

Ekoist: Journal of Econometrics and Statistics

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Enerji Yoğunluğu ve İklim Değişikliği: Türkiye İçin Yakınsama Analizi*

Energy Intensity and Climate Change: Convergence Analysis for Turkey

FeYZa Sert¹ , Seyhun Doğan² 

Öz

Bu çalışmanın amacı, enerji yoğunluğu açısından Türkiye'nin Avrupa Birliği (AB)'ne yakınsamasının analiz edilmesidir. Çalışmada; öncelikle enerji yoğunluğu ile iklim değişikliği arasındaki ilişki incelenmiştir. Daha sonra, 1990-2018 yılları arası yıllık enerji yoğunluğu verileri kullanılarak Türkiye'nin AB ülkelerine ve AB ortalamasına yakınsaması analiz edilmiştir. Analizde, Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF), Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS), Philips-Perron (PP), NG-Perron ve Fourier ADF birim kök testleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, enerji yoğunluğu açısından Türkiye'nin İtalya, İspanya ve Portekiz'e yakınsadığı; buna karşılık, Almanya, Birleşik Krallık, Belçika, Fransa, Hollanda, İsveç, Çekya, Polonya, Romanya ve AB ortalamasına yakınsamadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Enerji yoğunluğu, İklim değişikliği, Yakınsama analizi, Avrupa birliği

Abstract

The aim of this study is to analyze Turkey's convergence to the European Union (EU) in terms of energy intensity. In the study, first of all the relationship between energy intensity and climate change has been examined. Afterwards, Turkey's convergence to EU countries and EU average has been analyzed using the annual energy intensity data including the years 1990-2018. In the analysis, Augmented Dickey-Fuller (ADF), Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS), Philips-Perron (PP), NG-Perron and Fourier ADF unit root tests were used. According to the findings obtained, it was concluded that Turkey converges to Italy, Spain, and Portugal with regards to energy intensity, on the other hand doesn't converge to Germany, United Kingdom, Belgium, France, Holland, Sweden, Czechia, Poland, Romania, and EU average.

Keywords

Enerji yoğunluğu, Climate change, Convergence analysis, European union

* Bu makale, Prof. Dr. Seyhun DOĞAN'ın danışmanlığında FeYZa SERT tarafından hazırlanan "İklim Değişikliği ile Mücadelede Enerji Yoğunluğunun Etkisi: Türkiye ve Avrupa Birliği İçin Ekonometrik Bir Uygulama" başlıklı yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

1 Sorumlu Yazar: FeYZa SERT (Doktora Öğrencisi), İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Avrupa Birliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye. Eposta: feyzasert21@gmail.com ORCID:0000-0001-6790-8548

2 Seyhun DOĞAN (Prof. Dr.), İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü, İstanbul, Türkiye. Eposta: sdogan@istanbul.edu.tr ORCID: 0000-0003-3450-0612

Atıf: Sert, F. ve Dogan, S. (2020). Enerji yoğunluğu ve iklim değişikliği: türkiye için yakınsama analizi. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 32, 1-14. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2020.32.0099>

Extended Summary

European Union (EU) is externally dependent with respect to energy sources. Energy crises have significantly affected EU countries. Hence, EU countries both aim to achieve greenhouse gas emission reduction targets in order to struggle against climate change and to reduce energy importation by increasing the usage of renewable energy sources. EU's 20-20-20 targets in 2020 Energy and Climate Package are to reduce greenhouse gas emission by 20 percent, to increase the share of renewable energy by 20 percent, and to increase energy efficiency by 20 percent.

Energy sector is the sector which is most responsible from greenhouse gas emission. Energy efficiency studies, which will be carried out by the countries primarily in the energy sector, are also important in terms of reaching the other two targets of EU.

In this study, the concept of energy intensity which is a criterion of energy efficiency was mentioned. Data of the twelve European Union countries (Germany, United Kingdom, Belgium, France, Holland, Sweden, Czechia, Poland, Romania, Italy, Spain, and Portugal) regarding the energy intensity variable obtained by proportioning the total primary energy consumption to GDP were used.

First of all the relationship between energy intensity and climate change was explained. Afterwards, Turkey's convergence both to EU countries and to EU average has been analyzed with respect to energy intensity by using the annual data for the period of 1990-2018. In this regard, unit root tests (*ADF, KPSS, PP and NG-Perron*) were used. Among the twelve countries, stationarity was observed for Italy, Spain and Portugal in KPSS and NG-Perron tests, and no stationarity was observed in ADF and PP tests. Furthermore, no stationarity was found in any of the unit root tests relating to the other nine countries (Germany, United Kingdom, Belgium, France, Holland, Sweden, Czechia, Poland, and Romania). Convergence analysis was realized by using *Fourier ADF unit root test*.

As a result of the analysis, it was found that Turkey converges to Italy, Spain and Portugal. It was considered that Turkey converges to these countries due to the factors such as level of development, energy resources, geographic location, climate conditions which have effect on energy consumption and GDP. On the other hand, Turkey didn't converge to Germany, United Kingdom, Belgium, France, Holland, Sweden, Czechia, Poland, Romania, and EU average.

