

ENERJİ TÜKETİMİ, CO₂ SALINIMI VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ:
TÜRKİYE İÇİN ARDL SINIR TESTİ YAKLAŞIMI

Seyit Ordu* 

Gönderim Tarihi: 31.01.2022

Kabul Tarihi: 20.04.2022

Araştırma Makalesi/ Research Article

Doi: <https://doi.org/10.38009/ekimad.1065717>

Öz

Bu çalışmanın amacı Türkiye’de birincil enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi, karbondioksit salınımı ve ekonomik büyüme arasındaki uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisini ARDL sınır testi ile araştırmaktır. Bu bağlamda değişkenler, Peseran, Shin ve Smith (2001) tarafından geliştirilen ARDL sınır testi yaklaşımı yardımıyla, 1990-2019 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan analizde elde edilen bulgular çerçevesinde, değişkenler arasında uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu çerçevede, birincil enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin; karbondioksit salınımı üzerinde etkisinin pozitif yönde olduğu ancak yenilenebilir enerji tüketiminin karbondioksit salınımı üzerinde pozitif yönlü bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Öte yandan elde edilen değişkenlerin uzun dönem katsayılarına göre Türkiye’de ele alınan dönemde, birincil enerji tüketiminin ekonomik büyümeye kıyasla uzun dönemde karbon salınımını daha fazla arttırdığı yani çevreye daha fazla zarar verdiği elde edilen bulgular arasında yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme, CO₂ Salınımı, ARDL Sınır Testi.

Jel Sınıflandırması: C32, O47, Q43

ENERGY CONSUMPTION, CO₂ EMISSION AND ECONOMIC GROWTH RELATIONSHIP: ARDL
BOUNDS TESTING APPROACH FOR TURKEY

Abstract

The aim of this study is to investigate the long-term relationship between primary energy consumption, renewable energy consumption, carbon dioxide emissions, and economic growth in Turkey by cointegration test. In this context, with the help of the ARDL boundary test approach developed by Peseran et all (2001), it was analyzed using annual data for the period 1990-2019. Within the framework of the findings obtained in the analysis, it was concluded that there is a long-term cointegration relationship between the variables. In this context, primary energy consumption and economic growth; It has been observed that the effect on carbon dioxide emissions is positive, but renewable energy consumption has no effect on carbon dioxide emissions. On the other hand, according to the long-term coefficients of the variables obtained, it is among the findings that primary energy consumption in Turkey increases carbon emissions more in the long-term compared to economic growth, that is, it causes more damage to the environment.

Keywords: Energy Consumption, Economic Growth, CO₂ Emission, ARDL Bounds Test.

Jel Classification: C32, O47, Q43

* Doktora Öğrencisi, Dicle Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü seyitordu@yahoo.com

1. Giriş

Enerji geçmişten günümüze kadar toplumların gelişiminde ve sosyoekonomik göstergeleri üzerinde etkin rol oynamaktadır. İnsanoğlunun varoluşundan sanayi devrimine kadar geçen sürede enerji sadece insanlığın en temel ihtiyaçlarının karşılanmasında rol alırken, sanayi devriminden günümüze kadar ise birçok konuda enerji ihtiyacı ön plana çıkmış ve insanoğlu çeşitli kaynaklardan bu ihtiyacı karşılama yoluna gitmiştir. Günümüzde milyarlarca insan için sosyoekonomik koşulların iyileştirilmesinde kullanılan çeşitli enerji kaynakları etkili olmuştur.

Birinci ve İkinci Dünya Savaşı sonrası, özellikle gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler arasındaki farkı ortaya koyan en önemli göstergelerden biri sanayileşme olarak gösterilmiş ve sanayileşme ekonomik büyümenin ve kalkınmanın en temel belirleyicisi haline gelmiştir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin uzun dönemli hedefleri arasında yer alan sanayileşme ile birlikte, bu ülkelerin enerjiye olan ihtiyacı artmış ve artan bu ihtiyacı yenilenemeyen yani fosil kaynaklı enerji çeşitlerinden karşılamışlardır. Fosil kaynaklı enerji çeşitlerinin dünya üzerinde eşit şekilde dağılmaması ve yakın gelecekte tükenecek olmasından dolayı bu enerji kaynaklarına sahip olmak ülkelerin temel politikaları arasında yer almaktadır. Öte yandan dünyadaki tüm ülkelerin nihai hedeflerinden biri ekonomik olarak büyümek ve kalkınmaktır. Gelişmişliğin ve ekonomik olarak büyümenin temel göstergesi sanayileşme olarak kabul edilmekte ve bu bakımdan sanayileşmenin çevreye verdiği zarar, iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi olumsuz etkileri arka plana itilmektedir (Torun, Yücesan ve Yağış, 2019).

