



FOURIER YAKLAŞIMIYLA YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ VE ENERJİ KAYIPLARININ EKONOMİK BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: ALMANYA ÖRNEĞİ

Mustafa NAIMOĞLU¹

Öz

Bu çalışmanın diğer çalışmalardan farkı 1990 yılına göre 2019 yılında yenilenebilir enerji kullanımını %84811 oranında artıran ve yine aynı dönemde enerjinin dağıtımı, iletimi ve taşınması sırasında yaşanan enerji kayıplarını %415 oranında azaltan Almanya için ekonomik büyümeyi araştırmaktır. Bunu yaparken Almanya için ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji kullanımı ve enerji kayıplarını 1990-2019 dönemi için yıllık verilerle analiz etmektedir. Öncelikle serilerin hangi dereceden durağan olduğunu belirlemek için standart ADF ve Fourier ADF durağanlık testleri kullanılmıştır. Sonra son zamanlar da Banerjee vd. tarafından literatüre kazandırılan Fourier ADL testi ile eşbütünleşme ilişkisi sınanmış ve eşbütünleşme ilişkisine rastlanmıştır. Daha sonra değişkenler arasında uzun ve kısa dönemli ilişki geliştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (FMOLS) ve Kanonik Eşbütünleşik Regresyon (CCR) gibi yapısal değişimlerin kukla değişken olarak modele dâhil edildiği tahmincilerle test edilmiştir. Bulgular hem kısa hem de uzun dönem de ekonomik büyümeyi Almanya için yenilenebilir enerji tüketimi artırırken, enerji kayıplarında yaşanan artış ise azaltmaktadır. Ayrıca ekonomik büyümenin kısa dönem dengeye dönme hızları FMOLS(-0.795) ve CCR(-0.868) şeklinde teorik beklentiye uygun, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Dolayısıyla Almanya için yenilenebilir enerji kaynakları çok önemli fırsatlar sunarken enerji kayıplarının azaltılması da ekonomik büyümeyi artıracaktır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Enerji Kayıpları, Ekonomik Büyüme.

Jel Kodları: Q20, O13, O40

RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION AND THE EFFECT OF ENERGY LOSSES ON ECONOMIC GROWTH BY THE FOURIER APPROACH: THE EXAMPLE OF GERMANY

Abstract

The difference of this study from other studies is to investigate the economic growth for Germany, which increased its use of renewable energy by 84811% in 2019 compared to 1990, and reduced energy losses by 415% during the distribution, transmission and transportation of energy in the same period. In doing so, it analyzes economic growth, renewable energy use and energy losses for Germany with annual data for the period 1990-2019. First of all, standard ADF and Fourier ADF stationarity tests were used to determine to what degree the series were stationary. Then, Banerjee et al. The cointegration relationship was tested with the Fourier ADL test, which was brought to the literature by the author, and the cointegration relationship was found. Later, the long and short-run relationship between variables was tested with estimators that include structural changes such as the Developed Least Squares Method (FMOLS) and Canonical Cointegrated Regression (CCR) into the model as dummy variables. The findings show that while both the short and long term economic growth increases the consumption of renewable energy for Germany, the increase in energy losses decreases. In addition, the speed of returning to short-term equilibrium of economic growth in the form of FMOLS (-0.795) and CCR (-0.868) were found to be in line with the theoretical expectation, negative and

¹ Doktora Öğrencisi, Sakarya Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, mustafanaimoglu@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9684-159X>

Atıf/To Cite: Naimoğlu, M. (2021). Fourier Yaklaşımıyla Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Enerji Kayıplarının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: Almanya Örneği. *Journal of Economics and Research*, 2(1), 59-68

statistically significant. Therefore, while renewable energy sources provide very important opportunities for Germany, reducing energy losses will also increase economic growth.

Keywords: Renewable Energy, Energy Losses, Economic Growth.

