



TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER: TODA-YAMAMOTO NEDENSELLİK TESTİ

Dilek ATILGAN¹

ÖZET

Artan çevresel kaygılar nedeniyle yenilenebilir enerji tüketimini etkileyen faktörlerin araştırılması gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde önemli konular arasında yer almaktadır. Bu bakımdan güvenilir ve sürdürülebilir bir enerji geleceği tartışmasında yenilenebilir enerji tüketiminin temel belirleyicilerini tespit etmek ve enerji politikası için sonuç çıkarımları yapmak zorunluluk haline gelmiştir. Bu araştırma, 1990-2015 döneminde Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimi, gelir ve enerji ithalatı arasında eşbütünlük ve nedensellik ilişkisini incelemektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi ve ilgili değişkenler arasında uzun dönemli ilişki bulunmakta iken, nedensellik test bulguları gelirden enerji ithalatına tek yönlü, enerji ithalatından yenilenebilir enerji tüketimine, yenilenebilir enerji tüketiminden enerji ithalatına çift yönlü nedensellik ilişkisini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Eşbütünlük Testi, Nedensellik Analizi.

FACTORS AFFECTING RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION IN TURKEY: TODA-YAMAMOTO CAUSATION TEST

ABSTRACT

Due to increasing environmental concerns, investigating the factors affecting renewable energy consumption is among the important issues in developed and developing countries. In this regard, in the discussion of a reliable and sustainable energy future, it has become imperative to identify the main determinants of renewable energy consumption and make conclusions for energy policy. This research examines the cointegration and causality relationship between renewable energy consumption, income and energy imports in Turkey in the period 1990-2015. While there is a long-term relationship between renewable energy consumption and related variables, causality test findings show a one-way causality relationship from income to energy imports, a bidirectional causality relationship from energy imports to renewable energy consumption, and from renewable energy consumption to energy imports.

Key Words: Renewable Energy, Cointegration, Causality Analysis

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İİBF / İktisat Bölümü, dilekatilgan@ksu.edu.tr,
ORCID:0000-0002-3776-558X

Geliş Tarihi: 18.01.2024 / Kabul Tarihi: 02.04.2024 Çalışma Türü: Araştırma Makalesi

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemiştir. Turnitin/Ithenticate/İntihal ile İntihal Kontrolünden Geçmiştir. Screened for Plagiarism by Turnitin/Ithenticate/İntihal Licenced by CC-BY-NC ile lisanslıdır

GİRİŞ

Çağımızın en önemli sorunlarından biri küresel ısınma problemidir. Bu problem nedeniyle doğanın dengesi bozulmaktadır (Tebaldi vd., 2021: 746). Küresel ısınma şiddetli kuraklıklara yol açmakta ve mevsimler tam olarak yaşanmamaktadır. Bu durum hayvan türlerinin çoğalamamasına ve birçok hayvan türünün yok olmasına neden olmaktadır (Rjoub vd., 2021: 4). Küresel ısınmanın en önemli nedenlerinden biri enerji üretiminde fosil yakıtların tercih edilmesidir. Fosil yakıtlarının kullanımındaki artış karbon salınımının artmasına neden olmaktadır (Mikayilov vd., 2020: 2). Küresel ısınma sorununu en aza indirmenin en iyi yollarından biri enerji üretiminde fosil yakıt kullanımından vazgeçmektir. Yenilenebilir enerji kaynakları (hidro, jeotermal, güneş, rüzgar vb.) fosil yakıtlarının (kömür, petrol ve doğalgaz) alternatiflerindedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji sürecinde atmosfere karbondioksit salınımı olmamaktadır. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulum maliyeti fosil yakıtlara göre oldukça yüksektir. Bu durum yatırımcıların yenilenebilir enerji projelerine yönelik kaygılarının arttırmasına neden olmaktadır (Zhe vd., 2021: 1). Dolayısıyla yenilenebilir enerji yatırımlarını arttırmak için bazı önlemler alınmaktadır. Yenilenebilir enerji projelerine vergi avantajı önlemlerin başında gelmektedir (Xie vd., 2021:43021).

Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye, yüksek nüfus artışına sahiptir. Bu bakımdan Türkiye'nin enerji ihtiyacı her geçen gün artmakta ve artan enerji talebi kısıtlı fosil enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Türkiye ihtiyacı olan enerjinin büyük bir kısmını ithalat yoluyla karşılamaktadır. Bu durum cari açığa, ekonomik bağımlılığa ve ekonomik sorunlara neden olmaktadır. Bu sorunların yükünü hafifletmek için yenilenebilir enerji kaynak kullanımına yönelim elzemdir. Türkiye, dört mevsimin aktif olarak yaşandığı bir ülke olmasından dolayı ciddi bir yenilenebilir enerji potansiyeline sahiptir. 2020 yılı itibariyle Türkiye'de toplam yenilenebilir enerji tüketimi içerisinde en büyük pay %67 ile hidroelektrik enerjidir. Rüzgâr enerjisi %16 ile ikinci, güneş enerjisi ise %12'lik pay ile üçüncü sırada yer almaktadır. Jeotermal ve biyokütle enerjisi bu çerçevede en düşük ağırlıklara sahiptir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023).

Bu çalışma, Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketimini etkileyen faktörleri araştırmayı amaçlamaktadır. Johansen eşbütünleşme ve Toda Yamamoto nedensellik testlerinin uygulandığı çalışmada 1990-2015 yıllık verileri kullanılmaktadır. Türkiye'de artan nüfus ile birlikte enerji talebi de artış eğilimi göstermektedir. Ancak Türkiye enerji ithal eden ülke olmasından dolayı ağırlıklı olarak enerji ithalatından kaynaklanan bir cari açık sorunuyla karşı karşıyadır. Dolayısıyla bu çalışmanın temel katkısı, Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketimini etkileyen faktörlerin tespit edilmesini sağlamaktır. Ayrıca bulgular, Türkiye'nin sürdürülebilir sosyal ve ekonomik kalkınmaya katkıda bulunan yenilenebilir enerji yatırımlarını arttırması için uygun stratejilerin sağlanmasında faydalı olacaktır. Yenilenebilir enerji tüketim verisinin 1990-2015 dönemi için elde edilmesi çalışmanın sınırlılığını oluşturmaktadır.

Çalışma şu şekilde düzenlenmiştir. Yenilenebilir enerji tüketimini etkileyen faktörlere yönelik "Literatür araştırması" bölümü, daha sonra çalışmada kullanılan "veri seti, yöntem ve bulgular" bölümünde rapor edilmektedir. Çalışma son bölümdeki ilgili konuya dair sonuç, politika ve gelecekteki çalışmalar için öneriler aktarılmıştır.

1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yenilenebilir enerji tüketimini etkileyen faktörlerin araştırılmasına yönelik literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. İlgili çalışmaların üç grupta ele alındığı söylenebilmektedir. İlk grup yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini araştırmaktadır. Bu konuda ki genel görüş yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde etkili olduğu yönündedir (Apergis ve Payne

(2010); Omri, (2014); Sadorsky, (2019)). İkinci grup kurumsal ve siyasi faktörlerin yenilenebilir enerji tüketimi üzerindeki etkisine odaklanmıştır. Bulgulara göre, demokrasi yenilenebilir enerji tüketiminde önemli bir faktördür (Sequeire ve Santos (2018); Ramalho vd., (2018); Chen vd. (2021)). Üçüncü grup ise finansal gelişmenin yenilenebilir enerji tüketimi üzerindeki etkisini incelemektedir. Sonuçlar, finansal gelişmenin yenilenebilir enerji kullanımında önemli bir belirleyici olduğunu göstermektedir (Eren vd., (2019); Shahbaz vd. (2021); Doğan ve Doğan (2021); Saadaoui ve Chtourou (2023)). Bu çalışma modele dâhil edilen gelir ve enerji ithalatı değişkenlerinin yenilenebilir enerji tüketimini üzerindeki etkisini açıklamaktadır. Konuya dair literatür incelemesi aşağıda sunulmaktadır.

Apergis ve Payne (2010) tarafından yapılan çalışmada, 20 OECD ülkesi için 1985-2005 döneminde sabit sermaye oluşumu, ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi ve işgücü arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bulgular, tüm açıklayıcı değişkenler ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında pozitif bir etkinin varlığını kanıtlamıştır.

Salim vd. (2014), 1980-2011 yılları arasında OECD ülkelerinde kentleşme ile yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi araştırmak için STIRPAT modelini uygulamışlardır. Bulgular, endüstriyel gelişmenin hem yenilenebilir hem de yenilenemez enerji tüketiminin artmasına yol açtığını göstermektedir. Ancak yenilenemeyen enerji tüketimindeki artış yenilenebilir enerji tüketimine göre %0.114 daha yüksek düzeydedir. Granger nedensellik sonucunda ise, yenilenebilir enerji tüketimi ile kentleşme, toplam nüfus ve nüfus yoğunluğu gibi demografik faktörler arasında herhangi bir nedensellik bağlantısı bulunmamaktadır.

