

## Türkiye’de Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi’nin Testi: Temiz Enerji Tüketimi’nin Rolü

Süleyman YURTKURAN\*

Geliş Tarihi (Received): 18.12.2019 – Kabul Tarihi (Accepted): 07.04.2020

### Öz

Günümüzde küresel ısınma ve iklim değişikliği konuları, tüm dünyada en büyük endişelerin başında gelmektedir. Başta fosil yakıt tüketimi olmak üzere birçok faktör CO<sub>2</sub> salımını arttırmaktadır. Bu durum da küresel ısınmaya sebebiyet vermektedir. Bu çalışmanın amacı Türkiye’de 1971-2014 döneminde çevresel kirlilik üzerinde Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH), temiz enerji tüketimi, ihracat, ithalat, finansal gelişme, endüstrileşme ve kentleşme değişkenlerinin etkisinin olup olmadığını araştırmaktır. Sınır testi sonuçları seriler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu göstermektedir. Uzun dönemde Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Model (ARDL) yaklaşımından elde edilen sonuçlar gelir, ithalat, finansal gelişme, endüstrileşme ve kentleşmenin karbon dioksit salımı (CO<sub>2</sub>)’ni arttırdığını; temiz enerji tüketiminin ise çevresel bozulmayı azalttığını göstermektedir. Bunun yanında, elde edilen sonuçlara göre Türkiye’de kısa ve uzun dönemde GSYİH ile CO<sub>2</sub> arasında ters-U şeklinde bir ilişki, yani çevresel Kuznets eğrisi (ÇKE) hipotezinin geçerli olduğu görülmektedir. Fakat kişi başına düşen GSYİH’nın dönüm noktası ilgili dönem aralığının dışında bir değer olan 15.644\$ olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmanın ana sonucu ise temiz enerji tüketiminin CO<sub>2</sub> salımının azalmasına katkıda bulunduğu ve Türkiye’nin enerji güvenliğini arttırdığıdır.

**Anahtar Kelimeler:** ÇKE Hipotezi, CO<sub>2</sub> Salımı, Temiz Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme, Yapısal Kırılma, Türkiye

---

\* Dr., Milli Eğitim Bakanlığı, [suleymanyurtkuran@hotmail.com](mailto:suleymanyurtkuran@hotmail.com)

## **Testing Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Turkey: The Role of Clean Energy Consumption**

### **Abstract**

Today, global warming and climate change issues are among the biggest concerns all over the world. many factors, especially fossil fuel consumption, increase CO<sub>2</sub> emissions. This situation causes global warming. The aim of this study is to test the influence of the gross domestic product (GDP), clean energy consumption, export, import, financial development, industrialization and urbanization on environmental pollution for Turkey from the period 1971 to 2014. The result of bounds testing shows that there is a long-run relationship between the variables. In the long-run the coefficients obtained from the Autoregressive Distribute Lagged (ARDL) bounds testing approach demonstrate that income, import, financial development, industrialization and urbanization increase carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions, while clean energy consumption decreases environmental degradation. Moreover, the results of this study also indicate that environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis which inverted U-shaped relationship between GDP and CO<sub>2</sub> emissions is valid in Turkey for both the short- and long-run. However, the turning point of per capita GDP is found to be 15,644\$, outside the analysis period. The main finding of this study shows that investing in clean energy sources will contribute to the reduction of CO<sub>2</sub> emissions and increase energy security of Turkey.

**Keywords:** EKC Hypothesis, CO<sub>2</sub> emissions, Clean Energy Consumption, Economic Growth, Structural Breaks, Turkey.