Jel Codes: Q20, O13, O40

GİRİŞ

Enerji tarih boyunca artan bir gereksinim olmuştur. Enerji ihtiyacı gerek insanların konfor ve refahı gerek ülkelerin endüstri ve ticareti için her geçen gün ihtiyaç duyulan bir girdi olmuş ve olmaya devam etmektedir. Enerji konusunda yaşanan krizler, nüfusta yaşanan artış, sanayileşme ve yaşamın her safhasında daha fazla elektronik cihazların kullanılması ise enerjiye olan ihtiyacı şiddetlendirmektedir (Türkmen vd., 2018: 30). Ancak yeryüzünde bulunan enerji kaynaklarının kıt olması insanları alternatif enerji kaynaklarına ve kullanılan enerjinin nasıl daha verimli kullanılabileceğini araştırmaya itmiştir. Dünya ülkelerinin enerji konusunda attığı adımlar ise hala yetersiz düzeydedir. Bunun için dünya enerji kullanımı, kullanımı artıran faktörler ve sonuçlarına genel olarak bakmak yeterli olacaktır. Bu duruma ayrıntılı olarak bakıldığında 1990 yılına göre 2019 yılında dünya da toplam enerji tüketimi %63, fosil yakıt kullanımı(kömür, petrol, doğalgaz) %62.97 (IEA, 2021), sıcaklık değişimi %163.21 (FAOSTAT, 2021) ve nüfus %43.83 (World Bank, 2021) oranında artış göstermiştir. Bu durumların yanında fosil yakıt rezervlerinin petrol de 40, doğalgaz da 62, kömür de ise 216 yıl ömrü kalmış(Ürün ve Soyu: 2016:32) ve günümüz teknolojilerine rağmen petrol, kömür, gaz, biokütle, nükleer, yenilenebilir enerji girdilerinde yaşanan etkinlik/verimlilik ise %11 civarında oldukça düşük bir oranda kalmıştır (Gürler vd., 2020:16). Ayrıca dünyada 1900' ların başında 2 milyar ton CO₂ gaz salınımı gerçekleşirken, 2018 yılında yaklaşık %1600 artış yaşanarak 36.2 milyar tona yükselmiştir (Gürler vd., 2020:30). Bütün bu durumlar bir araya geldiğinde dünyanın gelecekte ne kadar hızlı büyüme, nüfus artışı, fosil yakıt kullanımı, sera gazı salınımı ve sıcaklık değişimiyle gelecek için kötü senaryoları ima ederken; yaşanılabilir dünyanın inşası yolunda baş edilmesi gereken büyük sorunlarla karşı karşıya kalılabileceğini göstermektedir (Ağır vd., 2020: 40).

Almanya ise Avrupa'nın en büyük ekonomisiyle enerji konusunda dünyaya örnek olabilecek çok önemli adımlar atmıştır. Bunlara ayrıntılı olarak bakılırsa 1990 yılına göre 2019 yılında Almanya' da GSYİH' sı %46 artış gösterirken kömür tüketiminde %60, petrol tüketiminde %20, nükleer kullanımında %39 ve enerji kayıplarında %415 oranında azalış göstermiştir (IEA, 2021). Yine aynı dönem için yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidro kullanımı %10 artış gösterirken rüzgâr, güneş, vd. kullanımı ise %89627 oranında çok yüksek bir artış göstermiştir. Ayrıca Almanya 1990 yılına göre 2019 yılında enerji verimliliği konusunda AR-GE harcamalarını %893 ve yenilenebilir enerji konusunda AR-GE harcamalarını %99 oranında artırırken fosil yakıt AR-GE harcamalarını %82 oranında azaltmıştır (IEA, 2021). Dolayısıyla Almanya enerji kaynakları arasında hem yenilenebilir enerji payını ve AR-GE harcamalarını artırmış hem de enerji kayıplarını ve fosil yakıt kullanımını azaltmayı başarmıştır.

Bu yüzden bu çalışmanın temel amacı çevreyi ve dünyanın yaşam kalitesini korumak ve daha yaşanılır kılmak için dünya genelinde ve Almanya özelinde enerji bağımsızlığı, enerji sürdürülebilirliği ve kendi geleceğine yön verebilmeyi daha az enerji, daha az fosil yakıt kullanımı, daha az sıcaklık değişimi, daha az sera gazı salınımı, daha az enerji kaybı ve çevre dostu enerji kullanılmasının araştırılmasıyla ortaya konmasıdır. Dolayısıyla Almanya özelinde araştırılan yenilenebilir enerji tüketimi ve enerji kayıpları ile ilgili bulgular dünya geneline de örnek olacak sonuçlar ortaya koyacağı düşünülmektedir. Bu amaçla çalışmada öncelikle literatür araştırması yapılacak, ardından güncel tekniklerle

değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki araştırılacak ve son olarak sonuç kısmına yer verilecektir.

