geri besleme hipotezi ve en son olarak tarafsızlık hipotezi çerçevesinde bir dizi çalışma tarafından ele alınmıştır (Jumbe, 2004; Yoo, 2005; Lee, 2006; Mozumder ve Marathe, 2007, Ewing vd., 2007; Chen vd., 2007; Squalli, 2007; Apergis ve Payne, 2009; Apergis ve Payne, 2012; Tugcu vd., 2012).

Büyüme hipotezine göre, enerji tüketimi doğrudan veya dolaylı olarak üretim sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, enerji tüketiminde meydana gelen ciddi bir azalmanın, üretimi olumsuz yönde etkilemesi beklenmektedir (Yu ve Choi, 1985; Morimoto ve Hope, 2004; Narayan ve Smyth, 2008).

Koruma hipotezine göre, enerji tüketimi büyük ölçüde ekonomik büyüme ile ilişkilidir. Bu bağlamda, enerji tasarrufu politikalarının bir ülkenin büyüme beklentileri üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmadığı düşünülmektedir (Zamani, 2007; Zhang ve Cheng, 2009; Mohammadi vd., 2023).

Enerji ve ekonomik büyüme arasındaki karşılıklı etkileşim, geri besleme hipotezine dayanmaktadır. Bu hipoteze göre, enerji tasarrufu politikalarının enerji tüketimini azaltma amacı, ekonomik büyüme performansını olumsuz etkileyebilir; aynı şekilde, ekonomik büyümedeki değişimler de enerji tüketimine geri dönüşlere neden olabilir (Erdal vd., 2008; Belloumi, 2009; Dagher ve Yacoubian, 2012; Magazzino, 2015).

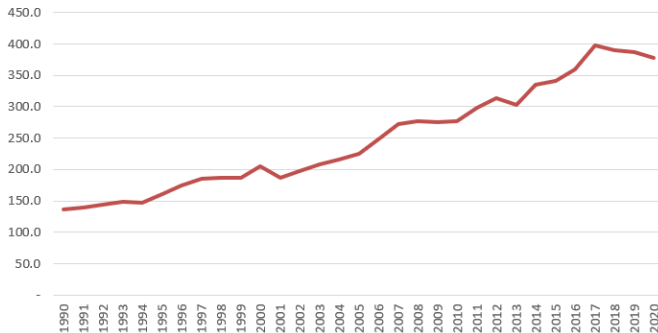
Son olarak, tarafsızlık hipotezine göre, ekonomik büyüme ile enerji arasında bir nedensellik olmadığı ve enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi etkilemediği varsayılmaktadır. Bu durumda, enerji tasarrufu politikalarının enerji tüketimini azaltma amacının, ekonomik büyüme üzerinde herhangi bir etkisi olmayacaktır (Jobert ve Karanfil, 2007; Soyaş ve Sarı, 2009).

Enerji, modern ekonomilerde büyüme ve kalkınma için temel bir girdi olarak kabul edilirken, diğer üretim faktörleri olan emek ve sermaye gibi, enerji kullanımının da ekonomik büyüme için sınırlayıcı bir faktör olması beklenmektedir. Sınırlı doğal kaynaklar, teknolojik ilerlemenin kişi başına düşen gelir üzerindeki olumlu etkisinin bir kısmını veya tamamını ortadan kaldırabilir, bu da büyüme üzerinde ciddi bir engel oluşturabilir. Ancak yenilenebilir kaynakların kullanımı, doğal çevre sınırlamalarına rağmen sürdürülebilir bir büyümeye olanak tanıyabilir (Arbex ve Perobelli, 2010).

Bu bağlamda, yenilenebilir enerji, güçlü dönüştürücü etkileri nedeniyle sürdürülebilir ekonomik büyümenin kritik itici güçlerinden biridir. Güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynakları, sadece sera gazı emisyonlarını ve hava kirliliğini azaltmakla kalmayıp aynı zamanda uzun vadeli enerji güvenliğini de sağlamaktadır. Fosil yakıtların kullanımıyla ilişkilendirilen ekonomik büyüme, küresel ısınma ve hava kirliliği gibi çevresel sorunlara neden olarak, bu kaynakların benimsenmesi giderek daha kritik hale gelmiştir. Üstelik, yüksek ve dalgalı enerji fiyatlarıyla birlikte, fosil yakıt üretiminin çevresel etkilerinin yanı sıra, artan jeopolitik belirsizlikler de göz önüne alındığında, yenilenebilir enerji kaynakları dünya enerji tüketim yapısında önemli bir role sahip olmuştur (Piven ve Kubatko, 2023).

1990'dan beri Türkiye, hızlı bir ekonomik büyüme kaydetmiştir. Bu süreçte enerji, ekonomik büyüme için önemli bir girdi faktörü olarak kullanılmıştır. Türkiye ekonomisinin hızlı büyümesiyle paralel olarak enerji talebi de artmıştır. Şekil 1'de de görüldüğü üzere 1990'ların başında enerji tüketimi yaklaşık 140 ekjoule iken, 2017'de bu rakam maksimum 400 ekjoule seviyesine ulaşmıştır. Ancak, iç ve dış faktörlerin etkisiyle bu tarihten sonra enerji tüketiminde bir düşüş gözlenmiştir.

Şekil 1. Türkiye`de Enerji Tüketimi
Enerji Tüketimi



Kaynak: Dünya Bankası (2023)

Şekil 2'deki grafikler incelendiği zaman enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki görülmektedir. Sektörler arasında enerji tüketimi farklı dağılımlara sahiptir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2022 yılında yayınlanan Türkiye Ulusal Enerji Planı'na göre, 2020 yılında %34,4 ile nihai enerji tüketimi içinde en yüksek paya sahip olan sanayi sektörünün payının 2035 yılına kadar %38,7'ye yükselmesi, mesken ve hizmetler sektörünün toplam içindeki %40,1'lik payının ise 2035 yılına kadar %34,9'a gerilemesi planlanmaktadır.

Öte yandan, 2002'de enerji ithalatı 9.204 milyon dolar ve toplam ithalat bedelinin yüzde 17,9'unu oluştururken, bu oran yıllar içinde kademeli olarak artarak 96.549 milyar dolarla rekor seviyeye ulaşmış ve toplam ithalat bedelinin yüzde 26,5'ini oluşturmuştur (Türkiye Enerji Görünüm Sunumu, 2023). Türkiye'de enerjinin üretimde önemli bir yeri olmasıyla birlikte, enerji ithalatının dörtte birini oluşturması ve dışa bağımlılığı sergilemesi açısından önemli bir konuma sahiptir.

Bu bağlamda, bu çalışmanın amacı Türkiye'de büyüme ile enerji arasındaki ilişkiyi incelemek ve hem yenilenebilir enerjinin hem de yenilenemez enerjinin üretimi ne ölçüde etkilediğini belirlemektir. Bu konu kapsamında, ARDL ve Bayer-Hanck eşbütünleşme yöntemlerinin eş zamanlı olarak kullanılmasıyla, literatüre önemli bir katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın giriş bölümünü takiben, birinci bölümde ilgili literatür özetlenmiştir. İkinci bölümde ekonometrik model oluşturulmuş ve veriler tanımlanmıştır. Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan ekonometrik yöntemlere kısa bir genel bakış sunulmaktadır. Dördüncü bölümde, ekonometrik yöntemlerden elde edilen bulgular raporlanmaktadır. Son olarak, beşinci bölümde elde edilen ampirik sonuçlardan çıkan politika önerileri sunulmaktadır.

I. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, literatür taraması iki temel perspektife odaklanarak yapılmıştır. İlk olarak, yenilenemeyen enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar ele alınmıştır. İkinci olarak, yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalar incelenmiştir. Her iki ana kısımda, konuyla ilgili Türkiye özelinde yapılan çalışmaların yanı sıra diğer ülkelerde gerçekleştirilen araştırmalara da yer verilmiştir.

A. Yenilenemeyen Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerinde Etkisini İnceleyen Çalışmalar

Literatür incelendiğinde, genellikle yenilenemeyen enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bu bağlamda, Tablo 1'de öncelikle Türkiye'ye odaklanan çalışmalara yer verilmiştir. Örneğin, Karagöl vd. (2007), Türkiye için gerçekleştirdikleri çalışmada ARDL sınır testi kullanarak yenilenemeyen enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki eşbütünleşme ilişkisini incelemişlerdir. 1974-2004 yıllarını kapsayan verilere dayanarak, ARDL sınır testi sonuçları, değişkenler arasında uzun vadeli eşbütünleşme bulunduğunu göstermiş ve bu bağlamda yenilenemeyen enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği sonucuna varılmıştır.

Türkiye'ye özgü bir başka çalışmada ise Dinç ve Akdoğan (2019), Johansen-Juselius eşbütünleşme yöntemini kullanarak 1980-2016 döneminde yenilenemeyen enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini değerlendirmiş ve bu analizde yenilenemeyen enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi negatif yönde etkilediği sonucuna ulaşmıştır.

Gövdere ve Can (2016) ile Öztürk ve Saygın (2020) tarafından yapılan çalışmalarda, Türkiye'de farklı dönemlerde yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi ARDL sınır testi yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Her iki çalışmanın sonuçları da, yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği yönündedir. Yıldırım (2019) ise Granger nedensellik testini kullanarak Türkiye'de 1961-2014 dönemi için yenilenemez enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini incelemiştir. Bu çalışmanın sonucunda, ekonomik büyümeden yenilenemez enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik bulgusuna ulaşılmıştır. Yanıktepe vd. (2021) Johansen eşbütünleşme, Doğan (2015) ARDL, VECM, Gregory-Hansen eşbütünleşme yöntemlerini kullanarak farklı zaman aralıklarında Türkiye'de yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini araştırmıştır. Her iki çalışmanın sonuçları da yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilediği yönündedir.