Günümüzde kaynakların aşırı şekilde kullanılmasıyla gerçekleşen sanayileşmenin; küresel ısınma, çevre kirliliği ve iklim değişikliği gibi birçok olumsuz etkilere sebep olduğu ve bu olumsuz etkilerinde dünyanın en önemli sorunlarından biri olmaya devam ettiği görülmektedir. Sanayileşme ile birlikte artan karbondioksit salınımı (CO₂ emisyonu) gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için önemli sorun teşkil etmektedir. Öte yandan dünya ekonomisindeki gelişmeler, sanayi üretimindeki artışlar ve dolayısıyla daha fazla ekonomik büyüme arzusu çevreyi önemli ölçüde etkilediği görülmektedir. Çevreye en fazla zarar veren ve sera gazları arasında yer alan CO₂ toplam çevreye verilen zararın ve çevre kirliliğinin yaklaşık %60'undan sorumludur. Öte yandan, Birleşmiş Milletler gibi dünyadaki tüm kuruluşlar ve Kyoto Protokolü ile Paris İklim Anlaşması gibi hükümetler arası bağlayıcı anlaşmalar ile bu çevreye verilen zarar ve kirliliğin etkileri en aza indirilmeye çalışılmaktadır.

Ekonomik büyüme, kalkınma ve çevre ilişkisi araştırmacılar tarafından oldukça uzun süredir tartışılmaktadır. Yapılan çalışmalarda, ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasındaki ilişki Çevresel Kuznet Eğrisi (EKC) ile açıklanmaya çalışılmıştır. EKC hipotezine göre; sanayileşme ile birlikte ortaya çıkan gelir artışı, ekonomik büyümenin ilk aşamasında hem gelir eşitsizliğine hem de çevreye zarar verecek ancak belirli bir gelir düzeyine ulaşıldığında bu eğilimin tersine dönecektir (Gökmenoğlu ve Taşpınar, 2015). Yani bir ülkede kişi başına düşen gelir ve refah arttıkça, bu artışı sürdürülebilir bir konuma taşımak için çevreci politikalar üretilmekte ve CO₂ emisyonları azaltılmaya çalışılmaktadır. Bununla birlikte, kişi başına düşen gelir artışı çevre düşmanı olmaktan çıkıp çevre dostuna dönüşecektir.

Uluslararası Enerji Kurumu (IEA) 2019-2021 raporlarına göre; 2020'de küresel ölçekte karbondioksit salınımının %5,8 yani yaklaşık 2 Gt (giga-ton) azaldığı ve bu azalışın şimdiye kadar ki en büyük azalış olduğu ifade edilmektedir. 2020'de dünya ölçeğinde yeşil enerji kaynaklarına talep artışı CO₂ emisyonlarının hızla düşmesine katkı sunmuştur. Öte yandan yayınlanan raporda uzmanların, 2021 'de küresel ekonomik aktivitenin 2019 yılının üzerine çıkmasına rağmen; imzalanan protokol ve hükümetler arası bağlayıcı anlaşmalar sayesinde CO₂ salınımının önceki yıllara kıyasla daha fazla artmayacağı öngörüldüğü belirtilmiştir. Paris İklim Anlaşması ve Kyoto Protokolü gibi hükümetler arası bağlayıcı anlaşmalar çerçevesinde,

2030 yılına kadar küresel ölçekte CO₂ emisyonlarının önemli ölçüde azaltılması ve azalan karbon salınımı sonrası dünyadaki ortalama sıcaklık artışının önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

Dünyadaki bu gelişmeler ışığında, her geçen gün Türkiye'nin de enerji talebi önemli ölçüde artmaktadır. 1990 ve 2005 yılları arasında fosil kaynaklı enerji çeşitlerini aşırı şekilde bağımlı olan Türkiye, hem CO₂ salınımına sebep olarak çevreye zarar vermekte hem de ithal edilen enerji kaynaklarının maliyetleri makroekonomik göstergelerini olumsuz yönde etkilemekteydi. Bu durum yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini açıkça ortaya koymaktadır. 2005 yılında çıkartılan "Yenilenebilir Enerji Kanunu" ile AB'ye uyum kapsamında ortaya konan ve 2010-2011 dönemini içeren "Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı" ile birlikte Türkiye dışa bağımlılığı azaltmak, kırılgan olan ekonomik yapıyı iyileştirmek ve CO₂ salınımını en aza indirmek için resmi altyapıyı oluşturmuştur.

2021 yılında yayımlanan İklim Değişikliği Performans Endeksi (CCPI) raporuna göre, Türkiye 2015 yılında küresel ölçekte iklim değişikliğinin önlenmesi için katkıda bulunan 61 ülke arasında 51. sırada yer alması ve CO₂ salınımının azaltılmasına yönelik ulusal eylem planının olmaması nedeniyle eleştirilmiştir. Türkiye 2020 yılında ise; yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımlar ve fosil kaynaklı enerji çeşitlerinin kullanımında ortaya konan düzenlemeler ile birlikte iklim değişikliğinin önlenmesi için en fazla katkıda bulunan 61 ülke arasından 42. sıraya yükselmiştir. Ayrıca Türkiye'nin 2005 yılından beri alternatif enerji kaynaklarının kullanımının artmasının hem ekonomik istikrarın güçlenmesi hem de çevreye olan duyarlılığın artmasıyla birlikte birçok gelişmekte olan ülkeye kıyasla yabancı yatırımcılar için cazip bir ülke haline gelmiştir. Yabancı yatırımlardaki artışlar, Türkiye ekonomisinin çok daha hızlı büyüyerek yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla kullanılmasında itici güce sahip olacak ve bu durum ise CO₂ salınımlarının azalmasına önemli ölçüde katkıda bulunacaktır.