1. TEORİK ÇERÇEVE

Bir ekonominin büyümesinde teknoloji çok büyük bir faktördür. İktisat teorisinde Solow Büyüme Modeli ekonomik büyüme için teknolojinin önemini vurgulamış ancak bu durumun nasıl ve ne şekilde gerçekleşeceği konusunu açık bırakmıştır (Özbek, 2020: 592). Bir ekonomide yaşanan teknolojik gelişmeler hem bilgi birikimi ve sermaye konusunda hem de teknolojinin yayılım etkisiyle enerjinin üretimi ve tüketimi konusunda büyümeyi önemli şekilde etkilemektedir (Tunali ve Ulubaş, 2017). Bunun yanında az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerin büyüme konusunda karşılaştıkları en büyük problemin sermaye azlığı ve finans konusunda geri kalınmış olması şeklinde olduğunu savunan iktisadi yaklaşımlar, gelişmiş ülkelerle kıyaslanarak artık zamanla geçerliğini yitirmeye başlanmış ve yerini büyüme konusunda beşeri sermayenin yeterli düzeyde olmaması, teknoloji konusunda geri kalınmışlık ve teknolojik yeniliklerin takip edilememesi gibi nedenlerden dolayı enerjinin verimsiz/etkinsiz kullanılması, yeterli düzeyde enerji kaynaklarına sahip olunamaması, enerji kaynakları arasında fosil yakıt kullanımına yüksek oranda bağımlı ve bu bağımlılığın ithal edilen enerjiyle olunması gibi faktörler olarak sıralanabilir. Çünkü iktisadi teoriye göre enerji ekonomik büyümenin belirleyicileri arasında ve içsel büyüme modelleriyle açıklanmaktadır. Dolayısıyla enerji konusundaki tüm faktörler büyüme modelleri için artık içsel büyüme modelleri arasındadır (Taban, 2008).

Tüm dünya ülkelerinin büyüme konusunda farklı ve genel olarak heterojen yapıya sahip olunması iktisadi büyüme modelleri için sadece bir tek modelle açıklanamayacağını ve bu yüzden birçok büyüme modellerinin ortaya çıkışına zemin hazırlamıştır. Hatta büyüme modelleri de kendi içlerinde sınıf ve farklı modellere ayrılmıştır. Bu çalışmada ise iktisadi teoride önemli bir yere sahip olan Romer' in içsel büyüme modeli için toplam üretim fonksiyonu

$$Y = (T, C, L)$$

Şeklinde ele alınmıştır (Gbadebo ve Okonkwo, 2009). Burada Y toplam reel çıktıyı, T teknolojiyi, C toplam sermaye birikimini, L ise işgücü miktarını ifade etmektedir. Yukarıdaki fonksiyonda yenilenebilir enerji ve enerji kayıplarının azaltılması teknolojiyle ilgilidir. Çünkü enerjinin verimli, etkin, tasarruflu kullanılması, enerji kaynakları arasında yenilenebilir enerji bulunması, enerji girdilerinde yaşanan çeşitlilik gibi faktörler teknolojinin kullanılması ve yayılması sonucu ortaya çıkmaktadır. Çalışmada kullanılan Almanya ekonomisi için yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği konusunda AR-GE harcamaları ile fosil yakıt ve enerji kayıplarını azaltması için uyguladığı politikalar tüm dünya için önemli bir rol model olacaktır. Bu yüzden bu çalışma yaşanılabilir dünyanın inşası yolunda karşılaşılan büyük sorunlara önemli bir çözüm gösterecektir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki ilişkisini araştıran birçok çalışma mevcuttur. Literatür de yapılan araştırmaların çoğu enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında panel veri ve zaman serisi analiz yöntemlerinin kullanılmasıyla kısa-uzun dönemli ilişki ve nedensellik ilişkisi şeklinde araştırılmaktadır. Uzun dönem ilişkisi araştıran çalışmalara bakıldığında Alper (2018) Türkiye de yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1990-2017 dönemi için araştırmıştır. Bayer-Hanck eş bütünleşme testi kullanılarak yapılan çalışmada yenilenebilir enerji tüketiminde meydana gelen %1' lik bir artışın ekonomik büyümeyi %0.19 oranında artırdığı

elde edilmiştir. Benzer şekilde Özşahin vd. (2016) BRICS-T ülkeleri için 2000-2013 döneminde, Bhattacharya vd.(2016) 38 ülke için 1991-2012 döneminde ve Inglesi-Lotz (2016) 34 OECD ülkesi için 1990-2016 döneminde yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etkisi olduğunu elde etmişlerdir.

Yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini nedensellik analizi ile araştıran çalışmalara bakıldığında ise Apergis vd. (2010) 19 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke grubu için 1984-2007 döneminde yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Panel Granger nedensellik analizi ile araştırılan çalışmada bulgular yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensel bir ilişkinin varlığı elde edilmiştir. Benzer şekilde Büyükyılmaz ve Mert (2010) 1960-2010 döneminde Türkiye için, Pao vd. (2013) 1980-2010 döneminde Brezilya için, Sebri ve BenSalha (2014) 1971-2010 döneminde BRICS ülkeleri için, Bloch vd. (2015) 1977-2013 döneminde Çin için, İbrahim (2015) 1980-2011 döneminde Mısır için Çift yönlü bir nedensellik var olduğunu elde etmişlerdir.