Tablo 1. Yenilenemeyen Enerji Tüketimi (NON-RE) ve GSYİH (GDP)

Yazar	Yıl	Ülke	Değişkenler	Yöntem	Sonuç
Panel A: Türkiye İçin Yapılan Çalışmalar					
Kızılkaya (2018)	1960-2015	Türkiye	$GDP = f(ENERGY)$	Bayer-Hanck ve Hatemi-J	NON-RE \neq GDP
Gürsucu (2021)	1960-205	Türkiye	$GSYH = f(ENERJİ, FİNG)$	Toda-Yamamoto	NON-RE \neq GDP
Dinç ve Akdoğan (2019)	1980-2016	Türkiye	$GRWTH = f(RENEW, ENC)$	Johansen-Juselius	NON-RE \downarrow GDP
Yanıktepe vd. (2021)	1970-2015	Türkiye	$GSYH = f(TUKETİM)$	Johansen	NON-RE \uparrow GDP
Yıldırım (2019)	1961-2014	Türkiye	$GSYH = f(EK, KE)$	Granger	GDP \rightarrow NON-RE
Karagöl vd. (2007)	1974-2004	Türkiye	$BY = f(ET)$	ARDL	NON-RE \uparrow GDP
Öztürk ve Saygın (2020)	1978-2016	Türkiye	$GDP = f(PEC, REC, PAT)$	ARDL	NON-RE \uparrow GDP
Doğan (2015)	1990-2012	Türkiye	$GR = f(RELC, NRELC, K, L)$	ARDL, VECM, Gregory-Hansen	NON-RE \uparrow GDP
Gövdere ve Can (2016)	1970-2011	Türkiye	$GDP = f(OIL, CREDIT, FIX, OPEN)$	ARDL	NON-RE \uparrow GDP
Panel B: Diğer Ülkeler İçin Yapılan Çalışmalar					
Narayan ve Smith (2008)	1972-2002	G7	$GDP = f(EC, CAP)$	Panel Westerlund	NON-RE \uparrow GDP
Oryani vd. (2021)	1970-2017	İran	$Y = f(E, C, K, L)$	ARDL ve NARDL	NON-RE \uparrow GDP
Behera ve Mishra (2020)	1990-2015	G7	$Y = f(A, RE, NRE, EP, K, F, CO_2)$	P-ARDL	NON-RE \uparrow GDP

Gyamfi vd. (2020)	1990-2018	E7	$GDP = f(CO_2, POP, TO, NRE, RE, HYE)$	Kao ve Panel DOLS	NON-RE ↑ GDP
Bekun vd. (2019)	1990-2019	Vietnam	$GDP = f(K, NRE, RE, CO_2)$	ARDL	NON-RE ↑ GDP
Asiedu vd. (2021)	1990-2018	26 Avrupa ülkesi	$GDP = f(REC, CO_2, NREC)$	Kao ve Pedroni	NON-RE ↓ GDP
Asif vd. (2021)	1995-2017	99 ülke	$Y = f(RE, K, L, NRE)$	Panel DOLS ve FMOLS	NON-RE ↑ GDP
Rahman ve Velayutham (2020)	1990-2014	5 Güney Asya Ülkesi	$Y = f(K, L, RE, NRE, FI)$	Pedroni ve Dumitrescu-Hurlin	NON-RE ↑ GDP

Not: ↑, pozitif etki; ↓, negatif etki; ↔, çift yönlü nedensellik; →, tek yönlü nedensellik; ≠, nedensellik ilişkisi yok.

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 1'de, diğer ülkeler için yapılan çalışmalara da yer verilmiştir. Örneğin, Narayan ve Smith (2008) Panel Westerlund eşbütünleşme yöntemini kullanarak G7 ülkelerinde yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini 1972-2002 dönemi için incelemiş ve G7 ülkelerinde yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. G7 ülkeleri için gerçekleştirilen başka bir çalışmada, Behera ve Mishra (2020) Panel ARDL yöntemini kullanarak G7 ülkelerinin 1990-2015 dönemlerinde yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi pozitif etkilediği sonucuna varmışlardır.

Oryani vd. (2021), İran için 1970-2017 yıllarını kapsayan veriler kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada, yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini ARDL ve doğrusal olmayan ARDL sınır testi yöntemleriyle incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre, yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği bulgusuna ulaşılmıştır. Gyamfi vd. (2020) ise E7 ülkeleri için gerçekleştirdikleri çalışmada, yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini Kao ve Pedroni eşbütünleşme testleri kullanarak 1990-2018 dönemi için değerlendirmişler ve bu analizde yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilediği bulgusuna ulaşmışlardır.

Bekun vd. (2019), ARDL sınır testi kullanarak Vietnam'da, Asif ve diğerleri (2021) Panel DOLS ve Panel FMOLS yöntemlerini kullanarak 99 ülkede, Rahman ve Velayutham (2020) Pedroni eşbütünleşme yöntemini kullanarak 5 Güney Asya ülkesinde yenilenemeyen enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkiye neden olduğu bulgusuna ulaşmışlardır. Son olarak, Asiedu vd. (2021) çalışmasında seçilen 26 Avrupa ülkesi için Kao ve Pedroni eşbütünleşme yöntemlerini kullanarak yenilenemeyen enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde azalan yönlü etkiye sahip olduğunu bulmuştur.

B. Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerinde Etkisini İnceleyen Çalışmalar

Tablo 2'deki literatür taramasına göre genellikle, yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Tablo 2'de öncelikle Türkiye için yapılan eski çalışmalara yer verilmiştir. Örneğin, Demirgil ve Birol (2020) 1980-2018 dönemi için gerçekleştirdikleri çalışmada ARDL sınır testi kullanarak Türkiye'de yenilenebilir

enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini incelemişler ve bu analiz sonucunda yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği sonucuna ulaşmışlardır.

Türkiye için yapılan diğer bir çalışmada, Güzel ve Oluç (2021) 1970-2018 dönemi için ARDL eşbütünleşme testi yöntemiyle yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde negatif etkiye sahip olduğu bulgusuna ulaşmışlardır. Diğer bir perspektiften bakıldığında, Özel ve Ekiz (2021) Johansen yöntemi, Alper (2018) Bayer-Hanck yöntemi, Gövdere ve Can (2015) Engle-Granger yöntemi ve son olarak Öztürk ve Saygın (2020) ARDL sınır testi yöntemini kullanarak Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkiye sahip olduğunu bulmuşlardır. Ancak, Ocal ve Aslan (2013) çalışmasında tam tersi bir bulgu elde edilerek, Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi negatif etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 2. Yenilenebilir Enerji Tüketimi (RE) ve GSYİH (GDP)

Yazar	Yıl	Ülke	Değişkenler	Yöntem	Sonuç
Panel A: Türkiye İçin Yapılan Çalışmalar					
Demirgil ve Birol (2020)	1980-2018	Türkiye	$GDP = f(RNW)$	ARDL ve Toda-Yamamoto	RE ↑ GDP
Güzel ve Oluç (2021)	1970-2018	Türkiye	$Y = f(RE, O, K, L)$	ARDL Sınır Testi	RE ↓ GDP
Özel ve Ekiz (2021)	1998-2015	Türkiye	$GSYIH = f(YEN, CO_2)$	Johansen ve Granger	RE ↑ GDP
Özşahin vd. (2016)	2000-2013	BRICS-T	$GDP = f(CAPITAL, LABOR, ENERGY)$	Pedroni ve Westerlund	RE ↑ GDP
Alper (2018)	1990-2017	Türkiye	$GSYIH = f(K, L, RE)$	Bayer-Hanck ve Toda Yamamoto	RE ↑ GDP
Ocal ve Aslan (2013)	1990-2010	Türkiye	$Y = f(RE, K, L)$	ARDL ve Toda Yamamoto	RE ↓ GDP
Gövdere ve Can (2015)	1970-2014	Türkiye	$GDP = f(ENERGY)$	Engle-Granger ve DOLS	RE ↑ GDP
Öztürk ve Saygın (2020)	1978-2016	Türkiye	$GDP = f(PEC, REC, PAT)$	ARDL	RE ↑ GDP
Panel B: Diğer Ülkeler İçin Yapılan Çalışmalar					
Gholizadeh ve Narin (2020)	2000-2017	12 AB ülkesi	$GSYIH = f(K, L, RE)$	Dinamik Panel Veri	RE ↑ GDP
Akdağ ve İskenderoğlu (2018)	2007-2016	AB üye ve Aday 14 ülke	$GSYH = f(YENMEN, YENEN, NUKEN)$	Dinamik Panel Veri, GMM	RE ↑ GDP
Bhattacharya vd. (2016)	1991-2012	38 Ülke	$Y = f(GFCF, LF, REC, NREC)$	Panel Veri	RE ↑ GDP
Rahman ve Velayutham (2020)	1990-2014	5 Güney Asya Ülkesi	$Y = f(K, L, RE, NRE, FI)$	Pedroni ve Dumitrescue-Hurlin	RE ↑ GDP
Tugcu vd. (2012)	1980-2009	G7 Ülkeleri	$Y = f(I, L, RD, HC, E)$	ARDL ve Hatemi-J	RE ↑ GDP
Apergis ve Payne (2011)	1980-2006	Orta Amerika ülkeleri	$Y = f(RE, K, L)$	Panel FMOLS	RE ↑ GDP
Apergis ve Payne (2010a)	1985-2005	20 OECD	$Y = f(RE, K, L)$	Panel FMOLS	RE ↑ GDP

Apergis ve Payne (2010b)	1992-2007	Avrasya ülkeleri	$Y = f(RE, K, L)$	Panel FMOLS	RE \rightarrow GDP
Sadorsky (2009)	1994-2003	Gelişmekte olan ekonomiler	$Y = f(RE)$	Panel Pedroni	RE \uparrow GDP
Behera ve Mishra (2020)	1990-2015	G7	$Y = f(A, RE, NRE, EP, K, F, CO_2)$	P-ARDL	RE \downarrow GDP

Not: \uparrow , pozitif etki; \downarrow , negatif etki; \rightarrow , çift yönlü nedensellik.