Enerji Yoğunluğu ve İklim Değişikliği: Türkiye İçin Yakınsama Analizi

Giriş

1990 yılında yayımlanan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC)'nin ilk değerlendirme raporunda; Sanayi Devrimi'nden itibaren atmosferdeki sera gazı yoğunluklarında yaşanan artışın öncelikli nedeni olarak insan aktiviteleri gösterilmiştir (IPCC, 1990: 5). Panel tarafından 2013 yılında yayımlanan beşinci ve son iklim değerlendirme raporunda da yirminci yüzyılın ortasından itibaren gözlemlenen ısınmanın başlıca nedeninin insan kaynaklı etkiler olduğu belirtilmiştir. Panel'e göre atmosferde artan sera gazı yoğunluğu, pozitif ısıtma etkisi, sistemde gözlemlenen ısınma ve iklim sistemine ilişkin diğer bilgiler göz önünde bulundurulduğunda iklim sistemi üzerindeki beşeri faaliyetlerin etkisi açıktır. Sera gazı emisyonlarının devam etmesi, daha fazla ısınmaya ve iklim sisteminin tüm bileşenlerinde değişime neden olacaktır. İklim değişikliğinin sınırlandırılması, sera gazı emisyonlarının önemli derecede ve sürdürülebilir düzeyde indirilmesini gerektirmektedir (IPCC, 2014: 15,17,19). Bu durum, ulusal ve uluslararası boyutta iklim değişikliği ile mücadelenin önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Bu çalışmayla; gelişen bir ülke olarak yüksek sera gazı salınımına sahip Türkiye'nin, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında enerji yoğunluğunun 1990-2018 arası yıllık veri aralığında Avrupa Birliği (AB) ülkelerine yakınsama durumu analiz edilmiş ve elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

Enerji Yoğunluğu ve İklim Değişikliği

Enerji yoğunluğu, toplam enerji tüketiminin toplam çıktıya oranıyla ve gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH) olarak ölçülür. Bir ekonominin enerji tüketimini ve toplam enerji verimliliğini ölçer. Yüksek enerji yoğunlukları, enerjiyi GSYH'ye dönüştürmenin yüksek fiyatını veya yüksek maliyetini gösterir. Düşük enerji yoğunlukları, enerjiyi GSYH'ye dönüştürmenin düşük fiyatını veya düşük maliyetini gösterir (Canel, Guris, Guris, Öktem ve Oktem, 2017: 946).

Ülkelerin uluslararası düzeyde birbirleriyle karşılaştırılmasında önemli bir gösterge olan enerji yoğunluğu, iklim değişikliği ile mücadele hususunda da önemli bir ölçüt olarak kabul edilmektedir. Enerji yoğunluğundan düşük sonuç elde edebilmek için, ülkelerin GSYH değerlerinin enerji tüketim düzeylerinden daha yüksek olması gerekmektedir.

Avrupa İçin Enerji Politikası (2007), iklim ve enerji paketi kapsamında üç temel amaç içermektedir. Daha sonra, 2020 için *20-20-20 hedefi* olarak adlandırılmıştır. Bunlar; (1) 1990 yılına kıyasla sera gazı emisyonlarını %20 azaltmak, (2) 2020 projeksiyonlarına nazaran AB'nin enerji tüketiminde %20 tasarruf etme hedefine

ulaşmak, (3) 2020 itibarıyla toplam AB enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerji kaynaklarının oranını, bağlayıcı bir hedef olarak %20 şeklinde belirlemektir (Paoli, 2014: 29). Söz konusu hedefler, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında önem arz etmektedir.

Ülkelerin ekonomik kalkınmaları ile tükettikleri enerji arasında çoğunlukla doğrusal bir ilişki söz konusudur. Enerji kaynaklarının hem üretim hem de tüketim aşamasında çevre üzerinde olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak, iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir noktayı oluşturmaktadır.

Literatür Araştırması

AB'ye yönelik enerji yoğunluğu yakınsaması çalışmaları 2000'li yıllardan itibaren literatürde yer almaya başlamıştır. Çoğunlukla AB üyelerinin AB-12, AB-15, AB-27 gibi ülke grupları arasında veya AB ortalamasına yakınsama analizi test edilmiştir. Bu çalışmada, literatürden farklı olarak Türkiye'nin enerji yoğunluğunun, AB ülkelerine [1990-2018 gözlem aralığında verisine ulaşılabilen oniki AB ülkesini (Almanya, Belçika, Birleşik Krallık, Çekya, Fransa, Hollanda, İspanya, İsveç, İtalya, Polonya, Portekiz ve Romanya) ifade etmektedir] ve AB ortalamasına [1990-2018 gözlem aralığında verisine ulaşılabilen oniki AB ülkesinin (Almanya, Belçika, Birleşik Krallık, Çekya, Fransa, Hollanda, İspanya, İsveç, İtalya, Polonya, Portekiz ve Romanya) ortalamasını ifade etmektedir] göre yakınsaması analiz edilmiştir. Uygulama sürecinde Fourier ADF Birim Kök Testi'nin kullanılması da çalışmayı literatürden ayıran bir diğer önemli özellik olmuştur.