## Giriş

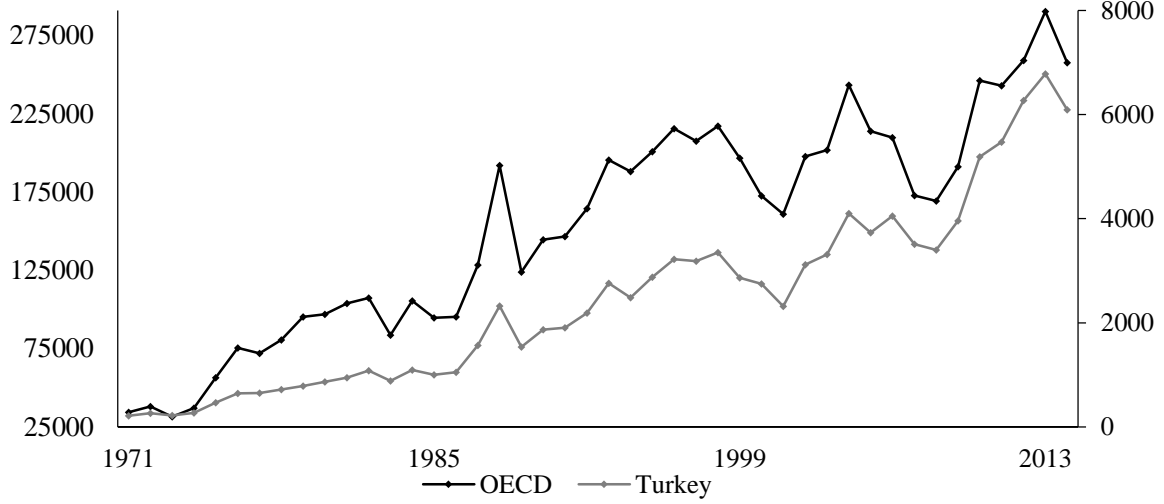
İçinde bulunduğumuz yüzyılda küresel ısınma ile birlikte doğal afetlerin sayısı fazlaşmakta, ortalama sıcaklık değerleri artmakta ve iklim değişikliği meydana gelmektedir. Bu yüzden bu kavram, uluslararası toplum için önemli ve güncel küresel zorluklar arasında yer almaktadır. Özellikle son yıllarda küresel ısınmada gözle görülür şekilde bir artış yaşanmaktadır. Dünya’da en sıcak dokuz yıl 2005 ile 2017 arasında, en sıcak beş yıl da 2010-2017 yılları arasında gerçekleşmiştir. 2013-2017 dönemini kapsayan beş yıllık ortalama hava sıcaklığı değerleri rekor bir seviyeye 1981-2010 normallerinin 0,4°C, sanayi öncesi devrin ise 1.0°C üstünde yer almıştır (WMO, 2017: 5) ve 2100 yılına kadar bu artışın 1,4-5,8°C arasında olması öngörülmektedir (Steinfeld vd., 2006: 80). Bununla birlikte sanayi öncesi dönemden beri, küresel ölçekte, başta CO<sub>2</sub> gazı olmak üzere, çeşitli sera gazı salımlarında, sanayi ve tarım faaliyetlerinin bir sonucu olarak 1970 ile 2004 yılları arasında %70 oranında bir yükseliş yaşanmıştır (IPCC, 2007). Bu gazların atmosferik yoğunluğundaki artış, iklim değişikliği ve küresel ısınmanın en önemli belirleyicisi olarak karşımıza çıkmaktadır (IPCC, 2014: 5). Başta CO<sub>2</sub> salımı olmak üzere sera gazlarında gerçekleşen artışın Dünya’da çok büyük çevresel tehditlerinden bir tanesi olduğu belirtilmektedir (Javid ve Sharif, 2016: 406; Pata, 2019: 20264). CO<sub>2</sub> salımı sera gazları içerisinde %58’lik bir paya sahiptir (Shahzad vd., 2017: 185) ve bu gazın salımı, küresel düzeyde insan kaynaklı olumsuz çevresel etkinin en büyük payını oluşturmaktadır (Baek, 2016: 352). Sonuç olarak, içinde yaşadığımız zaman çerçevesinde hızlı ısınmanın ve iklim değişikliğinin esas nedeninin doğada meydana gelen olaylardan ziyade; çoğunlukla insan kaynaklı, atmosferde meydana gelen, başta CO<sub>2</sub> olmak üzere, sera gazı salımından kaynaklandığı belirtilmektedir (Aung vd., 2017: 20487).

Toplam küresel enerji arzının büyük bir kısmını oluşturan, sınırlı bir kapasiteye sahip olan ve insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan fosil yakıtların yaygın kullanımı olumsuz çevresel faktörleri beraberinde getirmektedir. Kullanılan fosil yakıtlar nedeniyle atmosferdeki CO<sub>2</sub> salımı artmakta ve küresel ısınma meydana gelmektedir. Bu yakıtların tüketimini azaltmak, enerji güvenliğini arttırmak ve CO<sub>2</sub> salımını düşürmek için yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişler gerçekleşmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları, uzun dönemde fosil yakıt tüketiminin azalmasına katkıda bulunmaktadır (Apergis ve Payne, 2012: 733). Bu yüzden yenilenebilir enerji hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin ilgisini çeken önemli bir kaynaktır.

