

## YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDA NEDENSELLİK İLİŞKİSİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ\*

**Burhan DURĞUN\*\***

**Funda DURĞUN\*\*\***

### Özet

Dünya üzerinde çoğunluğu -genelde siyasi istikrarsızlıkların yaşandığı- Ortadoğu'da bulunan birincil enerji kaynakları olan petrol, doğalgaz ve kömür hızla tükenmektedir. Tükenebilir kaynaklara olan yüksek bağımlılık yakın gelecekte enerji arz güvenliği sorunu ile karşı karşıya kalınacağını göstermektedir. Yenilenebilir enerji potansiyeli yüksek olan Türkiye'nin ekonomisinin yeşil ekonomiye evrilip yenilenebilir kaynaklara ağırlık vermesi hem enerji arz güvenliği riskini hem de cari açığı azaltıcı etki yapacaktır. Bu çalışmada 1980-2015 dönemine ait kişi başına gayrisafi yurtiçi hasıla ile kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi (hidroelektrik dahil) arasındaki nedensellik ilişkisi zaman serisi analiziyle incelenmiştir. Serilere öncelikle ADF ve Zivot-Andrews birim kök testleri uygulanmış ve düzey değerlerinde birim kök içerdikleri görülmüştür. Seriler 1. farkları alındığında durağanlaşmaktadır. ARDL sınır testi sonuçları, serilerin %5 anlamlılık düzeyinde eşbütünleşik olduğunu ortaya koymuştur. Eşbütünleşik serilere Toda-Yamamoto nedensellik testi uygulanarak yenilenebilir enerji tüketiminden büyümeye doğru tek yönlü nedensellik olduğu bulunmuştur. Bu sonuç yenilenebilir enerji tüketimindeki artışların ekonomik büyüme sağlayacağını ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir enerji, ARDL sınır testi, Toda-Yamamoto.

**Jel Kodları:** Q28, Q42, Q43.

\* 12-14 Ekim 2017 tarihinde gerçekleştirilen olan Uluslararası Ekonomi, Siyaset ve Yönetim Sempozyumunda özet bildiri olarak sunulmuştur.

\*\* Dicle Üniversitesi, İİBF, burhan.durgun@dicle.edu.tr, orcid.org/0000-0001-7742-6059

\*\*\*Dicle Üniversitesi, İİBF, funda.uncu@dicle.edu.tr, orcid.org/0000-0001-7254-227X

**Date of submission:** 28-10-2017

**Date of acceptance:** 21-03-2018

## THE CAUSALITY RELATIONSHIP BETWEEN RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION AND ECONOMIC GROWTH: EVIDENCE FROM TURKEY

### Abstract

Oil, natural gas and coal, which are the primary energy sources in the Middle East - whose majority, in general, are experiencing political instability, are rapidly depleting. High dependence on consumable resources indicates that you will face the problem of energy supply security in the near future. The fact that Turkey, which has a high potential of renewable energy, will focus its economy on green economy and renewable resources will have both a risk of energy supply security and a current deficit. In this study, the causality relationship between per capita gross domestic product (GDP) and per capita renewable energy consumption (including hydropower) for the period 1980-2015 was examined by means of time series analysis. Firstly, ADF and Zivot-Andrews unit root tests were applied to the series and they were found to contain unit root in level values. The series are stationary in the first difference. The results of the ARDL bound test showed that the variables were co-integrated at a level of significance of 5%. Toda-Yamamoto causality test was applied to cointegrated series and it was found that unilateral causality relationship from renewable energy consumption to growth. These results show that increases in renewable energy consumption will provide economic growth.

**Keywords:** Renewable Energy, ARDL Bound Test, Toda-Yamamoto.

**JEL Codes:** Q28, Q42, Q43.

---

## I. GİRİŞ

Yaşanan iklim değişikliğiyle mücadele ederken ekonomik hasılda kayıp yaşamamak ve refah seviyesinin düşmesini engellemek günümüzde Avrupa başta olmak üzere tüm dünyada temel vizyon olmuştur.

Dünya üzerinde çoğunluğu -genelde siyasi istikrarsızlıkların yaşandığı- Ortadoğu'da bulunan birincil enerji kaynakları olan petrol, doğalgaz ve kömür hızla tükenmektedir. Enerji üretim ve tüketimi esnasında meydana gelen zararlı emisyonlar iklim değişikliklerine neden olmaktadır. Bu da ekolojik dengeyi bozup uzun vadede toplum sağlığı üzerinde olumsuz etkilerde bulunmaktadır. Tükenebilir kaynaklara olan yüksek bağımlılık yakın gelecekte enerji arz güvenliği sorunu ile karşı karşıya kalınacağını göstermektedir. Alternatif enerjilere yönelim ve enerji kullanımında tasarruf ve verimliliğin artırılması enerji arzı sorunlarına karşı uygulanacak en etkin ve çevre dostu politikalarıdır.

### 3 Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasında Nedensellik İlişkisi

Yenilenebilir enerji yüksek enerji talebi karşısında enerji güvenliği sağlamada ve karbon salınımını azaltmada etkin rol oynadığı için dünya gündeminin merkezine oturmuştur (Şimşek, 2011).

Nüfus, gelir ve enerji talebi artış projeksiyonları yarım asır içinde, özellikle yükselen ve gelişmekte olan ekonomilerde enerji ve doğal kaynaklar üzerindeki baskının artacağını göstermektedir (Voigt, De Cian, Schymura & Verdolini, 2014). Olumsuz senaryo ile karşılaşmamak için -tükenmeyen- yenilenebilir enerjilere yönelmek hem ekonomik hem de çevresel yararlar sağlayacaktır.

Türkiye'nin ekonomik büyüme ile artan enerji ihtiyacı ve bu enerjilerin büyük bir çoğunluğunun çevreye zararlı emisyonlara sahip olan birincil enerjiler olması, sürdürülebilir ekonomi vizyonunda dezavantaj yaratmaktadır.

Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin Türkiye özelinde araştırıldığı bu çalışmada öncelikle Türkiye'de yenilenebilir enerjinin durumu hakkında bilgi verilecektir. Daha sonra enerji ekonomisi ve literatüre yer verilip kullanılan veri seti ve uygulanan yöntem tanıtılacaktır. Çalışmanın son kısmında ise analiz sonuçları ve genel değerlendirme yer almaktadır.

## II. TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ

Yenilenebilir enerji, bir sonraki gün doğada aynen var olabilen ya da çevrede devamlı olarak yinelenen enerji akımlarının nitel ve nicel özellikleri bozulmayacak şekilde kullanımı sayesinde ortaya çıkan enerji türüdür. (Üstün, Apaydın, Filik & Kurban, 2009). Yenilenebilir enerji kaynaklarına yaygın olarak bilinen hidrolik, rüzgar, güneş başta olmak üzere hidrojen, gelgit, biyokütle, ve jeotermal enerji örnek olarak verilebilir. Tüketiminin çok hızlı olması nedeniyle yenilenme hızı çok düşük olmasına rağmen odun da yenilenebilir enerji kaynakları arasında gösterilmektedir.

Son zamanlarda, Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları ve çevre politikaları üzerinde önemle yoğunlaşmıştır. Yenilenebilir enerji alanında önemli bir ülke konumuna gelmek isteyen Türkiye için bu önemli bir fırsattır (Apak & Atay, 2013). Başlangıç yatırımları itibarıyla diğer kaynaklarla kıyaslandığında pahalı olan yenilenebilir enerji kaynakları uzun dönemde ekonomi için kazançlı ve sürdürülebilir kaynaklardır (Çukurçayır & Sağır, 2008).

Türkiye, yerli fosil yakıt rezervleri kısıtlı ve yetersiz olduğu için enerji ithalatçısı bir ülkedir. Diğer ülkelere bağımlılığını azaltmak için Türkiye'nin sürdürülebilir kaynaklarını kullanması gerekmektedir. (Çapık, Yılmaz & Çavuşoğlu, 2012).

Türkiye'nin dışarıdan satın aldığı enerjiyi üretim sürecinde etkin kullanamama sorunu vardır. Kullanılan enerjinin ağırlıklı olarak fosil yakıt olması da karbon emisyonunu arttırmaktadır. Yenilenebilir enerji kullanımı zararlı emisyonların azaltımında önemli bir politikadır.

Ancak finansal kaynak ve uygun tesislerin yetersizliği ve detaylı yenilenebilir enerji kaynakları etütlerinin ve bir bilgi bankasının eksikliği Türkiye'de hala yenilenebilir enerjilerin ilerlemesinde bir engel teşkil etmektedir. Liberalleşme, regülasyon ve yeniden yapılanmada ilerlemeler enerji sektörü için büyük önem taşımaktadır. Fakat bürokrasi, yabancı yatırımcılar için önemli bir handikap olarak durmaktadır. Yenilenebilir enerjiler için diğer engeller, yüksek vergiler, yetersiz piyasa koşulları ve özel sektör katılımı, mali politika araçlarını içeren yenilenebilir enerji yatırımlarından kaynaklanan riskler ve finansal olarak yenilenebilir enerji projelerinin görece olarak maliyetli olması şeklinde sıralanabilir. Dahası yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanacak potansiyel yarar henüz tam olarak tespit edilememiştir (Simsek & Simsek, 2013).

