

AVRUPA'DA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ FOSİL YAKIT İTHALATI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN GRANGER NEDENSELLİK VE TODA-YAMAMOTO YÖNTEMLERİ İLE ANALİZİ

Sabina KARIMOVA¹

Özet

Bu çalışma, Avrupa'da 1965 sonrası 54 yıllık dönemde yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıt ithalata etkisini yıllık veriler kullanarak, bir Vektör Otoregressif Model (VAR) çerçevesinde irdelemektedir. Yenilenebilir enerji ve fosil yakıt ithalatı ilişkisinin uzun vadede hareket edip etmeyeceği ve değişkenler arasında bir nedensellik ilişkisinin olup olmadığı bu çalışmanın temel soruları. Elde edilen Engle-Granger ve Gregory-Hansen eşbütünleşme testlerinin sonuçları iki seri arasında uzun dönemli bir ilişki var olduğunu gösterirken, hem Granger nedensellik testi hem de Toda ve Yamamoto (1995) tarafından geliştirilen Granger nedensellik yöntemine göre yenilenebilir enerjiden fosil yakıt ithalata doğru ve fosil yakıttan yenilenebilir enerjiye doğru nedensellik bir ilişkinin olmadığı tespit edilmektedir.

Anahtar kavramlar: Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Fosil Yakıt İthalatı, Avrupa, Granger Nedensellik Testi, Toda-Yamamoto Yöntemi.

ANALYSIS OF THE EFFECT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES ON FOSSIL FUEL IMPORTS IN EUROPE BY GRANGER CAUSALITY AND TODA-YAMAMOTO METHODS

Abstract

This study examines the impact of renewable energy sources on fossil fuel imports in Europe in the 54 years after 1965, using annual data within the framework of a Vector Autoregressive Model (VAR). The main questions of this study are whether the relationship between renewable energy and fossil fuel import will move in the long run and whether there is a causal relationship between them. While the results of Engle-Granger and Gregory-Hansen cointegration tests show that there is a long-term relationship between the two series, according to the Granger causality test and the Granger causality method developed by Toda and Yamamoto (1995), it is determined that there is no causal relationship between renewable energy and fossil fuel imports.

Keywords: Renewable Energy Sources, Fossil Fuel Import, Europe, Granger Causality Test, Toda-Yamamoto Method.

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Finans Ekonomisi Bilim Dalı sabina.karimova@ogr.sakarya.edu.tr, **ORCID No:** 0000-0003-1600-7146

1. GİRİŞ

Günden güne dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep ve bunların kullanımı artmaktadır. Yenilenebilir enerjinin payı artmaya devam ettikçe, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ekonomik olarak daha rekabetçi hale gelir ve bazen bazı fosil yakıtlardan daha ucuz hale gelmektedir. Birçok Avrupa ülkesi fosil yakıt ithalatçısıdır. Burada ekonomik olarak en gelişmiş ülkeler, petrol ithalatı alanında liderdir. Bunlara Almanya, İtalya ve Fransa da dahildir. Avrupa'daki hidrokarbon enerji tüketiminin yapısı, Avrupalılar tarafından tüketilen toplam ham petrol hacminin %70 (veya kantitatif olarak 530 milyon tonu) ithalatın kapsadığı şekildedir. Kalan yüzde %30 (yaklaşık 230 milyon ton) Kuzey Denizi'nde olan kendi üretimi tarafından sağlanmaktadır. Ancak son zamanlarda, yenilenemeyen enerji kaynaklarının tüketiminde ve ithalatında düşüş olduğu gözlenmektedir. Özellikle yakıt ithalatına bağlı olan ülkeler arasında önemli bir değişim oluşmaktadır. Bunun sebebi yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişmesi olabilir mi?

Dünyada enerji gelişiminin şimdiki aşaması aşağıdaki problemlerle nitelendirilmektedir: sınırlı sayıda büyük enerji tedarikçisinde enerji ithalatına yüksek bağımlılık, enerji fiyatlarının yüksek oynaklığı, üretici devletlerden ve enerji transit ülkelerinden kaynaklanan artan enerji arz güvenliği riski, iklim değişikliği tehdidinin artması ve ülkelerinin enerji sistemleri arasında yeterli düzeyde bağlantı bulunmaması. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı bu sorunlara önemli bir çözüm sunmaktadır. Yenilenebilir enerji, değişen politik ve iklim koşullarında sürdürülebilir, esnek ve güvenli bir enerji arzı sağlamanın bir aracı olarak görülmektedir. Bu bağlamda, Avrupa ülkeleri yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişmesini ve yaygınlaşmasını teşvik etmektedir. Avrupa ülkeleri rüzgar enerjisini, güneşi, hidro (küçük su akıntıları), okyanus, biyokütle ve jeotermal enerjiyi yenilenebilir enerji olarak görmektedir.