Şekil 1’de Türkiye’de ve OECD ülkelerinde 1971-2014 döneminde gerçekleşen temiz enerji tüketimi miktarları yer almaktadır. Sol taraftaki değerler OECD ülkelerini, sağ taraftaki değerler ise Türkiye’yi göstermektedir. Türkiye’de ve OECD ülkelerinde temiz enerji tüketiminde artışların ve azalışların genel olarak aynı zamanlarda gerçekleştiği; fakat artış oranının Türkiye’de daha belirgin olduğu görülmektedir. OECD ülkelerinde 1971 yılında 2562578 ktoe olarak gerçekleşen temiz enerji tüketimi 2014 yılına gelindiğinde %41 artış göstermiş ve 3618996 ktoe değerine ulaşmıştır. Türkiye’de aynı periyotta 16173 ktoe olarak gerçekleşen temiz enerji tüketimi %429 artarak 85545 ktoe seviyesine

çıkmiştir. Bunun yanında bu ülkede 1971 yılında temiz enerji tüketiminin payı %1,34 iken bu değer 2014 yılında %7,12 olarak gerçekleşmiştir (World Bank 2018; IEA, 2018).

**Şekil 1. Türkiye’de ve OECD Ülkelerinde Temiz Enerji Tüketimi (ktoe)**



**Kaynak:** World Bank, 2018; IEA, 2018.

Türkiye’de temiz enerji tüketimi, ilgili dönem içerisinde yüksek bir oranda artmasına rağmen bu enerji türünün toplam enerji tüketimi içerisindeki payı oldukça düşüktür. Bu ülkede 2014 yılı itibarıyla toplam enerji tüketimi içerisinde en büyük payı %89,6 ile fosil yakıt tüketimi almaktadır (World Bank, 2018). Bu yakıt tüketimi sürdürülebilir kalkınmanın önünde önemli bir sorun teşkil etmektedir. Diğer bir konu da Türkiye’nin enerji tüketimindeki dışa bağımlılığıdır ve bu ülkede 2011’den beri birincil enerji kaynakları tüketiminin %70’ten fazlası ithal edilmektedir (Karasoy, 2019). Bu durum enerji güvenliği ve ticari açıklık sorunlarını da ortaya çıkarmaktadır. Son olarak da fosil yakıt tüketimi, CO<sub>2</sub> salımı yoğunluğunu da beraberinde getirmektedir. 1971-2014 dönem aralığında Türkiye’de CO<sub>2</sub> salımında %624’lük muazzam bir artış gerçekleşmiştir (World Bank, 2018).

Türkiye’de sürdürülebilir kalkınmaya öncelik verilmesi; çevreye duyarlı bireylerin oluşmasına olumlu yönde etkide bulunurken, sosyo-ekonomik ve beşeri anlamda bu ülkenin gelişmesine de katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda fosil yakıtların ikamesi olarak yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminin artırılması ve bu sayede CO<sub>2</sub> salımının azaltılması, Türkiye için büyük bir önem teşkil etmektedir.

Çevresel bozulma ve ekonomik büyüme ile ilgili yapılan ve bu iki değişken arasında ters-U şeklinde bir ilişkinin var olduğunu belirten ilk ampirik çalışma Grossman ve Krueger (1991) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmayı, Shafik ve Bandyopadhyay (1992) ve Panayotou (1993)’nun çalışmaları izlemiştir. Panayotou (1993), “Çevresel Kuznets Eğrisi” terimini kullanan ilk araştırmacıdır. Ekonomik büyümenin çevre kalitesini uzun vadede olumlu yönde etkilediğini ifade eden çevresel Kuznets eğrisi (ÇKE) hipotezi, araştırmacılar için o zamandan bu yana dikkat çeken bir konu haline gelmiştir (Tamazian vd., 2009: 246).

Bu hipoteze göre ilk süreçte sanayileşme faaliyetleri sonucunda verimsiz bir şekilde kullanılan kaynaklarla birlikte çevre kirliliğinin artacağı; fakat belirli bir dönüm noktasından sonra toplumsal anlamda bilinç oluşacağı, çevre kuruluşların kurulacağı, temiz çevreye olan talebin artacağı ve kullanılan çevre dostu teknolojilerle çevresel kirliliğin azalacağı varsayılmaktadır. Hükümetler, ülkenin ekonomik refahını ve büyümesini temel amaç olarak kabul ettikleri için hızlı büyüme ile birlikte hava kirliliğine sebep olan sera gazı salımını ve doğal kaynakların tüketiminde yaşanan artışları göz ardı etmektedir (Munasinghe, 1999: 90). Tarıma dayalı büyümenin gerçekleştiği gelişmekte olan ekonomilerde sanayileşme ile birlikte ekonomik büyümenin ilk safhasında üretim miktarını ve gelir seviyesini arttırmak öncelikli hedeflerdir. Bu yüzden ekonomik büyüme gerçekleşirken temiz olmayan teknolojilerin kullanılması ve doğal kaynakların bilinçsizce tüketilmesinden dolayı çevresel kirlilikte de bir artış yaşanmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ise ileri düzey teknolojiler ile birlikte ağır sanayi ürünlerinin üretildiği sanayi sektöründen bilgi ve teknoloji yoğun hizmet sektörüne doğru bir dönüşüm gerçekleşmektedir. İlk etapta tarım sektöründen sanayi sektörüne doğru gerçekleşen düşük-orta gelir düzeyine geçiş ÇKE'nin artan aşamasını, sanayi sektöründen hizmetler sektörüne doğru gerçekleşen orta-üst (yüksek) gelir düzeyine geçiş ise ÇKE'nin dönüm noktasından itibaren azalan aşamasını göstermektedir. ÇKE hipotezi çalışmalarında bağımlı değişken genelde CO<sub>2</sub> salımı olarak kullanılmaktadır. Bu değişkenin yanında başka çevresel kirlleticiler de bulunmaktadır. ÇKE hipotezini test eden çalışmalarda çevre kirliliği ve ekonomik büyüme değişkenlerinin yanı sıra enerji tüketimi, kentleşme, finansal gelişme, dışa açıklık ve endüstrileşme gibi değişkenler de analize dahil edilmektedir.