Tablo I'de Türkiye'nin 1996-2016 yıllarına ait MegaWatt (MW) cinsinden yenilenebilir enerji kurulu güç istatistikleri yer almaktadır. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kurulu gücünde 2006'ya kadar % 99'larda olan hidroelektrik santrallerin payı, 2016'ya gelindiğinde rüzgar, güneş ve jeotermal enerjilerde atılımların gerçekleşmesiyle % 78'e inmiştir. Vizyon 2023 kapsamındaki 20000 MW'lık rüzgâr enerjisi hedefi bu oranı daha da aşağılara çekecektir.

## 5 Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasında Nedensellik İlişkisi

Tablo I. Türkiye Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç İstatistikleri (MW)

Yıllar	Güneş Enerjisi	Jeotermal Enerji	Rüzgâr Enerjisi	Hidrolik	Yıllar	Güneş Enerjisi	Jeotermal Enerji	Rüzgâr Enerjisi	Hidrolik
1996	0	20	-	9935	2007	3	28	147	13395
1997	0	20	9	10103	2008	4	35	364	13829
1998	0	20	9	10307	2009	5	82	792	14553
1999	0	20	9	10537	2010	6	94	1320	15831
2000	0	20	19	11175	2011	7	114	1729	17137
2001	1	20	19	11673	2012	12	114	2261	19609
2002	1	20	19	12241	2013	18	226	2760	22289
2003	1	20	20	12579	2014	58	405	3630	23643
2004	2	20	20	12645	2015	266	624	4503	25867
2005	2	20	20	12906	2016	820	820	5738	26681
2006	3	28	50	13063					

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, TEİAŞ

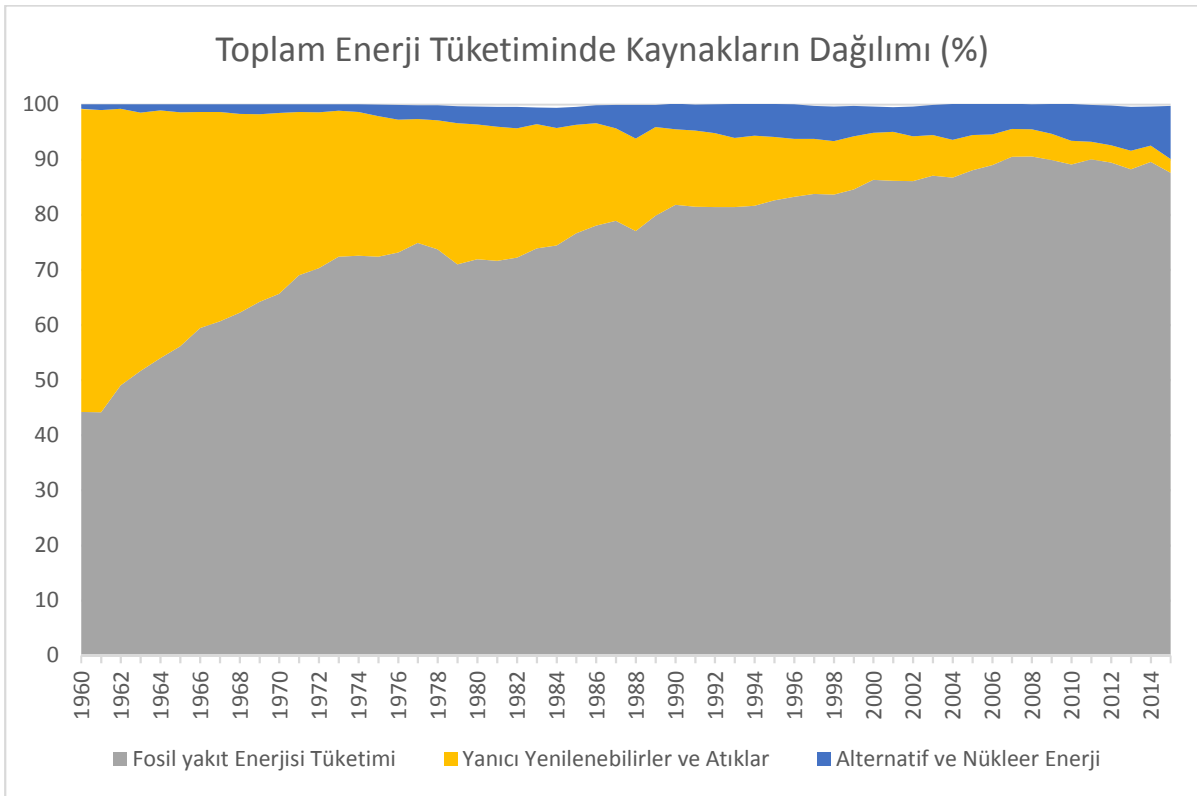
1990-2016 yılları arasındaki yenilenebilir enerji tüketim değerleri TeraWatt (TW) cinsinden Tablo II’te verilmiştir. Hidroelektrik santrallerinden (HES) elde edilen enerji tüketim serisinde dikkati çeken nokta, 2001 ve 2008 krizlerinde dip noktanın görülmüş olmasıdır. Diğer yenilenebilir enerji (YE) kullanımında ise son 8 yılda kayda değer bir gelişme gözlenmiştir.

Tablo II. Türkiye Yenilenebilir Enerji Tüketim Miktarları (TW)

Yıllar	HES	Diğer YE (Güneş, Rüzgâr, Jeotermal, Biyokütle, Atıklar)	Yıllar	HES	Diğer YE (Güneş, Rüzgâr, Jeotermal, Biyokütle, Atıklar)
1990	23,2	0,1	2004	46,1	0,3
1991	22,7	0,1	2005	39,6	0,3
1992	26,6	0,1	2006	44,2	0,4
1993	34	0,1	2007	35,9	0,7
1994	30,6	0,1	2008	33,3	1,2
1995	35,6	0,3	2009	36	2,3
1996	40,5	0,3	2010	51,8	4,1
1997	39	0,4	2011	52,3	5,9
1998	42,2	0,3	2012	57,9	7,5
1999	34,7	0,3	2013	59,4	10,1
2000	30,9	0,3	2014	40,6	12,3
2001	24	0,4	2015	67,1	17,0
2002	33,7	0,3	2016	67,2	22,8
2003	35,3	0,3			

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy

Türkiye’de 1960-2015 yılları arasında ait toplam enerji tüketiminin kullanılan kaynaklara göre dağılımı Şekil I’de sunulmuştur. Yanıcı yenilenebilirler ve atıklar, katı biyokütle, sıvı biyokütle, biyogaz, endüstriyel atık ve belediye atıklarının oranı 1960’ta % 55 iken günümüzde % 2,5 seviyelerine düşmüştür. % 1 olan temiz (yenilenebilir) enerjilerin payı 2015 yılında % 10’u bulmuştur. Büyük çoğunluğu ithal edilen fosil yakıtlar ise 1960 yılında oransal olarak yarıdan az iken 2015 yılı itibariyle enerji tüketiminde % 87,5 gibi bir oranı temsil etmektedir. 2008 yılında % 90,6 ile zirve noktasını bulan fosil yakıtlar, bu tarihten sonra yenilenebilir enerjilerde atılımların gerçekleşmesiyle az da olsa düşme eğilimine girmiştir. Şekil I’de ayrıca 1978 petrol krizinin etkisi fosil yakıtların oranının azalması şeklinde görülmektedir.



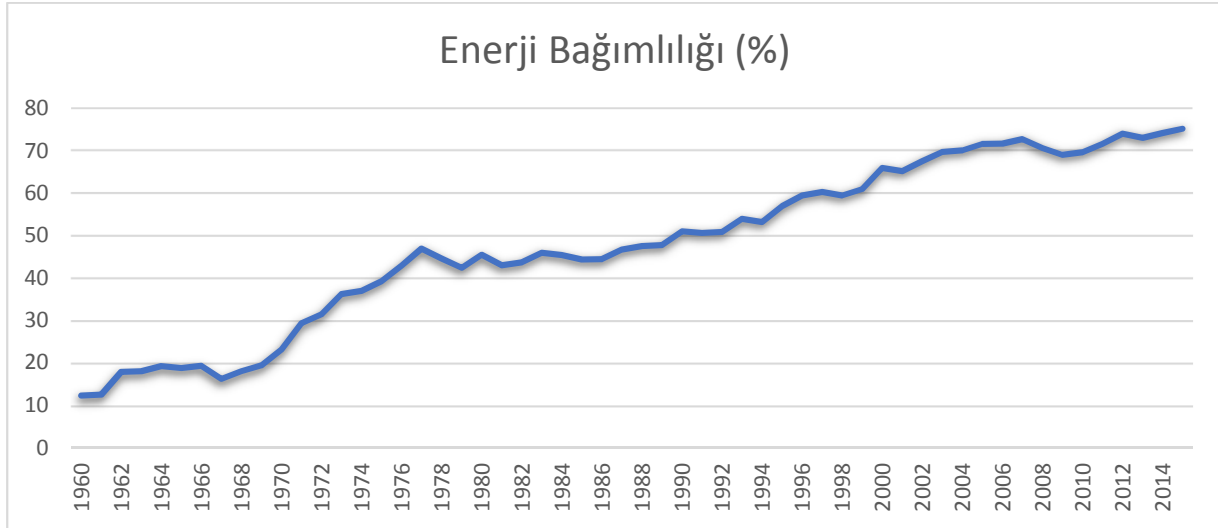
Kaynak: Worldbank (World Development Indicators)

Şekil I. Türkiye’de Enerji Tüketiminde Kaynakların Dağılımı

Ülke sınırlarında çok düşük rezervleri bulunan fosil yakıtların, toplam enerji tüketimindeki oranının bu denli yüksek olması Türkiye’ye yüklü bir ithalat faturası çıkarmaktadır. % 75’lik enerjide ithal bağımlılığı, ciddi bir cari açık sorununu da Türkiye’nin kucağına bırakmaktadır. Enerji kullanımında ithal kaynakların oranının zamana göre sunulduğu Şekil II’de 1960 yılında %12 olan ithal enerji oranının 2015’te dörtte üçlük bir

## 7 Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasında Nedensellik İlişkisi

büyükluğe eriştiği görülmektedir. Zaman serisi incelendiğinde, 1978 petrol krizi ve Türkiye’de yaşanan ekonomik krizlerin etkisi enerji ithalatında azalmalar şeklinde kendini göstermektedir. Ülkede azalan talep üretimin temel girdilerinden olan enerjinin talebini de azaltmaktadır.