Apaydın vd. (2019), Türkiye için 1965-2017 yılları arasında yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini doğrusal olmayan gecikmesi dağıtılmış otoregresif model (NARDL) ile incelemişlerdir. Bulgular, ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji tüketimini yaklaşık olarak %0.4 oranında arttırdığını göstermektedir.

Eren vd. (2019) Maki eşbütünleşme testini uyguladıkları çalışmada, 1971-2015 dönemi için Hindistan'da finansal gelişmenin ve ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji tüketimi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bulgular, finansal gelişmenin ve ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji kullanımına katkı sağladığını göstermektedir. Ayrıca çalışma da VECM Granger nedensellik testi uygulanmış ve yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisini ortaya koymaktadır.

Ponce vd. (2020), 1990-2017 yılları arasında 53 ülke için yenilenebilir tüketimini etkileyen faktörleri araştırmışlardır. Genelleştirilmiş en küçük kareler yönteminin (GLS) uygulandığı çalışmada; beşeri sermaye, yenilenemez enerji fiyatları, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketim değişkenleri analize dâhil edilmiştir. Yöntem sonuçlarına göre, beşeri sermaye ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında ilişki bulunmaktadır. Ayrıca yenilenemez enerji fiyatları yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi artışını tetiklemektedir.

Zhao vd. (2020), Çin için 1980-2016 dönemi verileri ile yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimini etkileyen faktörleri araştırmışlardır. Değiştirilmiş en küçük kareler yönteminin (FMOLS) uygulandığı çalışmada; finansal gelişme, gelir ve ticari açıklık değişkenleri analize dâhil edilmiştir. Bulgular, finansal gelişme ve gelirdeki artışın hem yenilenebilir hem de yenilenemez enerji kaynak talebinin artmasına katkı sağladığını belirtmektedir.

Chen vd. (2021), 97 ülkede 1995-2015 dönemi demokratik kurumların kalitesinin yenilenebilir enerji tüketimi üzerindeki etkisini belirlemek için panel eşik modelini kullanmışlardır. Bulgular, ekonomik büyümenin daha demokratik ülkelerde daha fazla yenilenebilir enerji tüketimine yol açtığını göstermektedir.

Shahbaz vd. (2021), 1994-2015 dönemi gelişmekte olan 34 ülke için finansal kalkınmanın yenilenebilir enerji talebi üzerindeki rolünü incelemişlerdir. FMOLS test bulguları, finansal gelişmenin yenilenebilir enerjiye olan talebi artırdığını göstermiştir.

Doğan ve Doğan (2021), 1968-2015 dönemi için Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimi üzerine etki eden faktörleri araştırmışlardır. Gecikmesi dağıtılmış otoregresif sınır testinin (ARDL) uygulandığı çalışmada, finansal gelişme, gelir ve inovasyon değişkenleri analize dâhil edilmiştir. Bulgular, ilgili değişkenlerin yenilenebilir enerji üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Polcyn vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada, yenilenebilir enerji tüketimini etkileyen faktörlerin belirlenmesinde genelleştirilmiş momentler yöntemi (GMM) kullanılmışlardır. Seçilmiş AB ülkelerinde 2000-2018 yılları arası baz alınarak yenilenebilir enerji tüketimi, karbon (CO₂) emisyonu, gelir, mal ve hizmet ithalatı ve ihracatı, doğrudan yabancı sermaye yatırımı, sanayide enerji üretimi, işgücü, imalat katma değer, üretime dayalı CO₂ yoğunluğu ve brüt sermaye oluşum değişkenleri analize dahil edilmiştir. GMM sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji tüketimi, gelir ve CO₂ emisyonları arasında pozitif; işgücü, brüt sermaye oluşumu ve üretime dayalı CO₂ yoğunluğu ise yenilenebilir enerji tüketimiyle negatif bir ilişki söz konusudur.