Yapılan bu çalışmanın amacı Türkiye'de 1990-2019 döneminde birincil enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme ile karbondioksit salınımı arasındaki uzun dönemli ilişkinin, Peseran, Shin ve Smith (2001) tarafından geliştirilen ARDL sınır testi yaklaşımı ile incelenmesidir. Çalışmanın giriş bölümünde dünyada ve Türkiye'de fosil kaynaklı enerji çeşitlerinin yarattığı olumsuzluklar ve yenilenebilir enerjinin önemine değinilmiştir. İkinci bölümde CO₂ salınımı, enerji tüketimi (yenilenebilir ve birincil enerji) ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen bazı seçilmiş ampirik çalışmalara değinilecektir. Çalışmanın üçüncü bölümünde kurulan model, izlenen yöntem ve veri seti hakkında bilgi verilecektir. Dördüncü bölümde, yapılan analizde elde edilen ampirik sonuçlar yer alacaktır. Çalışmanın son bölümünde ise, yapılan analizde elde edilen sonuçlara dönük değerlendirmelere yer verilecektir.

2. Literatür Taraması

En başta artan dünya nüfusu ile birlikte ortaya çıkan aşırı kentleşme, geçmişe kıyasla insanların yaşam tarzında önemli değişiklikler meydana getirmiştir. Yaşam tarzında meydana gelen bu değişimler dünyanın enerjiye olan talebini arttırmıştır. Artan enerji talebinin bir sonucu olarak gelişen ve özellikle doksanlı yıllardan sonra dünyanın en önemli sorunu olarak gelişen küresel ısınma günümüzde de etkilerini önemli ölçüde göstermektedir (Karış, 2017).

Bu bağlamda, literatürde enerji kullanımı (birincil ve yenilenebilir), karbondioksit salınımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki birçok araştırmacı tarafından incelenmiş ve hala incelenmektedir. Ancak yapılan çalışmalarda farklı zaman, yöntem ve veri seti dikkate alındığından ortak bir kanıya varılmamıştır. Yapılan bu çalışmalardan seçilmiş olanları tablo 1'de ele alınmıştır.

Tablo 1: Seçilmiş Ampirik Literatür

Yazar(lar)	Dönem	Seçilmiş Ülke(ler)	Yöntem	Ulaşılan Sonuç
Kraft ve Kraft (1978)	1947-1974	ABD	Granger Nedensellik	GSYİH → ENT
Stern (1993)	1947-1990	ABD	VAR ve Granger Nedensellik	GSYİH → ENT
Asafu-Adjaye (2000)	1973-1995 1971-1995	HİNDİSTAN- ENDONEZYA TAYLAND- FİLİPİNLER	Granger Nedensellik	ENT → GSYİH ENT → ← GSYİH
Soytaş, Sarı ve Özdemir (2001)	1960-1995	TÜRKİYE	Johansen Eşbütünlük ve VAR Analizi	ENT → GSYİH ENT ile GSYİH arasında Eşbütünlük var
Paul ve Bhattacharya (2004)	1950-1966	HİNDİSTAN	Granger Nedensellik ve Johansen Eşbütünlük	GSYİH ← → ENT ENT ile GSYİH arasında Eşbütünlük var
Şengül ve Tuncer (2006)	1960-2000	TÜRKİYE	Granger Nedensellik	Granger Nedensellik
Zhang ve Cheng (2009)	1960-2007	ÇİN	Granger Nedensellik	GSYİH → ENT ENT → CO ₂
Tiwari (2011)	1971-2005	HİNDİSTAN	Granger Nedensellik ve Johansen Eşbütünlük	ENT ile GSYİH arasında Eşbütünlük var ve CO ₂ → GSYİH
Aslan vd. (2013)	1997-2009	ABD	Panel Eşbütünlük Granger Nedensellik	ENT ile GSYİH arasında Eşbütünlük var ENT ← → GSYİH
Pata, Yurtkuran ve Kalça (2016)	1960-2014	TÜRKİYE	ARDL	ENT → GSYİH
Yenisu (2018)	1960-2013	TÜRKİYE	Granger Nedensellik	ENT → GSYİH ENT → CO ₂ GSYİH → CO ₂
Durğun ve Durğun (2018)	1980-2015	TÜRKİYE	ARDL ve Toda-Yamamoto Nedensellik	ENT ile GSYİH arasında Eşbütünlük var ve ENT → GSYİH
Banday ve Aneja (2018)	1971-2014	G-7 ÜLKELERİ	ARDL	ENT, CO ₂ ve GSYİH arasında Eşbütünlük var
Sarker, Wang ve Adnan (2019)	1981-2017	BANGLADEŞ	Granger Nedensellik ve Johansen Eşbütünlük	ENT → ← GSYİH
Koç ve Özdemir (2020)	1960-2017	TÜRKİYE	ARDL	ENT ile GSYİH arasında Eşbütünlük var
Mingxuan vd. (2021)	2000-2017	ÇİN	Granger Nedensellik	ENT ← → GSYİH

NOT: ENT → GSYİH: Enerji tüketiminden GSYİH' ye uzanan tek yönlü nedensellik

GSYİH → ENT: GSYİH' den enerji tüketimine uzanan tek yönlü nedensellik

ENT → ← GSYİH: Enerji tüketimi ve GSYİH arasında çift yönlü nedenselliği

ENT → CO₂: Enerji tüketiminden karbondioksit salınımına doğru,

CO₂ → GSYİH: Karbondioksit salınımından GSYİH' ye uzanan tek yönlü nedenselliği ifade etmektedir.