Kaynak: Worldbank (World Development Indicators)

Şekil II. Türkiye'nin Enerji Bağımlılığı

### III. LİTERATÜR

Birincil enerji kaynaklarının büyük çoğunluğunu oluşturan fosil yakıtlar zamanla tükenecektir. Bu fosil yakıtların büyük oranda rezervlerini ellerinde bulunduran Ortadoğu ülkelerindeki siyasal istikrarsızlıklar, enerji fiyatlarında genelde yukarı yönlü fiyat oynaklıklarına neden olmaktadır. Ayrıca üretim sürecinde temel kaynak olması nedeniyle enerjiye talep artmaktadır. Bu sebeplerden dolayı her kıt kaynak gibi enerjinin de ekonomisi - özellikle 1970'li yıllarda gerçekleşen petrol krizlerinden sonra- çalışılmaya başlanmıştır.

İktisadi büyüme ile enerji tüketimi arasında ilişkinin olup olmaması ve varsa bu ilişkinin yönü, devletin enerji piyasalarında etkin rol oynadığı ülkelerde enerji politikası karar alımında büyük öneme sahiptir. Enerjiden büyümeye doğru bir ilişki olması halinde, enerji vergileri, enerji tasarrufu ve enerji fiyatları gibi korumacı politikalar büyüme üzerinde olumsuz etki yaratacaktır (Aytaç, 2010).

Özellikle petrol krizlerinden sonra çalışılmaya başlanan enerji ekonomisinde araştırma konuları zamanla spesifik alanlara kaymıştır. Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini araştıran konulara ek olarak büyüme ile elektrik tüketimi, kömür tüketimi, petrol tüketimi, doğalgaz tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi, nükleer enerji tüketimi ve CO2 emisyonu

ilişkinin inceleyen çalışmalar da literatürde yer almaktadır. Ayrıca enerji fiyatları, fiyat oynaklıkları ve sektörel karbon emisyonları da enerji ekonomisinde çalışılan konulara örnek verilebilir.

İktisadi büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi ilişkisi, birçok çalışmada incelenmiş olmasına rağmen üzerinde konsensüs sağlanmış bir konu değildir. Bunda farklı ülke ve veri setleri ile çalışılmış olmasının yanında kurulan model ve ele alınan ekonometrik testlerin farklılığı da etkili olmuştur. (Bildirici, Bakırtaş, & Kayıkçı, 2012).

Uygulanacak enerji politikalarının etkili olabilmesinde değişkenler arasındaki ilişkinin yönü büyük önem arz etmektedir. Literatürde ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişki için 4 farklı hipotez doğrulanmıştır.

*Büyüme hipotezi*, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedenselliği ifade etmektedir. Buna göre, yenilenebilir enerji tüketiminde artış ekonomik büyüme sağlarken, yenilenebilir enerji tüketimindeki azalışlar büyüme üzerinde olumsuz etki yapacaktır. *Saklama hipotezi*, nedensellik yönünün büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü olduğu anlamına gelmektedir. Enerjiye az bağımlı ülkelerde enerji koruma politikalarının büyüme üzerindeki olumsuz etkisinin hiç veya çok az olacağını ileri sürer. *Geri besleme hipotezi*, yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyümenin ortaklaşa belirlendiğini ve birbirini etkilediği ima eder ve değişkenler arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi varlığını gösterir. *Yansızlık hipotezi* ise, ampirik bir çalışmada yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında bir nedensellik ilişkisinin bulunmadığını gösterir. Bu hipotez doğrulandığında, yenilenebilir enerjilerde korumacı veya genişletici politikalar büyüme üzerinde herhangi bir etki yaratmayacaktır (Ozturk, 2010).

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında bir nedensellik ilişkisinin olmaması uygulanacak enerji korumacı politikaların ekonomik büyümeyi olumsuz etkileme ihtimalini ortadan kaldırmaktadır (Aytaç, 2010).

Tablo III'te yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini araştıran ampirik çalışmaların özeti yer almaktadır. Türkiye özelinde farklı veri setleri ile yapılan 3 çalışmada (Ocal & Aslan, 2013; Dogan, 2015; Dogan, 2016) saklama, büyüme ve geri besleme hipotezleri doğrulanmıştır. Bu çalışmanın Türkiye için yapılan diğer çalışmalardan temel farkları daha fazla gözlem sayısı, veri kaynakları ve veri hesaplama yöntemleridir. Bu farkların ayrıntılarına, Bölüm V'te yer verilmiştir.



Tablo III. Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Ampirik Çalışmalar

(YAZAR, YIL)	ÇALIŞMA DÖNEMİ	ÇALIŞMA YAPILAN ÜLKELER	DEĞİŞKENLER	KULLANILAN YÖNTEM	SONUÇ
(Apergis & Payne, 2010a)	1985-2005	20 OECD Ülkesi	RNW, GDP, L, Sabit Sermaye Oluşumu	Panel Eşbütünleşme, Panel Nedensellik	RNW ⇔ GDP
(Apergis & Payne, 2010b)	1992-2007	Avrasya	RNW, GDP, L, Sabit Sermaye Oluşumu	Panel Eşbütünleşme, Panel Nedensellik	RNW ⇔ GDP
(Apergis & Payne, 2011a)	1990-2007	16 Gelişmekte Olan Ekonomi	RNW, GDP, L, Sabit Sermaye Oluşumu	Panel Eşbütünleşme, Panel Nedensellik	RNW ⇔ GDP
(Apergis & Payne, 2011b)	1980-2006	6 Orta Amerika Ülkesi	RNW, GDP, L, Sabit Sermaye Oluşumu	Panel Eşbütünleşme, Panel Nedensellik	RNW ⇔ GDP
(Fang, 2011)	1978-2008	Çin	RNW, GDP, L, Ar-Ge Harcamaları, Sermaye	OLS	RNW → GDP
(Apergis & Payne, 2012)	1990-2007	80 Ülke	RNW, GDP, L, Sabit Sermaye Oluşumu	Panel Eşbütünleşme, Panel Nedensellik	RNW ⇔ GDP
(Tugcu, Ozturk, & Aslan, 2012)	1980-2009	G7 Ülkeleri	RNW, GDP	ARDL, Hatemi Nedensellik	RNW ⇔ GDP
(Yildirim, Saraç, & Aslan, 2012)	1949-2010	ABD	RNW, GDP	Hatemi Nedensellik	RNW-Ø-GDP
(Ocal & Aslan, 2013)	1990-2010	Türkiye	RNW, GDP, L, Sabit Sermaye Oluşumu	ARDL, Toda-Yamamoto Nedensellik	GDP → RNW
(Al-mulali, Fereidouni, Lee, & Sab, 2013)	1980-2009	108 Ülke	RNW, GDP	FMOLS	RNW ⇔ GDP (85 Ülke), GDP → RNW (2 Ülke), RNW-Ø-GDP (21 Ülke)
(Pao & Fu, 2013)	1980-2010	Brezilya	RNW, GDP, L, Sabit Sermaye Oluşumu	Johansen Eşbütünleşme, Granger Nedensellik	RNW ⇔ GDP
(Salim, Hassan, & Shafiei, 2014)	1980-2011	29 OECD Ülkesi	RNW, GDP, NRNW, K, L, Sanayi Üretimi	Westerlund Eşbütünleşme, Panel Granger Nedensellik	GDP → RNW

Tablo III. Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme İlişisini İnceleyen Ampirik Çalışmalar (Devamı I)