Enerji tüketimi ekonomik büyümenin önemli girdisidir. Ancak enerji tüketilirken enerjinin üretimi, iletimi ve taşınması sırasında ortaya enerji kayıpları çıkmaktadır. Bu kayıpların herhangi bir çıktıya dönüşmemesinden dolayı enerji kayıplarında yaşanan artış enerjinin daha fazla kullanılmasına ve ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemesine neden olmaktadır. Dolayısıyla enerjinin üretimi, dağıtımı ve tüketimi gibi tüm süreçlerde enerji politikalarının belirlenmesi ve bu politikalara uyumlu teknolojilerin seçimi önem arz etmektedir. 1994 itibariyle OECD ülkelerinde enerji dağıtım sisteminde meydana gelen kayıplar %7.9 iken günümüzde gelişmiş ülkelerin şebekeden kaynaklanan kaybın brüt üretime oranı %8 düzeyindedir (Arabul 1999:38). 2013 yılı verilerine göre ise şebekeden kaynaklanan enerji kaybının brüt üretime oranı %18 (2 milyar \$)'ye eşittir. Dolayısıyla enerji kayıplarında yaşanan artış enerji tüketimini artırmakla beraber enerjiye yapılan harcamaları da artırmaktadır.

Dünyada kişi başına yıllık ortalama tüketim miktarı 2.326 Kwh/kişi iken Türkiye' de kaçak ve kayıplarla beraber ortalama 1.509 Kwh/kişi'dir (Bahar 2005:40). Bunun nedeni elektriğin üretimi, iletimi ve taşınması sırasında ciddi kayıpların yaşanmasıdır. Yükselen Ekonomilere bakıldığında ise toplam elektrik kayıpları 1990 yılında Bangladeş' de %33, 1995 yılında Pakistan' da %22, 2000 yılında Hindistan' da %27, 2005 ve 2017 yılında sırasıyla % 27 ve %31 oranında Venezuela' da gerçekleşmiştir (IEA, 2020), Almanya' da ise 1990 yılına göre 2019 yılında enerji kayıpları %415 oranında azaltmıştır (IEA, 2021). Enerji kullanımında yaşanan kayıplar ekonomik büyümede herhangi bir çıktı üretmeyen, büyüme için katlanılmak zorunda olunan ve ülkelerin enerji konusunda yaşadığı ciddi problemler arasında odaklanması gereken çok önemli bir sorun olup kayıpların azaltılması gerekmektedir.

3. VERİ SETİ, EKONOMETRİK YÖNTEM VE BULGULAR

Bu bölümde Almanya' da 1990-2019 dönemi için kişi başı GSYİH, kişi başı Yenilenebilir Enerji Tüketimi, enerji kayıpları, kişi başı Brüt Sermaye Oluşumu ve kişi başı İşgücü Miktarı yıllık verileri kullanılarak son zamanlarda Banerjee vd. (2017) tarafından literatüre kazandırılan Fourier ADL eşbütünleşme testi kullanılmıştır.

3.1.Çalışmanın Verileri

Bu çalışmada 1990-2019 dönemi için Almanya' da ekonomik büyümeyi etkileyen faktörler araştırılacaktır. Bunun için kullanılacak olan model

$$GDP_t = \beta_1 + \beta_2 REN_t + \beta_3 LOS_t + \beta_4 CPTL_t + \beta_5 LBR_t + u_t$$

Şeklinde dir. Burada GDP, GSYİH' nin (kişi başı 2010 yılı sabit ABD doları) logaritması, REN yenilenebilir enerji (kişi başı Güneş pv, güneş th, gelgit, rüzgâr, ısı pompası, kazan, kimya ısı ve diğerlerinden enerji üretimi (koe)) tüketiminin logaritması, LOS enerji kayıplarının (Enerjinin dağıtımı, iletimi ve taşınmasında yaşanan enerji kayıpları (koe)) logaritması, CPTL sermayenin (kişi başı Brüt Sermaye Birikimi, 2010 yılı sabit ABD doları) logaritması, LBR işgücünün (kişi başı İşgücü Miktarı) logaritmasını ifade etmektedir. Veriler farklı veri tabanlarından elde edilmiştir. GDP, CPTL VE LBR değişkenleri dünya bankası (World Bank, 2021) veri tabanından, REN ve LOS ise Uluslararası Enerji Ajansından (IEA, 2021) elde edilmiştir.