AB kapsamında yapılan enerji yoğunluğu yakınsama çalışmalarında ise; Markandya, Pedroso-Galinato ve Streimikiene (2006), oniki Doğu Avrupa geçiş ülkesi ile AB-15 arasındaki enerji yoğunluğu ilişkisini açıklamıştır. Veriler, yakınsamanın var olduğunu göstermekte olup 2000-2020 yılları için alınan tahmini verilerde de AB düzeyinde yakınsamanın söz konusu olabileceği ifade edilmiştir (Markandya, Pedroso-Galinato ve Streimikiene, 2006: 121-145).

Hajko (2013), 1990-2011 yılları arasında AB-12 ve AB-15 ülkeleri arasındaki enerji yoğunluğu yakınsamasını analiz etmiş ve iki ülke grubu arasında belirgin farklılıkların olduğunu ortaya koymuştur (Hajko, 2013: 639-644). Hajko (2014), 1994-2009 yılları arasında AB-12, AB-15 ve AB-27 arasında ulaştırma sektöründeki enerji yoğunluğunu analiz etmiş ve üç ülke grubunda da beta yakınsaması bulmuştur (Hajko, 2014: 199-205).

Szep (2016)'in çalışmasında; 28 üye devletin AB'nin *Enerji 2020* belgesinde belirlediği ve ortak eylemlerin önemini vurgulayan üç hedef (enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının payı, sera gazı emisyonu için) ışığında ilerlemesini araştırmıştır. Sigma yakınsaması metodolojisini uygulayarak, üye devletlerarasındaki

yakınsamanın ilerlemesini kanıtlamaya çalışan; ancak, gama yakınsamasının onu kısmen değiştirdiğini ifade eden çalışmada; AB’de 2001-2012 yılları için farklılıkların değişmediği, ancak farklılıkların boyutunun önemli lde azaldığı; yenilenebilir enerji oranının en hızlı yakınsama oranını gösterdiği; enerji yoğunluğu ve emisyonlarla birlikte bu olumlu süreçlerin finansal krizden olumsuz etkilenmekte olup geçici iraksamaya neden olduğu sonucuna varılmıştır (Szep, 2016: 88-107).

Balcılar, Emir ve Shahbaz (2018)’in çalışmasında, AB-28 lkelerindeki enerji yoğunluğu yakınsamasının dinamikleri 1990-2016 dönemi için panel veriler kullanılarak incelenmiştir. AB-28’e ek olarak, AB-15 ve 2004’ten sonra Birliğe katılan yeni üyeler 1990-2016, 1990-2004 ve 2005-2016 dönemleri için ayrı gruplar olarak incelenmiştir. Çalışmada; dikkate alınan tam ve alt örnek dönemlerde AB lkeleri arasında yakınsamanın olduğu; ancak, yakınsamanın kümeler içinde gerçekleştiği ve tüm üyelerin tek bir gruba yakınlaştığına dair hiçbir kanıtın olmadığı; esasen AB’nin genişlemesinden sonra ve AB lkeleri arasındaki enerji yoğunluğu seviyelerinin ayrışmasına bağlı olarak, yakınsamanın daha yaygın ve çeşitli hale geldiği bulgularına ulaşılmıştır (Balcılar, Emir ve Shahbaz, 2018: 15-37).

Mussini (2020)’nin çalışmasında ise, 2003-2014 yılları arasında AB’deki enerji yoğunluğu yakınsama araştırılmıştır. Çalışmada, yakınsamanın esasen ele alınan dönemin ilk yıllarında gerçekleştiği; sonraki yıllarda yakınsama sürecinde yavaşlamanın olduğu bulgusuna ulaşılmıştır (Mussini, 2020: 1-12).

Yakınsama Analizi

Yakınsamanın analiz edileceği bu çalışmada, enerji tüketimi ve GSYH gibi iki ayrı değişkenin oranlanması ile elde edilen enerji yoğunluğu ele alınmıştır. Türkiye ve AB lkeleri için EnerData üzerinden alınan veriler yıllık olup 1990-2018 yıllarını kapsamaktadır.

Çalışmada kullanılan enerji yoğunluğu verisi için ele alınan birimler *coe/\$2015 GSYH SAGP* şeklindedir. 2015 yılı GSYH değerini satın alma gücü paritesine göre yıllık olarak ele alınmakta ve GSYH değerine göre tüketilen birincil enerji miktarını (*kilogram eşdeğerini petrol*) ifade etmektedir (EnerData, 2019).

Çalışmanın analizi iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir: İlk aşamada, zaman serisinde önem arz eden durağanlık kavramı için temel birim kök testleri yapılmıştır. İkinci aşamada ise, birim kök testlerinin güvenilirliğini olumsuz etkileyen yapısal kırılmaların modele dahil edilerek analiz edilmesine yardımcı, güncel ve güçlü bir test olan Fourier ADF Birim Kök Testi kullanılmıştır.

Zaman serisi yöntemi ile Türkiye’nin AB ülkelerine yakınsama durumu incelenirken, her ülke için yirmidokuz gözlemden oluşan verilerden yararlanılarak birim kök testleri uygulanmaktadır. Analizde kullanılan denklem aşağıdaki gibidir:

$$y_{itj} = \ln \left[\frac{Y_{it}}{Y_{jt}} \right] \quad (1)$$

Denklemdede; Y enerji yoğunluğunu, i Türkiye'yi, j AB ülkesi veya AB ortalamasını, t ise yıl bazında zamanı ifade etmektedir.