(YAZAR, YIL)	ÇALIŞMA DÖNEMİ	ÇALIŞMA YAPILAN ÜLKELER	DEĞİŞKENLER	KULLANILAN YÖNTEM	SONUÇ
(Lin & Moubarak, 2014)	1977-2011	Çin	RNW, GDP, CO <sub>2</sub> , L	ARDL, Johansen Eşbütünleşme, Granger Nedensellik	RNW ⇔ GDP
(Al-mulali, Fereidouni, & Lee, 2014)	1980-2010	18 Latin Amerika Ülkesi	RNW, GDP, NRNW, L, Sabit Sermaye Oluşumu, Dış Ticaret	Pedroni Panel Eşbütünleşme, Panel DOLS, Panel Granger Nedensellik	RNW ⇔ GDP
(Sebri & Ben-Salha, 2014)	1971-2010	BRICS	RNW, GDP, CO <sub>2</sub> , L, K, Dış Ticaret	ARDL, VECM Granger Nedensellik	RNW ⇔ GDP
(Chang ve ark., 2015)	1990-2013	G7 Ülkeleri	RNW, GDP	Emirmahmutoğlu-Köse Granger Nedensellik	GDP → RNW (2 Ülke) RNW → GDP (2 Ülke) RNW-Ø-GDP (3 Ülke) RNW ⇔ GDP (Panel)
(Ben Jebli & Ben Youssef, 2015)	1980-2010	69 Ülke	RNW, GDP, NRNW, L, K, Dış Ticaret	Pedroni Panel Eşbütünleşme, Panel DOLS, Panel Granger Nedensellik	RNW-Ø-GDP
(Shahbaz, Loganathan, Zeshan, & Zaman, 2015)	1972Q1-2011Q4	Pakistan	RNW, GDP, L, K	ARDL, VECM Granger Nedensellik	RNW ⇔ GDP
(Dogan, 2015)	1990-2012	Türkiye	RNW, GDP, NRNW, L, K	ARDL, Gregory-Hansen Eşbütünleşme, Johansen Eşbütünleşme, VECM Granger Nedensellik	RNW → GDP
(Amri, 2016)	1990-2010	75 Ülke	RNW, GDP, NRNW, K, L, Doğrudan Yabancı Yatırımlar	Panel GMM	RNW ⇔ GDP
(Saidi & Ben Mbarek, 2016)	1990-2013	9 Gelişmiş Ülke	RNW, GDP, Nükleer Enerji, CO <sub>2</sub> , K, L	Panel Eşbütünleşme, Panel Granger Nedensellik	RNW ⇔ GDP

Tablo III. Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Ampirik Çalışmalar (Devamı II)

(YAZAR, YIL)	ÇALIŞMA DÖNEMİ	ÇALIŞMA YAPILAN ÜLKELER	DEĞİŞKENLER	KULLANILAN YÖNTEM	SONUÇ
(Dogan, 2016)	1988-2012	Türkiye	RNW, GDP, NRNW, K, L	ARDL, Gregory-Hansen Eşbütünleşme, Johansen Eşbütünleşme, VECM Granger Nedensellik	RNW ⇔ GDP
(Kahia, Ben Aïssa, & Charfeddine, 2016)	1980-2012	13 Ortadoğu-Kuzey Afrika Net Petrol İhracatçı Ülke	RNW, GDP, NRNW, K, L, Sabit Sermaye Oluşumu	Panel FMOLS, Panel Granger Nedensellik	RNW ⇔ GDP (5 Ülke)
(Alper & Oguz, 2016)	1990-2009	10 Yeni AB Ülkesi	RNW, GDP, NRNW, L, Sabit Sermaye Oluşumu	ARDL, Hatemi Nedensellik	RNW → GDP (1 Ülke) GDP → RNW (1 Ülke) RNW-Ø-GDP (5 Ülke)
(Destek, 2016)	1971-2011	Yeni Sanayileşen Ülkeler	RNW, GDP, K, L	ARDL, Hatemi Nedensellik	RNW → GDP (1 Ülke) GDP → RNW (2 Ülke) RNW-Ø-GDP (2 Ülke) RNW ⇔ GDP (1 Ülke)
(Bhattacharya, Paramati, Ozturk, & Bhattacharya, 2016)	1991-2012	38 Ülke	RNW, GDP, NRNW, L, Sabit Sermaye Oluşumu	Pedroni Panel Eşbütünleşme, Panel DOLS, Panel Granger Nedensellik	RNW → GDP
(Naseri, Motamedi, & Ahmadian, 2016)	1990-2012	OECD Ülkeleri	RNW, GDP	ARDL, Johansen Eşbütünleşme	RNW → GDP
(Rafindadi & Ozturk, 2017)	1971Q1-2013Q4	Almanya	RNW, GDP, K, L	Bayer-Hanck Eşbütünleşme, ARDL, Johansen Eşbütünleşme, VECM Granger Nedensellik	RNW ⇔ GDP
(Bélaïd & Youssef, 2017)	1980-2012	Cezayir	RNW, GDP, NRNW, CO2	ARDL, VECM Granger Nedensellik	RNW-Ø-GDP

Tablo III. Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme İlişisini İnceleyen Ampirik Çalışmalar (Devamı III)

(YAZAR, YIL)	ÇALIŞMA DÖNEMİ	ÇALIŞMA YAPILAN ÜLKELER	DEĞİŞKENLER	KULLANILAN YÖNTEM	SONUÇ
(Paramati, Mo, & Gupta, 2017)	1991-2012	G20 Ülkeleri	RNW, GDP, NRNW, CO2, Sabit Sermaye Oluşumu, Doğrudan Yabancı Yatırımlar, Enerji Verimliliği, Piyasa Kapitalizasyonu	Panel Eşbütünleşme, Dumitrescu- Hurlin Nedensellik	RNW ⇔ GDP (Gelişmekte Olan Ülkeler)
(Koçak & Şarküneşi, 2017)	1990-2012	9 Balkan ve Karadeniz Ülkesi	RNW, GDP, L, K	Pedroni Panel Eşbütünleşme, Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik	RNW ⇔ GDP (3 Ülke) RNW → GDP (5 Ülke) RNW-Ø-GDP (1 Ülke) RNW ⇔ GDP (Panel)
(Bhattacharya, Awaworyi Churchill, & Paramati, 2017)	1991-2012	85 Ülke	RNW, GDP, NRNW, CO2, Ekonomik Özgürlük Endeksi, K, L	Panel GMM, FMOLS	RNW → GDP
(Destek & Aslan, 2017)	1980-2012	17 Yükselen Ekonomi	RNW, GDP, NRNW	Panel Nedensellik	RNW → GDP (1 Ülke) GDP → RNW (2 Ülke) RNW ⇔ GDP (2 Ülke)
(Ito, 2017)	2002-2011	42 Gelişmiş Ülke	RNW, GDP, NRNW, CO2	Panel GMM	RNW → GDP
(Brini, Amara, & Jemmali, 2017)	1980-2011	Tunus	RNW, GDP, Dış Ticaret, Petrol Fiyatları	ARDL, Johansen Eşbütünleşme, Granger Nedensellik	RNW → GDP
(Amri, 2017a)	1990-2012	72 Ülke	RNW, GDP, Dış Ticaret,	Panel Eşbütünleşme	RNW ⇔ GDP
(Amri, 2017b)	1980-2012	Cezayir	RNW, GDP, NRNW, K	Gregory-Hansen Eşbütünleşme, ARDL, Granger Nedensellik	RNW → GDP

**RNW:** Yenilenebilir Enerji Tüketimi, **NRNW:** Yenilenemeyen Enerji Tüketimi, **GDP:** Büyüme, **CO2:** Karbondioksit Emisyonu, **L:** İşgücü, **K:** Sermaye

→: Tek Yönlü İlişki, ⇔: Çift Yönlü İlişki, -Ø-İlişki yok

**Kaynak:** Bu tablo tarafımızca oluşturulmuştur.

## IV. EKONOMETRİK METODOLOJİ

Çalışmanın bu bölümünde, öncelikle Augmented Dickey Fuller (ADF) birim kök testi ile bir yapısal kırılmaya izin veren ve kırılma tarihini içsel olarak belirleyen Zivot-Andrews (ZA) birim kök testleri anlatılacak ve sonrasında ise ARDL sınır (eşbütünleşme) testi ile Toda-Yamamoto nedensellik testi hakkında bilgi verilecektir.

### IV.I. Adf Birim Kök Testi

İktisadi zaman serilerinin hata terimlerinin, farklı mertebeden otoregresif sürece tabi olması durumunda serilerin durağan olup olmadığını inceleyen birim kök testidir. 1979 yılında Dickey ve Fuller'ın geliştirmiş olduğu DF birim kök testinin genişletilmiş hali olup zaman serilerinde pek çok nedenden (istikrarsızlıklar, krizler, doğal afetler vb.) dolayı meydana gelen yapısal kırılmaları dikkate almamaktadır. Test üç farklı araştırma hipotezine dayanmaktadır.

Bunlar;

Sabit terimin ve trendin olmadığı modellerde	Sabit terimin bulunduğu modellerde	Sabit terimin ve trendin olduğu modellerde
$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$	$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$	$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$

şeklinde (Gujarati & Porter, 2012:757).

### IV.II. Zivot-Andrews Birim Kök Testi

Perron, 1989 yılında yapmış olduğu çalışma ile yapısal kırılmaların dikkate alınmaması durumunda sapmalı sonuçlar elde edilebileceğini, hatta durağan serilerin durağan olmayan seriler gibi görülebileceğini ifade etmiş, buna bağlı olarak da yapısal kırılmaların dışsal olarak belirlendiği tek kırılmalı bir birim kök testi geliştirmiştir. Ancak bu kırılmaların dışsal olması, dolayısıyla kırılma noktasının gözleme dayalı olması, bağımsızlık varsayımından sapmaya neden olduğu için eleştirilere maruz kalmıştır (Libanio, 2005: 155). Bundan dolayı yapısal değişimlerin içsel olarak belirlendiği pek çok birim kök testi geliştirilmiştir. Zivot-Andrews (1992) birim kök testi de bunlardan biridir.

Bu test için üç model geliştirilmiştir.

- Model A, sadece ortalamada (sabitte) tek kırılmaya izin verir ve

$$y_t = \mu + \beta t + \alpha y_{t-1} + \theta_1 DU(\lambda) + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + e_t$$

şeklinde ifade edilmektedir.