3.2. Çalışmanın Analiz Yöntemi

Çalışmanın bu kısmında standart ADF birim kök testi ile Fourier ADF testleri kullanılarak seriler için birim kök içerip içermediği araştırılacaktır. Sonra güncel bir teknik olan Fourier ADF eşbütünleşme testi yapılacak, daha sonra ise kısa-uzun dönem katsayı tahmini için Geliştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (FMOLS) ve Kanonik Eşbütünleşik Regresyon (CCR) tahminicileri kullanılacaktır.

3.2.1. Fourier Durağanlık testleri

ADF birim kök testinde bir serinin sahip olabileceği yapısal değişimler dikkate alınmamaktadır. Bu yüzden herhangi bir yapısal kırılmalar altında durağan olmasına rağmen dikkate alınmadığında seri durağan olamayabilir, serinin kointegre derecesi yanlış hesaplanabilir veya elde edilen sonuçlar yanıltıcı olabilir (Koçak ve Özbek, 2020: 27).

Enders ve Lee (2012) ise geliştirdikleri test de, eğer seri bir veya daha fazla yapısal değişime sahip ise düşük frekansa sahip trigonometrik fonksiyonların bulunduğu fourier fonksiyonlarıyla test edildiğinde daha isabetli sonuçlar vereceğini ifade etmişlerdir. Literatüre kazandırılan bu test için serinin sahip olduğu yapısal değişimin zamanı veya sayısı önemli değildir. Çünkü Enders ve Lee (2012)' nin bu testi bu yapısal değişimleri sinüs ve cosinüs fonksiyonlarının dâhil edilmesiyle yakalayabileceğini düşündüğü için burada sadece ihtiyaç duyulacak şeyin uygun frekans olduğunu belirtmişlerdir.

İlk olarak

$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + \beta_1 + \beta_2 trend_t \quad (1)$$

Şeklindeki geleneksel ADF testinden yararlanmışlardır. Fourier ADF testinde ise Enders ve Lee (2012) bu modele

$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + \beta_1 + \beta_2 trend + \beta_3 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_4 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + u_t \quad (2)$$

Yapısal değişimleri yakalayabilecek trigonometrik fonksiyonları ekleyerek modeli revize etmiştir. Burada t trend, T zaman, k bilinmeyen ve belirlenmesi gereken frekans değerini göstermektedir. Ayrıca burada hangi değer için kalıntı kareler toplamı minimum (MinSSR) oluyor ise uygun frekans değeri bu durum dikkate alınarak belirlenecektir. Dolayısıyla burada önemli olan MinSSR' ye sahip uygun frekansı belirlemek olacaktır.

Değişkenlere ait standart ADF ve Fourier ADF durağanlık test sonuçları Tablo 1' de gösterilmiştir.

Tablo 1: Standart ADF ve Fourier ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	Düzy					
	Frekans	MİNSSR	Uygun Gecikme	FADF	ADF	F-Testi
GDP	5	0.002	2	0.207	0.217	2.913
REN	5	0.034	1	0.522	0.872	3.960
LOS	5	0.039	2	-2.776	-2.588	0.951
CPTL	1	0.034	7	-3.314	-1.068	10.873***
LBR	1	0.0002	5	0.535	0.039	4.226
Birinci Fark						
Değişken	Frekans	MİNSSR	Uygun Gecikme	FADF	ADF	F-Testi
GDP	5	0.002	1	-7.104	-4.754***	3.027
REN	5	0.025	7	-3.486	-4.315***	1.694
LOS	5	0.042	1	-5.805	-5.215***	1.833
CPTL	2	0.036	2	-4.112**	-4.953	7.089*
LBR	1	0.0001	4	-3.807	-6.079***	4.303

Not: F test kritik değerleri %1=10.35, %5=7.58, %10=6.35, Fourier ADF k=1 kritik değerler %1=-4.42, %5=-3.81, %10=-3.49, ADF kritik değerler %1=-3.753, %5=-2.998, %10=-2.639, ***, ** ve * değerleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlam seviyelerinde serilerin durağan olduğunu göstermektedir.

Tablo 1'e dikkat edilirse düzey değerlerinde sadece sermaye (CPTL) için Fourier ADF F testi anlamlı çıkmış ve birim kök içerdiği elde edilmiştir. Diğer değişkenler ise Standart ADF testine göre düzey değerlerinde birim kök içermektedir. Bunun yanında serilerin birinci farkı alındıktan sonra sadece sermaye (CPTL) Fourier ADF için F testi için anlamlı ve durağan iken diğer bütün değişkenler anlamsız çıkmış ve standart ADF sonuçlarına göre durağan oldukları elde edilmiştir. Dolayısıyla tüm değişkenler birinci farkı alındıktan sonra durağan hale gelmektedir.