Bu çalışma, Avrupa'daki yenilenebilir enerjinin yakıt ithalatı üzerindeki etkisini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu amaçla 1965-2018 dönemi yıllık yenilenebilir enerji ve yakıt ithalatı verileri kullanılarak bir zaman serisi analizi yapılmıştır. İkinci bölümde literatürde yapılan çalışmalara değinilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan veri ve ekonometrik metodoloji tanıtılmıştır. Dördüncü bölümde uygulama sonuçlarına yer verilmiştir. Beşinci bölümde ise çalışmanın sonuçları özetlenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Ekonomik literatürde, yenilenebilir enerjinin Avrupa'daki fosil yakıt ithalatı üzerindeki etkisine ilişkin tartışmalı argümanlar bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar, Avrupa ülkelerinde yenilenebilir enerji gelişimi nedeniyle yakıt ithalatında önemli bir düşüş olduğunu savunuyorlar (Nesimioğlu, 2016: 79). Yenilenebilir enerji kaynakları

ve ithalat arasındaki ilişki hakkındaki literatür çok az olması nedeniyle, hipotez veri ışığında az desteklenmiştir. Ancak yenilenebilir enerji üretiminin fosil yakıtların yerini alamazsa bile, ithalat bağımlılığını azaltabileceğine dair anlamlı kanıtlar sunmaktadır (Steinke, Wolfrum & Hoffmann, 2013: 826–832). Diğer yandan, yenilenebilir enerji genellikle yakıt ithalatı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olarak görülmekle birlikte, yenilenebilir enerjinin yakıt ithalatının artmasına neden olabileceği iddia edilen bir literatür zinciri vardır. Yenilenebilir enerjinin güneş ışığının ve rüzgarın varlığına bağlı olarak aralıklı üretilmesi ve rezerve edilmesinde zorluklara yol açtığı için en yüksek enerji talebinin tam olarak karşılanamamasına ve bunun sonucunda fosil yakıt ithalatının artacağına işaret etmektedir (Unbehaun, 2017: 51). Diğer literatür ise farklı ürünler birbirlerinin kolayca yerini alamayacağı için, yenilenebilir enerji kaynaklarının yakıt ithalatı üzerindeki etkisinin dikkate alınamayacağını belirtmektedir (York, 2012: 441–443). Hatta, bazı çalışmalarda yenilenebilir enerji kaynakları ve yakıt ithalatının arasındaki ilişkinin olmadığını açıklamaktadır (Chien & Hu, 2008: 3035–3042).

Yenilenebilir enerji ve yakıt ithalatı arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar, ülke grupları, kullanılan yöntemler ve sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1’den izlenebileceği gibi, çalışmaların genelinde yenilenebilir enerji ve yakıt ithalatı arasındaki nedensellik bağlamında fikir birliği olmasa da, yenilenebilir enerjinin yakıt ithalatı negatif etkilediği kanıtı desteklenmektedir.

Tablo 1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Yakıt İthalatı İlişkisini İnceleyen Çalışmalar

Yazarlar	Örneklem ve Kullanılan Yöntem	Temel Bulgular
Bowen, Eric (2015)	Kuzey Amerika Elektrik Güvenilirlik Şirketi'nin her bölgesi. Panel Veri Analizi (1990-2013)	Yenilenebilir enerji arttıkça, fosil yakıt üretimi de yoğunlaşmaktadır
Rabiei Hosseinabad, Emad (2018)	Systems Dynamics Modeling (SD)	Yenilenebilir enerji kullanımının payı yükselince yakıt ithalatı azalmaktadır
Marshall, James (2014)	Teorik çalışma	Yenilenebilir enerji kullanımı yakıt ithalatına bağımlılığı azaltabilir
Nesimioglu (2016)	Avrupa birliği, teorik çalışma	Yenilenebilir enerji kullanımı yakıt

		ithalatına bağımlılığı azaltabilir
Sasana, Ghozali (2017)	Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika. Panel Veri Analizi (1995-2014)	Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasında negatif ilişki
Streimikienė, Strielkowski, Bilan, Mikalauskas (2016)	Baltık devletleri, teorik çalışma	Yenilenebilir enerji kullanımı yakıt ithalatına bağımlılığı azaltabilir
Arslan (2016)	Türkiye, teorik çalışma	Türkiye'nin enerjideki dışa bağımlılık sorunun rüzgar enerjisinin kullanımı ile çözülmesi