- Model B, sadece eğimde tek kırılmaya izin verir ve

$$y_t = \mu + \beta t + \alpha y_{t-1} + \theta_2 DT(\lambda) + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + e_t$$

şeklinde ifade edilmektedir.

- Model C ise hem ortalamada (sabitte) hem de eğimde tek kırılmaya izin verir ve

$$y_t = \mu + \beta t + \alpha y_{t-1} + \theta_1 DU(\lambda) + \theta_2 DT(\lambda) + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + e_t$$

şeklinde ifade edilmektedir (Zivot ve Andrews, 1992: 254).

Modellerde,  $t = 1, 2, \dots, T$  olmak üzere zamanı,  $T_B$  kırılma zamanını,  $\lambda = T_B / T$  ise  $\lambda \in (0.15, 0.85)$  olmak üzere kırılma noktasını göstermektedir. Burada DU ve DT kukla değişkenleri ise sırasıyla ortalamadaki ve trenddeki kırılmaları ifade etmekte olup

$$DU1_t = \begin{cases} 1 & t > TB \text{ iken,} \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad DT1_t = \begin{cases} t - TB & t > TB \text{ iken,} \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

şeklinde gösterilmektedir.

Burada kırılma noktasının tahmini için ihtimal dahilindeki tüm olası kırılma tarihlerine farklı gölge değişkenler verilerek en küçük kareler yöntemiyle (EKK) regresyonlar kurulur.  $t=2, \dots, (T-1)$  için ardışık olarak (T-2) sayıda kurulan regresyon modellerinden elde edilen tahminlerden,  $y_{t-1}$  'in katsayısı olan  $\alpha$ 'nın t istatistiğini en küçük yapan değer kırılma tarihi olarak belirlenir (Glynn vd., 2007: 68).

#### IV.III. Sınır (ARDL Eşbütünleşme) Testi

Pesaran ve Pesaran (1997) ile Pesaran, Shin & Smith (2001)'nin yapmış olduğu çalışmalar tarafından geliştirilerek literatüre kazandırılan ARDL sınır testi değişkenler arasındaki eşbütünleşme (uzun dönem) ilişkisini incelemektedir. Serilerin aynı mertebeden durağan olduğunu varsayan diğer eşbütünleşme testlerine nazaran ARDL sınır testi, değişkenlerin durağanlık seviyelerinin önceden belirlenmesine gerek görmemektedir. Dolayısıyla bu test, serilerin hepsi  $I(0)$ 'ken veya  $I(1)$ 'ken ya da bu iki durumun birleşimiyken kullanılabilir. Sadece değişkenlerin 2. mertebeden durağan olabilme ihtimaline karşı

## 15 Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasında Nedensellik İlişkisi

durağanlıklar kontrol edilmektedir. Bu testte, kısıtsız hata düzeltme modeli kullandığından dolayı test istatistikleri küçük örneklerde daha güvenilir ve iyi sonuçlar vermektedir (Narayan ve Narayan, 2005:429).

ARDL sınır testi, üç adımdan meydana gelmektedir. İlk adımda değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığı tespit edilmektedir. İkinci adımda, eşbütünleşmenin varlığı altında uzun dönem katsayıları belirlenmektedir ve son adımda ise kısa dönem katsayılarının tahminine geçilmektedir.

Testin ilk adımında kullanılan kısıtsız hata düzeltme modeli çalışmamıza göre

$$\Delta LNGDP = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_{1i} \Delta LNGDP_{t-i} + \sum_{i=0}^m \alpha_{2i} \Delta LNRNW_{t-i} + \alpha_3 LNGDP_{t-1} + \alpha_4 LNRNW_{t-1} + \varepsilon_t$$

şeklindedir.<sup>1</sup>

Burada kullanılan F testi gecikme uzunluğuna karşı aşırı duyarlı olduğundan dolayı öncelikle farkı alınmış değişkenlerin gecikme uzunluğuna bilgi kriterleriyle karar verilmelidir (Bahmani-Oskooee & Goswami, 2003)

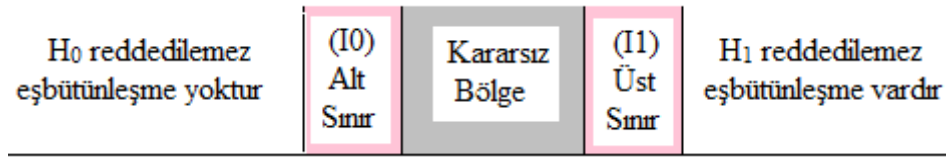
Çalışmamıza uyarlanmış hipotez ise

$H_0: \alpha_3 = \alpha_4 = 0$  (Eşbütünleşme ilişkisi yoktur)

$H_1: \alpha_3 \neq \alpha_4 \neq 0$  (Eşbütünleşme ilişkisi vardır)

şeklinde ifade edilmektedir.

Sınır testinin kritik değerleri bir alt sınır (I0) ile bir üst sınırdan (I1) oluşmaktadır (Pesaran, 2001). Hesaplanan F test istatistiğine göre testin karar mekanizması,



şeklindedir.

### IV.IV. Toda-Yamamoto Nedensellik Testi

Granger Nedensellik Testi'nin yapılabilmesi için öncelikle serilerin durağanlıklarına sonrasında ise eşbütünleşik olup olmadıklarına bakılmaktadır. Toda ve Yamamoto (1995)

<sup>1</sup> Δ (Delta), birinci dereceden farkları, m ise gecikme uzunluğunu göstermektedir.

tarafından geliştirilmiş olan nedensellik testinde ise bu şart ortadan kalmaktadır. VAR (vektör otoregresif) modeline dayalı olarak geliştirilmiş olan bu yöntemde durağanlıkların ve eşbütünleşme ilişkisinin önceden belirlenmesine gerek görülmemektedir. Modelin doğru tahmin edilebilmesi için VAR modelinin optimal gecikme uzunluğu  $k$  ile serilerdeki maksimum bütünleşme derecesini gösteren  $d_{\max}$  'ın bilinmesi yeterlidir.<sup>2</sup> Böylece bilgi kaybı önlenerek değişkenler seviyesinde analize dahil edilebilmektedir.

Testin yapılabilmesi için öncelikle gecikme uzunluğu  $k + d_{\max}$  olan VAR modeli tahmin edilir, sonrasında ise parametreler tahmin edilerek nedensellik analizi gerçekleştirilir. Burada araştırılan seriler düzeyde durağan ise VAR modeline herhangi bir gecikme eklenemediğinden dolayı Toda-Yamamoto nedensellik testi ile Granger nedensellik testi birbirine eşit olmaktadır.

Testin modeli;

$$Y_t = \delta_0 + \sum_{i=1}^{k+d_{\max}} \alpha_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{k+d_{\max}} \alpha_{2i} X_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (1)$$

$$X_t = \delta_0 + \sum_{i=1}^{k+d_{\max}} \beta_{1i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^{k+d_{\max}} \beta_{2i} Y_{t-i} + \varepsilon_{2t} \quad (2)$$

şeklindedir.

(1). modelin hipotezi

$$H_0: \alpha_{2i} = 0 \quad X, Y \text{'nin Granger nedeni değildir.}$$

$$H_1: \alpha_{2i} \neq 0 \quad X, Y \text{'nin Granger nedenidir.}$$

şeklinde;

(2). modelin hipotezi ise

$$H_0: \beta_{2i} = 0 \quad Y, X \text{'nin Granger nedeni değildir.}$$

$$H_1: \beta_{2i} \neq 0 \quad Y, X \text{'nin Granger nedenidir.}$$

şeklindedir.

Burada test istatistiği, serbestlik derecesi  $k$  olan ve  $i \leq k$  olmak üzere,  $\chi^2$  dağılımına tabi olan Wald Testi'yle sınanmaktadır.

<sup>2</sup>  $d_{\max} > k$  olur ise Toda-Yamamoto Nedensellik Testi uygulanamamaktadır.



## V. VERİ SETİ VE UYGULAMA SONUÇLARI

Bu çalışmada Türkiye için 1980-2015 dönemini kapsayan 2011 fiyatlarıyla ABD Doları cinsinden kişi başına düşen gayrisafi yurtiçi hasıla ile kişi başına yenilenebilir enerji (hidroelektrik dahil) tüketimi değişkenleri dikkate alınmıştır. Değişkenlerden LNGDP değişkeni gayri safi yurt içi hasılayı, LNRNW değişkeni ise kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketimini temsil etmektedir. Veriler LNGDP için Dünya Bankası (World Development Indicators); LNRNW için BP istatistiklerinden derlenmiş ve değişkenler logaritması alınarak modele dahil edilmiştir. Nüfus verisi için de yine Dünya Bankası verilerine başvurulmuştur.

Literatür özetindeki Türkiye çalışmalarında kullanılan yenilenebilir enerji verileri Dünya Bankası'nın Dünya Kalkınma Göstergelerinden derlenmiştir. Ocal & Aslan (2013) ve Dogan (2016) çalışmalarında yenilenebilir enerji tüketimi göstergesi olarak yanıcı yenilenebilirler ve atıkları (katı biyokütle, sıvı biyokütle, biyogaz, endüstriyel atık ve belediye atığı) kullanırken; Dogan (2015) yenilenebilir enerji kaynaklarından (jeotermal, güneş, gelgitler, rüzgar, biyokütle ve biyoyakıt) sağlanan elektrik üretimini kullanmıştır. Bu üç çalışmada da hidroelektrik santraller analiz dışı bırakılmıştır. Bu çalışmada ise, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, atık ve su (HES) kaynaklarının tüketimi gösterge olarak kullanılmıştır.