3.2.2. Fourier ADL Eşbütünleşme Testi

Eşbütünleşmeye Gecikmesi Dağıtılmış(ADL) testi ilk kez Banerjee vd. (1998) tarafından önerilmiştir. Daha sonra Banerjee vd. (2017) literatüre kazandırdığı testte daha önceki modeline sinüs ve cosinüs fonksiyonlarının dâhil edildiği Fourier fonksiyonlarını eklemiştir. Banerjee vd. (2017) Fourier ADL modelinde sabit terim yerine deterministik bileşenleri yerleştirerek aşağıdaki şekilde revize etmiştir.

$$\Delta y_t = d(t) + \beta_1 y_{t-1} + \gamma_1' x_{t-1} + \Phi' \Delta x_t + u_t \quad (3)$$

$$d(t) = a_0 + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad (4)$$

Burada $d(t)$ deterministik bileşendir. Revize edilmiş modelde otokorelasyon sorununu düzeltmek için değişkenlerin gecikmeli değerleri eklenmiştir. Burada *alternatif hipotez değişkenler arasında uzun dönemli ilişki bulunmaktadır* şeklindedir. Dolayısıyla burada uzun dönemli ilişkiyi test etmek için (3) nolu denklemi koşup uygun frekans değeri elde edilerek bağımlı değişkenin gecikmeli değer katsayısının anlamlılığı standart t-testiyle

$$H_0: \beta_1 = 0 \quad (5)$$

Şeklinde test edilmektedir. Her ne kadar standart t testiyle sınansa da Banerjee vd.(2017)' nin makalesindeki kritik değerler kullanılmaktadır.

Almanya için yenilenebilir enerji(REN), enerji kayıpları(LOS), Sermaye(CPTL) ve işgücü(LBR) ile Ekonomik Büyüme(GDP) arasındaki eşbütünleşme ilişkisi araştırılmış ve sonuçlar Tablo 2' de gösterilmiştir.

Tablo 2: FADL Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Bağımlı Değişken	Gecikme Uzunluğu	Frekans	Min AIC	FADL Eşbütünleşme Test İstatistiği
GDP	1	1	-7.315	-5.307***
REN	1			
LOS	1			
CPTL	2			
LBR	1			

Not= Fourier ADL eşbütünleşme için kritik değerler %1=-5.17, %5=-4.51, %10=-4.17 ve ***, **, * değerleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlam seviyelerinde anlamlı olduğunu göstermektedir

Tablo 2 incelendiğinde Fourier ADL eşbütünleşme testi için uygun frekans değeri 1 bulunmuş ve test istatistiği %1 kritik değerlerden mutlak değerce daha büyük olduğu için *değişkenler arasında eşbütünleşme yoktur* temel hipotezi reddedilmiştir. Dolayısıyla Almanya için ekonomik büyüme ile açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunduğu elde edilmiştir.

3.2.3. Eşbütünleşme katsayılarının Tahmini

Fourier ADL test sonuçlarına göre değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunduğundan kısa-uzun dönem katsayı tahmini yapılacaktır. Bunun için Philips ve Hansen (1990) tarafından geliştirilen Düzenlenmiş/Geliştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (Fully Modified Ordinary Least Squares-FMOLS) ve Park (1992) tarafından literatüre kazandırılan Kanonik Eşbütünleşik Regresyon(CCR) tahminicileri ile eşbütünleşme katsayısı tahmini yapılacaktır.

Almanya için ekonomik büyüme ile açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönemli katsayı tahmini yapılmış ve sonuçlar Tablo 3' de gösterilmiştir.

Tablo 3: Uzun Dönemli Katsayıların Tahmini

Model	REN	LOS	K	L
FMOLS	0.114*** (0.003)	-0.077*** (0.010)	-0.022*** (0.007)	1.508*** (0.139)
CCR	0.108*** (0.004)	-0.099*** (0.012)	-0.030*** (0.007)	2.500*** (0.116)

Not: *(%10), **(%5), ***(%1) düzeyinde anlamlılık seviyeleridir.

Tablo 3' de FMOLS ve CCR sonuçlarına göre değişkenler uzun dönemde işaret ve büyüklük olarak benzer sonuçlar verdiği görülmektedir. Almanya için uzun dönemde FMOLS için yenilenebilir enerji tüketimi, işgücü, enerji kayıpları ve sermayede yaşanan %1' lik bir artış ekonomik büyümede sırasıyla %0.11 ve %1.51 artış, %0.08 ve %0.02 azalış meydana getirmiştir. Benzer şekilde CCR için yenilenebilir enerji tüketimi, işgücü, enerji kayıpları ve sermayede yaşanan %1' lik bir artış ekonomik büyümede sırasıyla %0.11 ve %2.5 artış, %0.10 ve %0.03 azalış meydana getirmiştir.