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 2'de, diğer ülkeler için konu kapsamında yer alan eski çalışmalara da yer verilmiştir. Örneğin, Tuğcu vd. (2012), G7 ülkeleri için gerçekleştirdikleri çalışmada 1980-2009 dönemi için ARDL sınır testi ve yapısal kırılmaları dikkate alan Hatemi-J eşbütünleşme yöntemlerini kullanarak yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini araştırmış ve G7 ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkiye sahip olduğunu raporlamışlardır. Ancak, G7 ülkeleri için yapılan bir diğer çalışmada, Behera ve Mishra (2020) tam tersi bir sonuca ulaşarak 1990-2015 döneminde yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi negatif etkilediği bulgusuna ulaşmışlardır. Apergis ve Payne (2010a) 20 OECD ülkesi, Apergis ve Payne (2010b) Avrasya ülkeleri için Panel FMOLS yöntemini kullanarak yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu analizde, 20 OECD ülkesinde yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi pozitif etkilediği, ancak Avrasya ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme değişkenleri arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunduğu raporlanmıştır.

Sadorsky (2009) araştırmasında, 1994-2003 dönemine odaklanarak gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini Panel Pedroni eşbütünleşme testi kullanarak incelediği ve bu analiz sonucunda, yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilediği ortaya çıkmıştır. Apergis ve Payne (2011) ise orta Amerika ülkeleri üzerinde yaptıkları çalışmada Panel FMOLS yöntemini kullanarak, yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Diğer çalışmalar da benzer sonuçlara ulaşmıştır; Gholizadeh ve Narin (2020), Akdağ ve İskenderoğlu (2018), Bhattacharya vd. (2016) ile son olarak Rahman ve Velayutham (2020) farklı ülkelerde ve farklı zaman dilimlerinde yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilediğini göstermişlerdir.

II. MODEL VE VERİ

Cobb-Douglas üretim fonksiyonu, literatüre ilk olarak 1928 yılında Cobb ve Douglas tarafından tanıtılmıştır. Bu üretim fonksiyonu, ölçeğe bağlı getiriyi ifade eden geniş kullanımlı bir model olarak bilinir. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu aşağıda gösterilmiştir:

$$Q = AL^\alpha K^\beta$$

Üretimin fiziki miktarını Q , iş gücü miktarını L , sermaye miktarını K ifade etmektedir. A , teknoloji katsayısı, α ve β işgücü ve sermayenin esneklik

katsayıdır. Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda $\alpha + \beta$ ölçeğe göre getiriyi göstermektedir. Buna göre,

$\alpha + \beta = 1$ ölçeğe göre sabit getiri

$\alpha + \beta < 1$ ölçeğe göre azalan getiri,

$\alpha + \beta > 1$ ölçeğe göre artan getiri olduğunu ifade etmektedir (Küçük, 2011: 356).

Yenilenebilir kaynaklı enerji kullanımı, yenilenemeyen enerji tüketimi, sermaye ve emek girdilerinin çıktı esnekliğini hesaplamak için Türkiye'nin 1990-2020 dönemini kapsayan kişi başına düşen GSYİH, sermaye, emek, yenilenemeyen enerji tüketimi ve yenilenebilir kaynaklı enerji tüketimine ait veriler kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki eş-bütünleşmenin varlığını araştırmak için Denklem (1)'deki model kurulmuştur.

$$LGDP_t = \gamma_0 + \alpha LK_t + \beta LL_t + \gamma_1 LRE_t + \gamma_2 LNONRE_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

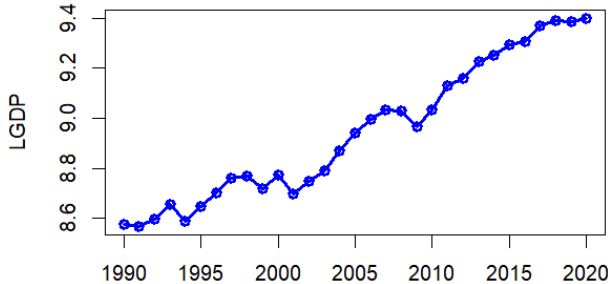
Burada, γ_0 sabit terimi, α sermaye, β iş gücü, γ_1 yenilenebilir kaynaklı enerji tüketimi γ_2 yenilenemeyen enerji tüketiminin esneklik katsayılarını ve ε_t hata terimini ifade etmektedir. Tüm değişkenlerin değerleri doğal logaritmaya dönüştürülmüştür. Modelde kullanılan değişkenlerin geniş tanımı Tablo 3'te gösterilmiştir.

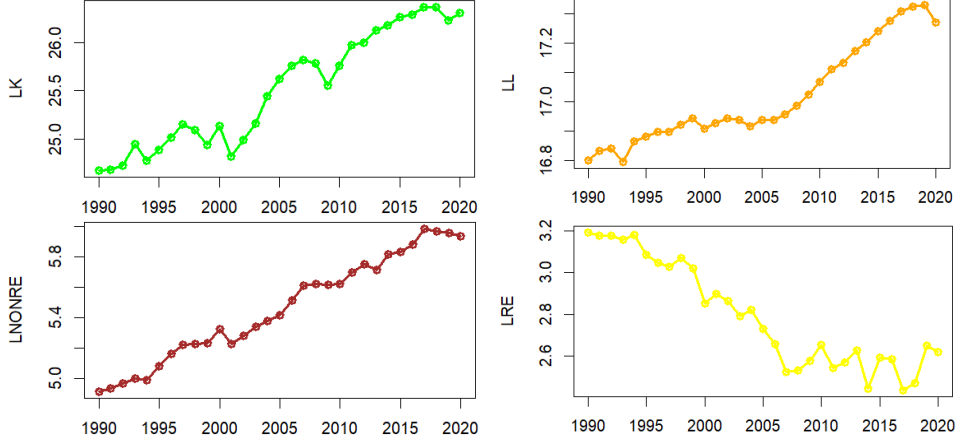
Tablo 3. Kullanılan değişkenlerin tanımları

Sembol	Değişkenler	Birim	Kaynak
GDP	Kişi başına GSYİH	Sabit 2015 ABD Doları	Dünya Bankası
K	Gayri Safi Sabit Sermaye Oluşumu	Sabit 2015 ABD Doları	Dünya Bankası
L	İşgücü	Toplam	Dünya Bankası
RE	Yenilenebilir Enerji Tüketimi	Toplam nihai enerji tüketiminin %'si	Dünya Bankası
NONRE	Enerji Tüketimi	Ekjoule (EJ)	BP

Şekil 2, çalışmada kullanılan değişkenlerin zaman serisi grafiklerini içermektedir. Grafikler incelendiğinde, yenilenebilir enerji tüketimi dışındaki tüm değişkenlerde pozitif (artan) bir trend gözlenirken, yenilenebilir enerji tüketiminde ise negatif (azalan) bir trend mevcuttur. Ayrıca, grafiklerde çeşitli zamanlara bağlı olarak yapısal kırılmalar göze çarpmaktadır. Özellikle, sermaye, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi değişkenlerinde 2008 finansal krizi nedeniyle kırılmalar gözlemlenmiştir. Değişkenlerdeki artan ve azalan trendlerin varlığı nedeniyle birim kök testlerinde sabitli ve trendli modellerin sonuçlarının dikkate alınması daha sağlıklı olacaktır.

Şekil 2. Değişkenlerin Zaman Serisi Grafikleri





Tablo 4'te, değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler bulunmaktadır. Türkiye'nin kişi başına düşen milli geliri, 1990-2020 döneminde en yüksek 12,072 dolar, en düşük ise 5,256 dolar olarak kaydedilmiştir. JB test istatistik değerleri, tüm değişkenler için 0,05'ten büyük olduğundan, "normal dağılıma sahiptir" hipotezi reddedilmemektedir. Bu nedenle, incelenen tüm değişkenlerin normal dağılıma uygun olduğu sonucuna varılmaktadır. Öte yandan, kullanılan değişkenlerin çarpıklık katsayıları pozitif değerler içermektedir. Bu durum, değişkenlerin normal dağılım grafiğinin sağa çarpık olacağını göstermektedir. Ayrıca, basıklık katsayıları 3'ten küçük olduğu için, normal dağılım grafiğinin yatay bir yapıya sahip olması beklenmektedir.