Eygü (2022), Türkiye için 1995-2020 döneminde yenilenebilir enerji tüketimi ve büyüme arasındaki ilişkiyi ARDL testi ile incelemiştir. Gelir, sabit sermaye, işgücü ve yenilenebilir enerji tüketimi değişken olarak analize dâhil edilmiştir. Bulgular, yenilenebilir enerji tüketiminin büyümeyi olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

Saadaoui ve Chtourou (2023) tarafından yapılan çalışmada, yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme, kurumsal kalite ve finansal gelişme arasındaki dinamik ilişki incelenmiştir. Tunus için 1984-2017 yılı baz alınarak ARDL yöntemi uygulanmıştır. Bulgular, yenilenebilir enerji ile hem ekonomik büyüme hem de kurumsal kalite arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisini ortaya koymaktadır.

2. VERİ SETİ, YÖNTEM VE BULGULAR

2.1. VERİ SETİ

Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimini etkileyen faktörleri araştırmayı amaçlayan bu çalışmada veri varlığı durumuna göre 1990-2015 dönemi baz alınmıştır. Değişkenler incelendiğinde bağımlı değişken yenilenebilir enerji tüketimi (YE) (enerji tüketiminin %)’dir. Bağımsız değişkenler, kişi başı GSYİH (GL), (ABD \$) ve enerji ithalatı (EN), (enerji kullanımının %)’dir². Değişkenlerinin belirlenmesinde Çınar ve Yılmaz (2015) çalışmasından yararlanılmıştır. Enerji ithalatının 2015 yılında son bulması çalışmanın ana sınırlılığını oluşturmaktadır. Bu kapsamda seriler arasındaki ilişkiyi doğrusal olarak (Kar & Ağır, 2006: 61) incelemek için logaritması alınan model Denklem 1’de gösterilmektedir.

$$LYE_t = \beta_0 + \beta_1 LGL_t + \beta_2 LEN_t + u_t \quad (1)$$

Eşitlikte " β " değişkenin hem katsayısını hem de esneklik katsayılarını, " u_t " ise hata terimini belirtmektedir. İlgili değişkenlere ait açıklayıcı bilgiler ve korelasyon matrisi Tablo 1’de aktarılmıştır.

² Söz konusu değişkenlere ait veriler Dünya Bankası veri tabanından elde edilmiştir.

Tablo 1. Değişkenlere ait Açıklayıcı Bilgiler

	LYE	LGL	LEN
Ortalama	2.838	8.601	4.165
Medyan	2.835	8.426	4.223
Maksimum	3.193	9.439	4.320
Minimum	2.443	7.714	3.925
St. Sapma	0.251	0.598	0.131
Çarpıklık	0.052	0.121	-0.649
Basıklık	1.535	1.392	1.999
Jargue-Bera	2.334	2.862	2.910
Jargue-Bera Ols. Değ.	0.311	0.239	0.233
Korelasyon Matrisi			
	LYE	LGL	LEN
LYE	1.000		
LGL	-0.946	1.000	
LEN	-0.939	0.868	1.000

Bu verilerde, yenilenebilir enerji tüketimi (LYE), gelir (LGL) ve enerji ithalatı (LEN) değişkenleri incelenmiştir. Buna göre Jargue-Bera olasılık değerlerine göre değişkenlerin normal dağıldığı görülmektedir. En yüksek korelasyon katsayısının gelir ile yenilenebilir enerji arasında iken, enerji ithalatı hem yenilenebilir enerji hem de gelir ile yüksek korelasyona sahiptir.

2. 2. YÖNTEM VE BULGULAR

Çalışmanın ekonomik yöntem kısmı üç aşamadan oluşmaktadır İlk aşama değişkenlerin durağanlığının belirlenmesi, ikinci aşama eşbütünlük testinin uygulanması ve son olarak nedensellik ilişkisi ortaya konulmaktadır.

2. 2. 1. Birim Kök Testi

Regresyon çözümlerinde ilişkisiz değişkenler ile yüksek R^2 ve sahte regresyon sorunu meydana gelebilmektedir. Bu sorunun aşılması için serilerin durağanlığının incelenmesi önemlidir.

$$E(X_t) = \mu$$

$$Var(X_t) = E(X_t - \mu)^2 = \sigma^2 \quad (2)$$

$$\gamma_k = E(X_t - \mu)(X_{t-k} - \mu)$$

Denklem 2'deki özelliklere sahip ise (sabit aritmetik ortalama, sabit varyans ve sabit kovaryansa) serinin durağan olduğu anlaşılmaktadır (Gujarati, 1999: 740). Konu kapsamında çalışmaya eklenen değişkenlerin durağanlığı ADF birim kök testi ile araştırılmıştır. 1979-1981 genişletilmiş Dickey ve Fuller birim kök yöntemi literatürde en yaygın kullanılan testtir. Testin boş hipotezi birim kök vardır iken alternatif hipotez durağanlık üzerine kuruludur. Tablo 2'de değişkenlere ait bulgular aktarılmıştır.