3. VERİ SETİ VE EKONOMETRİK METODOLOJİ

Bu çalışmada, 1965 ile 2018 arası dönem için yıllık yenilenebilir enerji (REC) ile yakıt ithalatı (FI) verileri kullanılmıştır. Veri seti Dünya Bankası (data.worldbank.org) ve Verilerdeki Dünyamız (ourworldindata.org)'dan elde edilmiş ve 54 gözlemden oluşturulmuştur. Analizde kullanılan yenilenebilir enerji değişkeni terawatt saat, yakıt ithalatı oranı ise yüzde olarak ölçülmüştür.

Elde alınan serilerin birim kök sınaması için öncelikle Genişletilmiş Dickey-Fuller (1979), Phillips-Perron (1988), Ng-Perron (2001), Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shi (1992) ve Zivot-Andrews (1992) birim kök testleri uygulanmıştır. ADF (1979) ve Phillips-Perron (1988) birim kök testlerine göre temel ve alternatif hipotez ve denklemler aşağıdaki gibidir:

H_0 : Seriler durağan değildir (birim kök vardır).

H_1 : Seriler durağandır.

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \beta_i \Delta Y_{t-i} + u_t$$

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 \left(t - \frac{T}{2} \right) + \alpha_2 Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

Ng-Perron (2001) birim kök testinin temel ve alternatif hipotezleri ADF ve PP birim kök testleriyle aynıdır. Ng-Perron birim kök testi, özellikle Phillips-Perron (PP) testinde ortaya çıkan hata teriminin hacmindeki boyut dağılımını çarpıklığını düzeltmek için M testleri olarak geliştirilen yeni birim kök testidir. Ng-Perron analizi MZ_a , MZ_t , MSB ve MPT testi olmak üzere dört farklı birim kök testini kapsamaktadır. Bu testlerinin t-istatistikleri aşağıdaki denklemlerde gibi hesaplanmaktadır.

$$MZ_{\alpha} = (T^{-1}y_T^2 - S_{AR}^2) \left(2T^{-2} \sum_{t=1}^T y_{t-1}^2 \right)^{-1}$$

$$MSB = \left(T^{-2} \sum_{t=1}^T y_{t-1}^2 / S_{AR}^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$MZ_t = MZ_{\alpha} \times MSB$$

$$MPT = \begin{cases} \frac{\bar{c}^2 k - \bar{c} T^{-1} (\tilde{y}_t)^2}{\hat{f}(0)} & \text{when } d_t^0 \\ \frac{\bar{c}^2 k + (1 - \bar{c}) T^{-1} (\tilde{y}_t)^2}{\hat{f}(0)} & \text{when } d_t^1 \end{cases}$$

KPSS testinin ADF ve PP testlerinden farkı temel hipotezinin doğrudan serinin durağanlığını test etmesidir. KPSS (1992) birim kök testinin hipotezleri ve denklemleri de aşağıdaki gibidir:

H₀: Seriler durağandır.

H₁: Seriler durağan değildir (Birim kök vardır).

$$Y_t = \beta_t + r_t + u_t$$

$$LM = \sum_{t=1}^T \frac{S_t^2}{\hat{\sigma}^2} \text{ olup, } t=1,2,3...T \text{ dir.}$$

Zivot-Andrews (1992), Perron testindeki kırılmanın dışsal olarak bilindiği varsayımını eleştirerek, kırılma noktasının içsel olarak tahmin edildiği Zivot-Andrews (ZA) birim kök testini geliştirmişlerdir. Zivot ve Andrews, bir yapısal kırılma alternatifine karşı birim kökü test etmek için üç modele karşılık gelen aşağıdaki regresyon denklemlerini kullanır.