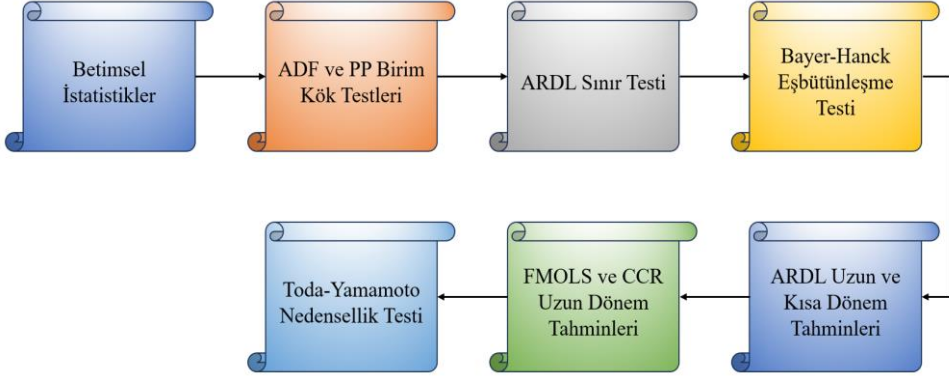
Tablo 4. Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri

	GDP	K	L	RE	NONRE
Ortalama	7989,096	1,41E+11	24967988	16,84194	248,4516
Medyan	7648,305	1,26E+11	22791604	15,34000	224,8000
Maksimum	12072,40	2,83E+11	33612480	24,37000	397,1000
Minimum	5256,926	5,18E+10	19657574	11,40000	136,2000
Standart Sapma	2284,945	8,03E+10	4408789,0	4,417619	83,86071
Çarpıklık	0,521750	0,489153	0,779787	0,493154	0,354417
Basıklık	1,886000	1,753856	2,188510	1,750453	1,840694
Jarque-Bera	3,009442	3,242027	3,992265	3,273305	2,384977
Olasılık	0,222079	0,197698	0,135860	0,194630	0,303465
Gözlem	31	31	31	31	31

III. METODOLOJİ

Bu araştırma, altı aşamadan oluşan bir ampirik analiz içermekte ve bu aşamaların sırasını Şekil 3'te göstermektedir. İlk aşamada, değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri sunulmuştur. Daha sonra, değişkenlerin durağanlıkları, ADF ve PP birim kök testleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Değişkenler arasındaki eş-bütünleşme ilişkisinin araştırılması için ARDL sınır testi ve Bayer-Hanck eş-bütünleşme testleri uygulanmıştır. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisini değerlendirmek için ARDL, CCR ve FMOLS uzun dönem tahmin yöntemleri kullanılmıştır. Son olarak, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi Toda-Yamamoto yöntemiyle incelenmiştir. Aşağıda, kullanılan yöntemlere dair kısa bilgiler sunulmaktadır.

Şekil 3. Ampirik metodoloji sıralaması



A. Genişletilmiş Dickey-Fuller ve Phillips-Perron Birim Kök Testleri

Değişkenlerin durağanlıkları çalışmada önemli bir rol oynamaktadır. Literatürde bir değişkenin birim köklü olup olmadığını inceleyen çok fazla birim kök testleri mevcuttur ve bu testler giderek çoğalmaktadır. Bu birim kök testleri çalışmada kullanılacak uygun eş-bütünleşme yöntemlerine de yol göstermektedir. Çalışmalarda sıklıkla Dickey ve Fuller (1979) DF, Dickey ve Fuller (1981) ADF durağanlık testleri uygulanmaktadır. ADF durağanlık testinin DF durağanlık testinden farkı, modele bağımlı değişkenin gecikmelerini ilave ederek otokorelasyon sorununu çözmektir (Eylasov vd., 2023a). ADF birim kök testi için regresyon modeli çalışmadaki değişkenlere uygulanarak aşağıda gösterilmiştir.

$$\text{Sabitsiz ve trendsiz model: } \Delta LGDP_t = \phi LGDP_{t-1} + u_t$$

$$\text{Sabitli ve trend olmayan model: } \Delta LK_t = \beta_0 + \phi LK_{t-1} + u_t$$

$$\text{Sabitli ve trendli model: } \Delta LL_t = \beta_0 + b_t + \phi LL_{t-1} + u_t$$

Yukarıda gösterilen her üç model için değişkenlerin bir gecikmesinde hesaplanan test istatistikleri değeri kritik değerlerden mutlak derece büyük olması birim kök varlığını gösteren yokluk hipotezinin reddedilmesine neden olacaktır (Aliyev vd., 2022). Bu da değişkenin seviyede durağan olduğunu göstermektedir. Literatürde sıklıkla kullanılan bir diğer durağanlık testi Phillips ve Perron (1988) durağanlık testidir. Bu test ADF ile ilgili olan otokorelasyon varsayımını genişletmiştir. PP testi için oluşturulan regresyon modeli aşağıda gösterilmiştir.

$$Y_t = \hat{\mu} + \hat{\alpha}y_{t-1} + \hat{u}_t \quad (2)$$

$$Y_t = \tilde{\mu} + \tilde{\beta} \left(t - \frac{1}{2} \lambda \right) + \tilde{\alpha}y_{t-1} + \tilde{u}_t \quad (3)$$

ADF birim kök testinde olduğu gibi PP testinde de hesaplanan istatistik değeri kritik değerlerden mutlak derece büyük olması yokluk hipotezinin reddedilmesine neden olacaktır.

B. Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif (ARDL) Eş-bütünleşme ve Bayer-Hanck Eş-bütünleşme Testleri

Çalışmada, iki farklı eş-bütünleşme testi uygulanmıştır. İlk eş-bütünleşme testi ARDL sınır testidir. ARDL eş-bütünleşme yöntemi Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilmiştir. Johansen (1988) ve Bayer-Hanck (2013) gibi eş-bütünleşme testlerinde değişkenlerin aynı seviyede durağan olmaları

gerekmektedir. ARDL sınır testi ise, araştırmacılar tarafından genellikle değişkenler farklı derecelerde durağan olduğunda kullanılmaktadır. Eğer bağımlı değişken birinci farkında durağan, bağımsız değişkenlerden herhangi biri seviyede durağan bulunursa (ikinci dereceden durağan olmamalıdır) ARDL Sınır testi güvenilir sonuç vermektedir. Bu çalışmada tüm değişkenler birinci farkında durağan olsa bile ARDL Sınır testi kullanılmıştır. Narayan (2005) çalışmasında ARDL sınır testi için küçük örneklerde bile iyi sonuç vermesini sağlayan kritik değerler üretmiştir. Bu çalışma için ARDL sınır testi aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir:

$$\Delta LGDP_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} \Delta LGDP_{t-i} + \sum_{i=0}^r \beta_{2i} \Delta LK_{t-i} + \sum_{i=0}^k \beta_{3i} \Delta LL_{t-i} + \sum_{i=0}^v \beta_{4i} \Delta LRE_{t-i} + \sum_{i=0}^d \beta_{5i} \Delta LNONRE_{t-i} + \gamma_1 LGDP_{t-1} + \gamma_2 LK_{t-1} + \gamma_3 LL_{t-1} + \gamma_4 LRE_{t-1} + \gamma_5 LNONRE_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Denklem 4'te, Δ birinci fark operatörünü göstermektedir. ARDL eş-bütünleşme testi çerçevesinde değişkenler arasında eş-bütünleşme ilişkisinin varlığı $H_0: \gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3 = \gamma_4 = \gamma_5 = 0$ reddedildiğinde bulunmaktadır. F testinin değeri üst kritik değerden büyük olduğu durumda yokluk hipotezi reddedilmekte olup, değişkenler arasında eş-bütünleşme ilişkisinin olduğunu göstermektedir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında gerçekleşen kısa dönem sapmaların yeniden uzun dönem denge değerine dönme sürecini yansıtan hata düzeltme denklemi aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$\Delta LGDP_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} \Delta LGDP_{t-i} + \sum_{i=0}^r \beta_{2i} \Delta LK_{t-i} + \sum_{i=0}^k \beta_{3i} \Delta LL_{t-i} + \sum_{i=0}^v \beta_{4i} \Delta LRE_{t-i} + \sum_{i=0}^d \beta_{5i} \Delta LNONRE_{t-i} + \theta ECT_{(t-1)} + \varepsilon_t \quad (5)$$

Denklem 5'teki θ hata düzeltme katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması hata düzeltme modelinin çalıştığını göstermektedir. Bu da kısa dönemde oluşacak dengeden sapmaların uzun dönem dengesine ulaşacağı anlamına gelmektedir. Çalışmada ikinci eş-bütünleşme testi Bayer-Hanck (2013) eş-bütünleşme testidir. Bu eşbütünleşme testi Engle ve Granger (1987), Johansen (1995), Boswijk (1994) ve Banerjee vd. (1998) eş-bütünleşme testlerini birlikte değerlendirmektedir. Bayer ve Hanck (2013) çalışmasında, bu eş-bütünleşme testlerinin olasılık değerlerini birleştirmek için Fisher formülünü kullanmaktadırlar. Tekli eş bütünleşme testinin olasılık değerleri ve formülü aşağıda verilmiştir (Eylasov vd., 2023b):

$$EG - JOH = -2[\ln(P_{EG}) + \ln(P_{JOH})] \quad (6)$$

$$EG - JOH - BO - BDM = -2[\ln(P_{EG}) + \ln(P_{JOH}) + \ln(P_{BO}) + \ln(P_{BDM})] \quad (7)$$

Farklı bireysel eş-bütünleşme testlerinin olasılık değerleri sırasıyla P_{EG} , P_{JOH} , P_{BO} , ve P_{BDM} ile gösterilmektedir. Hesaplanan test istatistiği Bayer ve Hanck (2013) tarafından hesaplanan kritik değerlerden büyükse, eş-bütünleşme ilişkisinin olmadığını ifade eden yokluk hipotezi reddedilecektir. Bu da değişkenler arasında eş-bütünleşme olduğu anlamına gelmektedir.