Grossman ve Krueger (1991) dış ticaretin çevre kirliliğini ölçek, kompozisyon ve teknik etki olmak üzere üç şekilde etkileyebileceğini ifade etmektedir. Ölçek etkisinde dış ticarete gerçekleşen artışın enerji tüketimini arttırdığı, bu durumun da çevre kirliliğine sebebiyet verdiği ifade edilmektedir. Kompozisyon etkide ilk başta ağır sanayiye dayalı üretimle birlikte çevre kirliliğinin arttığı, dış ticaret ile birlikte yaşanan ekonomik büyüme sayesinde hafif sanayi ve hizmet sektöründe üretim gerçekleştirildiği; bu durumun da çevre kirliliğini azalttığı belirtilmektedir. Teknik etkide ise ithal edilen yeni teknolojilerin çevre dostu olduğu, gelir artışı ile birlikte toplumların çevreye karşı daha duyarlı hale geldiği ve sonuç olarak çevre kirliliğinin giderek azalacağı varsayılmaktadır. Bu üç etkinin toplam ağırlığına göre dış ticaret ile çevre kirliliği arasındaki ilişkinin pozitif veya negatif olduğuna karar verilir. Gelişmekte olan ülkelerde dış ticaret çevre kirliliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahipken; gelişmiş ülkelerde dış ticaret çevre kirliliği üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.

Finansal gelişme, firmaların yapmış oldukları maliyetleri düşürmekte ve bu sayede daha fazla ekipman alarak yatırım faaliyetlerini arttırmaktadır. Finansal gelişmeyle birlikte daha düşük maliyetlerle alınan yeni endüstriyel makine ve ekipman kullanımlarıyla, enerji tüketiminde ve CO<sub>2</sub> salımında artışlar gerçekleşebilmektedir (Dogan ve Turkecul, 2016: 1204). Bunun yanında, enerji sektöründe gerçekleşen teknolojik yenilikler, güçlü bir finansal sektör tarafından teşvik edilebilmektedir. Bu durum ise enerji kirliticilerinin önemli ölçüde azaltılmasına yardımcı olabilmektedir (Shahbaz, 2013: 537). İki açıdan da

bakıldığında finansal gelişme çevre kirliliğine hem neden hem de bir çözüm olarak yer alabilir. Bu nedenle ülkelerin gelişmişlik düzeyi fazla ise finansal gelişme CO<sub>2</sub> salımını azaltmakta, tersi durumda arttırmaktadır (Dogan ve Seker, 2016: 1075).

Kentleşme hızının giderek artması, şehirlerde yaşayan insanlar için büyük çevresel zorlukları da beraberinde getirmektedir. Dünya nüfus artışının yaklaşık %90'ı kentsel alanlarda ikamet etmektedir (World Bank, 1992: 8). Şehirlerde yaşayan insan sayısında meydana gelen artış daha fazla enerji tüketimine ve doğal kaynakların tahribatına neden olmaktadır (Pata, 2018b: 771). Bu durum da CO<sub>2</sub> salımında artışa sebebiyet vermektedir (Rosa ve Dietz, 2012: 582).

Türkiye'de temiz enerji tüketimi, ihracat, ithalat, endüstrileşme, finansal gelişme ve kentleşme değişkenlerini analize dahil ederek ÇKE hipotezinin geçerliliğinin test edildiği bu çalışma beş bölüme ayrılmıştır. Giriş bölümünü takiben ikinci bölümde ÇKE hipotezinin test edildiği literatür taraması açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde veri seti ve metodoloji yer almaktadır. Dördüncü bölümde ampirik bulgular bulunurken, beşinci bölüm sonuç kısmını oluşturmaktadır.