3. Model, Yöntem ve Veri Seti

Karbondioksit salınımı, ekonomik büyüme, birincil enerji ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenleri arasındaki ilişkinin analiz edildiği çalışmamızda kurulan modelimizin logaritmik doğrusal şekli (1) numaralı denklem aracılığıyla ifade edilmektedir;

$$\ln CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_t + \beta_2 \ln REN_t + \beta_3 \ln PRMRY_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Kurulan bu denklemde CO_{2t}, karbondioksit salınımını; GDP_t, GSYİH' yi, REN_t; yenilenebilir enerji tüketimini, PRMRY_t ise; birincil enerji tüketimini ifade etmektedir. Analizde kullanılan değişkenlere ait verilerin logaritması alınarak analize dahil edilmiştir.

Değişkenler ve açıklayıcı bilgiler tablo 2 aracılığıyla gösterilmektedir;

Tablo 2: Değişkenler ile İlgili Açıklayıcı İstatistikler

Değişkenler	Birim	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maximum
lnCO ₂	Ton	2.53	0.12	2.34	2.72
lnGDP	Dolar	5.60	0.30	5.11	5.98
lnPRMRY	Milyon Ton	1.93	0.14	1.70	2.16
lnREN	Milyon Ton	1.79	0.61	0.60	2.97

Bu çalışmada karbondioksit salınımı, ekonomik büyüme, birincil enerji ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki uzun dönemli ilişki; Peseran vd. (2001) tarafından geliştirilen ARDL testi ile analiz edilecektir. Peseran vd. (2001) tarafında geliştirilen bu test, değişkenlerin bütünleşme derecelerini dikkate almaksızın, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi açıklamaya olanak sağlamaktadır. ARDL sınır testi yaklaşımının birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlardan ilki, değişkenlerin durağanlık özelliklerini yani serilerin I(0) veya I(1) olmasını dikkate almaksızın uygulanabilmektedir. ARDL sınır testinin diğer bir avantajı ise, gözlem sayısı az olan veri setleri ile analiz yapılabilen ve diğer eşbütünleşme testlerinde karşılaşılan ön test sorunlarından kaçınmaya olanak tanımaktadır (Songur, 2020).

Yapılan çalışmamıza göre yukarıda ifade ettiğimiz (1) numaralı denklemin ARDL formu, (2) numaralı denklem aracılığıyla gösterilmektedir;

$$\Delta \ln CO_{2t} = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_{1i} \Delta \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^l \beta_{2i} \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{3i} \Delta \ln REN_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{4i} \Delta \ln PRMRY_{t-i} + \beta_5 \ln CO_{2t-1} + \beta_6 \ln GDP_{t-1} + \beta_7 \ln REN_{t-1} + \beta_8 \ln PRMRY_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Oluşturulan bu denklemde; Δ ifadesi serilerin birinci farkını, β_0 eğim katsayısı, β_1 , β_2 , β_3 ve β_4 katsayıları ise değişkenler arasındaki kısa dönemli ilişkiyi, β_5 , β_6 , β_7 ve β_8 katsayıları ise değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi ifade etmektedir. Öte yandan ortaya konan bu analizde kullanılan gecikme uzunluğu Schwarz bilgi kriteri yardımıyla ifade edilmektedir. Yapılan bu çalışmada geçerliliği sınanan hipotezler ise;

$$H_0 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \beta_8 = 0$$

$$H_1 = \beta_5 \neq \beta_6 \neq \beta_7 \neq \beta_8 \neq 0 \quad \text{şeklinde kurulmuştur}$$

Peseran, Shin ve Smith (2001) tarafından geliştirilen ARDL sınır testi yaklaşımında değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığını sınamak için iki kritik sınır belirlenmiştir. Bu kritik sınırlardan ilki hem alt hem de üst kritik değerler sahip olan F- testidir. Buna göre yapılan analizde eğer bulunan F-testi değeri kritik üst sınırdan büyük ise, boş hipotez reddedilir ve buna göre değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu kabul edilir. Eğer

hesaplanan F- testi değeri, kritik üst sınırdan küçük ise bu durumda boş hipotez reddedilemez yani analize dahil edilen değişkenler arasında uzun dönemde ilişki olmadığı sonucuna varılır. Buna göre, yapılan analizde analize dahil edilen değişkenler arasında uzun dönemde ilişki olduğu sonucuna varılırsa kısıtsız hata modeli (UECM) denkleme dahil edilir ve (3) numaralı denklem yardımıyla tekrar tahmin edilir.

$$\Delta \ln CO_{2t} = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_{1i} \Delta \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^l \beta_{2i} \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{\tau-i} \Delta \ln REN_{t-i} + \sum_{i=1}^n \Delta \ln PRMRY_{t-i} + \delta ECM_{t-i} + \mu_t \quad (3)$$

Oluşturulan (3) numaralı denklemde; Δ ifadesi serilerin birinci farkını, ECM_{t-i} ifadesi hata düzeltme terimi ve δ ifadesi ise hata düzeltme teriminin katsayısıdır.