B. Toda ve Yamamoto Nedensellik Testi

Çalışmada kullanılan değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini test etmek için, Toda ve Yamamoto (1995) tarafından önerilen modifiye Wald testi kullanılmaktadır. Toda-Yamamoto (1995) tarafından geliştirilen MWALD testinin,

geleneksel Granger nedensellik testinin seriler arasındaki olası durağanlık veya eş-bütünleşme sorunlarını aşabildiğini göstermektedir. Toda ve Yamamoto (1995) yaklaşımı, serilerin düzey değerleri üzerinde bir VAR modeli uygular ve böylece serilerin entegrasyon düzeyinin yanlış belirlenmesi riskini en aza indirir (Mavrotas ve Kelly, 2001). Toda-Yamamoto testinin temel özelliği, doğru belirlenmiş bir VAR(p) modelinin derecesini en yüksek entegrasyon derecesi, d_{maks} , ile genişletmektir. Toda-Yamamoto (1995) versiyonunu uygulamak için, Denklem 8'deki eşitlik sistemini kullanarak $LGDP_t-LK_t-LL_t-LRE_t-LNONRE_t$ modeli bağlamında Granger nedensellik testi gösterilmektedir:

$$\begin{bmatrix} LGDP_t \\ LK_t \\ LL_t \\ LRE_t \\ LNONRE_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{10} \\ \beta_{20} \\ \beta_{30} \\ \beta_{40} \\ \beta_{50} \end{bmatrix} + \sum_{i=1}^k \begin{bmatrix} \beta_{11,i} & \beta_{12,i} & \beta_{13,i} & \beta_{14,i} & \beta_{15,i} \\ \beta_{21,i} & \beta_{22,i} & \beta_{23,i} & \beta_{24,i} & \beta_{25,i} \\ \beta_{31,i} & \beta_{32,i} & \beta_{33,i} & \beta_{34,i} & \beta_{35,i} \\ \beta_{41,i} & \beta_{42,i} & \beta_{43,i} & \beta_{44,i} & \beta_{45,i} \\ \beta_{51,i} & \beta_{52,i} & \beta_{53,i} & \beta_{54,i} & \beta_{55,i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} LGDP_{t-1} \\ LK_{t-1} \\ LL_{t-1} \\ LRE_{t-1} \\ LNONRE_{t-1} \end{bmatrix} + \sum_{j=1}^{d_{maks}} \begin{bmatrix} \beta_{11,k+j} & \beta_{12,k+j} & \beta_{13,k+j} & \beta_{14,k+j} & \beta_{15,k+j} \\ \beta_{21,k+j} & \beta_{22,k+j} & \beta_{23,k+j} & \beta_{24,k+j} & \beta_{25,k+j} \\ \beta_{31,k+j} & \beta_{32,k+j} & \beta_{33,k+j} & \beta_{34,k+j} & \beta_{35,k+j} \\ \beta_{41,k+j} & \beta_{42,k+j} & \beta_{43,k+j} & \beta_{44,k+j} & \beta_{45,k+j} \\ \beta_{51,k+j} & \beta_{52,k+j} & \beta_{53,k+j} & \beta_{54,k+j} & \beta_{55,k+j} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} LGDP_{t-(k+j)} \\ LK_{t-(k+j)} \\ LL_{t-(k+j)} \\ LRE_{t-(k+j)} \\ LNONRE_{t-(k+j)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \\ \varepsilon_{3,t} \\ \varepsilon_{4,t} \\ \varepsilon_{5,t} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Denklem 8'de k optimal gecikme uzunluğunu göstermektedir. β_{i0} sabit terim, $\beta_{ij,i}$, gecikme uzunluğu dikkate alınarak alınan değişken katsayılarıdır, d_{maks} entegrasyonun maksimum derecesidir. LL_t 'den $LGDP_t$ 'ye doğru yönelen nedensellik test etmek için aşağıdaki hipotez test edilmelidir.

$$H_0^{LL_t \rightarrow LGDP_t}: \beta_{21,1} = \beta_{21,2} = \dots = \beta_{21,k} = 0$$

$$H_1^{LGDP_t \rightarrow LL_t}: \beta_{21,1} \neq \beta_{21,2} \neq \dots \neq \beta_{21,k} \neq 0$$

Test sonuçlarına göre, eğer boş hipotez reddedilemiyorsa, LL_t 'den $LGDP_t$ 'ye doğru bir nedensellik ilişkisi olmadığı ifade edilir. Aksi takdirde, LL_t 'den $LGDP_t$ 'ye doğru bir nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna varılır. Diğer değişkenler arasındaki olası nedensel ilişkiler de benzer bir şekilde test edilebilmektedir.

IV. ANALİZ VE BULGULAR

Bu bölümde, ilk olarak değişkenlerin durağanlıkları ADF ve PP birim kök testleri kullanılarak incelenmiştir. Tablo 5'te, ADF ve PP birim kök testi sonuçları sunulmaktadır. ADF birim kök testi sonuçlarına göre, tüm değişkenler hem sabitli hem de sabitli ve trendli modelde birinci dereceden durağan bulunmaktadır. Yani, ADF testi sonucuna göre tüm değişkenler $I(1)$ 'dir. PP birim kök testi sonuçlarına göre de tüm değişkenler hem sabitli hem de sabitli ve trendli modelde birinci

derecede durağanlaşmaktadır. Hem ADF hem de PP testi sonuçlarına göre değişkenlerin I(1) olduklarına karar verilmiştir.

Tablo 5. Birim Kök Testi Bulguları

Testler	ADF		PP	
	Sabitli	Sabitli ve Trendli	Sabitli	Sabitli ve Trendli
Değişkenler	Test İstatistiği	Test İstatistiği	Test İstatistiği	Test İstatistiği
LGDP	0.107	-2.577	0.420	-2.601
Δ LGDP	-5.525***	-5.436***	-6.141***	-6.371***
LK	-0.742	-2.619	-0.690	-2.686
Δ LK	-5.847***	-5.746***	-5.944***	-5.768***
LL	-0.093	-1.691	-0.215	-1.616
Δ LL	-4.193***	-4.111**	-4.265***	-4.183**
LRE	-1.493	-1.921	-1.471	-1.664
Δ LRE	-5.881***	-6.292***	-6.505***	-7.363***
LNONRE	-0.809	-3.098	-0.832	-3.063
Δ LNONRE	-5.959***	-5.894***	-6.314***	-6.257***

Açıklamalar: *** ve ** sırasıyla 1% ve 5% seviyelerinde anlamlılığı ifade eder.

ADF ve PP birim kök testi sonuçlarına göre, değişkenler birinci farkında durağan oldukları için eş-bütünleşme ilişkisi araştırılabilir. Bu bağlamda, çalışmada ilk olarak ARDL sınır testi kullanılarak değişkenler arasındaki eş-bütünleşme ilişkisi incelenmiştir. Tablo 6'da yer alan ARDL sınır testi sonuçlarına göre, hesaplanan F ve t istatistik değerleri %5 anlamlılık düzeyinde üst kritik değerden büyük olduğu için sıfır hipotezi olan "eş-bütünleşme yoktur" reddedilmektedir. Bu nedenle, ARDL sınır testine göre değişkenler arasında eş-bütünleşme ilişkisi mevcuttur.

Tablo 6. ARDL Eş-bütünleşme ve Tanı Testleri Sonuçları

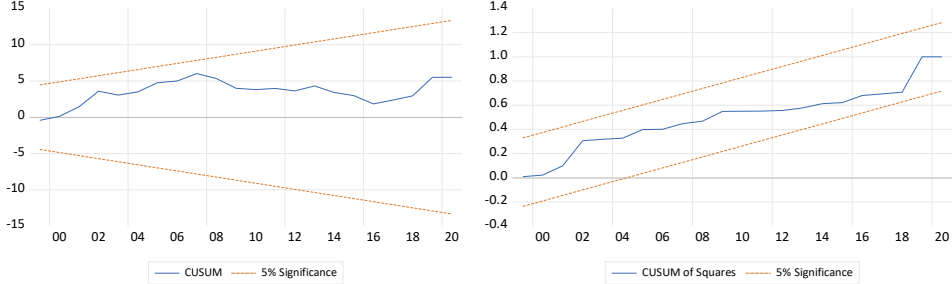
Denklem	Model		F	t	Sonuç	
LGDP / LK LL LNONRE LRE	1,1,1,0,0		6.488**	-4.635**	Eş-bütünleşme	
KD	0.01		0.05		0.10	
Testler	Alt	Üst	Alt	Üst	Alt	Üst
F	4.768	6.67	3.354	4.774	2.752	3.994
t	-3.43	-4.6	-2.86	-3.99	-2.57	-3.66
Tanı Testleri						
Testler	F-istatistiği			Olasılık		
BPG	0.790			0.602		
LM	1.933			0.170		
JB	0.573			0.750		
Ramsey-Reset	5.95e-05			0.993		
CUSUM	İstikrarlı					
CUSUMsq	İstikrarlı					

Açıklama: ** 5% seviyesinde anlamlılığı ifade eder.

ARDL sınır testinin sonuçlarının güvenilir olabilmesi için çeşitli tanı testlerinin geçerli olması önemlidir. Tablo 7'de, bu tanı testlerine ait sonuçlar da yer almaktadır. Sonuçlara göre, ARDL modelinin kalıntılarında değişen varyans, otokorelasyon ve normallik problemleri ile model kurma hatalarının bulunmadığı görülmektedir. Hesaplanan BPG, LM, JB ve Ramsey-Reset test istatistik değerlerinin sırasıyla olasılık değerleri 0,05'ten büyük bulunmuştur. Ayrıca, ARDL modelinin CUSUM ve CUSUM kare grafikleri Şekil 4'te gösterilmiştir. Tahmin

edilen parametrelerin %95 güven aralığında olması, parametrelerin istikrarlı olduğunu ifade etmektedir.