$$\text{Model A: } y_t = \mu^A + \theta^A D U_t(\lambda) + \beta^A t + \alpha^A y_{t-1} + \sum_{j=1}^k C_j^A \Delta y_{t-j} + e_t$$

$$\text{Model B: } y_t = \mu^B + \beta^B y^B + D T_t(\lambda) + \alpha^B y_{t-1} + \sum_{j=1}^k C_j^B \Delta y_{t-j} + e_t$$

$$\text{Model C: } y_t = \mu^C + \theta^C D U_t(\lambda) + \alpha^C y_{t-1} + \sum_{j=1}^k C_j^C \Delta y_{t-j} + e_t$$

Bir sonraki aşamada iki değişken arasında uzun dönemli ilişki olup olmadığını sınamak için Engle-Granger (1987) ve Gregory-Hansen (1996) eşbütünleşme testleri kullanılmıştır. Engle-Granger (1987) testinin regresyonu aşağıdaki denklemde gösterilmiştir.

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + u_t \quad \Delta u_t = \rho_1 u_{t-1} + \varepsilon_t$$

Testin ilk aşamasında denklem oluşturulup parametreler ve u_t hata terimi elde edilir, ikincide ise hata teriminin durağan olup olmadığı test edilecektir. Seri durağan ise “değişkenler eşbütünleşik değildir” temel hipotezi ret edilip, seriler arasında uzun dönemli ilişki var olduğu tespit edilmektedir.

Gregory ve Hansen (1996) eşbütünleşme testi yapısal kırılmanın içsel olarak belirlendiği ve tek yapısal kırılmaya izin veren bir testtir. Bu eşbütünleşme testinde aşağıdaki üç farklı modele bağlı olarak seriler arasındaki uzun dönem ilişkisi tespit edilebilmektedir.

$$\begin{aligned} y_t &= \mu_1 + \mu_2 DU_t + \beta' x_t + u_t & t &= 1, 2, \dots, T \\ y_t &= \mu_1 + \mu_2 DU_t + \alpha t + \beta' x_t + u_t & t &= 1, 2, \dots, T \\ y_t &= \mu_1 + \mu_2 DU_t + \beta_1' x_t + \beta_2' x_t DU_t + u_t & t &= 1, 2, \dots, T \end{aligned}$$

Çalışmada bir sonraki adım var olan uzun dönemli ilişkide nedenselliğin yönünün tespittir. Yenilenebilir enerji ve yakıt ithalatı arasındaki nedensellik ilişkisini sınamak için Granger ve Toda-Yamamoto nedensellik analizler çalıştırılmıştır. Bu testlerinin uygulanması için öncelikle VAR modeli için uygun gecikme uzunluğu belirlenmelidir. Bundan dolayı, en çok yaygın kriterler olarak Akaike, Schwarz ve Hannan-Quinn vb. kriterlerine göre modelin gecikme uzunluğu tahmin edilecektir. Granger (1969) nedensellik testinin amacı modelde yer alan değişkenler arasında iki yönlü veya tek yönlü ilişki olup olmadığını belirlemektedir. Granger nedensellik analizinin denklemleri aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} Y_t &= \sum_{i=1}^n \alpha_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^n \beta_j Y_{t-j} + \varepsilon_{1t} \\ X_t &= \sum_{i=1}^n \lambda_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^n \delta_j Y_{t-j} + \varepsilon_{2t} \end{aligned}$$

Eşitlik (16)'dan anlaşılacağı gibi X'in t dönemindeki hareketleri Y ve X'in geçmiş değerlerinden etkilenmekte iken; Y'nin t dönemindeki hareketleri ise X'in ve Y'nin geçmiş değerlerinden etkilenmektedir. Toda ve Yamamoto (1995) çalışmaları sonucunda VAR modellerinin tahmininde serilerin durağanlığına bakılmaksızın seviye

değerlerinin kullanıldığı ve serilerin eşbütünlük olup olmadığının göz ardı edildiği nedensellik analizi geliştirmişlerdir. Toda-Yamamoto (1995) testinin yapılabilmesi için öncelikle VAR modeli ile gecikme uzunluğunun (p) tespit edilmesi gerekmektedir. Bir sonraki aşamada, gecikme uzunluğuna (p) maksimum bütünlük derecesi (d_{max}) ilave edilir. Toda ve Yamamoto testi için kullanılan VAR modeli aşağıdaki gibidir.