Zaman serilerinde ortalama, varyans ve kovaryansın zamandan bağımsız olması durumu durağanlık kavramı ile ele alınmaktadır. Durağan seriler, uzun dönemde eski haline gelebilmekteyken; durağan olmayan serilerde şoklar kalıcıdır (Yıldırım, Ertuğrul ve Soyaş, 2015: 92).

Temel birim kök testlerinden ilki 1979 yılında Dickey-Fuller tarafından zaman serisinin birim kök içerme durumu analizi için geliştirilmiştir. Birim kök içeren serilerde, birim kökün kaldırılması için fark alma işlemi yapılmaktadır (Güriş, Çağlayan-Akay ve Güriş, 2020: 170):

$$\begin{aligned} \Delta Y_t &= \delta Y_{t-1} + \varepsilon_t && \text{Trend ve otonom parametre yok.} \\ \Delta Y_t &= \mu + \delta Y_{t-1} + \varepsilon_t && \text{Trend parametre yok, otonom parametre var.} \\ \Delta Y_t &= \mu + \beta T + \delta Y_{t-1} + \varepsilon_t && \text{Hem trend hem otonom parametre var.} \end{aligned}$$

Dickey-Fuller Testi'nde e_t (hata terimi)'nin zaman serilerinde otokorelasyona sahip olması durumunda ADF (Augmented Dickey-Fuller-1981) testi geliştirilip kullanılmıştır. ADF Testi'nde; hata terimindeki otokorelasyonun ortadan kaldırılması için bağımlı değişkene ait gecikmeli değer (ΔY_{t-1}) modele eklenmiştir. ADF Testi'ne göre oluşturulan denklemler aşağıdaki gibidir (Güriş, Çağlayan-Akay ve Güriş, 2020: 174):

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{Trend ve otonom parametre yok.} \quad (2.1)$$

$$\Delta Y_t = \mu + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{Trend parametre yok, otonom parametre var.} \quad (2.2)$$

$$\Delta Y_t = \mu + \beta T + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{Hem trend hem otonom parametre var.} \quad (2.3)$$

Temel birim kök testlerinden olan Phillips-Perron Testi (1988)'nde ise, DF Testi'nden yola çıkılmış; parametrik olmayan düzeltme kullanılarak hata terimlerinde otokorelasyon ve değişen varyans bulunmasına olanak sağlayacak şekilde genişletilmiştir. DF, ADF ve PP testlerine ait hipotezler ve karar süreci [$H_0: \delta=0$ ise seri durağan değildir; $H_1: \delta < 0$ ise seri durağandır] aynıdır. Üçü de hem durağanlık hem de birim kök testlerini ifade etmektedir. PP Testi'nde otokorelasyon ve değişen varyansın Newey-West (1987) tahmincisi [$w(s, l) = 1 - \frac{s}{l+1}$] ile düzeltilmesi sağlanmakta ve t-istatistiği Z_t istatistiğine dönüştürülerek kullanılmaktadır (Güriş, Çağlayan-Akay ve Güriş, 2020: 178):

$$Z_t = \left(\sum_{t=2}^T Y_{t-1}^2 \right)^{1/2} \frac{(\hat{\delta} - 1)}{s_{Tl}} - \left(\frac{1}{2} \right) \frac{(s_{Tl}^2 - s_{\hat{\epsilon}}^2)}{\left[s_{Tl}^2 (T^{-2} \sum_{t=2}^T Y_{t-1}^2)^{1/2} \right]} \quad (3)$$

Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (1992) Testi ise; serideki trendi yok ederek durağanlığı sağlamaktadır. KPSS Testi; ADF ve PP testlerinden farklı olarak sadece durağanlık testi olarak anılmaktadır. ADF ve PP testlerinde birim kökün varlığı durağan olmayan seriyi (ya da birim kökün olmaması durağan seriyi) işaret ederken; KPSS Testi'nde yalnızca durağanlık bilgisi ölçülmekte ve hipotezleri ADF ve PP testlerinin tersi [$H_0: \sigma_u^2=0$ ise seri durağandır; $H_1: \sigma_u^2 > 0$ ise seri durağan değildir] şeklindedir. KPSS Test istatistiği şu şekilde hesaplanmaktadır (Güriş, Çağlayan-Akay ve Güriş, 2020: 181):

$$KPSS = T^{-2} \frac{\sum_{t=1}^T S_t^2}{s^2(l)}$$

$$S_t = \sum_{t=1}^T \hat{\epsilon}_t \quad (4)$$

$$s^2(l) = T^{-1} \hat{\epsilon}_t^2 + 2T^{-1} \sum_{s=1}^l w(s, l) \sum_{t=s+1}^T \hat{\epsilon}_t \hat{\epsilon}_{t-s}$$

Hesaplama; T gözlem sayısını, S_t artıkların kısmi toplamını, $s^2(l)$ ise σ^2 'nin tutarlı tahmincisini ifade etmektedir.