Şekil 4. CUSUM ve CUSUMsq Grafikleri



Çalışmada, değişkenler arasındaki eş-bütünleşme ilişkisi Bayer-Hanck eş-bütünleşme testi ile de sınanmıştır. Tablo 7'de yer alan Bayer-Hanck eş-bütünleşme testi sonuçlarına göre, hem sabitli modelde hem de sabitli ve trendli modelde EG-JOH ve EG-JOH-BO-BDM test istatistik değerleri %5 anlamlılık seviyesindeki kritik değerlerden büyük olduğu için sıfır hipotezi olan "eş-bütünleşme yoktur" reddedilmektedir. Bu nedenle, Bayer-Hanck birleşik eş-bütünleşme testi sonucuna göre de değişkenler arasında eş-bütünleşme ilişkisi bulunmuştur.

Tablo 7. Bayer-Hanck (2013) Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Denklem	LGDP / LL LK LNONRE LRE	Kritik Değerler			Sonuç
Sabitli Model	Fisher Test İstatistiği	0.01	0.05	0.10	Eş-bütünleşme
EG-JOH	17.792***	15.845	10.576	8.301	✓
EG-JOH-BO-BDM	82.867***	30.774	20.143	15.938	✓
Trendli Model	Fisher Test İstatistiği	0.01	0.05	0.10	
EG-JOH	14.130**	15.973	10.532	8.272	✓
EG-JOH-BO-BDM	75.959***	30.836	20.44	16.086	✓

Açıklama: *** ve ** sırasıyla 1% ve 5% seviyelerinde anlamlılığı ifade eder. ✓, eşbütünleşmenin varlığını göstermektedir.

ARDL ve Bayer-Hanck birleşik eş-bütünleşme testleri değişkenler arasında eş-bütünleşme ilişkisinin olduğunu göstermektedir. Bu eş-bütünleşme ilişkisi sayesinde, uzun ve kısa dönem tahmin sonuçlarına geçilebilir. Tablo 8'de, ilk olarak ARDL yöntemi kullanılarak elde edilen uzun ve kısa dönem tahmin bulguları sunulmuştur. ARDL uzun dönem tahmin sonuçlarına göre, sermaye (K) ve işgücü (L) değişkenleri istatistiksel olarak anlamlı bulunurken, yenilenebilir (RE) ve yenilenemeyen (NONRE) enerji tüketimi değişkenleri istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur.

Diğer değişkenler sabit tutulduğunda, sermaye ve işgücünde meydana gelecek %1'lik artışın, ortalama olarak ekonomik büyümeyi sırasıyla %0,32 ve %0,42 oranında artıracağı gözlemlenmiştir. Ancak, diğer yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi değişkenleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığı için bu değişkenlere dair bir yorum yapılamamaktadır.

ARDL kısa dönem tahmin sonuçlarındaki hata düzeltme katsayısı, istatistiksel olarak anlamlı ve negatif olarak belirlenmiştir. Bu durum, hata düzeltme modelinin etkili olduğunu göstermekte olup, kısa dönemde meydana gelebilecek dengeden sapmaların %62 oranında uzun dönem dengeye dönme eğiliminde olduğunu işaret etmektedir.

Kısa dönemde, sadece sermaye değişkeni istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Sermaye değişkenindeki %1'lik artışın, ortalama olarak Türkiye'nin ekonomik büyümesinde %0,27 oranında artışa neden olacağı gözlemlenmiştir.

Tablo 8. ARDL Uzun ve Kısa Dönem Bulguları

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-istatistik	Olasılık
Uzun Dönem Katsayı				
LK	0.320***	0.030	10.478	0.000
LL	0.424***	0.100	4.208	0.000
LNONRE	0.110	0.114	0.962	0.346
LRE	0.037	0.067	0.552	0.585
Kısa Dönem Katsayı				
C	-4.438***	0.718	-6.180	0.000
Δ LK	0.271***	0.014	19.308	0.000
Δ LL	-0.016	0.075	-0.215	0.831
ECT _{t-1}	-0.621***	0.100	-6.192	0.000

Açıklama: *** 1% seviyesinde anlamlılığı ifade eder.

Çalışmada, ARDL uzun dönem tahmin sonuçlarına ek olarak FMOLS ve CCR uzun dönem tahmin sonuçları da bulunmaktadır ve bu sonuçlar Tablo 9'da gösterilmiştir. FMOLS uzun dönem tahmin sonuçlarına göre, tüm bağımsız değişkenler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Diğer değişkenler sabitken, sermaye ve işgücü değişkenlerindeki %1'lik artışın ortalama olarak Türkiye'nin ekonomik büyümesinde sırasıyla %0,27 ve %0,28 oranında bir artışa neden olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, diğer değişkenler sabitken, yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji tüketimindeki %1'lik artışın Türkiye'nin ekonomik büyümesinde sırasıyla %0,31 ve %0,15 oranında bir artışa neden olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Türkiye'de Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun ölçeğe göre artan getiriye işaret ettiğini göstermektedir.

Tablo 9. FMOLS ve CCR Uzun Dönem Tahmin Sonuçları

FMOLS	Katsayı	Sd. Hata	t-istatistiği	Olasılık
LK	0.277***	0.024	11.265	0.000
LL	0.281***	0.085	3.279	0.003
LNONRE	0.319***	0.089	3.552	0.001
LRE	0.154***	0.054	2.827	0.009
C	-5.099***	1.114	-4.574	0.000
CCR				
	Katsayı	Sd. Hata	t-istatistiği	Olasılık
LK	0.281***	0.025	10.854	0.000
LL	0.276**	0.102	2.700	0.012
LNONRE	0.322***	0.108	2.984	0.006
LRE	0.161**	0.069	2.325	0.028
C	-5.142***	1.242	-4.137	0.000

Açıklama: *** ve ** sırasıyla 1% ve 5% seviyelerinde anlamlılığı ifade eder.

Tablo 9'daki CCR uzun dönem tahmin sonuçlarına göre, tüm değişkenler istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır. Diğer değişkenler sabitken, sermaye ve işgücü değişkenlerindeki %1'lik artışın, Türkiye'nin ekonomik büyümesinde sırasıyla %0,28 ve %0,27 oranında bir artışa neden olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, diğer değişkenler sabitken, yenilenemeyen enerji tüketimindeki %1'lik artışın Türkiye'nin ekonomik büyümesinde %0,32 oranında bir artışa yol açtığı belirlenmiştir. Bu bulgular, Yanıktepe vd. (2021), Karagöl vd. (2007), Öztürk ve Saygın (2020), Doğan (2015) ve son olarak Gövdere ve Can (2016)

çalışmalarındaki bulgularla uyumlu olup, Dinç ve Akdoğan (2019) çalışmasındaki bulgu ile örtüşmemektedir.

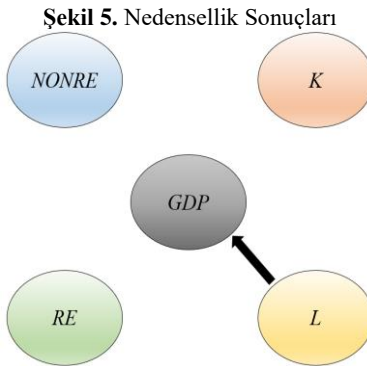
Diğer bir yandan, yenilenebilir enerji tüketimindeki %1'lik artışın Türkiye'nin ekonomik büyümesinde %0,16 oranında bir artışa neden olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, Demirgil ve Birol (2020), Güzel ve Oluç (2021), Özel ve Ekiz (2021), Özşahin vd. (2016), Alper (2018), Gövdere ve Can (2016) ve son olarak Öztürk ve Saygın (2020) çalışmalarındaki bulgularla örtüşmekte, ancak Güzel ve Oluç (2021), Ocal ve Aslan (2013) çalışmalarındaki bulgular ile örtüşmemektedir.

Tablo 10. Toda-Yamamoto Nedensellik Testi Bulguları

Nedensellik Yönü	χ^2	Olasılık
LK→LGDP	0.018	0.892
LGDP→LK	0.134	0.713
LL→LGDP	6.065**	0.013
LGDP→LL	1.924	0.165
LNONRE→LGDP	0.024	0.876
LGDP→LNONRE	0.809	0.368
LRE→LGDP	0.074	0.785
LGDP→LRE	0.460	0.497

Açıklama: ** 5% seviyesinde nedenselliğin varlığını ifade eder.

Çalışmanın final aşamasında, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi Toda-Yamamoto yöntemiyle incelenmiş ve elde edilen sonuçlar, Tablo 10'da detaylı bir şekilde sunulmuştur. Ayrıca, bu analizin görsel olarak Şekil 5'te incelenebileceği belirtilmiştir. Yapılan analizin sonuçlarına göre, Türkiye'de işgücünden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiş ama enerji tüketimleri ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunmamıştır. Dolayısıyla, Türkiye için tarafsızlık hipotezi geçerlidir. Bu bulgu, daha önceki Gürsucu (2021) ve Kızılkaya (2018) çalışmaları ile de uyumludur.



SONUÇ

Bu çalışmada, 1990-2020 yıllarını kapsayan dönem için Türkiye'de ekonomik büyüme ile yenilenebilir ve yenilenemez enerji, sermaye ve işgücü arasındaki uzun vadeli ilişki Augmented Dickey Fuller ve Phillips-Perron birim kök testleri, ARDL sınır testi ve Bayer-Hanck eşbütünlüşme testi ve FMOLS tahmincisi ve CCR uzun dönem tahmincisi kullanılarak araştırılmıştır. CCR tahmin sonuçlarına göre yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemez enerji tüketimi, sermaye

ve işgücü ekonomik büyüme arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ortaya koymaktadır. Girdilerdeki bir artış üretim miktarının artmasına yol açacaktır.