Modelde uzun dönem katsayı tahmini yapılmış ardından FMOLS ve CCR hata düzeltme modeli koşulmuş ve sonuçlar Tablo 4' de gösterilmiştir.

Tablo 4: Kısa Dönemli Katsayıların Tahmini

Model	ECT ₋₁	REN	LOS	K	L
FMOLS	-0.795*** (0.053)	0.106*** (0.008)	-0.103*** (0.007)	0.045*** (0.007)	1.009*** (0.105)
CCR	-0.868*** (0.065)	0.157*** (0.015)	-0.180*** (0.010)	0.051*** (0.012)	0.546*** (0.130)

Not: *(%10), **(%5), ***(%1) düzeyinde anlamlılık seviyeleridir.

Tablo 4 incelendiğinde kalıntılar arasındaki uzun dönemli ilişkiyi ifade eden Hata düzeltme terimi (ECT) katsayısı eksi bir(-1) ile sıfır(0) arasında teorik beklentiye uygun bulunmuş ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Dolayısıyla bu durum Almanya için ekonomik büyüme ile diğer değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki bulunduğunu doğrulamaktadır. ECT terimi düzeltme oranını belirtir ve değişkenlerin uzun dönemde dengeye ne kadar hızlı döndüğünü gösterir. Böylece ECT teriminin katsayısı FMOLS (-0.78) ve CCR(0.87) modeline göre, t-1 dönemindeki bir varyantın sırasıyla yaklaşık %0.78' inin ve % 0.87' sinin t döneminde (bir dönem veya yıl içerisinde) düzeltileceğini gösterir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

1971 yılında yaşanan petrol krizi tüm dünya da olduğu gibi Almanya' da da enerji konusunda uyguladığı politikalarını gözden geçirilmesine ve sorgulanmasına neden olmuştur. Çünkü enerji konusunda dışa bağımlılık bir ekonominin kendi geleceğine yön vermesini ve ekonomik göstergelerinin şekillenmesini ciddi bir şekilde etkilemektedir. Bunun yanında fosil yakıtların yakın gelecekte bitecek olması ve enerji kaynakları arasında yüksek oranda fosil yakıt bulunduran ülkeler için çok büyük tehdit oluşturmaktadır. Dolayısıyla ülkeler kendi geleceklerine yön verebilmek ve küreselleşen dünya da söz sahibi olabilmek için sürekli, ucuz ve bol miktarda enerji kaynaklarına sahip olması hayati önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji dünya için çok önemli fırsatlar sunarken enerji kayıplarının azaltılması da çok önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Almanya' ın 1990-2019 yılları içinde yenilenebilir enerji ve enerji kayıplarının ekonomik büyümesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Literatürdeki çalışmalardan farkı genel enerji tüketimi yerine yenilenebilir enerji kullanımı kullanılarak enerji kaynak yapısıyla ilgili bilgi sahibi olunmasına olanak tanımaktadır. Bunun yanında enerji kayıplarının kullanılmasıyla da enerji konusunda yapılan AR-GE harcamaları ile teknoloji seviyesi ile ilgili bilgi sahibi olunmasına imkan tanınmaktadır. Bu amaçla standart ADF ve Fourier ADF durağanlık testleri, Fourier ADL eşbütünleşme testi ve uzun dönem katsayı tahminleri için FMOLS ve CCR tahmincileri kullanılmıştır. Öncelikle serilerin birinci farkı alındıktan sonra durağan hale geldiği belirlenmiştir. Sonra güncel bir teknik olan Fourier ADL eşbütünleşme testi yapılarak uzun dönemli ilişkiye rastlanmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki Almanya İçin yenilenebilir enerji kullanımında yaşanan artışlar ekonomik büyümeyi artırırken enerji kayıplarında yaşanan artışlar ise ekonomik büyümeyi azaltmaktadır.

KAYNAKÇA

- Ağır, H., Özbek, S., & Türkmen, S. (2020), Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belirleyicileri: Ampirik Bir Tahmin. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 6 (4), 39-48.
- Alper, F. Ö. (2018). Yenilenebilir Enerji Ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: 1990-2017 Türkiye Örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2), 223-242.
- Apergis, N., Payne, J. E., Menyah, K., Wolde-Rufael, Y. (2010). On The Causal Dynamics Between Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy, And Economic Growth. *Ecological Economics*, 69(11), 2255-2260.
- Arabul, H. (1999). Türkiye' de Elektrik Enerjisi Dağıtımında Yatırım Fırsatları. *Enerji Dünyası*, S25, Ankara.