Yapılan bu analize 1990-2019 dönemine ait yıllık verilerin logaritması alınarak dahil edilmiştir. GDP ve CO₂ değişkenlerine ait veriler World Bank (Dünya Bankası) veri tabanından, REN değişkenine ait veriler çeşitli kaynaklardan ve PRMRY değişkenine ait veriler ise Carbon Brief veri tabanından elde edilmiştir.

4. Ampirik Bulgular

Yapılan bu çalışmada kullanılan ARDL sınır testi yaklaşımında, analize dahil edilen değişkenlerin düzeyde veya birinci dereceden durağan olması gerekmektedir. Değişkenlerin ikinci dereceden farkı alındıktan sonra durağan hale geliyorsa ARDL sınır testi kritik değerleri kullanılamaz (Peseran, Shin ve Smith, 2001). Bu yüzden yapılan tüm ARDL testi analizlerinde, analizde kullanılan değişkenlerin ARDL sınır testinin varsayımlarına uyup uymadığı kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu yüzden öncelikle literatürde yer alan bazı birim kök testleri yardımıyla analize dahil edilen değişkenlerin birim köke sahip olup olmadığına bakılması önem arz etmektedir.

Bu bağlamda serilerin birim kökleri ile ilgili yapılan analizde, Arttırılmış Dickey-Fuller (ADF) ve Philips-Perron (PP) birim kök testleri kullanılmıştır. Buna göre elde edilen test sonuçlarına göre CO₂ salınımı, birincil enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyümeye ait serilerin düzeyde durağan olmadığı bu durumda serilerin birinci dereceden farkları alınarak durağan hale getirildiği tablo 3 aracılığıyla gösterilmektedir.

Tablo 3: Birim Kök Test Sonuçları

ADF BİRİM KÖK TESTİ			
DÜZEYDE SERİLER			
DEĞİŞKENLER	Test İstatistiği	Kritik Değer (%5)	Gecikme Uzunluğu
<i>lnCO₂</i>	-0.6145 ^b	-2.9677	0
<i>lnGDP</i>	-1.0555 ^a	-2.9677	0
<i>lnREN</i>	-0.3954 ^b	-2.9718	1
<i>lnPRMRY</i>	-3.3617 ^a	-3.5742	1
SERİLERİN BİRİNCİ DERECE FARKLARI			
DEĞİŞKENLER	Test İstatistiği	Kritik Değer (%5)	Gecikme Uzunluğu
<i>lnCO₂</i>	-5.2124 ^b	-2.9718*	0
<i>lnGDP</i>	-5.6247 ^b	-2.9718*	0
<i>lnREN</i>	-7.7994 ^c	-1.9533*	0
<i>lnPRMRY</i>	-5.6525 ^a	-3.5806*	1
PHILIPS-PERRON BİRİM KÖK TESTİ			
DÜZEYDE SERİLER			
DEĞİŞKENLER	Test İstatistiği	Kritik Değer (%5)	Gecikme Uzunluğu
<i>lnCO₂</i>	-2.6150 ^b	-3.5742	3
<i>lnGDP</i>	-1.0500 ^b	-2.9677	5
<i>lnREN</i>	-3.2764 ^b	-3.5742	2
<i>lnPRMRY</i>	-3.1706 ^a	-3.5742	1
SERİLERİN BİRİNCİ DERECE FARKLARI			
DEĞİŞKENLER	Test İstatistiği	Kritik Değer (%5)	Gecikme Uzunluğu
<i>lnCO₂</i>	-5.5164 ^a	-2.9718*	7
<i>lnGDP</i>	-5.6224 ^a	-2.9718*	0
<i>lnREN</i>	-8.1585 ^c	-1.9533*	2
<i>lnPRMRY</i>	-11.5936 ^a	-2.9718*	27

Not: ADF testinde gecikme uzunlukları Schwarz Bilgi Kriterine göre belirlenmiş ve maksimum gecikme uzunluğu 4 olarak alınmıştır. Philips-Perron testinde ise; Bartlett Kernel metodu kullanılmış olup, gecikme uzunlukları Newey-West Bandwith kriterine göre belirlenmiştir. * %5 anlamlılık düzeyinde serilerin anlamlı olduğunu ifade etmektedir. ^a sadece sabitin olduğu modelin, ^b hem sabitin hem trendin olduğu modelin, ^c ise trendin ve sabitin olmadığı modelin uygun olduğunu göstermektedir.

Tablo 3, tüm değişkenlerin düzeyde birim köke sahip olduğu ancak birinci dereceden farkları alınan bu değişkenlerin %5 anlamlılık düzeyinde durağan hale geldiğini ifade etmektedir. Bu bağlamda Peseran vd. (2001) tarafından geliştirilen ARDL sınır testinin uygulanması için en önemli koşul sağlandığını ifade edebiliriz.