Analiz sonuçlarında Türkiye için çıktıya yönelik ortalama girdi faktörü esnekliğini sermaye için 0,277, işgücü için 0,281, yenilenemez enerji için 0,319 ve yenilenebilir enerji için 0,154'tür. Bu sonuçlar sermayedeki yüzde 1'lik bir artışın üretimde yalnızca yaklaşık yüzde 0,28'lik bir artışla sonuçlandığını, işgücündeki yüzde 1'lik bir artışın ise üretimde yüzde 0,28'lik bir artışla ilişkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini değerlendirmek amacıyla Toda-Yamamoto testi kullanılmış ve sonuçlar, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimleri ile GSYİH arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığını göstermiştir. Yani, Türkiye için tarafsızlık hipotezi geçerlidir. Diğer bir yandan, Türkiye'de işgücünden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir.

Yenilenebilir enerji ve yenilenemez enerji, üretim fonksiyonunun tahminindeki sonuçlarına baktığımızda, enerjinin çıktı düzeyindeki verimlilik için önemli olduğunu göstermektedir. Ortalama olarak, yenilenemez enerji kullanımındaki yüzde 1'lik bir artış, üretimde yüzde 0,319'luk bir artışla ilişkilidir. Bu etkinin büyüklüğü, enerjinin girdi faktörü esnekliğinin sermayeninkinden daha büyük olduğu dikkate alındığında anlamlıdır; dolayısıyla artan enerji kullanımı, diğer tüm üretim faktörleri sabit tutulduğunda sermaye kullanımındaki benzer artışlardan daha büyük nihai çıktı üzerinde etkiye sahiptir. Bu sonuçlar, enerji kullanımını artırmasına ve maliyetini azaltmasına olanak tanıyan politikaların firma düzeyinde verimlilik ve performans üzerinde olumlu bir etkiye sahip olacağını göstermektedir.

Türkiye'de yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki kısa vadeli ilişkide, enerji kullanımındaki artışın doğrudan bir etkisi olmadığı ancak uzun vadede büyümeye olumlu bir etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Enerjinin Türkiye'nin dış ticaret hacminde önemli bir rol oynadığı düşünüldüğünde, ülkenin enerji politikalarını ve ekonomik büyüme stratejilerini yeniden gözden geçirmesi kritiktir. Bu nedenle Türkiye, enerji verimliliği politikalarını güçlendirmeli ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına odaklanarak yeşil teknolojilere yatırım yapmalıdır. Enerji piyasasında rekabetin artırılması ve şeffaflığın sağlanmasıyla birlikte daha verimli enerji kullanımı teşvik etmelidir. Aynı zamanda enerji fiyatlarını stabilize etmek ve dalgalanmaları minimize etmek için politika önlemleri alınmalıdır. Bu çerçevede Türkiye, uzun vadeli enerji stratejilerini belirlemek, yerel araştırma ve geliştirme faaliyetlerine yatırım yapmak ve çevre dostu teknolojilere geçişi hızlandırmak için kapsamlı bir enerji politikası geliştirmelidir. Bu yaklaşım, hem ekonomik büyümeyi destekleyecek hem de Türkiye'nin daha dirençli bir enerji ve ekonomik konumunu sağlayarak çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunacaktır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Makalenin tüm süreçlerinde Yönetim ve Ekonomi Dergisi'nin araştırma ve yayın etiği ilkelerine uygun olarak hareket edilmiştir.

Yazarların Makaleye Katkı Oranları

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır.

Çıkar Beyanı

Yazarların herhangi bir kişi ya da kuruluş ile çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKÇA

- Akdağ, S., & İskenderoğlu, Ö. (2018). Avrupa Birliğine Üye ve Aday Ülkelerde Yenilenemeyen Enerji, Yenilenebilir Enerji ve Nükleer Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi. *Turkish Studies*, 13(30), 1-14.
- Aliyev, F., Eylasov, N., & Gasim, N. (2022, October). Applying Deep Learning in Forecasting Stock Index: Evidence from RTS Index. In *2022 IEEE 16th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)* (pp. 1-4). IEEE.
- Alper, F. Ö. (2018). Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: 1990-2017 Türkiye Örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2), 223-242.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2009). Energy Consumption and Economic Growth in Central America: Evidence From a Panel Cointegration and Error Correction Model. *Energy Economics*, 31(2), 211-216.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010a). Renewable Energy Consumption and Economic Growth: Evidence From a Panel of OECD Countries. *Energy policy*, 38(1), 656-660.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010b). Renewable Energy Consumption and Growth in Eurasia. *Energy economics*, 32(6), 1392-1397.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2011). The Renewable Energy Consumption–Growth Nexus in Central America. *Applied Energy*, 88(1), 343-347.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2012). Renewable and Non-Renewable Energy Consumption-Growth Nexus: Evidence From A Panel Error Correction Model. *Energy economics*, 34(3), 733-738.
- Arbex, M., & Perobelli, F. S. (2010). Solow Meets Leontief: Economic Growth and Energy Consumption. *Energy economics*, 32(1), 43-53.
- Asiedu, B. A., Hassan, A. A., & Bein, M. A. (2021). Renewable Energy, Non-Renewable Energy, and Economic Growth: Evidence From 26 European Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 11119-11128.
- Asif, M., Bashir, S., & Khan, S. (2021). Impact of Non-Renewable and Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Evidence From Income and Regional Groups of Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(29), 38764-38773.
- Ayres, R. U., & Warr, B. (2010). *The economic growth engine: how energy and work drive material prosperity*. Edward Elgar Publishing.
- Banerjee, A., Dolado, J.J., & Mestre, R. (1998). Error-Correction Mechanism Tests for Cointegration in a Single-Equation Framework. *Journal of Time Series Analysis*, 19, 267-283.
- Bayer, C., & Hanck, C. (2013). Combining Non-Cointegration Tests. *Journal of Time Series Analysis*, 34(1), 83-95.
- Behera, J., & Mishra, A. K. (2020). Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Growth in G7 Countries: Evidence From Panel Autoregressive Distributed Lag (P-ARDL) Model. *International Economics and Economic Policy*, 17, 241-258.
- Bekun, F. V., Emir, F., & Sarkodie, S. A. (2019). Another Look at The Relationship Between Energy Consumption, Carbon Dioxide Emissions, and Economic Growth in South Africa. *Science of the Total Environment*, 655, 759-765.
- Belloumi, M. (2009). Energy Consumption and GDP in Tunisia: Cointegration and Causality Analysis. *Energy policy*, 37(7), 2745-2753.

- 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.
- Boswijk, H. P. (1994). Testing for an Unstable Root in Conditional and Unconditional Error Correction Models. *Journal of Econometrics*, 63, 37-60.
- Chen, S. T., Kuo, H. I., & Chen, C. C. (2007). The Relationship Between GDP And Electricity Consumption in 10 Asian Countries. *Energy policy*, 35(4), 2611-2621.
- Cobb, C. W. & Douglas, P. H. (1928). A Theory of Production. The American Economic Review, 18(1), Supplement, Papers and Proceedings of the Fortieth Annual Meeting of the American Economic Association, 139-165.
- Dagher, L., & Yacoubian, T. (2012). The Causal Relationship Between Energy Consumption and Economic Growth in Lebanon. *Energy policy*, 50, 795-801.
- Demirgil, B., & Birol, Y. E. (2020). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye için Bir Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1), 68-83.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of The Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366a), 427-431.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series With a Unit Root. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 49, 1057-1072.
- Dinç, T. D., & Akdoğan, E. C. (2019). Renewable Energy Production, Energy Consumption and Sustainable Economic Growth in Turkey: A VECM Approach. *Sustainability*, 11(5), 1273.
- Dogan, E. (2015). The Relationship Between Economic Growth and Electricity Consumption From Renewable and Non-Renewable Sources: A Study Of Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 534-546.
- Dünya Bankası, (2023). World development indicators online database. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>, (Erişim Tarihi: 22.05.2023).
- Enerji Köşesi, Türkiye Enerji Görünümü. (2023). <https://enerji.mmo.org.tr/2023/05/11/turkiyenin-enerji-gorunumu-2023-sunumu-yayimlandi/> Erişim Tarihi: 21.01.2024
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Türkiye Ulusal Enerji Planı (2022). https://enerji.gov.tr//Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/TUEP/T%C3%BCrkiye_Ulusal_Enerji_Plan%C4%B1.pdf Erişim Tarihi: 21.01.2024
- Engle, R. F., & Granger, C.W.J. (1987). Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing. *Econometrica*, 55, 251-276.
- Erdal, G., Erdal, H., & Esengün, K. (2008). The Causality Between Energy Consumption and Economic Growth in Turkey. *Energy Policy*, 36(10), 3838-3842.
- Ewing, B. T., Sari, R., & Soytaş, U. (2007). Disaggregate Energy Consumption and Industrial Output in The United States. *Energy policy*, 35(2), 1274-1281.
- Eylasov, N., Gasim, N., Aliyev, F., & Şahinler, A. N. (2023b). Impact of Renewable Energy Consumption on CO2 Emissions in Türkiye: Evidence from ARDL And Bayer-Hanck Cointegration Techniques. *Green Economics*, 1(2), 111-125.
- Eylasov, N., Zortuk, M., & Sivilokos, T. (2023a). Investigating The Environmental Kuznets Curve Hypothesis with Energy Consumption for Türkiye: Evidence from Fourier ADF and ARDL Approach. *Journal of Modern Technology & Engineering*, 8(2), 140-153.
- Gholizadeh, Y., & Narin, M. (2020). Seçilmiş Avrupa Birliği Ülkelerinde Yenilenebilir Enerjinin GSYH Üzerine Etkisi: Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Yaklaşımı. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(1), 249-270.
- Gövdere, B., & Can, M. (2016). Türkiye’de Enerji Tüketimi, Dışa Açıklık, Finansal Gelişme, Sabit Sermaye Yatırımları ve Dış Ticaretin Ekonomik Büyüme Etkisi: Sınır Testi Yaklaşımı. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(1), 209-228.
- Gövdere, D. D. B., & Can, D. M. (2015). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneğinde Eşbütünlük Analizi. *Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 1(2), 101-114.