Ng-Perron Testi ise; PP testinde hata terimlerinde meydana gelen boyut çarpıklığının giderilmesi amacıyla ortaya konulmuştur. Test istatistikleri aşağıdaki gibi oluşturulmuştur (Perron ve Ng, 1996: 436-437):

$$MZ_a = Z_a + (T/2)(\hat{\alpha} - 1)^2 \quad (5)$$

$$MSB = \left(T^{-2} \sum_{t=1}^2 / s^2 \right)^{1/2} \quad (6)$$

$$MZ_t = MSB * MZ_a \quad (7)$$

$$MPT = [cT^{-2} \sum_{t=1}^2 cT^{-1} Y_t^2] / s_{AR}^2 \quad (8)$$

Burada; T gözlem sayısı; $\hat{\alpha}$ test denklemindeki otoregresif değişkenin katsayısı; s^2 ise örneklem tahmincisini ifade etmektedir.

NG-Perron Testi için hipotezler farklı şekilde ifade edilmektedir. MZ_a ve MZ_t testlerinde temel hipotez, birim kökün varlığını; alternatif hipotez ise, birim kökün yokluğunu belirtmektedir. MSB ve MPT testlerinde temel hipotez, birim kökün yokluğunu; alternatif hipotez ise, birim kökün varlığını ifade etmektedir (Perron ve Ng, 1996: 444). Test istatistiklerinin kritik değerlerden küçük olması, alternatif hipotezin kabul edildiğini ve durağanlığın varlığını göstermektedir.

Yapısal kırımlar, birim kök testlerine ait sonuçların güvenilirliğini zedeleyen unsurlardır. Son zamanlarda yapısal kırımların modellendiği yaklaşım, Fourier Birim Kök Testi olmuştur. Becker, Enders ve Lee (2006); Fourier Testi'nin genişletilmesinin gerekliliğini öne sürmüştür. Burada önemli olan nokta, yapısal kırılmanın sayısının ve formunun bilinmesine gerek olmadığıdır (Güriş, 2017: 1). Enders ve Lee (2012) ise; DF (Dickey-Fuller) regresyon tipinde Fourier fonksiyonunun birim kök testini önermektedir. Bu yaklaşımda; yapısal kırılma sayısının, formunun ve tarihlerinin önceden bilinmesinin gerekli olmaması, testin önemli bir noktasını oluşturmaktadır. Özellikle yapısal kırılma sayısı, tarihi ve formu seçmek yerine; problem, uygun frekans bileşenleri ile tahmin denkleminde dönüştürülür (Enders ve Lee, 2012a: 575):

$$a(t) = a_0 + \sum_{k=1}^n \left(a_k \sin \frac{2\pi kt}{T} + b_k \cos \frac{2\pi kt}{T} \right); n < T/2 \quad (9)$$

Bu yaklaşıma göre n frekans sayısını, $\pi 3,1416$, k belirli bir frekansı (yani $1 \leq k \leq 5$), t trend terimini ve T ise gözlem sayısını ifade etmektedir. Eğer $a_k = b_k = \dots = 0$ ise; doğrusaldır ve temel birim kök testleri uygundur. (9) numaralı denklemde, geniş bir regresyon çerçevesinde n' ye ait tüm değerlerin girilmesi mümkün değildir. Bu sebeple özel bir denklemden ziyade, uygun frekansa (k değerine) sahip olan denklemin seçilerek analizin gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır (Enders ve Lee, 2012a: 575). Fourier ADF Birim Kök Testi için uygulanacak adımlar şu şekildedir (Enders ve Lee, 2012b: 197-198):

1. (9) numaralı denklemde $1 \leq k \leq 5$ değerleri verilerek oluşturulan beş denklem içerisinde hata terimlerinin karelerinin toplamı en küçük olan, k 'yı verir.
2. İlk adımda bulunan uygun frekanslı (k) denklem üzerinde ADF birim kök testi tekrar uygulanır ve olasılık değeri Enders ve Lee'nin Fourier ADF tablosundaki kritik değerler ile karşılaştırılır. Olasılık değerinin, düzey seviye Fourier ADF kritik değerlerinden küçük olması durumunda yakınsamanın varlığından söz edilebilir.
3. F istatistik değeri ise, düzey seviye $F\mu(k)$ kritik değerleri ile kıyaslanır ve olasılık değerinin kritik değerlerden büyük olması istenir.

Becker, Enders ve Lee (2006)'ye göre; alternatif hipotezin kabul edildiği ülkeler için (İtalya, Portekiz ve İspanya) F istatistik değerleri de analiz edilebilmektedir. Yakınsamanın bulunduğu söz konusu üç ülkenin F istatistik değerleri, düzey seviye $F\mu(k)$ kritik değerlerinden büyük ise; Fourier ADF Birim Kök Testi'ne ait terimlerin kullanılabileceği şeklinde yorum yapılabilmektedir (Becker, Enders ve Lee, 2006: 391).