## 1. Literatür Taraması

Grossman ve Krueger (1991) asılı partiküler madde, sülfür dioksit kara madde ve kişi başına düşen ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir ve sülfür dioksit ile kara madde konsantrasyonu arasında ters-U şeklinde bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Daha sonra yapılan ÇKE hipotezine ait yapılan çalışmalarda CO<sub>2</sub> salımını etkileyen ekonomik büyüme değişkeninin yanında birden çok değişken kullanıldığı görülmektedir. Bu değişkenlerden bir tanesi de çevresel kirliliğe büyük sebebiyet veren ve insan aktiviteleri sonucu ortaya çıkan enerji tüketimidir. Ang (2007) Fransa, Jalil ve Feridun (2011) Çin, Nasir ve Rehman (2011) Pakistan, Pao vd. (2011) Rusya, Hossain (2012) Japonya, Azlina vd. (2014) Malezya, Shahbaz vd. (2017) Avustralya ve Yurtkuran ve Terzi (2018) Meksika için ÇKE hipotezi çalışmalarında enerji tüketimi değişkenini kullanmışlardır ve bu değişkenin CO<sub>2</sub> salımını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda da çevresel kirliliği önlemede katkıları bulunan yenilenebilir enerji tüketimi değişkeninin kullanıldığı görülmektedir.

Farhani ve Shahbaz (2014) 10 MENA ülkesinde 1980-2009 döneminde panel Kao, Pedroni eşbütünleşme testleri, Dinamik En Küçük Kareler (DOLS), tam değiştirilmiş en küçük kareler (FMOLS) uzun dönem tahmincileri ve Granger nedensellik yöntemi yardımıyla gerçekleştirmiş oldukları çalışmada ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarından elde edilen kişi başına düşen elektrik tüketiminin CO<sub>2</sub> salımının azalmasına katkıda bulunduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Shafiei ve Salim (2014) 1980-2011 dönem aralığında 29 OECD ülkesi için gerçekleştirmiş oldukları analizde panel Johansen-Fisher, Westerlund eşbütünleşme testleri, Genelleştirilmiş Ortalama Grup uzun dönem tahmincisi ve vektör hata düzeltme modeli (VECM) kullanmışlardır ve yenilenebilir enerji kaynaklarının CO<sub>2</sub> salımını azalttığını tespit etmişlerdir.

Azlina vd. (2014) Malezya’da 1975-2011 döneminde Johansen-Juselius (JJ) eşbütünleşme testi ve VECM ile gerçekleştirmiş oldukları analizde ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının CO<sub>2</sub> salımının azalmasına katkıda bulunduğunu belirlemişlerdir.

Bölük ve Mert (2015) 1960-2010 dönem aralığında Türkiye için ARDL, sınır testi ve hata düzeltme modeli (ECM)’ni kullanmışlardır ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik üretiminin CO<sub>2</sub> salımını azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Menegaki ve Tsagarakis (2015) 33 Avrupa Birliği asil ve aday ülkelerinde 1990-2010 döneminde panel rassal etkiler ve Arrelano Bond tahmincisi yardımıyla gerçekleştirmiş oldukları çalışmanın sonucunda, yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminin CO<sub>2</sub> salımının azalmasına katkıda bulunduğunu belirlemişlerdir.

Al-Mulali vd. (2015) 1981-2011 dönem aralığında Vietnam’da ARDL, sınır testi ve ECM’yi kullanmışlardır ve ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik tüketiminin CO<sub>2</sub> salımını azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Ben Jebli ve Youssef (2015) Tunus ekonomisi için 1980-2009 dönem aralığında ÇKE hipotezinin geçerli olup olmadığını tespiti için ARDL, sınır testi ve VECM yöntemini kullanmışlardır. Yazarlar ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir ve yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminin CO<sub>2</sub> salımının azalmasına katkıda bulunduğunu belirlemişlerdir.

Ben Jebli vd. (2015) 24 Sahra Altı Afrika ülkesinde 1980-2010 döneminde Pedroni eşbütünleşme testi, en küçük kareler yöntemi (OLS) ve FMOLS uzun dönem tahmincisini kullanmışlardır. Yazarlar ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını belirlemişlerdir ve yenilenebilir enerji kaynaklarının CO<sub>2</sub> salımını etkilemediği sonucuna ulaşmışlardır.