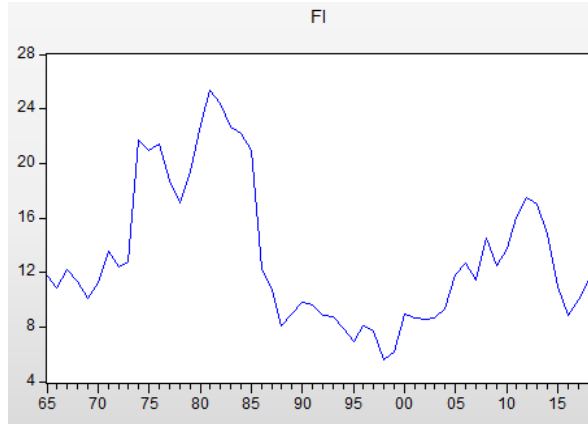
$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \alpha_{1(i+d)} + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \alpha_{2(i+d)} X_{t-(i+d)} + \varepsilon_{1t}$$

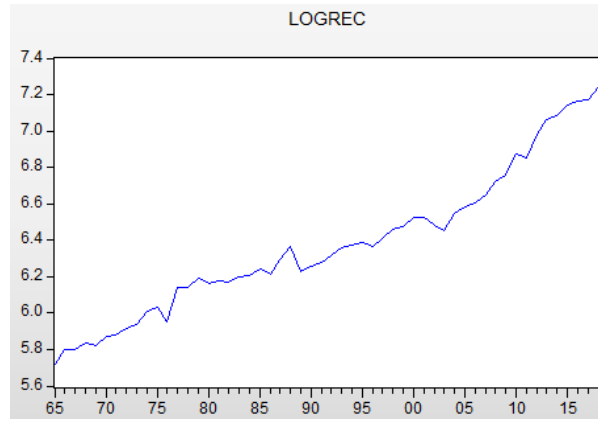
$$X_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \beta_{1(i+d)} Y_{t-(i+d)} + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \beta_{2(i+d)} X_{t-(i+d)} + \varepsilon_{2t}$$

4. UYGULAMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, 1965-2018 yılları arasında Avrupa için yenilenebilir enerji ve yakıt ithalatı arasındaki nedensellik ilişkisi incelenmektedir. Çalışmada REC verisi logaritmik formda analize dahil edilmiştir. Grafik 1'den izlenebileceği gibi, FI serisinde zaman içinde artış ya da azalışlar düzensiz, logREC serisinin değerinde ise artan bir görünüm sergilemektedir.

Grafik 1. FI ve logREC Serileri





VAR modeli ile işlem yapabilmek için öncelikle serilerin durağan olmaları gerekmektedir. Çalışmanın ilk kısmında elde alınan serilerin durağanlığını sınamak için Dickey-Fuller, Phillips-Perron, Ng-Perron, Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin ve Zivot-Andrews birim kök testleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2, Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6’da verilmektedir.

Tablo 2. Genelleştirilmiş Dickey-Fuller Birim Kök Testi Sonuçları

	Test İstatistiği	Kritik Değerler	
FI	-2.586822	1%	-4.180911
logREC	-0.496462	5%	-3.515523
		10%	-3.188259
D (FI)	-5.908723*	1%	-4.144584
D (logREC)	-9.473528*	5%	-3.498692
		10%	-3.178578

Not: *; 1% seviyesindeki istatistiksel anlamlılığı göstermektedir.

ADF birim kök testinin sonuçları Tablo 2’de verilmektedir. Görüldüğü gibi, testin sonucu hem yenilenebilir enerji hem de yakıt ithalatı serisinin 1 mertebeden durağan olduğu yönündedir. Hesaplanan ADF-t istatistikleri, yüzde 1 anlamlılık düzeyinde kritik değerlerden yüksektir.

Serilerin durağanlığı ikinci olarak Phillips Perron testiyle incelenmiştir. Phillips-Perron birim kök testinin sonuçları Tablo 3’de gösterilmektedir.

Tablo 3. Phillips-Perron Birim Kök Testi Sonuçları

	Test İstatistiği	Kritik Değerler	
FI	-1.977692	1%	-4.140858
logREC	-0.784963	5%	-3.496960

		10%	-3.177579
D (FI)	-5.875279*	1%	-4.144584
D (logREC)	-9.518496*	5%	-3.498692
		10%	-3.178578

Not: *; 1% seviyesindeki istatistiksel anlamlılığı göstermektedir.

Hem yenilenebilir enerji hem de yakıt ithalatı serisinin 1 mertebeden durağan olduğu tespit edilmektedir. Serilerin durağanlık analizinde üçüncü olarak Ng-Perron birim kök testi uygulanmıştır.