Tablo 4’de ise, analizde kullanılan ARDL sınır testinin sonuçları gösterilmiştir. Öncelikle, tablo 4’de verilen sınıma testlerinin sonuçlarını yorumladığımız zaman; tahmin edilen modelin R² değeri modelin açıklama gücünün kabul edilir düzeyde olduğunu ifade etmektedir. Jarque-Bera normallik testi sonucuna göre, hata terimlerinin normal dağıldığı görülmektedir. Öte yandan değişen varyans sorununu belirlemeye yönelik kullanılan, Breusch-Pagan-Goldfrey testinde elde edilen değere göre ise analizde değişen varyans sorunu olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan Breusch-Pagan LM testi sonuçlarına göre otokorelasyon sorunu olmadığı görülmüştür. Son olarak ifade edilen Ramsey testi sonucuna göre ise modelde gereksiz değişkenlerin olmadığı, modelin fonksiyonel biçiminin doğru seçildiği anlaşılmaktadır.

Tablo 4: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı Sonuçları

F- İstatistiği	10.70	
Seçilmiş ARDL Modeli	[1, 4, 3, 4]	
Asimptotik Kritik Değerler	Alt Sınır I(0)	Üst Sınır I(1)
% 1	4.61	5.96
% 5	3.27	4.30
% 10	2.67	3.58
Sınama Testleri		
R ²	0.9994	
Düzeltilmiş R ²	0.9986	
F-İstatistiği	1220.187 (0.0000)	
Breusch-Pagan-Goldfrey Testi	0.9989 (0.1852)	
Breusch-Goldfrey Lm Testi	0.0806 (0,4227)	
Jarque-Bera Normallik Testi	0.9244 (0.6298)	
Ramsey Reset Testi	0.0033 (0.9550)	

Not: Analizde Gecikme Uzunluğunun belirlenmesinde Schwarz Bilgi Kriteri kullanılmıştır. Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini (prob) ifade etmektedir.

Değişkenler arasında uzun dönemde eşbütünleşmenin var olduğunu ifade edebilmemiz için, öncelikle F-İstatistiğinin üst kritik değer olan I(1)'in üzerinde olması gerekmektedir. Tablo 4'de görüldüğü üzere, F-İstatistiği (10.70); %10, %5 ve %1'de, I(1) olarak ifade edilen üst kritik değerlerden daha büyük olduğu için CO₂ salınımı, birincil enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemde ilişkinin var olduğunu ifade edebiliriz.

Tablo 5: ARDL (1, 4, 3, 4) Tahmin Sonuçları

DEĞİŞKENLER	<i>Bağımlı Değişken: lnCO₂</i>	
	Katsayı	t-istatistiği (prob)
LNCO ₂ (-1)	-0.4332	-2.1007 (0.0620)
LNGDP	0.0367	1.5959 (0.1416)
LNGDP (-1)	0.0495	2.1809 (0.0542)
LNGDP (-2)	0.0283	1.1757 (0.2669)
LNGDP (-3)	-0.0101	-0.4191 (0.6840)
LNGDP (-4)	0.0617	2.6197 (0.0256)
LNREN	-0.0070	-1.8423 (0.0952)
LNREN (-1)	0.0050	1.2852 (0.2277)
LNREN (-2)	0.0053	1.1891 (0.2618)
LNREN (-3)	0.0081	1.7921 (0.1034)
LNPRMRY	0.7084	9.4312 (0.0000)
LNPRMRY (-1)	0.3689	1.9854 (0.0752)
LNPRMRY (-2)	-0.0468	-0.5234 (0.6121)
LNPRMRY (-3)	-0.0349	-0.4149 (0.6869)
LNPRMRY (-4)	-0.1587	-2.2801 (0.0458)
C	1.0513	6.6091 (0.0001)

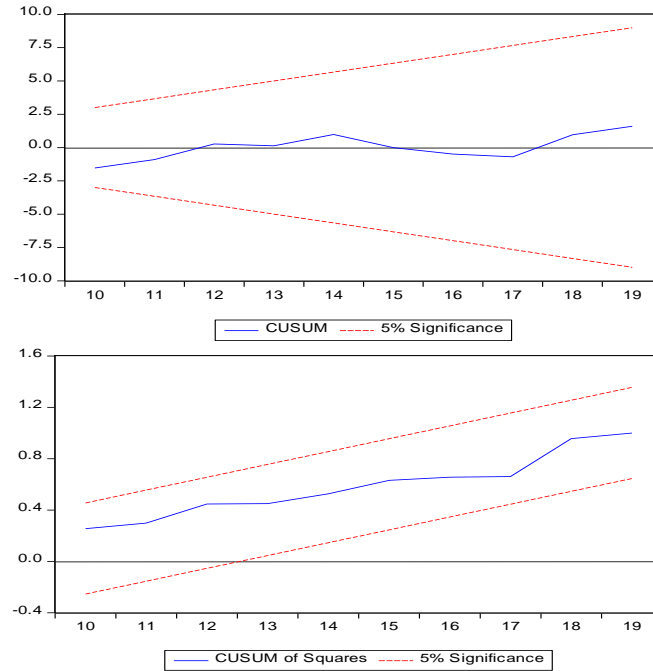
Tablo 6'da lnCO₂'nin modele bağımlı değişken olarak dahil edildiği değişkenlerin uzun dönem katsayıları görülmektedir.