Tablo 2. ADF Birim Kök Test Bulguları

	Model	Düzy	Birinci Fark
LYE	Sabit	-1.124 (0)	-6.403*** (1)
	Sabit ve Trendli	-2.779 (0)	-6.245*** (1)
LGL	Sabit	-0.639 (0)	-5.456*** (1)
	Sabit ve Trendli	-2.496 (0)	-5.311*** (1)
LEN	Sabit	-1.447 (0)	-5.263*** (1)
	Sabit ve Trendli	-1.356 (0)	-5.626*** (1)

Not: Maksimum gecikme sayısı 3 ve optimum gecikme sayısı Schwarz Bilgi Kriteri olarak seçilmiştir. Kritik değerler sabitli model için -3.724 (%1), -2.986 (%5), -2.632 (%10); sabit ve trendli model için ise -4.374 (%1), -3.603 (%5), -3.238 (%10)'dur. “***” (%1) anlamlılık düzeyinde reddedildiğini belirtmektedir.

Test bulgularına göre %1 anlamlılık düzeyinde değişkenler birinci farklarında durağandır. Diğer bir ifadeyle ilgili değişkenlerin I(1) olduğu söylenebilmektedir. Bulgular aynı dereceden durağan (I(1)) olma durumunda geçerli olan ve VAR analizine dayalı Johansen eşbütünleşme uygulanmasına olanak sağlamaktadır.

2. 2. 2. Eşbütünleşme Testi

VAR analizine dayanmakta olan Johansen (1988) eşbütünleşme testi değişkenler arasından uzun dönemli ilişkinin varlığını sınamaktadır. Engle ve Granger yönteminin çok denklemlilik olarak genelleştirilmiş halidir. Test uzun dönemli ilişkin varlığını “iz (trace) ve özdeğer (maximum eigenvalue)” değerlerine göre araştırmaktadır. Aşağıdaki Denklem 3 ve 4’te sırasıyla iz ve özdeğer istatistiğinin prosedürleri aktarılmıştır (Enders, 1995: 392):

$$\lambda_{trace}(r) = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (3)$$

$$\lambda_{max}(r, r+1) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1}) \quad (4)$$

Eşitliklerde $\hat{\lambda}_i$, kendi değerlerini T ise gözlem sayısını belirtmektedir. İz değeri “r” ye ya da küçük olduğunu belirten sıfır hipotez ve alternatif hipotez kritik değerlerle karşılaştırılmaktadır. Buna göre istatistikler kritik değerden büyük olduğu durumda sıfır hipotezin reddedilmektedir. Özdeğer istatistiğinden ise rakım r’ye eşit, sıfır hipotezin r+1 olduğunu belirten alternatif hipotez ile karşılaştırılmaktadır. Teste ait bulgular Tablo 4’te aktarılmıştır.

Tablo 3. Johansen Eşbütünleşme Test Bulguları

H ₀	H ₁	Özdeğer İstatistiği	İz İstatistiği	%5 kritik Değ.	H ₁	Maksimum Özdeğer İstatistiği	%5 kritik Değ	1 tane eşbütünleşik vektör bulunmaktadır
r=0	r≤1	0.543	37.706**	39.192	r=1	18.797**	22.299	
r≤1	r≤2	0.391	22.908	20.261	r=2	11.912	10.892	

Not: “***” (%5) anlamlılık düzeyini ve otokorelasyon içermeyen gecikme uzunluğu 2 olarak belirlenmiştir.

İz ve özdeğer istatistiğine göre sıfır hipotezin reddedildiğini göstermektedir. Bu durum 1 tane eşbütünleşik vektör bulunması anlamına gelmektedir. Test istatistiklerin aynı yönde hareket etmesi sonuçların güvenilirliği için önemlidir. Bulgular, yenilenebilir enerji tüketimi, gelir ve enerji ithalatının birlikte hareket ettiğini göstermektedir.