Ben Jebli vd. (2016) 1980-2010 dönem aralığında OECD ülkelerinde panel Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS, DOLS uzun dönem tahmincileri ve ECM kullanarak gerçekleştirmiş oldukları çalışmada ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir ve yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminin CO<sub>2</sub> salımının azalmasına katkıda bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Onater-Isberk (2016) 27 OECD ülkesinde 1960-2011 döneminde ARDL sınır testini ve ECM yöntemini kullanarak gerçekleştirmiş olduğu çalışmada Fransa, İsrail, Güney Kore ve Danimarka’da ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmiştir. Yazar ayrıca temiz enerji tüketiminin CO<sub>2</sub> salımını azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Sugiawan ve Managi (2016) Endonezya ekonomisi için 1970-2010 döneminde ÇKE hipotezinin geçerli olup olmadığını tespiti için ARDL sınır testini ve ECM’yi kullanmışlardır ve ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminin CO<sub>2</sub> salımının azalmasına katkıda bulunduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Zambrano-Monserrate vd. (2017) Brezilya'da 1971-2011 döneminde ARDL sınır testi ve VECM kullanarak gerçekleştirmiş oldukları çalışmada ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir ve yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminin ve elektrik enerjisi üretiminin CO<sub>2</sub> salımını azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Danish vd. (2017) Pakistan ekonomisi için 1970-2012 döneminde ÇKE hipotezinin geçerli olup olmadığının tespiti için ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme yöntemi, FMOLS, DOLS, Kanonik Eşbütünleşme Regresyon (CCR) uzun dönem tahmincileri ve VECM kullanmışlardır ve ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminin CO<sub>2</sub> salımının azalmasına katkıda bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Gill vd. (2018) 1970-2011 döneminde Malezya'da ARDL sınır testi ve VECM kullanarak gerçekleştirmiş oldukları çalışmada ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını belirlemişlerdir ve yenilenebilir enerji kaynaklarının CO<sub>2</sub> salımını azalttığını tespit etmişlerdir.

Pata ve Yurtkuran (2018) 1981-2014 döneminde Türkiye'de ARDL, sınır testi ve ECM kullanarak yapmış oldukları çalışmada ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir ve yenilenebilir enerji tüketiminin CO<sub>2</sub> salımını azalttığını belirtmişlerdir.

Pata (2018b) Türkiye'de 1974-2014 döneminde Gregory-Hansen, Hatemi-J eşbütünleşme testleri, FMOLS ve DOLS uzun dönem tahmincileri yardımıyla gerçekleştirmiş olduğu çalışmada ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmiştir. Yazar ayrıca hidroelektrik, temiz enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarının CO<sub>2</sub> salımı üzerinde herhangi bir etkisi bulunmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Pata (2018c) Türkiye ekonomisi için 1971-2014 döneminde ARDL, sınır testi ve ECM'yi kullanarak gerçekleştirmiş olduğu çalışmada ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmiştir ve temiz enerji tüketiminin CO<sub>2</sub> salımını azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Çeşitli ülkelerde belirli zaman aralıklarında yapılan ve yenilenebilir enerji kaynaklarının da ÇKE hipotezi analizlerinde kullanıldığı çalışmalar tablo 1'de gösterilmektedir. Tabloda ÇKE hipotezinin geçerli olup olmadığı konusunda görüş birliği olmadığı görülmektedir. Bu durumun oluşmasında kullanılan yöntemler, dönem aralıkları ve ülke farklılıkları büyük rol oynamaktadır.



**Tablo 1. ÇKE Hipotezine Ait Yapılan ve Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Analize Dahil Edildiği Bazı Çalışmalar**

Yazarlar	Ülkeler	Dönem	Yöntemler	ÇKE hipotezinin geçerliliği
Farhani ve Shahbaz (2014)	10 MENA ülkesi	1980-2009	Panel Kao, Pedroni eşbütünleşme testleri, DOLS, FMOLS uzun dönem tahmincileri ve Granger nedensellik yöntemi	✓
Shafiei ve Salim (2014)	29 OECD ülkesi	1980-2011	Panel Johansen-Fisher, Westerlund eşbütünleşme testleri, Genelleştirilmiş Ortalama Grup uzun dönem tahmincisi ve VECM	✓
Azlina vd. (2014)	Malezya	1975-2011	JJ eşbütünleşme testi ve VECM	X
Bölük ve Mert (2015)	Türkiye	1960-2010	ARDL, sınır testi ve ECM	✓
Menegaki ve Tsarakis (2015)	Avrupa Birliği asil ve aday ülkesi	1990-2010	Panel rassal etkiler ve Arrelano Bond tahmincisi	✓
Al-Mulali vd. (2015)	Vietnam	1981-2011	ARDL, sınır testi ve ECM	✓
Ben Jebli ve Youssef (2015)	Tunus	1980-2009	ARDL, sınır testi ve VECM	X
Ben Jebli vd. (2015)	24 Sahra Altı Afrika ülkesi	1980-2010	Pedroni eşbütünleşme testi, en küçük kareler yöntemi (OLS) ve FMOLS uzun dönem tahmincisi	X
Onater-Isberk (2016)	27 OECD ülkesi	1960-2011	ARDL, sınır testi ve ECM	✓
Sugiawan ve Managi (2016)	Endonezya	1970-2010	ARDL sınır testini ve ECM	✓
Zambrano-Monserrate vd. (2017)	Brezilya	1971-2011	ARDL, sınır testi ve VECM	✓
Danish vd. (2017)	Pakistan	1970-2012	ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme yöntemi, FMOLS, DOLS, CCR uzun dönem tahmincileri ve VECM	✓
Gill vd. (2018)	Malezya	1970-2011	ARDL, sınır testi ve VECM	✓
Pata ve Yurtkuran (2018)	Türkiye	1981-2014	ARDL, sınır testi ve ECM	✓
Pata (2018b)	Türkiye	1974-2014	Gregory-Hansen, Hatemi-J eşbütünleşme testleri, FMOLS ve DOLS uzun dönem tahmincileri	✓
Pata (2018c)	Türkiye	1971-2014	ARDL, sınır testi ve ECM	✓