Tablo 6: Uzun Dönem Katsayıları

Değişkenler	Bağımlı Değişken: LnCO ₂	
	Katsayılar	T-İstatistiği (prob)
LNPRMRY	0.5838	13.58 (0.0000)
LNGDP	0.1159	8.1794 (0.0000)
LNREN	0.0079	1.7585 (0.1092)
C	0.7335	40.8344 (0.0000)

Tablo 6’da, REN (yenilenebilir enerji tüketimi) değişkeni hariç bütün değişkenlerin uzun dönem katsayılarının anlamlı olduğu görülmektedir. Elde edilen bu sonuçlara göre birincil enerji tüketimindeki ve GSYİH’de meydana gelen değişikliklerin karbondioksit salınımını uzun dönemde pozitif etkilediği söylenebilir. Uzun dönemde birincil enerji kullanımındaki %1’lik artışın karbondioksit salınımını %0.58 arttırdığı ve GSYİH’de meydana gelen %1’lik artışın ise karbondioksit salınımını %0.11 arttırdığı ifade edilmektedir.

Öte yandan, Türkiye’de ele alınan dönemde meydana gelen yapısal kırılmalar ve modelin tahmininden elde ettiğimiz katsayıların kararlı olup olmadığı, CUSUM ve CUSUMQ testleri ile analiz edilmiştir. Şekil 1’de, her iki grafikte de elde edilen parametrelerin %5 anlamlılık düzeyinde kritik sınırlar içerisinde yer aldığı görülmektedir. Bu bağlamda, modelde ele alınan dönemde yapısal kırılmaların olmadığı ve elde edilen parametrelerin istikrarlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Şekil 1: CUSUM VE CUSUMQ Grafiği

Tablo 7, elde edilen hata düzeltme modelinin katsayılarını ifade etmektedir. Bu bağlamda hata düzeltme katsayısının (-1.433) beklendiği üzere negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Elde edilen bu değer, kısa dönemde ortaya çıkan sapmaları düzelten hata düzeltme modelinin düzgün çalıştığını ifade etmektedir.

Tablo 7: Hata Düzeltme Modeli Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	T-İstatistiği	Prob
Δ LNGDP	-0.003605	-0.277267	0.7859
Δ LNGDP (-1)	-0.071139	-3.612309	0.0032
Δ LNGDP (-2)	-0.034835	-2.554364	0.0240
Δ LNGDP (-3)	-0.032532	-2.261140	0.0415
Δ LNPRMRY	0.754328	17.00586	0.0000
Δ LNPRMRY (-1)	0.221229	4.370416	0.0008
Δ LNPRMRY (-2)	0.227955	4.503996	0.0006
Δ LNPRMRY (-3)	0.213095	3.771706	0.0023
Δ LNREN	0.516522	0.635425	0.5896
Δ LNREN (-1)	0.412563	0.521456	0.0630
Δ LNREN (-2)	0.523412	0.645696	0.0985
ECM _{t-1}	-1.433281	-8.843271	0.0000

5. Sonuç

Yapılan bu çalışmada Peseran vd. (2001) tarafından geliştirilen ARDL sınır testi çerçevesinde Türkiye’de 1990-2019 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin CO₂ salınımı üzerindeki etkisi analiz edilmiştir.

Bu çalışmada ilk olarak tüm değişkenler için birim kök testleri uygulanmıştır. Bu değişkenlerin durağan olup olmadığı veya birim kök içerip içermediği Arttırılmış Dickey-Fuller (ADF) ve Philips-Perron (PP) testleri kullanılarak araştırılmıştır. Buna göre değişkenlerin düzeyde birim köke sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Daha sonra tüm değişkenlerin birinci dereceden farkı alınarak seriler birinci dereceden durağan hale getirilmiştir.

Yapılan ARDL sınır testi sonuçlarına göre, Türkiye’de birincil enerji tüketiminde ve ekonomik büyümedeki artışlar karbondioksit salınımını uzun dönemde pozitif yönde etkilediği ve arttırdığı görülmüştür. Ancak Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynak kullanımını arttırmanın karbon salınımını azaltmada önemli bir süreç olduğunu ifade edebiliriz.

Yaptığımız bu çalışmada elde edilen sonuçların Türkiye için önemli politik etkileri vardır. Bunun en önemli sebebi, gelişmekte olan bir ülke konumunda olan Türkiye’nin daha fazla büyüme arzusu ile birlikte sanayileşmede kullandığı fosil kaynaklı enerji çeşitlerinin uzun dönemde yaydığı karbondioksit miktarı her geçen gün daha da artarak çevreyi daha fazla tahrip etmesidir. Dolayısıyla ekonomik büyüme ile birlikte çevreye verilen zararın minimum seviyeye düşürülmesi ve gelecek nesillere daha yaşanabilir bir çevre ve refah seviyesi yüksek bir ülke bırakılması bakımından yenilenebilir enerji kaynakları Türkiye için önem arz etmektedir. Bu durum hem doğaya salınan karbondioksit miktarını arttırıcı bir etkisi olmaması nedeniyle hem de iklim değişikliğine katkı sunması bakımından da bir o kadar önem arz etmektedir.