Tablo 4. Ng-Perron Birim Kök Testi Sonuçları

	MZa	MZt	MSB	MPT	
FI	-8.90896	-2.11056	0.23690	10.2285	
logREC	-5.19971	-1.39715	0.26870	16.7043	
D (FI)	-25.1232*	-3.53590*	0.14074*	3.67688*	
D (logREC)	-24.7805*	-3.49943*	0.14122*	3.80008*	
Kritik değerler	1%	-23.8000	-3.42000	0.14300	4.03000
	5%	-17.3000	-2.91000	0.16800	5.48000
	10%	-14.2000	-2.62000	0.18500	6.67000

Not: *; 1% seviyesindeki istatistiksel anlamlılığı göstermektedir.

Ng-Perron birim kök testinin sonuçlarına göre, temel hipotez ret edilir ve her iki değişkenin de birinci farklarının durağan olduğuna karar verilir. Dördüncü olarak uygulanan KPSS birim kök testinin temel hipotezi diğer birim kök testlerinden farklı, elde alınan serinin durağan olduğunu söylemektedir.

Tablo 5. Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin Birim Kök Testi Sonuçları

	Test İstatistiği	
FI	0.102898*	
logREC	0.170570*	
D (FI)	0.081121*	
D (logREC)	0.140424*	
Kritik değerler	1%	0.216000
	5%	0.146000
	10%	0.119000

Not: *; 1% seviyesindeki istatistiksel anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 4'te yer alan testin sonuçları, yüzde 1 anlamlılık düzeyine göre FI ve logREC serileri original hallerinde I(0) durağan olduğunu ortaya koymaktadır.

Son olarak da serilerin durağanlığını analiz için Zivot-Andrews birim kök testine başvurulmuştur. Grafik 1'den izlendiği gibi seri yapısal kırılmayı içerdiği için bu birim kök testini uygulamakta fayda vardır.

Tablo 6. Zivot-Andrews Birim Kök Testi Sonuçları

	Model A		Model C	
	Test İstatistiği	Kırılma Tarihi	Test İstatistiği	Kırılma Tarihi
FI	-4,678237	1986	-5,093941	1986
logREC	-2,951997	2010	-4,162454	2002
D (FI)	-6,532983*	1982	-6,472628*	1982
D (logREC)	-10,57518 *	2004	-1045216*	2004
Kritik değerler	1%	-5,34	-5,57	
	5%	-4,93	-5,08	
	10%	-4,58	-4,82	

Not: *; 1% seviyesindeki istatistiksel anlamlılığı göstermektedir.

Zivot-Andrews birim kök testi sonuçları, hem model A hem de model C için yapısal kırılma var iken serilerin 1 mertebeden durağan olduğu belirlemektedir.

Çalışmanın bir sonraki aşamasında aynı mertebede durağan bulunan yenilenebilir enerji ve yakıt ithalatı değişkenleri arasındaki uzun dönemli ilişkinin testi için Engle-Granger ve Gregory-Hansen eşbütünleşme testleri kullanılmış ve test sonuçları Tablo 7 ve Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 7. Engle-Granger Eşbütünleşme Testi Sonuçları

	Test İstatistiği Sabit, trendsiz	Test İstatistiği Sabit + trend
D (Kalıntı)	-5.967315	-5.917147
Kritik değerler N=50	1%	4,32
	5%	3,67
	10%	3,28

Not: Kritik değerler Engle ve Yoo (1987)'den alınmıştır.

Engle-Granger testinin sonuçlarına göre, seriler arasında uzun dönemli ilişki var olduğu gözlenmektedir. İki değişken arasında eşbütünleşme var olup olmadığını sınamak için ikinci olarak Gregory-Hansen testi kullanılmıştır. Gregory-Hansen eşbütünleşme testinin sonuçları Tablo 8'de yer almaktadır.

Tablo 8. Gregory-Hansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları

	ADF	Za-stat	Zt-stat	Kırılma Tarihi
Model (a)	-6,422524	-47,33036	-6,485184	1982
Model (b)	-6,487924	-54,44601	-7,368578	1975
Model (c)	-6,702930	-49,53376	-6,768326	1975

Not: %1, %5 ve %10 için kritik değerler: Model (a): -6,05, -5,56 ve -5,31; Model (b): -6,36, -5,83 ve -5,59; Model (c): -6,92, -6,41 ve -6,17. Kritik değerler Gregory ve Hansen (1996)'den alınmıştır.