✓: ÇKE hipotezi geçerli, X: ÇKE hipotezi geçerli değil.

Türkiye’de ÇKE hipotezine ait birçok çalışma olmasına rağmen CO<sub>2</sub> salımının azalmasına katkıda bulunan temiz enerji tüketiminin çok az kullanıldığı çalışma bulunmaktadır. Bu yüzden temiz enerji tüketimi değişkeninin ÇKE hipotezi çalışmasında kullanılması önem arz etmektedir. Ayrıca bu çalışma temiz enerji tüketimi, kentleşme, finansal gelişme, endüstrileşme, ithalat, ihracat, ekonomik büyüme ve CO<sub>2</sub> salımını ÇKE kapsamında Türkiye için yapısal kırılmalar ile sınavan ilk çalışmadır. Bu şekliyle bu çalışmanın çok değişken ile güçlü sonuçlar elde edeceği ve literatüre katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

## 2. Veri Seti, Model ve Metodoloji

### 2.1. Veri Seti ve Model

1971-2014 döneminde Türkiye’de ÇKE hipotezini test etmeyi amaçlayan bu çalışmada denklem 1 esas alınmıştır. Denklem 1’de yer alan verilere ilişkin bilgiler tablo 2’de yer almaktadır.

$$CO_{2t} = f(Y_t, Y_t^2, REN_t, EX_t, IM_t, IND_t, FD_t, URB_t) \quad (1)$$

**Tablo 2. Çalışmada Kullanılan Verilere Ait Bilgiler**

Veri İsmi	Kısaltması	Veri Kaynağı	Birimi
Karbondiyoksit Salımı	CO <sub>2</sub>	Uluslararası Enerji Ajansı	Metrik ton eşdeğer petrol (mtep)
Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH)	Y	Dünya Bankası Kalkınma Göstergesi	sabit fiyat 2010 USD
Temiz Enerji Tüketimi	REN	Dünya Bankası Kalkınma Göstergesi	Kilo ton eşdeğer petrol (ktoe)
İhracat	EX	Dünya Bankası Kalkınma Göstergesi	Mal ve hizmet ihracatının GSYİH içerisindeki % payı
İthalat	IM	Dünya Bankası Kalkınma Göstergesi	Mal ve hizmet ithalatının GSYİH içerisindeki % payı
Endüstrileşme	IND	Dünya Bankası Kalkınma Göstergesi	Endüstrileşme değerinin GSYİH içerisindeki % payı
Finansal Gelişme	FD	Dünya Bankası Kalkınma Göstergesi	Özel sektöre verilen kredilerin GSYİH içerisindeki % payı
Kentleşme	URB	Dünya Bankası Kalkınma Göstergesi	Kent nüfusunun toplam nüfus içerisindeki % payı

Shahbaz vd. (2012: 2949) log lineer modelin lineer modele göre daha düzgün sonuçlar verdiğini iddia etmektedir. Bu nedenle log-lineer kuadratik olarak gerçekleştirilen analizde bütün değişkenler denklem 2’de olduğu gibi doğal logaritmik formda analize dahil edilmiştir. (bu yüzden öncesinde olumsuz bir cümle varsa yazılır. Bir önceki cümle olumlu bir cümle ise bu yüzden yazılmaz)

$$\ln CO_{2t} = \mu_0 + \mu_1 \ln Y_t + \mu_2 \ln Y_t^2 + \mu_3 \ln REN_t + \mu_4 \ln EX_t + \mu_5 \ln IM_t + \mu_6 \ln IND_t + \mu_7 \ln FD_t + \mu_8 \ln URB_t + \varepsilon_t$$