2. 2. 3. Nedensellik Testi

Eşbütünleşme ilişkisi belirlendikten sonra ekonometrik yöntemin üçüncü aşaması olan nedensellik analizi Toda-Yamamoto nedensellik testi ile araştırılmıştır. Geleneksel Granger (1969) Nedensellik testinin geliştirilmiş hali olan test değişkenlerin seviyede değerlerine uygulanmaktadır. Bu bakımdan serilere fark alma işlemi yapılmadığından ve testin avantajı olarak belirtilen bilgi kaybı oluşmamaktadır. VAR yönteminin geliştirilmiş biçimi olan nedensellik testi 1995 yılında Toda ve Yamamoto tarafından ortaya konulmuştur. Bu test için ilk olarak VAR modeli kapsamında gecikme uzunluğu (p) belirlenmektedir. Gecikme uzunluğu (p) belirlendikten sonraki aşamada p'ye en yüksek bütünleşme derecesi dmax eklenmektedir. Gecikme uzunluğu (p) ve dmax'ın bilinmesi modelin doğru tahmin için önemli olmakla birlikte veri kaybının engellenmesini sağlayacaktır. Test prosedürleri Denklem (5) ve (6)'da aktarılmıştır.

$$y_t = \beta_0 + \sum_{i=t}^k \beta_{i1} y_{t-1} + \sum_{j=k+1}^{k+d_{max}} \beta_{2j} y_{t-j} + \sum_{i=1}^k a_{1i} x_{t-1} + \sum_{j=k+1}^{k+d_{max}} a_{2j} x_{t-j} + e_{1t} \quad (5)$$

$$y_t = c_0 + \sum_{i=t}^k c_{i1} x_{t-1} + \sum_{j=k+1}^{k+d_{max}} c_{2j} x_{t-j} + \sum_{i=1}^k d_{1i} y_{t-1} + \sum_{j=k+1}^{k+d_{max}} d_{2j} y_{t-j} + e_{2t} \quad (6)$$

Denklem 5'te sıfır hipotez X,Y'nin Granger nedeni değildir iken alternatif hipotez X,Y'nin Granger nedenidir. Denklem 6'da ise Y, X'in Granger nedeni değildir iken alternatif hipotez Y,X'in Granger nedenidir. Tablo 4'te nedensellik bulguları aktarılmıştır.

Tablo 4. Toda-Yamamoto Nedensellik Bulguları

Bağımlı Değişken: LYE	Wald İst.	Ols. Değ.
LGL	5.560	0.135
LEN	15.233***	0.000
Bağımlı Değişken: LGL	Wald İst.	Ols. Değ.
LYE	3.080	0.379
LEN	2.102	0.554
Bağımlı Değişken: LEN	Wald İst.	Ols. Değ.
LGL	6.372*	0.094
LYE	96.560***	0.000

Not: Test sonuçları seviyede VAR(2+1) elde edilmiştir. *** (%1) ve * (%10) anlamlılık düzeyini belirtmektedir.

Test bulgularına göre %1 anlamlılık düzeyinde enerji ithalatı (LEN) yenilenebilir enerji tüketiminin (LYE) nedenidir. %10 anlamlılık düzeyinde gelir (LGL) enerji ithalatının (LYE) nedenidir. %1 anlamlılık düzeyinde ise yenilenebilir enerji tüketimi (LYE) enerji ithalatının (LEN) nedenidir. Diğer bir ifade ile yenilenebilir enerji ile enerji ithalatı arasında çift yönlü gelir ile yenilenebilir enerji ithalatı arasında tek yönlü nedensellik bağlantısı bulunmaktadır.

SONUÇ

Günümüz dünyasında yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre dostu, sürdürülebilir ve çevreye olumsuz etkilerinin daha az olması nedeniyle birçok ülke tarafından giderek daha fazla tercih edilmektedir. Sürdürülebilir kalkınmaya gösterilen ilgi son yıllarda yenilenebilir enerji tüketimini

hızlandırmış ve birçok ülke yenilenemeyen enerji kaynaklarının ekonomi ve çevre üzerindeki zararlı etkilerini azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir.

Bu çalışmanın amacı, 1990-2015 döneminde Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimini etkileyen faktörleri araştırmaktır. Bunun için yenilenebilir enerji tüketimi, gelir ve enerji ithalatı değişkenlerine ilişkin yıllık veriler kullanarak eşbütünleşme ve nedensellik testleri uygulanmıştır. Yenilenebilir enerji tüketimi ve ilgili değişkenler arasında uzun dönemli ilişki bulunmakta iken, nedensellik test bulguları gelirden enerji ithalatına tek yönlü, enerji ithalatından yenilenebilir enerji tüketimine, yenilenebilir enerji tüketiminden enerji ithalatına çift yönlü nedensellik ilişkisini göstermektedir.