Bulgular ve Değerlendirme

Analizde kullanılan temel birim kök testlerine ait sonuçlar Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1

Temel Birim Kök Testleri (ADF, PP, KPSS ve NG-Perron) Sonuçları

Almanya		Test İstatistiği	%1	%5	%10
ADF		-1.466445	-3.72407	-2.986225	-2.632604
PP		-1.691855	-3.689194	-2.971853	-2.625121
KPSS		0.781834	0.739	0.463	0.347
NG-Perron	MZa	-0.37303	-13.8	-8.1	-5.7
	MZt	-0.17442	-2.58	-1.98	-1.62
	MSB	0.46757	0.174	0.233	0.275
	MPT	16.3688	1.78	3.17	4.45
Belçika		Test İstatistiği	%1	%5	%10
ADF		-0.961306	-3.72407	-2.986225	-2.632604
PP		-0.788978	-3.689194	-2.971853	-2.625121
KPSS		0.754591	0.739	0.463	0.347
NG-Perron	MZa	-1.47949	-13.8	-8.1	-5.7
	MZt	-0.60434	-2.58	-1.98	-1.62
	MSB	0.40848	0.174	0.233	0.275
	MPT	11.5976	1.78	3.17	4.45
B.Krallık		Test İstatistiği	%1	%5	%10
ADF		-1.055132	-3.72407	-2.986225	-2.632604
PP		-0.005434	-3.689194*	-2.971853*	-2.625121*
KPSS		0.807963	0.739	0.463	0.347
NG-Perron	MZa	-0.7576	-13.8	-8.1	-5.7
	MZt	-0.34386	-2.58	-1.98	-1.62
	MSB	0.45389	0.174	0.233	0.275
	MPT	14.7436	1.78	3.17	4.45
Çekya		Test İstatistiği	%1	%5	%10
ADF		-1.654558	-3.72407	-2.986225	-2.632604
PP		-0.884703	-3.689194	-2.971853	-2.625121
KPSS		0.782282	0.739	0.463	0.347
NG-Perron	MZa	-0.39378	-13.8	-8.1	-5.7
	MZt	-0.2012	-2.58	-1.98	-1.62
	MSB	0.51095	0.174	0.233	0.275
	MPT	18.1614	1.78	3.17	4.45
Fransa		Test İstatistiği	%1	%5	%10
ADF		-2.011704	-3.72407	-2.986225	-2.632604
PP		-1.308382	-3.689194	-2.971853	-2.625121
KPSS		0.689281	0.739000*	0.463	0.347
NG-Perron	MZa	-4.92598	-13.8	-8.1	-5.7
	MZt	-1.39426	-2.58	-1.98	-1.62
	MSB	0.28304	0.174	0.233	0.275
	MPT	5.34978	1.78	3.17	4.45
Hollanda		Test İstatistiği	%1	%5	%10
ADF		-1.902247	-3.72407	-2.986225	-2.632604
PP		-1.090947	-3.689194	-2.971853	-2.625121
KPSS		0.69211	0.739000*	0.463	0.347
NG-Perron	MZa	-3.93506	-13.8	-8.1	-5.7
	MZt	-1.17887	-2.58	-1.98	-1.62
	MSB	0.29958	0.174	0.233	0.275
	MPT	6.38247	1.78	3.17	4.45
İspanya		Test İstatistiği	%1	%5	%10
ADF		-2.088541	-3.72407	-2.986225	-2.632604
PP		-1.886053	-3.689194	-2.971853	-2.625121

KPSS		0.407066	0.739000*	0.463000*	0.347
NG-Perron	MZa	-38.0644	-13.8000*	-8.10000*	-5.70000*
	MZt	-4.32192	-2.58000*	-1.98000*	-1.62000*
	MSB	0.11354	0.17400*	0.23300*	0.27500*
	MPT	0.75712	1.78000*	3.17000*	4.45000*
İsveç		Test İstatistiği	%1	%5	%10
ADF		-1.501623	-3.72407	-2.986225	-2.632604
PP		-0.766194	-3.689194	-2.971853	-2.625121
KPSS		0.75787	0.739	0.463	0.347
NG-Perron	MZa	-2.48754	-13.8	-8.1	-5.7
	MZt	-0.92752	-2.58	-1.98	-1.62
	MSB	0.37287	0.174	0.233	0.275
	MPT	8.89623	1.78	3.17	4.45
İtalya		Test İstatistiği	%1	%5	%10
ADF		-3.24393	-3.72407	-2.986225*	-2.632604*
PP		-2.854574	-3.689194	-2.971853	-2.625121*
KPSS		0.095393	0.739000*	0.463000*	0.347000*
NG-Perron	MZa	-7463.98	-13.8000*	-8.10000*	-5.70000*
	MZt	-61.0898	-2.58000*	-1.98000*	-1.62000*
	MSB	0.00818	0.17400*	0.23300*	0.27500*
	MPT	0.00332	1.78000*	3.17000*	4.45000*
Polonya		Test İstatistiği	%1	%5	%10
ADF		-3.16212	-3.72407	-2.986225*	-2.632604*
PP		-1.223236	-2.66072	-1.95502	-1.60907
KPSS		0.758462	0.739	0.463	0.347
NG-Perron	MZa	-3.16923	-13.8	-8.1	-5.7
	MZt	-1.12229	-2.58	-1.98	-1.62
	MSB	0.35412	0.174	0.233	0.275
	MPT	7.53119	1.78	3.17	4.45
Portekiz		Test İstatistiği	%1	%5	%10
ADF		-2.474896	-3.72407	-2.986225	-2.632604
PP		-2.786892	-3.689194	-2.971853	-2.625121*
KPSS		0.192519	0.739000*	0.463000*	0.347000*
NG-Perron	MZa	-15.1291	-13.8000*	-8.10000*	-5.70000*
	MZt	-2.7408	-2.58000*	-1.98000*	-1.62000*
	MSB	0.18116	0.174	0.23300*	0.27500*
	MPT	1.6551	1.78000*	3.17000*	4.45000*
Romanya		Test İstatistiği	%1	%5	%10
ADF		-1.081788	-3.72407	-2.986225	-2.632604
PP		-0.530258	-3.689194	-2.971853	-2.625121
KPSS		0.824318	0.739	0.463	0.347
NG-Perron	MZa	-0.43437	-13.8	-8.1	-5.7
	MZt	-0.20657	-2.58	-1.98	-1.62
	MSB	0.47557	0.174	0.233	0.275
	MPT	16.513	1.78	3.17	4.45
AB Ortalama		Test İstatistiği	%1	%5	%10
ADF		-1.175499	-3.72407	-2.986225	-2.632604
PP		-0.451796	-3.689194	-2.971853	-2.625121
KPSS		0.821478	0.739	0.463	0.347
NG-Perron	MZa	-1.35529	-13.8	-8.1	-5.7
	MZt	-0.55088	-2.58	-1.98	-1.62
	MSB	0.40647	0.174	0.233	0.275
	MPT	11.8275	1.78	3.17	4.45