Hesaplanan ADF ve Zt test istatistikleri, yüzde 1 anlamlılık düzeyinde kritik değerlerden yüksektir. Bu halde, yenilenebilir enerji ve yakıt ithalatı değişkenleri arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

İki değişkenler arasında eşbütünleşme bulunduktan sonra, bir sonraki aşamada nedenselliği araştırmak için Granger ve Toda-Yamamoto nedensellik testleri uygulanmıştır. Bu amaçla öncelikle Vektör Otoregresif (VAR) modeline başvurulmaktadır. VAR modelinin uygun gecikme uzunluğu ile kritik değerleri Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. VAR modeli için Optimal Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Gecikme	LR	AIC	SC	HQ
1	254,4747*	1,654794*	1,886446*	1,742683*
2	6,487935	1,670606	2,056692	1,817087
3	4,387176	1,729415	2,269935	1,934488
4	8,819060	1,672204	2,367158	1,935869
5	3,706528	1,737929	2,587318	2,060186

Not: LR; ardışık düzeltilmiş LR test istatistiğini, AIC; Akaike Bilgi Kriterini, SW; Schwartz Kriterini, HQ; Hannan-Quinn Kriterini ifade etmektedir.

Tablo 9 incelendiğinde, LR, AIC, SC ve HQ değerlerinin aynı yönde olduğu ve 1 gecikme için minimum değer verdiği sebebiyle 1 dönem gecikme, model için uygun gecikme seviyesi olarak belirlenmiştir.

Gecikme uzunluğunun tespitinden sonra nedensellik testi yapılabilir. Granger nedensellik testinin sonuçları Tablo 10'da sunulmuştur.

Tablo 10. Granger Nedensellik Testi Sonuçları

Nedensellik yönü			Chi-sq	P değeri
logREC	=>	Fİ	0,598655	0,4391
Fİ	=>	logREC	0,110110	0,7400

Nedensellik analizinin sonuçları, p değerlerin yüzde 10 anlamlılık düzeyinde anlamsız ve temel hipotezinin kabul edildiğini gösterir, yenilenebilir enerjiden yakıt ithalat değişkenine doğru ve yakıt ithalattan yenilenebilir enerji değişkenine doğru nedensellik bir ilişkisi olmadığını ortaya koymaktadır. Granger nedensellik analizine göre, Avrupa’da hem yenilenebilir enerji yakıt ithalatını hem de yakıt ithalatı yenilenebilir enerjiyi etkilememektedir.

İki değişken arasında nedensellik ilişkisi araştırmak amacıyla ikinci olarak Toda ve Yamamoto (1995) tarafından geliştirilen Granger nedensellik yöntemi kullanılmıştır.

Tablo 11. Toda-Yamamoto Testi Sonuçları

Nedensellik yönü			Chi-sq	P değeri
logREC	=>	Fİ	0.598655	0,4391
Fİ	=>	logREC	0,110110	0,7400

Tablo 11’de verilen Toda-Yamamoto testi sonuçlarına da göre, yenilenebilir enerjiden yakıt ithalat değişkenine doğru ve yakıt ithalattan yenilenebilir enerji değişkenine doğru nedensellik bir ilişkisi olmadığı tespit edilmektedir. Dolayısıyla, Toda-Yamamoto testinin sonucu da hem yenilenebilir enerji yakıt ithalatını hem de yakıt ithalatı yenilenebilir enerjiyi etkilemediğini ortaya koymaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, 1965-2018 arası dönemde Avrupa’daki yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıt ithalatı oranı üzerindeki etkisini VAR modelini kullanarak nedensellik analizi ile incelemektedir. Nedensellik analizinin ilk aşamasında yapılan geleneksel birim kök testleri sonucunda yenilenebilir enerji ve yakıt ithalatı serilerinin 1 mertebeden durağan olduğu tespit edilmektedir. İkinci aşamadaki Engle-Granger ve Gregory-Hansen analizlerinden elde edilen bulgular, yenilenebilir enerji ve yakıt ithalatı oranı arasında uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisi var olduğunu gösterirken, Granger analizi ile araştırılan iki değişken arasındaki nedensellik ilişkisi olmadığı sonucuna varılmıştır. Toda-Yamamoto’nun yöntemiyle yenilenebilir enerji ve yakıt ithalatı arasındaki ilişki yeniden test edilip aynı sonuçlar elde edilmiştir. Bu bağlamda,

Avrupa'da 1965-2018 arası dönem için yenilenebilir enerji kaynaklarının yakıt ithalatının üzerinde nedensellik bir ilişkiye sahip olmadığını göstermektedir.