Analizde kullanılan seriler için ADF birim kök testi ile tek yapısal kırılmaya izin veren ZA birim kök testleri kullanılarak değişkenlerin durağanlıkları incelenmiştir. Sınama istatistiklerine göre sonuçlar birbiriyle çelişmemektedir ve her iki değişken de tek yapısal kırılmayla birlikte 1. farkında durağandır.

Tablo IV: ADF Birim Kök Testleri

<b>LNGDP için ADF Birim Kök Testi</b>				
	<b>Test ist.</b>	<b>1% kritik değeri</b>	<b>5% kritik değeri</b>	<b>10% kritik değeri</b>
<b>I(0)</b>	-3.287597	-4.243644	-3.544284	-3.204699
<b>I(1)</b>	-6.485043	-4.252879	-3.548490	-3.207094
<b>Sonuç</b>	I(1) seri durağandır.			
<b>LNRNW için ADF Birim Kök Testi</b>				
	<b>Test ist.</b>	<b>1% kritik değeri</b>	<b>5% kritik değeri</b>	<b>10% kritik değeri</b>
<b>I(0)</b>	-3.201697	-4.243644	-3.544284	-3.204699
<b>I(1)</b>	-7.155341	-4.252879	-3.548490	-3.207094
<b>Sonuç</b>	I(1) seri durağandır.			

Tablo V: ZA Birim Kök Testleri

LNGDP için ZA Birim Kök Testi					
	Test İst.	1% kritik değ.	5% kritik değ.	10% kritik değ.	Kırılma Nok.
I(0)	-4.181205	-5.57	-5.08	-4.82	1999
I(1)	-6.963608	-5.34	-4.93	-4.58	2003
<b>Sonuç:</b> I(1) seri tek yapısal kırılma ile durağandır.					
Max gecikme uzunluğu Schwarz bilgi kriterine göre 9 olup uygun gecikme uzunluğu 0'dır.					
LNRNW için ZA Birim Kök Testi					
	Test İst.	1% kritik değ.	5% kritik değ.	10% kritik değ.	Kırılma Nok.
I(0)	-4.772352	-5.57	-5.08	-4.82	1999
I(1)	-7.435203	-5.34	-4.93	-4.58	1997
<b>Sonuç:</b> I(1) seri tek yapısal kırılma ile durağandır.					
Max gecikme uzunluğu Schwarz bilgi kriterine göre 9 olup uygun gecikme uzunluğu 0'dır.					

ARDL modelinde yenilenebilir enerjinin bağımlı değişken olduğu spesifikasyonda, ilk adımın gerçekleştirilerek eşbütünlüğün tespit edilebilmesi için uygun gecikme uzunluğu AIC'ye göre 4 olarak seçilmiştir. Eşbütünlük için hesaplanan test istatistiğinin, %5 anlamlılık düzeyindeki kritik üst sınır değeri (I1) olan 4,16'dan küçük olduğu belirlenmiştir. Temel hipotez reddedilemeyerek değişkenler arasında uzun dönem ilişkisi olmadığı sonucuna varılmıştır.

Fhes=3.264312		(I0)	Kararsız Bölge	(I1)	H <sub>1</sub> reddedilemez eşbütünlük vardır
H <sub>0</sub> reddedilemez	1%	4.94		5.58	
eşbütünlük yoktur	5%	3.62		4.16	
	10%	3.02		3.51	
modeldeki bağımsız değişken sayısı: k=1					

ARDL modelinde gayrisafi yurtiçi hasılanın bağımlı değişken olduğu spesifikasyonda ise ilk adımın gerçekleştirilerek eşbütünlüğün tespit edilebilmesi için uygun gecikme uzunluğu AIC'ye göre 4 olarak seçilmiştir. Eşbütünlük için hesaplanan test istatistiğinin, %5 anlamlılık düzeyindeki kritik üst sınır değeri (I1) olan 4,16'dan büyük olduğu belirlenmiştir. Temel hipotez reddedilerek değişkenler arasında uzun dönem ilişkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

## 19 Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasında Nedensellik İlişkisi

Tablo VI: ARDL Sınır Testi Sonuçları

		(I0)		(I1)	Fhes=4.251980
$H_0$ reddedilemez eşbütünleşme yoktur	1%	4.94	Kararsız Bölge	5.58	$H_1$ reddedilemez eşbütünleşme vardır
	5%	3.62		4.16	
	10%	3.02		3.51	

modeldeki bağımsız değişken sayısı: k=1

İkinci adımda uzun dönem katsayılarının tahmini için maksimum gecikme uzunluğu 9 olarak seçilmiş ve AIC ile uygun gecikme uzunluğu 4 bulunmuştur. Gecikmeye uygun model ise ARDL(1,1) olarak belirlenmiştir.

Tablo VII: ARDL (1,1) Modelinin Tahmin Sonuçları

Değişkenler	Katsayılar	Std. Hata	t-İstatistiği	Prob.
D(LNRNW)	0.095671	0.032740	2.922148	0.0064
C	0.605256	0.528918	1.144329	0.2612
LNRNW(-1)	0.033511	0.035635	0.940387	0.3543
LNGDP(-1)	-0.057260	0.051553	-1.110715	0.2752

ARDL (1,1) modelinin diagnostik test sonuçları incelenmiştir. Sonuçlara göre modelin herhangi bir değişken varyans ile otokorelasyon sorunu içermediği ve normal dağılım sergileyerek model kurma hatasının bulunmadığı tespit edilmiştir.

Tablo VIII: ARDL (1,1) Modeli için Diagnostik Testler

Tanısal Testler <sup>3</sup>	LM	BPG	JB	RR
$X^2$	1.4568	2.4097	3.4959	0.0480
p değeri	0.4827	0.4918	0.1741	0.8280

ARDL (1,1) modelinin tahmin sonuçlarına göre uzun dönem katsayıları istatistiksel olarak anlamlıdır. Katsayılara göre bağımsız değişken LNRNW'deki %1'lik bir değişim bağımlı değişken LNGDP üzerinde %0,58'lik bir artışa neden olmaktadır.

<sup>3</sup> LM; Breush Godfrey LM otokorelasyon testini, BPG; Breush Pagan Godfrey değişen varyans testini, JB; Jarque-Bera normallik testini, RR ise Ramsey Reset model kurma hatası testini göstermektedir.

Tablo IX: Uzun Dönem Katsayıları

Değişkenler	Katsayılar	Std. Hata	t-İstatistiği	Prob.
LNRNW	0.585233	0.301328	1.942176	0.0612
C	10.570250	0.733125	14.418074	0.0000

Modelin kısa döneme ait tahmin sonuçlarının da istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Bağımsız değişken LNRNW’de meydana gelen %1’lik bir değişimin bağımlı değişken LNGDP üzerinde %0,09’luk bir artışa neden olacağı görülmüştür.

Bu sonuçlarına göre hata düzeltme parametresi de istatistiksel olarak anlamlıdır (EC(-1) = -0,057260). Parametrenin işaret ve büyüklüğü beklenildiği yönde seyretmektedir. Bu da hata düzeltme mekanizmasının sorunsuz çalıştığını göstermektedir. Burada kısa dönemde meydana gelen sapmaların yaklaşık %6’sı (=0,057260) bir sonraki dönemde düzelme göstererek uzun dönem ilişki (denge) değerine yaklaşmaktadır. Uzun dönem ilişki değerine tamamen ulaşılabilmesi için yaklaşık 17,46 döneme ( $\approx 17,46$  yıla= 17yıl 6 aya=210 aya) ihtiyaç vardır.

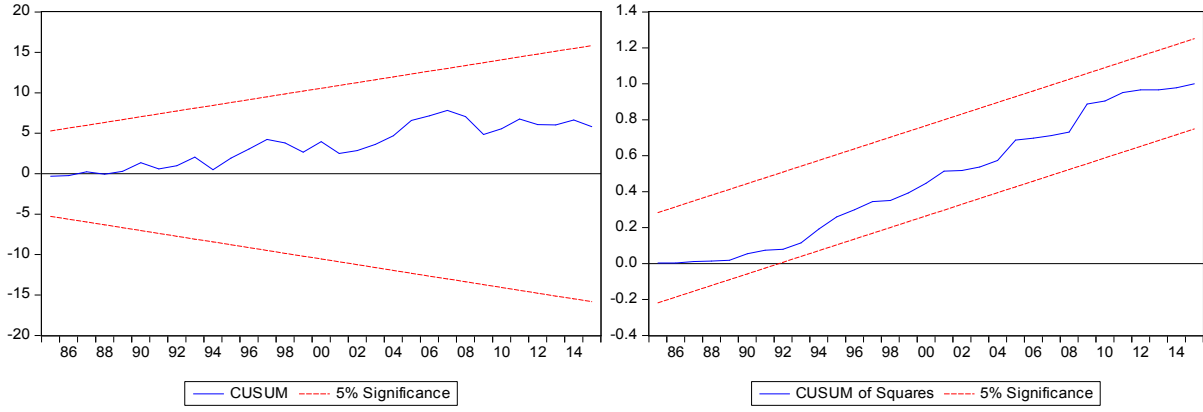
Tablo X: Kısa Dönem ARDL Model Tahmini

Değişkenler	Katsayılar	Std. Hata	t-İstatistiği	Prob.
D(LNRNW)	0.095671	0.027651	3.459941	0.0016
EC (-1)	-0.057260	0.015539	-3.684957	0.0009

ARDL(1,1) modelinin uzun dönem katsayılarında yapısal değişim olup olmadığının (katsayı kararlılığının) belirlenmesinde, katsayılardaki sistematik değişimlerin tespiti için CUSUM, katsayılardaki ani ve tesadüfi değişimlerin tespiti için ise CUSUMQ testleri yapılmıştır (Brown, Durbin & Evans, 1975) .