Not: * Durağanlığın varlığını ifade etmektedir.

ADF, PP, KPSS ve NG-Perron testlerine ait sonuçlar analiz kapsamında seçilen dokuz lke (Almanya, Belçika, Birleşik Krallık, Çekya, Fransa, Hollanda, İsveç, Polonya ve Romanya) ve AB ortalaması (verisine ulaşılabilen oniki ülke ortalaması) için, (Birleşik Krallık için PP Testi'nde tüm anlamlılık düzeylerinde; Fransa ve Hollanda için KPSS Testi'nde %1 anlamlılık düzeyinde; Polonya için ADF Testi'nde %5 ve %10 anlamlılık düzeyleri haricinde) temel düzeyde durağanlığa rastlanılmamıştır.

Türkiye'nin enerji yoğunluğunun İspanya'ya yakınsama analizinin sonucunda, NG-Perron Testi'nde tüm anlamlılık düzeylerinde ve KPSS Testi'nde %1 ve %5 anlamlılık düzeylerinde durağanlık bulunurken; ADF ve PP testlerinde temel düzeyde durağanlığa rastlanılmamıştır.

Türkiye'nin enerji yoğunluğu açısından İtalya'ya yakınsamasının analiz edildiği temel birim kök testlerinden, KPSS ve NG-Perron testlerinde temel seviyede tüm anlamlılık düzeylerinde durağanlığa rastlanılırken; ADF Testi'nde temel düzeyde %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde; PP Testi'nde ise, temel düzeyde yalnızca %10 anlamlılık düzeyinde durağanlığa rastlanılmıştır.

Türkiye'nin enerji yoğunluğunun Portekiz'e yakınsama durumu incelendiğinde ise, temel birim kök testlerinden KPSS ve NG-Perron testlerinde temel düzeyde tüm anlamlılık düzeylerinde durağanlığa rastlanılmıştır. PP testinde temel düzeyde %10 anlamlılık düzeyinde durağanlık bulunurken; ADF Testi'nde durağanlığa rastlanılmamıştır.

Çalışmaya ait sonuçların ikinci aşamasını oluşturan Fourier ADF Birim Kök Testi'nde, yapısal kırılmalar da modele dahil edilerek temel birim kök testlerinde yakınsamanın varlığının söz konusu olduğu İtalya, İspanya ve Portekiz için yanlış hipotezin seçilmesi ve yorumlanması riski ortadan kaldırılmıştır. Fourier ADF Birim Kök Testi'ne göre; Türkiye'nin enerji yoğunluğunun İspanya'ya %5 anlamlılık düzeyinde, İtalya'ya %1 anlamlılık düzeyinde ve Portekiz'e %10 anlamlılık düzeyinde yakınsadığı; diğer dokuz AB üyesi ülkeye ve AB ortalamasına ise yakınsamadığı görülmüştür. Fourier ADF Birim Kök Testi'ne ait sonuçlar Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2

Fourier ADF Birim Kök Testi ve F-İstatistik Testi Sonuçları

	k	Fourier ADF İstatistik Değeri	F-İstatistik Değeri
Almanya	1	-2.014166	10.59354
Belçika	1	-2.173079	25.41644
Birleşik Krallık	1	-1.845511	20.64255
Çekya	1	-2.156448	15.28780
Fransa	1	-3.130473	8.531200
Hollanda	1	-2.415686	9.491237
İspanya	1	-4.379544**	7.117150
İsveç	1	-2.572551	22.50426
İtalya	2	-4.013441***	4.906320
Polonya	1	-2.421972	22.15016
Portekiz	3	-2.798374*	6.904221
Romanya	1	-1.170541	22.04830
AB Ortalama	1	-2.347951	17.44717

Not: Tabloda; *: %10, **: %5 ve ***: %1 anlamlılık düzeylerini temsil etmektedir.