- Bahar, O. (2005). Türkiye’de Enerji Sektörü Üzerine Bir Değerlendirme. *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (14), 35-59.
- Banerjee, A., Dolado, J., Mestre, R. (1998). Error-Correction Mechanism Tests for Cointegration in A Single-Equation Framework. *Journal of Time Series Analysis*, 19(3), 267-283.
- Banerjee, P., Arčabić, V., Lee, H. (2017). Fourier ADL Cointegration Test To Approximate Smooth Breaks With New Evidence From Crude Oil Market. *Economic Modelling*, 67, 114-124.
- Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I., Bhattacharya, S. (2016). The Effect of Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Evidence from Top 38 Countries. *Applied Energy*, 162, 733-741.
- Bloch, H., Rafiq, S., Salim, R. (2015). Economic Growth with Coal, Oil and Renewable Energy Consumption in China: Prospects for Fuel Substitution. *Economic Modelling*, 44, 104-115.
- Büyükyılmaz, A. & Mehmet M. (2015). CO2 Emisyonu, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin MSVAR Yaklaşımı ile Modellenmesi: Türkiye Örneği. *Journal of World of Turks*, 7(3), s. 103-118.
- Enders, W., & Lee, J. (2012). The Flexible Fourier Form and Dickey–Fuller Type Unit Root Tests. *Economics Letters*, 117(1), 196-199.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations(FAOSTAT), (2021). *Temperature Change*, <www.fao.org>, Erişim Tarihi: 06.02.2021.
- Gbadebo, O. O. & Okonkwo. C. (2009). Does Energy Consumption Contribute to Economic Performance? Empirical Evidence from Nigeria. *Journal of Economics and International Finance*, 1(2), pp. 44-58.
- Gürler, A. Z., Budak, D. B., Ayyıldız, B. Kaplan, U. E. (2020). *Enerji Ekonomisi*, Nobel Akademik Yayıncılık.
- Ibrahiem, D. M. (2015). Renewable Electricity Consumption, Foreign Direct Investment and Economic Growth in Egypt: An ARDL approach. *Procedia Economics and Finance*, 30, 313-323.
- Inglesi-Lotz, R. (2016). The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: A Panel Data Application. *Energy economics*, 53, 58-63.
- International Energy Agency(IEA), (2021). *Data and Statistics*. <www.iea.org>, (Erişim Tarihi: 06.02.2021).
- Koçak, İ., & Özbek, S. (2020). Satın Alma Gücü Paritesinin Geçerliliği: Durağanlık ve Birim Kök Testlerinden Yeni Kanıtlar. *Uluslararası Ticaret ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 22-31.
- Özbek, S. (2020). Ekonomik Kalkınmada Sosyal Sermaye Problemi. M. Yılmaz ve E. Günay (Ed.), *Farklı Boyutlarıyla Sosyal Sermaye Problemi İçinde* (579-622). Ankara: İksad Yayınevi.
- Özşahin, Ş., Mucuk, M., Gerçekler, M. (2016). Yenilenebilir Enerji Ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: BRICS-T Ülkeleri Üzerine Panel ARDL Analizi. *Siyaset Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4(4), 111-130.
- Pao, Hsiao-Tien & Hsin-Chia Fu (2013). Renewable Energy, NonRenewable Energy and

- Economic Growth in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25(2013), s. 381-392.
- Park, Joon Y. (1992). Canonical Cointegrating Regressions. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, S. 60(1), 119-143.
- Phillips, P. & Hansen, B. (1990). Statistical Inference in Instrumental Variables Regression with I(1) Processes. *Review of Economic Studies*, 57, 99-125.
- Sebri, Maamar & Ousama Ben-Salha (2014). On The Causal Dynamics between Economic Growth, Renewable Energy Consumption, CO2 Emissions and Trade Openess: Fresh Evidence from BRICS Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39(2014), s. 14-23.
- Taban, S., (2008). *İktisadi Büyüme Kavram ve Modeller*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Tunali, H., & Ulubaş, M. A. (2017). Elektrik Enerjisi Tüketimi Ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: G7 Ülkeleri Üzerine Bir Uygulama (1970-2015). *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 20(1), 1-13.
- Türkmen, S., Özbek, S., & Karakuş, M. (2018). Türkiye’de Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Ampirik Bir Analiz. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8 (2), 129-142.
- Ürün, E., & Soyu, E. (2016). Türkiye’nin Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Üzerine Bir Değerlendirme. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 31-45.
- World Bank, (2021). *World development indicators online database*. <https://databank.worldbank.org/source/world-developmentindicators> , (Erişim Tarihi: 06 Şubat 2021).