Kararlılık testlerine göre (Şekil III), hata terimine ait eğriler güven aralığı içerisinde kaldıklarından dolayı parametrelerin kararlı olduğu sonucuna varılmıştır ve istikrarı korumak için yapay değişken eklemeye gerek yoktur.

## 21 Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasında Nedensellik İlişkisi



Şekil III: CUSUM ve CUSUMQ Testi

Seriler arasında tespit edilmiş olan bu uzun dönem ilişkisi aynı zamanda serilerin bir nedensellik ilişkisine sahip olduklarını da göstermektedir. Bu seriler arasındaki nedensellik ilişkisi Toda-Yamamoto yöntemine dayalı Granger nedensellik testi ile incelenmiştir.

Toda-Yamamoto yöntemine dayalı Granger nedensellik testi için uygun gecikme uzunluğu 9, maksimum bütünleşme derecesi ise değişkenler 1. mertebeden durağan olduğundan 1 olarak belirlenmiştir. Test sonuçlarına göre LNRNW, LNGDP'nin Granger nedeni olmak üzere değişkenler arasında tek yönlü Granger Nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Tablo XI: LNGDP ile LNRNW için Toda-Yamamoto Nedensellik Testi

Temel Hipotez	Gecikme Uzunluğu	X <sup>2</sup>	Prob.	Sonuç
LNRNW $\rightarrow$ LNGDP	(k=9)+(d <sub>max</sub> =1)=10	17.25950	0.0448	LNRNW $\rightarrow$ LNGDP
LNGDP $\rightarrow$ LNRNW	(k=9)+(d <sub>max</sub> =1)=10	6.796870	0.6583	LNGDP $\rightarrow$ LNRNW

Burada her ne kadar birim kök ve eşbütünleşme testlerine bakılmış olsa da Toda-Yamamoto testi diğer nedensellik testlerine göre önceden durağanlığa ve eşbütünleşmeye bakmaya gerek duymamaktadır. Özellikle uygulanan eşbütünleşme testi zayıf ise nedensellik testi sonuçları da zayıf olacağından bu test ile eşbütünleşmeyi sınamaya gerek kalmadan ve serilerin farkı alınmadan nedensellik testi yapılmakta böylece bilgi kaybı önlenerek daha sağlıklı sonuçların elde edilmesine imkan verilmektedir.

Analiz sonuçları daha önceki çalışma sonuçlarıyla karşılaştırıldığında Dogan (2015) ile benzer sonuç bulunduğu görülmektedir. Farklı nedensellik testi kullanılmasına rağmen bu çalışmada da büyüme hipotezinin desteklenmesi, daha fazla gözlem sayısı, farklı gösterge, veri kaynağı ve veri hesaplama yöntemi kullanılmasının sonucu olabilir. Aynı şekilde Dogan (2016)

, Dogan (2015) ile aynı yöntemleri fakat farklı veri seti ve gösterge kullanması farklı bir sonucu doğurmuştur. Ocal & Aslan (2013) ise Dogan (2016) ile aynı veri seti ve göstergeleri fakat farklı nedensellik testi kullanması bir başka sonuç ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmanın öncekilerden bir diğer farkı olan gözlem sayısının 36 olması ve son yıllarda yenilenebilir enerji tüketimindeki büyük artışları da içinde barındırması analizi daha güçlü kılmaktadır.

## VI. SONUÇ

Türkiye enerji talebinin dörtte üçünü ithal ettiği fosil yakıtlardan sağlamaktadır. Bu yüksek oran artan dış ticaret açığının temel sebebi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu şekilde bir ithalat ve enerji profili, Türkiye’de sürdürülebilir kalkınma konusunda büyük bir dezavantaj teşkil etmektedir.

Büyüme ve kalkınmanın sürdürülebilirliği, çevrenin sürdürülebilirliği ile mümkündür. Tüm dünyada artan birincil enerji talebi, bu enerjilerin yarattığı yüksek karbon ve sera gazı emisyonlarıyla çevre ve dolayısıyla yaşamı tehdit etmektedir. Türkiye’de de bu konuda çalışmalar yapılmaya başlanmış ve belli hedefler konulmuştur. Ancak konulan hedefler, mevcut durum ve ilerleme, hedeflerin yakalanabileceği konusunda iyimser bir hava verememektedir. Hatta yenilenebilir enerji kaynak kapasitesi olarak çok daha avantajlı olunmasına rağmen, yenilenebilir enerji fakiri ülkelerin bile temiz enerji kullanım oranlarının gerisinde kalınması üzerinde önemle durulması gereken bir konudur.

Bu çalışmada Türkiye’nin 1980-2015 yılları için yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki ele alınmıştır. Daha önceki çalışmalardan farkı, son yılları da kapsayan daha fazla gözlem sayısı, farklı veri hesaplama yöntemi ve yenilenebilir enerji tüketiminde hidroelektrik santrallerin payının eklenmesidir. Bu da analizleri daha güçlü, tutarlı ve sağlıklı kılmaktadır.

Analizler yapılırken ADF ve ZA birim kök testleri, ARDL sınır testi ve Toda-Yamamoto yöntemine dayalı Granger nedensellik testleri kullanılmıştır. İlk olarak birim kök testleriyle tüm değişkenlerin 1. mertebeden durağan oldukları belirlenmiştir. Sonrasında değişkenler arasındaki eşbütünleşme ARDL sınır testiyle tespit edilmiştir. Aralarında uzun dönem ilişkisi bulunan değişkenler için Toda-Yamamoto yöntemine dayalı Granger nedensellik testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü Granger nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Büyüme hipotezinin desteklendiği bu sonuç yenilenebilir enerji tüketimindeki artışların ekonomik büyümeye neden

## 23 Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasında Nedensellik İlişkisi

olacağını ileri sürmektedir. Buna göre, yenilenebilir enerjiler üzerinde uygulanabilecek vergi, fiyat artışı, bürokratik engeller gibi kısıtlama içeren politikalar ülkede refah kaybına yol açacaktır.

Türkiye’de hâlihazırda istenilen seviyelerin çok altında olmasına rağmen yenilenebilir enerji alanında teşvikler uygulanmaktadır. Mevcut potansiyelin üst sınırlarına ulaşma yolunda daha çok mesafe katedilmesi gerektiği aşikârdır. Çalışmanın analiz sonuçlarına paralel olarak şu politika önerilerinde bulunulabilir:

- Yenilenebilir enerji kurulum maliyetlerinin düşürülmesine yönelik politikalar uygulanmalı,
- Yenilenebilir enerji santrali için yerli üretim malzeme kullanılmalı,
- Toplu taşımada raylı sistemlerin oranı arttırılmalı,
- Elektrikli araçların kullanımı arttırılmalı,
- Yenilenebilir enerji için vergi indirim ve vergi muafiyetleri uygulanmalı, gerektiğinde devlet sübvans e tmeli,
- Yenilenebilir enerji için lisans alımında kolaylıklar sağlanmalı,
- Yenilenebilir enerjiden üretilen enerjinin şebekeye satın alımı yüksek fiyattan garanti altına alınmalı,
- Yeni yapılan binaların yenilenebilir enerjiye uygun yapılması sağlanmalı,
- Yenilenebilir enerji için bölgesel yatırım teşviklerine gidilmeli,
- Yenilenebilir enerji için uygun arazi kullanım imkanları yaratılmalı,
- Yenilenebilir enerji konusunda Ar-Ge çalışmalarına daha fazla pay ayrılmalı,
- Yenilenebilir enerji lisansı başvurularında bürokratik engeller azaltılmalı,
- Lisans ve lisansüstü bazı programlarda yenilenebilir enerji ile ilgili dersler okutulmalı,
- Yenilenebilir enerji ile üretilen enerjinin iletim ve depolanması için uygun koşullar sağlanmalı ve
- En önemlisi de enerji tüketiminde verimliliğe ve enerji tasarrufuna önem verilmeli ve bu konuda kitle iletişim araçları ile toplum bilinçlendirilmelidir.