Sonuçlara dayanarak aşağıdaki politika sonuçları söylenebilmektedir. Giderek artan nüfus enerji tüketimi artışlarını beraberinde getirmektedir. Enerji ithalatı ile ekonomik büyüme ülkelerin refah düzeyini etkilemektedir. Bu doğrultuda yenilenemeyen enerji tüketiminden yenilenebilir enerji tüketimine geçişi iyileştirmek için beşeri sermayenin geliştirilmesi gerekmektedir. Çünkü eğitim düzeyi yüksek olan ülkelerde yenilenebilir enerji tüketimine yönelim ve farkındalık yüksek düzeydedir. Ayrıca uzun vadede, yenilenemeyen enerji fiyatlarındaki artış, daha fazla yenilenemeyen enerji tüketimine yol açmaktadır. Bu nedenle politikalar, yenilenebilir enerji kaynaklarına daha düşük fiyatlarla erişimi garanti altına almak ve böylece yenilenemeyen enerji tüketimini azaltmak için yatırımları artırmaya yönelik olmalıdır.

Çalışma, yenilenebilir enerji verisinin 1990 yılından 2015 yılına kadar elde edilmesinden dolayı dönem kısıtı içermektedir. Gelecekteki çalışmalarda yapısal kırılmalı testlerin uygulanmasının literatürün gelişmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- APAYDIN, Şükrü; GÜNGÖR, Afşin ve TAŞDOĞAN Celal (2019), “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Asimetrik Etkileri”, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Vol 6; 117-134.
- APERGIS, Nicholas ve PAYNE James (2010), “Renewable Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from a Panel of OECD Countries”, Energy policy, Vol 38; 656-660.
- CHEN, Chaoyi; PINAR, Mehmet ve STENGOS Thanasis (2021), “Determinants of Renewable Energy Consumption: Importance of Democratic Institutions”, Renewable Energy, Vol 179; 75-83.
- DICKEY, David A ve FULLER Wayne A (1979), “Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root”, Journal of the American Statistical Association, Vol 74; 427-431.
- DICKEY, David A ve FULLER Wayne A (1981), “Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root”, Econometrica: journal of the Econometric Society, Vol 49; 1057-1072.
- DOĞAN, Emrah ve DOĞAN, Başak Özarslan (2021), “Finansal Gelişme ve İnovasyon, Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Üretimini Artırıyor mu?”, Turkish Studies-Economics, Finance, Politics, Vol 16; 784-796.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2023). <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik> Erişim Tarihi: 10.09.2023.
- ENGLE, Robert, F ve GRANGER, Clive WJ. (1987), “Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing”, Econometrica: journal of the Econometric Society, Vol 55; 251-276.
- EREN, Baris Memduh; TASPINAR, Nigar ve GOKMENOGLU Korhan K (2019), “The Impact of Financial Development and Economic Growth on Renewable Energy Consumption: Empirical Analysis of India”, Science of the Total Environment, Vol 663; 189-197.