- Gürsucu, O. (2021). Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Finansal Gelişme İlişkisi: Türkiye Örneği. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 69-79.
- Güzel, İ., & Oluç, İ. (2021). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ticari Açıklığın Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği. *Bingöl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2), 343-369.
- Gyamfi, B. A., Bein, M. A., & Bekun, F. V. (2020). Investigating The Nexus Between Hydroelectricity Energy, Renewable Energy, Nonrenewable Energy Consumption on Output: Evidence from E7 Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 25327-25339.
- Jobert, T., & Karanfil, F. (2007). Sectoral Energy Consumption by Source And Economic Growth in Turkey. *Energy policy*, 35(11), 5447-5456.
- Johansen, S. (1988). Statistical Analysis of Cointegration Vectors. *Journal Of Economic Dynamics And Control*, 12(2-3), 231-254.
- Johansen, S. (1995). Likelihood-Based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models. Oxford: Oxford University Press.
- Jumbe, C. B. (2004). Cointegration and Causality Between Electricity Consumption and GDP: Empirical Evidence from Malawi. *Energy economics*, 26(1), 61-68.
- Karagöl, E., Erbaykal, E., & Ertuğrul, H. M. (2007). Türkiye’de Ekonomik Büyüme ile Elektrik Tüketimi İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı. *Doğuş üniversitesi dergisi*, 8(1), 72-80.
- Kızılkaya, O. (2018). Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Büyüme İlişkisi: Eşbütünlük ve Nedensellik Analizi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 59-72.
- Küçük, O. (2011). Faktör Esnekliği ve Ölçeğe Göre Getiri: Kobi’lerde Karşılaştırmalı Bir Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Uygulaması. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(2), 353-362.
- Lee, C. C. (2006). The Causality Relationship Between Energy Consumption and GDP in G-11 Countries Revisited. *Energy policy*, 34(9), 1086-1093.
- Magazzino, C. (2015). Energy Consumption and GDP in Italy: Cointegration and Causality Analysis. *Environment, Development and Sustainability*, 17, 137-153.
- Mavrotas, G., & Kelly, R. (2001). Old Wine in New Bottles: Testing Causality Between Savings and Growth. *The Manchester School*, 69, 97-105.
- Mohammadi, H., Saghalian, S., & Zandi Dareh Gharibi, B. (2023). Renewable and Non-Renewable Energy Consumption And Its Impact on Economic Growth. *Sustainability*, 15(4), 3822.
- Morimoto, R., & Hope, C. (2004). The Impact of Electricity Supply on Economic Growth in Sri Lanka. *Energy Economics*, 26(1), 77-85.
- Mozumder, P., & Marathe, A. (2007). Causality Relationship Between Electricity Consumption and GDP in Bangladesh. *Energy policy*, 35(1), 395-402.
- Narayan, P. K. (2005). The Saving and Investment Nexus for China: Evidence From Cointegration Tests. *Applied Economics*, 37(17), 1979-1990.
- Narayan, P. K., & Smyth, R. (2008). Energy Consumption and Real GDP in G7 Countries: New Evidence From Panel Cointegration with Structural Breaks. *Energy economics*, 30(5), 2331-2341.
- Ocal, O., & Aslan, A. (2013). Renewable Energy Consumption–Economic Growth Nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 494-499.
- Oryani, B., Koo, Y., Rezania, S., & Shafiee, A. (2021). Investigating The Asymmetric Impact of Energy Consumption on Reshaping Future Energy Policy And Economic Growth in Iran Using Extended Cobb-Douglas Production Function. *Energy*, 216, 119187.
- Özel, S. Ö. & Ekiz, F. M. (2021). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Karbondioksit Emisyonunun Ekonomik Büyüme Üzerine Etkileri: Türkiye Örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(2), 625-647.
- Özşahin, Ş., Mucuk, M., & Gerçekler, M. (2016). Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: BRICS-T Ülkeleri Üzerine Panel ARDL Analizi. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4(4), 111-130.

- Öztürk, S., & Saygın, S. (2020). Türkiye’de Yenilenebilir ve Yenilenemeyen Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi. *Al Farabi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(1), 104-114.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds Testing Approaches to The Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Phillips, P. C., & Perron, P. (1988). Testing For a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Piven, V., & Kubatko, O. (2023). Sustainable Economic Growth Factors in the EU: Applying a Modified Cobb-Douglas Production Function with Renewable Energy and Digitalization. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 456, p. 01006). EDP Sciences.
- 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.
- Sadorsky, P. (2009). Renewable Energy Consumption and Income in Emerging Economies. *Energy policy*, 37(10), 4021-4028.
- Soytas, U., & Sari, R. (2009). Energy Consumption, Economic Growth, and Carbon Emissions: Challenges Faced by An EU Candidate Member. *Ecological economics*, 68(6), 1667-1675.
- Squalli, J. (2007). Electricity Consumption and Economic Growth: Bounds And Causality Analyses of OPEC Members. *Energy economics*, 29(6), 1192-1205.
- Stern, D. I., & Kander, A. (2012). The Role of Energy in The Industrial Revolution and Modern Economic Growth. *The Energy Journal*, 33(3), 125-152.
- Streimikiene, D., & Kasperowicz, R. (2016). Review of Economic Growth and Energy Consumption: A Panel Cointegration Analysis For EU Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1545-1549.
- Toda, H. Y., & Yamamoto, T. (1995). Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Processes. *Journal of econometrics*, 66(1-2), 225-250.
- Tugcu, C. T., Ozturk, I., & Aslan, A. (2012). Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Growth Relationship Revisited: Evidence From G7 Countries. *Energy economics*, 34(6), 1942-1950.
- Yanıktepe, B., Kara, O., & Kısakürek P. T. (2021). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(3), 452-465.
- Yildirim, C. Y. (2019). Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme: Granger Nedensellik Yaklaşımı. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi (İKTİSAD)*, 4(9), 119-145.
- Yoo, S. H. (2005). Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence From Korea. *Energy policy*, 33(12), 1627-1632.
- Yu, E. S., & Choi, J. Y. (1985). The Causal Relationship Between Energy and GNP: an International Comparison. *The Journal of Energy and Development*, 249-272.
- Zamani, M. (2007). Energy Consumption and Economic Activities in Iran. *Energy economics*, 29(6), 1135-1140.
- Zhang, X. P., & Cheng, X. M. (2009). Energy Consumption, Carbon Emissions, and Economic Growth in China. *Ecological economics*, 68(10), 2706-2712.

SUMMARY

In this study, the impact of renewable energy consumption, non-renewable energy consumption, labor, and capital on economic growth in Turkey is examined using the Cobb-Douglas production function approach. Data on per capita GDP, capital, labor, non-renewable energy consumption, and renewable energy consumption covering the period 1990-2020 in Turkey are used to calculate the output elasticity of renewable energy usage, non-renewable energy consumption, capital, and labor inputs. The stationarity of variables is investigated using the ADF and PP unit root tests. According to the ADF and PP unit root test results, all variables were found to be stationary in their first differences. As the variables were found to be first differenced stationary according to the ADF and PP unit root test

results, a cointegration relationship can be explored. In this context, the study first examines the cointegration relationship between variables using the ARDL bounds test and finds a cointegration relationship. Subsequently, this relationship is reexamined using the Bayer-Hanck (2013) cointegration test, confirming the cointegration relationship.

The study reports the long-term forecast results using ARDL, FMOLS, and CCR. According to the ARDL long-term forecast results, capital and labor variables are statistically significant, while renewable and non-renewable energy consumption variables are statistically insignificant. According to the FMOLS long-term forecast results, all independent variables are statistically significant. With other variables held constant, a 1% increase in capital and labor variables results in an average increase of 0.27% and 0.28%, respectively, in Turkey's economic growth. Additionally, with other variables held constant, a 1% increase in non-renewable and renewable energy consumption leads to increases of 0.31% and 0.15%, respectively, in Turkey's economic growth. These results indicate that the Cobb-Douglas production function in Turkey points to increasing returns to scale.

According to the CCR long-term forecast results, all variables are statistically significant. With other variables held constant, a 1% increase in capital and labor variables results in increases of 0.28% and 0.27%, respectively, in Turkey's economic growth. Moreover, with other variables held constant, a 1% increase in non-renewable energy consumption leads to a 0.32% increase in Turkey's economic growth. On the other hand, a 1% increase in renewable energy consumption results in a 0.16% increase in Turkey's economic growth. In the final stage of the study, the causal relationship between variables is examined using the Toda-Yamamoto method, and a unidirectional causality relationship from labor to economic growth is found, but no causality relationship is found between energy consumption and economic growth. Therefore, the neutrality hypothesis is valid for Turkey.

In the short-term relationship between renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in Turkey, an increase in energy consumption is observed to have no direct effect but a positive effect in the long run. Considering the significant role of energy in Turkey's foreign trade volume, it is crucial for the country to reconsider its energy policies and economic growth strategies. Therefore, Turkey should strengthen energy efficiency policies and invest in green technologies by focusing on sustainable energy sources. It should encourage more efficient energy use along with increasing competition and ensuring transparency in the energy market. Policy measures should also be taken to stabilize energy prices and minimize fluctuations. In this framework, Turkey should develop a comprehensive energy policy to determine long-term energy strategies, invest in local research and development activities, and accelerate the transition to environmentally friendly technologies. This approach will contribute to both supporting economic growth and establishing a more resilient energy and economic position for Turkey, contributing to environmental sustainability.