## REFERANSLAR

- Al-mulali, U., Fereidouni, H. G., & Lee, J. Y. M. (2014). Electricity consumption from renewable and non-renewable sources and economic growth: Evidence from Latin American countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30(Supplement C), 290-298.
- Al-mulali, U., Fereidouni, H. G., Lee, J. Y., & Sab, C. N. B. C. (2013). Examining the bi-directional long run relationship between renewable energy consumption and GDP growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22(Supplement C), 209-222.
- Alper, A., & Oguz, O. (2016). The role of renewable energy consumption in economic growth: Evidence from asymmetric causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60(Supplement C), 953-959.
- Amri, F. (2016). The relationship amongst energy consumption, foreign direct investment and output in developed and developing Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 64(Supplement C), 694-702.
- Amri, F. (2017a). Intercourse across economic growth, trade and renewable energy consumption in developing and developed countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69(Supplement C), 527-534.
- Amri, F. (2017b). The relationship amongst energy consumption (renewable and non-renewable), and GDP in Algeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76(Supplement C), 62-71.
- Apak, S., Atay, E., (2013). Industrial Policy and Climate Change Management of Turkey as an EU candidate country, *Social and Behavioral Sciences*, 75, 246 – 254
- 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. (2011a). Renewable and non-renewable electricity consumption–growth nexus: Evidence from emerging market economies. *Applied Energy*, 88(12), 5226-5230.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2011b). 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.
- Aytaç, D. (2010). Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Çok Değişkenli VAR Yaklaşımı ile Tahmini. *Maliye Dergisi*, 158, 482-495.
- Bahmani-Oskooee, M. M. ve G. G. Goswami (2003). “A disaggregated approach to test the J-Curve phenomenon: Japan versus her major trading partners”, *Journal of Economics and Finance*, 27 (1), 102-113.
- Bélaïd, F., & Youssef, M. (2017). Environmental degradation, renewable and non-renewable electricity consumption, and economic growth: *Assessing the evidence from Algeria*. *Energy Policy*, 102(Supplement C), 277-287.



## 25 Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasında Nedensellik İlişkisi

- Ben Jebli, M., & Ben Youssef, S. (2015). Output, renewable and non-renewable energy consumption and international trade: Evidence from a panel of 69 countries. *Renewable Energy*, 83(Supplement C), 799-808.
- Bhattacharya, M., Awaworyi Churchill, S., & Paramati, S. R. (2017). The dynamic impact of renewable energy and institutions on economic output and CO2 emissions across regions. *Renewable Energy*, 111(Supplement C), 157-167.
- 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(Supplement C), 733-741.
- Bildirici, M. E., Bakırtaş, T., & Kayıkçı, F. (2012). Economic Growth And Electricity Consumption: An ARDL Analysis. *Journal of Energy in Southern Africa*, 23(4), 29-45
- Brini, R., Amara, M., & Jemmali, H. (2017). Renewable energy consumption, International trade, oil price and economic growth inter-linkages: The case of Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76(Supplement C), 620-627.
- BP, (2017). Statistical Review of World Energy, <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/excel/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-underpinning-data.xlsx>
- Brown, R. L., J. Durbin ve J. M. Evans; (1975). "Techniques for Testing the Constancy of Regression Relations over Time", *Journal of Royal Statistical Society, Series B*, 37, ss.149-163.
- Chang, T., Gupta, R., Inglesi-Lotz, R., Simo-Kengne, B., Smithers, D., & Trembling, A. (2015). Renewable energy and growth: Evidence from heterogeneous panel of G7 countries using Granger causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52(Supplement C), 1405-1412.
- Çapık, M., Yılmaz A. O., Çavuşoğlu, İ, (2012). Present situation and potential role of renewable energy in Turkey, *Renewable Energy* 46, 1-13
- Çukurçayır, M., & Sağır, H. (2008). Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20, 257-278.
- Destek, M. A. (2016). Renewable energy consumption and economic growth in newly industrialized countries: Evidence from asymmetric causality test. *Renewable Energy*, 95(Supplement C), 478-484.
- Destek, M. A., & Aslan, A. (2017). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in emerging economies: Evidence from bootstrap panel causality. *Renewable Energy*, 111(Supplement C), 757-763.
- Dickey, David A. and Wayne A. Fuller (1979). "Distribution Of The Estimators For Autoregressive Time Series With A Unit Root", *Journal of American Statistical Association*, No. 74, 427-431.
- 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(Supplement C), 534-546.
- Dogan, E. (2016). Analyzing the linkage between renewable and non-renewable energy consumption and economic growth by considering structural break in time-series data. *Renewable Energy*, 99(Supplement C), 1126-1136.

- Fang, Y. (2011). Economic welfare impacts from renewable energy consumption: The China experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 5120-5128.
- Glynn, John; Nelson Perera ve Reetu Verma (2007), "Unit Root Tests and Structural Breaks: A Survey with Applications", *Journal of Quantitative Methods for Economics and Business Administration*, Vol: 3, No: 1; 63-79
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2012). *Temel Ekonometri* (Ü. Şenesen & G. G. Şenesen, Trans. 5 ed.). İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Ito, K. (2017). CO2 emissions, renewable and non-renewable energy consumption, and economic growth: Evidence from panel data for developing countries. *International Economics*, 151(Supplement C), 1-6.
- Kahia, M., Ben Aïssa, M. S., & Charfeddine, L. (2016). Impact of renewable and non-renewable energy consumption on economic growth: New evidence from the MENA Net Oil Exporting Countries (NOECs). *Energy*, 116(Part 1), 102-115.
- Koçak, E., & Şarkgüneşi, A. (2017). The renewable energy and economic growth nexus in Black Sea and Balkan countries. *Energy Policy*, 100(Supplement C), 51-57.
- Lıbanio, G.A. (2005). Unit Roots in Macroeconomic Time Series: Theory, Implications, and Evidence. *Nova Economia*, vol. 15, no. 3, pp.145-176.
- Lin, B., & Moubarak, M. (2014). Renewable energy consumption – Economic growth nexus for China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40(Supplement C), 111-117.
- Narayan, P. K. ve S. Narayan (2005), "Estimating income and price elasticities of imports for Fiji in a cointegration framework", *Economic Modelling*, 22 (3), 423-438.
- Naseri, S. F., Motamedi, S., & Ahmadian, M. (2016). Study of Mediated Consumption Effect of Renewable Energy on Economic Growth of OECD Countries. *Procedia Economics and Finance*, 36(Supplement C), 502-509.
- Ocal, O., & Aslan, A. (2013). Renewable energy consumption–economic growth nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28(Supplement C), 494-499.
- Ozturk, I. (2010). A literature survey on energy–growth nexus. *Energy Policy*, 38(1), 340-349.
- Pao, H.-T., & Fu, H.-C. (2013). Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25(Supplement C), 381-392.
- Paramati, S. R., Mo, D., & Gupta, R. (2017). The effects of stock market growth and renewable energy use on CO2 emissions: Evidence from G20 countries. *Energy Economics*, 66(Supplement C), 360-371.
- Perron, P. (1989). The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis, *Econometrica*, vol. 57, no. 6, pp.1361-1401.
- Pesaran, M. H. ve B. Pesaran (1997). Working with Microfit 4.0: Interactive Econometric Analysis, <http://www.oup.com/Oxford University Press>. Pesaran, M. H., Y. Shin ve R. J. Smith (2001), "Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships", *Journal of Applied Econometrics*, 16 (3), 289-326.
- Pesaran, M.H., Shin, Y., and Smith, R.J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16 (3), 289-326.

## 27 Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasında Nedensellik İlişkisi

- Rafindadi, A. A., & Ozturk, I. (2017). Impacts of renewable energy consumption on the German economic growth: Evidence from combined cointegration test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75(Supplement C), 1130-1141.
- Saidi, K., & Ben Mbarek, M. (2016). Nuclear energy, renewable energy, CO2 emissions, and economic growth for nine developed countries: Evidence from panel Granger causality tests. *Progress in Nuclear Energy*, 88(Supplement C), 364-374.
- Salim, R. A., Hassan, K., & Shafiei, S. (2014). Renewable and non-renewable energy consumption and economic activities: Further evidence from OECD countries. *Energy Economics*, 44(Supplement C), 350-360.
- Sebri, M., & Ben-Salha, O. (2014). On the causal dynamics between economic growth, renewable energy consumption, CO2 emissions and trade openness: Fresh evidence from BRICS countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39(Supplement C), 14-23.
- Shahbaz, M., Loganathan, N., Zeshan, M., & Zaman, K. (2015). Does renewable energy consumption add in economic growth? An application of auto-regressive distributed lag model in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44(Supplement C), 576-585.
- Simsek, H. A., Simsek, N., (2013). Recent incentives for renewable energy in Turkey, *Energy Policy*, 63, 521-530
- Şimşek, N., (2011). Türkiye'nin Çevresel Enerji Etkinliği ve Toplam Faktör Verimliliği: Karşılaştırmalı Bir Analiz, *EGE Akademik Bakış*, 11(3), 379-386
- TEİAŞ, Türkiye Elektrik Üretim-İletim 2016 Yılı İstatistikleri, (2017). <https://www.teias.gov.tr/tr/i-kurulu-guc>
- Toda, Hiro Y. ve Taku Yamamoto (1995). "Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Processes", *Journal of Econometrics*, Vol: 66, No: 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.
- Üstün, A. K., Apaydın, M., Başaran Filik, Ü., & Kurban, M. (2009). Kyoto Protokolü Kapsamında Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikalarına Genel Bir Bakış. Paper presented at the 5.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır.
- Voigt, S., De Cian E., Schymura, M., Verdolini, E., (2014). Energy intensity developments in 40 major economies: Structural change or technology improvement?, *Energy Economics* 41, 47-62
- World Bank, World Development Indicators (2017). Turkey <http://api.worldbank.org/v2/en/country/TUR?downloadformat=excel>
- Yildirim, E., Saraç, Ş., & Aslan, A. (2012). Energy consumption and economic growth in the USA: Evidence from renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(9), 6770-6774.
- Zivot, E., Andrews, D. (1992). Further Evidence On The Great Crash, The Oil Price Shock, and The Unit Root Hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, vol. 10, no. 3, pp.251-270.