YAZARLARIN KATKISI

-

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKÇA

- Alper, F.Ö., & Alper, A.E. (2017). Karbondioksit Emisyonu, Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi İlişkisi: Türkiye İçin Bir ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *Sosyoekonomi*, 25(33), s. 145-156.
- Asafu-Adjaye, J. (2000). The Relationship Between Energy Consumption, Energy Prices and Economic Growth: Time Series Evidence from Asia Developing Countries. *Energy Economics*, 22, s. 615-625.
- Aslan A., Öcal O., Kum H., & Gözbaşı O. (2013). Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from Micro Data. *Proceedings of ASSBS*, 20(1), s. 280-288.
- Belke, A., Dobnik, F., & Dreger, C. (2011). Energy Consumption and Economic Growth: New Insights Into the Cointegration Relationship, *Energy Economics*, 33(5), s. 782-789.
- Bhattacharya, M., Sudharshan, R., Öztürk, İ., ve Bhattacharya, S. (2016). The Effect of Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Evidence from Top 38 Countries. *Applied Energy*, 162(C), s. 733-741.
- CCPI (2022). *Climate Change Performance Index 2022*, <https://ccpi.org/download/climate-change-performance-index-2022-2/>
- Durğun, B., & Durğun, F (2018). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği. *International Review of Economics and Management*, 6 (1), s. 1-27.
- Gökmenoğlu, K.K., & Taşpınar, N. (2015). The Relationship Between CO₂ Emissions, Energy Consumption, Economic Growth and FDI: The Case of Turkey. *Journal of International Trade and Economic Development*. 25(5), 1-18.
- IEA (2019). *International Energy Agency World Energy Outlook 2019*, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/98909c1b-aabc-4797-9926-35307b418cdb/WEO2019-free.pdf>
- IEA (2021). *International Energy Agency World Energy Outlook 2021*, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4ed140c1-c3f3-4fd9-acae-789a4e14a23c/WorldEnergyOutlook2021.pdf>
- Karış, Ç. (2017). Türkiye’de Enerji Tüketimi, CO₂ Emisyonu ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: 1960-2013 Dönemi. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 34, s. 169-197.
- Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the Relationship Between Energy and GDP. *Journal of Energy Development*, 3, s. 401-403.

- Mingxuan, Z., Lianhong, L., Rezerve, Z., & Hong, L. (2021). *Research of Environmental Sciences*. 34(6), s. 1509-1522.
- Öztürk İ., Aslan A., & Kalyoncu, H. (2010). Energy Consumption and Economic Growth Relationship: Evidence from Panel Data for Low and Middle Income Countries. *Energy Policy*, 38(8), s. 4422-4428.
- Paul, S., & Bhattacharya N.R. (2004). Causality Between Energy Consumption and Economic Growth in India: A Note on Conflicting Results. *Energy Economics*, 26(6), s. 977-983.
- Peseran, M.H., Shin, Y., & Smith, R.J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationship. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), s. 289-326.
- Sarker, S., Wang, S., & Adnan, K. (2019). Energy Consumption and Economic Growth Nexus in Bangladesh. *Journal of Systems Science and Information*, 7(6), s. 497-513.
- Selden, T., & Song, D. (1994), Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollutions Emissions?, *Journal of Environmental Economics and Management*. 27(2), s. 147-162.
- Shahbaz, M., Reghutla, C., Chittedi, R.K., & Jiao, Z. (2020). Public Private Partnership Investment in energy as New Determinant of CO₂ Emissions: The Role of Technological Innovations in China. *Energy*, 207(1), 118-162.
- Songur, M. (2020). Türkiye’de Tüketim ile Belirsizlik Arasındaki Asimetrik İlişki: Doğrusal Olmayan ARDL Yaklaşımı. *Maliye Dergisi*, 179, s. 71-84.
- Soytaş, U., Sari, R., & Özdemir Ö. (2001). Energy Consumption and GDP relation in Turkey: A Cointegration and Vector Error Correction Analysis. *Economies and Business in Transition: Facilitating Competitiveness and Change in the Global Environment Proceedings*, s. 838-844.
- Stern, D. (1993). Energy and Economic Growth in the USA: A multivariate approach. *Energy Economics*, 15(2), s. 137-150.
- Şengül, S., & Tuncer İ. (2006). Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. *İktisat, İşletme ve Finans*, 242(21), s. 69-80.
- Torun, M., Yücesan, M., & Yağış, O. (2019). Ekonomik Büyüme ve Enerji Tüketiminin CO₂ Emisyonu Üzerindeki Etkileri: Seçilmiş MENA Ülkeleri İçin Panel Veri Analizi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 17(4), s. 351-368.
- Twari, A. (2011). Energy Consumption, Carbon Emissions, Economic Growth: Evidence From India. *Journal of International Business and Economy*, 12(1), s. 85-122.
- Zang, P.X., & Cheng, X.M. (2009). Energy Consumption, Carbon Emissions, Economic Growth in China. *Ecological Economics*, 68(10), s. 2706-2712.