- EYGÜ, Hakan (2022), “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: 1995–2020 Türkiye Örneği”, *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, Vol 8; 387-397.
- GRANGER, Clive WJ (1969), “Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods”, *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 424-438.
- GUJARATI, Damodar., (1999), *Temel Ekonometri*, Literatür yayıncılık, (Çevienler: Ümit ŞENESEN, Gülay Günlük ŞENESEN), İstanbul.
- JOHANSEN, Søren (1988), “Statistical Analysis of Cointegration Vectors”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol 12; 231-254.
- JOHANSEN, Soren ve JUSELIUS Katarina (1990), “Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Applications to the Demand for Money”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol 52; 169-210.
- KAR, M. ve AĞIR, H. (2006). “Türkiye’de beşeri sermaye ve ekonomik büyüme ilişkisi: Eşbütünleşme yaklaşımı ile nedensellik testi, 1926-1994”, *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, Vol:11 50-68.
- MİKAYİLOV, Jeyhun; MUKHTAROV, Shahriyar; DİNÇER, Hasan; YÜKSEL, Serhat ve AYDIN Rıdvan (2020), “Elasticity Analysis of Fossil Energy Sources for Sustainable Economies: A Case of Gasoline Consumption in Turkey”, *Energies*, Vol 13; 731.
- OMRI, Anis; NGUYEN, Duc Khuong ve RAULT Christophe (2014), “Causal Interactions Between CO2 Emissions, FDI, and Economic Growth: Evidence from Dynamic Simultaneous-Equation Models”, *Economic Modelling*, Vol 42; 382-389.
- POLCYN, Jan; US, Yana; LYULYOV, Oleksii; PİMÖNENKO Tetyana ve KWİLİNSKİ Aleksy (2021), “Factors Influencing the Renewable Energy Consumption in Selected European Countries”, *Energies*, Vol 15, 108.
- PONCE, Pablo; LÓPEZ-SÁNCHEZ, Michelle; GUERRERO-RÍOFRÍO Patricia ve FLORES-CHAMBA Jorge (2020), Determinants of Renewable and Non-Renewable Energy CONSUMPTION in Hydroelectric Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol 27; 29554-29566.
- RAMALHO, Esmeralda A; SEQUEIRA, Tiago Neves ve SANTOS Marcelo Serra (2018), “The Effect of Income on the Energy Mix: Are Democracies More Sustainable?”, *Global Environmental Change*, Vol 51; 10-21.
- RJOUB, Husam; ODUGBESAN, Jamiu, Adetola; ADEBAYO Tomiwa Sunday ve WONG Wing Keung (2021), “Sustainability of the Moderating Role of Financial Development in the Determinants of Environmental Degradation: Evidence from Turkey”. *Sustainability*, Vol 13; 1844.
- SAADAOU, Haifa ve CHTOUROU Nouri (2023), “Do Institutional Quality, Financial Development, and Economic Growth Improve Renewable Energy Transition? Some Evidence from Tunisia”. *Journal of the Knowledge Economy*, Vol 14; 2927-2958.
- SADORSKY, Perry. (2009), “Renewable Energy Consumption, CO2 Emissions and Oil Prices in the G7 Countries”, *Energy Economics*, Vol 31; 456-462.
- SALIM, Ruhul ve SHAFIEI Sahar (2014), “Urbanization and renewable and non-renewable energy consumption in OECD countries: An Empirical Analysis”, *Economic Modelling*, Vol 38; 581-591.
- SEQUEIRA, Tiago Neves ve SANTOS Marcelo Serra (2018), “Renewable Energy and Politics: A Systematic Review and New Evidence”, *Journal of Cleaner Production*, Vol 192; 553-568.
- SHAHBAZ, Muhammad., TOPCU, Betül. Altay., SARIGÜL, Sümerli, Sevgi ve VO Xuan Vinh (2021), “The Effect of Financial Development on Renewable Energy Demand: The Case of Developing Countries”. *Renewable Energy*, Vol 178; 1370-1380.

- TEBALDÌ, Claudia; RANASÌNGHE, Roshanka; VOUSDOUKAS, Michalis; Rasmussen, D; VEGA-WESTHOFF, Ben; KÌREZCÌ, Ebru ve MENTASCHÌ Lorenza (2021), “Extreme Sea Levels at Different Global Warming Levels”, *Nature Climate Change*, Vol 11; 746-751.
- TODA, Hiro Y ve YAMAMOTO, Taku. (1995), “Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Process”, *Journal of Econometrics*, Vol 66; 225-250.
- World Bank (2023). “World Development Indicators”, İnternet Adresi: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators> Erişim Tarihi: 13.08.2023.
- XIE, Yìzhang; ZHOU, Ye; PENG, Yue; DİNÇER, Hasan; Yüksel, Serhat ve XIANG Ping (2021), “An Extended Pythagorean Fuzzy Approach to Group Decision-Making with Incomplete Preferences for Analyzing Balanced Scorecard-Based Renewable Energy Investments”, *IEEE Access*, Vol 9; 43020-43035.
- ZHAO, Pan; LU, Zhou; FANG, Jianchun., PARAMATì, Sudharshan. Reddy; ve JÌANG, Kai. (2020), “Determinants of Renewable and Non-Renewable Energy Demand in China”, *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol 54; 202-209.
- ZHE, Li; YÜKSEL, Serhat; DİNÇER, Hasan; MUKHTAROV, Shahriyar ve AZÌZOV Mayis (2021), “The Positive Influences of Renewable Energy Consumption on Financial Development and Economic Growth”, *Sage Open*, Vol 11; 21582440211040133.