Becker, Enders ve Lee (2006)'ye göre, alternatif hipotezin kabul edildiği ülkeler için (İtalya, Portekiz ve İspanya) F istatistik değerleri de analiz edilebilir. Bu durumda yakınsamanın bulunduğu bu üç ülkenin F istatistik değerleri, $F\mu(k)$ kritik değerlerinden büyük ise, Fourier ADF Birim Kök Testi'ne ait terimlerin kullanılabilceği şeklinde yorum yapılacaktır (Becker, Enders ve Lee, 2006: 391). İspanya'nın F istatistik değeri (7.117150) için %1 anlamlılık düzeyinde; İtalya'nın F istatistik değeri (4.906320) için %10 anlamlılık düzeyinde; Portekiz'in F istatistik değeri (6.904221) için ise %1 anlamlılık düzeyinde Fourier ADF Birim Kök Testi'ne ait terimler kullanılabilir.

Sonuç

Analiz sonucunda, Türkiye'nin İtalya, İspanya ve Portekiz'e yakınsadığı; buna karşılık, Almanya, Birleşik Krallık, Belçika, Fransa, Hollanda, İsveç, Çekya, Polonya, Romanya ve AB ortalamasına yakınsamadığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Enerji tüketiminde ve GSYH üzerinde etkili olan gelişmişlik seviyesi, enerji kaynakları, coğrafi konum, iklim koşulları gibi unsurlar dolayısıyla Türkiye'nin İtalya, İspanya ve Portekiz'e yakınsadığı düşünülmektedir.

Polonya, Romanya ve Çekya'nın, 2000'li yıllarda AB'ye üye olması sonrasında hem AB'nin enerji ithalat düzeyinde artış görülmüş hem de yüksek oranlarda bu ülkelere Birlik tarafından destek aktarılmak zorunda kalınmıştır. Enerji tüketim düzeyleri yüksek, GSYH düzeylerinin ise düşük olması sebebiyle bu ülkeler, AB'nin de genel GSYH'sinde düşüğe; dolayısıyla AB'nin enerji yoğunluğunda artışa sebebiyet vermiştir. İsveç, Almanya, Birleşik Krallık, Belçika, Fransa ve Hollanda ise, yüksek gelir düzeyine sahiptir ve yenilenebilir enerji kaynaklarına oldukça önem vermektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

ıkar atışması: Yazar çıkar atışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Yazar bu çalışma için finansal destek almadığımı beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The author has no conflict of interest to declare.

Grant Support: The author declared that this study has received no financial support.

Kaynaka/References

- Balcılar, M., Emir, F., & Shahbaz, M. (2018). The dynamics of energy intensity convergence in the EU-28 countries. *Discussion Paper*, 15-37.
- Becker, R., Enders W., & Lee, J. (2006). A stationary test in the presence of an unknown number of smooth breaks. *Journal of Time Series Analysis*, 27(3), 381-409.
- Canel, C., Guris, S., Guris, B., ktem, B., & Oktem R. (2017). Convergence of energy intensity in OECD countries. *Modern Economy*, 8, 946-958.
- Enders, W., & Lee, J. (2012a). A unit root test using a fourier series to approximate smooth breaks. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 74(4), 574-599.
- Enders, W., & Lee, J. (2012b). The flexible fourier form and Dickey–Fuller type unit root tests. *Economics Letters*, 117, 196-199.
- EnerData (2019). Energy intensity. *Global Energy Statistical Yearbook*. Retrieved from <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-energy-intensity-gdp-data.html>
- G¼riř, B. (2017). A new nonlinear unit root test with fourier function. *Munich Personal RePEc Archive*, MPRA Paper No. 83080. Retrieved from https://mpra.ub.uni-muenchen.de/83080/1/MPRA_paper_83080.pdf
- G¼riř, S., ağlayan-Akay, E. ve G¼riř, B. (2020). *R ile Temel Ekonometri*, İstanbul: Der Yayınları.
- Hajko, V. (2013). The energy intensity in the EU countries. *Proceedings of the International Masaryk Conference for Ph.D. Students and Young Researchers*, 4, 639-644. https://www.vedeckekonference.cz/library/proceedings/mmk_2013.pdf
- Hajko, V. (2014). The energy intensity convergence in the transport sector. *Procedia Economics and Finance*, 12, 199-205.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1990). *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, New York: Cambridge University Press.
- Markandya, A., Pedroso-Galinato, S., & Streimikiene, D. (2006). Energy intensity in transition economies: Is there convergence towards the EU average? *Energy Economics*, 28, 121-145.
- Mussini, M. (2020). Inequality and convergence in energy intensity in the European Union. *Applied Energy*, 261, 1-12.
- Paoli, L. (2014). The EU climate and energy policy: What about the new targets for 2030? *Economics and Policy of Energy and the Environment*, 1, 27-51.
- Perron, P., & Ng, S. (1996). Useful modifications to some unit root tests with dependent errors and their local asymptotic properties. *Review of Economic Studies*, 63, 435-463.

- Szep, T. S. (2016). Energy convergence of the European Union toward 2020. *The Central European Journal of Regional Development and Tourism*, 8(3), 88-107.
- Yıldırım, S., Ertuğrul, H. M. ve Soytaş, U. (2015). Türkiye’de aylık istihdam serisinin durağanlığı: Geleneksel, yapısal kırılmalı ve mevsimsel birim kök test uygulamaları. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(4), 91-102.