Araştırma konusu, 21. yüzyıl bağlamında tartışmak için sıcak bir konudur. Bu çalışma, yenilenebilir enerji kaynakları ve yakıt ithalatı hakkında güncel veriler kullanan ve aynı zamanda Avrupa'da yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesinin önemli etkisinin olasılığını analiz eden ilk çalışmadır.

Elde edilen sonuçlara göre, ulusal hükümetlerin ekonomik büyümeyi teşvik etmek için enerjinin daha verimli kullanılmasını amaçlayan uygun politikalar ve stratejiler geliştirmesi ve uygulaması için önemlidir. Yakıt ithalatı ve yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki ilişkiyi inceleyen literatür az olduğu ve sonuçlara göre hipotezin desteklenmemesinden dolayı illerideki çalışmalarda diğer bağımsız değişkenleri analize dahil edilerek araştırmalar yapılabilir. Ayrıca gelecekteki çalışmalar aşağıdaki yönleri derinleştirerek araştırabilir:

1. Enerji türü, özellikle genişletilmiş yenilenebilir enerji kullanımı;
2. Enerji kullanımının etkisi, özellikle çevresel sürdürülebilirlik açısından enerji kullanımının olumsuz sonuçları;
3. Düzenlemeler, temiz enerji kullanımına ilişkin kanun ve yönetmelikler.

KAYNAKÇA

BOWEN, E. (2015). Three Essays on Renewable Energy Policy and its Effects on Fossil Fuel Generation in Electricity Markets. *Graduate Theses, Dissertations, and Problem Reports*, 5242.

CHIEN, T., & HU, J. L. (2008). Renewable energy: An efficient mechanism to improve GDP. *Energy Policy*, 36(8), 3035–3042.

FRONDEL, M., RITTER, N., SCHMIDT, C. M., & VANCE, C. (2010). Economic impacts from the promotion of renewable energy technologies: The German experience. *Energy Policy*, 38(8), 4048-4056.

ENGLE, R. F., & GRANGER, C. W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 251-276.

GÖRAN B., JULIA H. (2007). Bioenergy expansion in the EU: Cost-effective climate change mitigation, employment creation and reduced dependency on imported fuels. *Energy Policy*, 35(12), 5965-5979.

GRANGER, C. W. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 424-438.

HOFFMAN, W. (2014). The Economic Competitiveness of Renewable Energy: Pathways to 100% Global Coverage. *Hoboken: Scrivener Publishing; John Wiley & Sons, Inc.*

- HOOGWIK, M., de VRIES, B., & TURKENBURG W. (2004). Assessment of the global and regional geographical, technical and economic potential of onshore wind energy. *Energy Economics*, 26(5), 889–919.
- NESİMİOĞLU Ş.Ö. (2016). Energy Import Dependency and seeking for new energy technologies European Union Case. *International Journal of Energy Applications and Technologies*, 3(2), 77-82.
- Our World in Data. (2020). Energy and Environment. Renewable Energy. Retrieved from ourworldindata.org
- PETERS, G. P., & HERTWICH, E. G. (2006). Structural analysis of international trade: Environmental impacts of Norway. *Economic Systems Research*, 18(2), 155–181.
- Qi, T., ZHANG, X., & KARPLUS, V. J. (2014). The energy and CO2 emissions impact of renewable energy development in China. *Energy Policy*, 68, 60-69.
- STEINKE, F., WOLFRUM, P., & HOFFMANN, C. (2013). Grid vs. storage in a 100% renewable Europe. *Renewable Energy*, 50, 826–832.
- The World Bank. (2020). World Bank Development Indicators. Retrieved from data.worldbank.org
- TODA, H. Y., & YAMAMOTO, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of econometrics*, 66(1-2), 225-250.
- UNBEHAUN, S. J. (2017). The relationship between renewable energy production and energy imports among countries in the European economic area. *Graduate Theses and Dissertations - Public Policy*, 51.
- YORK, R. (2012). Do alternative energy sources displace fossil fuels? *Nature Climate Change*, 2(6), 441–443.
- ZIVOT, E. A., & ANDREWS, D. (1992). Further evidence on the great crash, oil prices shock and the unit root hypothesis. *Journal of Business and Economics Statistics*, (10).