Denklem 2’de ÇKE hipotezi varsayımına altında  $\mu_1$  ve  $\mu_2$  katsayıları farklı sonuçlar vermektedir.  $\mu_1 = \mu_2 = 0$  olması durumunda seviyesinde ilişki;  $\mu_1 < 0$  ve  $\mu_2 = 0$  olması durumunda monoton olarak

azalan doğrusal bir ilişki;  $\mu_1 > 0$  ve  $\mu_2 = 0$  olması durumunda monoton olarak artan doğrusal bir ilişki;  $\mu_1 < 0$  ve  $\mu_2 > 0$  olması durumunda U şeklinde bir ilişki;  $\mu_1 > 0$  ve  $\mu_2 < 0$  olması durumunda ise ters-U şeklinde bir ilişki; yani ÇKE hipotezinin geçerli olduğu durum söz konusu olmaktadır. Ters-U şeklinde bir ilişki olması durumunda ÇKE hipotezinin dönüm noktası değerini hesaplamak için  $-\mu_1/2\mu_2$  formülü uygulanır ve bulunan bu değer logaritmik formdan parasal değere çevrilir. Temiz enerji kaynakları ve ihracatın CO<sub>2</sub> salımını azalttığından dolayı  $\mu_3$  ve  $\mu_4$  katsayılarının negatif; ithalat, endüstrileşme ve kentleşmenin CO<sub>2</sub> salımını arttırdığından dolayı da  $\mu_5$ ,  $\mu_6$  ve  $\mu_8$  katsayılarının pozitif olması beklenmektedir. Finansal gelişme katsayısı  $\mu_7$ 'nin ise ülkenin gelişmişlik durumuna göre pozitif veya negatif olması öngörülmektedir.

## 2.2. Metodoloji

### 2.2.1. Ng-Perron ve Zivot-Andrews Birim Kök Testleri

ARDL yaklaşımında analize dahil edilen bağımlı değişken I(1) olmak zorunda iken, bağımsız değişkenler ise I(0) veya I(1) olabilmektedir. Bu yöntem gerçekleştirilmeden önce değişkenlerin I(2) olmadığını ispatlanması için birim kök testleri ile sınanması gerekmektedir. Gözlem sayısı az olan serilerde ADF, DF-GLS ve PP birim kök testlerine göre daha güvenilir sonuçlar veren ve PP birim kök testinin geliştirilmiş hali olan Ng-Perron (2001) birim kök testi, otoregresif köklerin 1'e yakın olduğu durumlarda PP birim kök testine göre daha gerçekçi sonuçlara ulaşmaktadır. Fakat, geleneksel birim kök testleri yapısal kırılmaları modele dahil etmedikleri için yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir. Zivot ve Andrews'in geliştirdiği ADF testine dayalı Zivot-Andrews (ZA) (Zivot ve Andrews, 1992) birim kök testinde model A sabitte ve model C sabit ile trendde içsel olarak bir tane yapısal kırılmaya izin vermektedir. Her iki birim kök testi için de yokluk hipotezi incelenen serinin birim kök içerdiğini (durağan olmadığını), alternatif hipotez ise Ng-Perron birim kök testinde serinin durağan, ZA birim kök testinde bir yapısal kırılma ile beraber durağan olduğunu belirtmektedir.

### 2.2.2. ARDL, Sınır Testi

Pesaran vd. (2001) tarafından literatüre kazandırılan ARDL yöntemi, diğer eşbütünleşme testlerine göre birçok açıdan avantajlıdır. ARDL modelinde değişkenler seviyesinde I(0) veya birinci farkında I(1) durağan olabilmektedir. Ayrıca bu yöntemde, bağımsız değişkenlerin kısa ve uzun dönem etkileri eş zamanlı olarak değerlendirilmekte; gözlem sayısı az olan seriler kullanılmakta ve son olarak diğer eşbütünleşme testleriyle alakalı olan içsellik sorunu ortadan kalkmaktadır. İlk aşamada eşbütünleşme ilişkisinin varlığını test etmek için gerçekleştirilen kısıtsız hata düzeltme modeli (UECM) denklem 3'te gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
\Delta \ln CO_{2t} = & \alpha_0 + \sum_{j=1}^k \alpha_{1k} \Delta \ln CO_{2t-i} + \sum_{j=0}^l \alpha_{2k} \Delta \ln Y_{t-i} + \sum_{j=0}^m \alpha_{3k} (\Delta \ln Y_{t-i})^2 + \sum_{j=0}^n \alpha_{4k} \Delta \ln REN_{t-i} \\
& + \sum_{j=0}^p \alpha_{5k} \Delta \ln EX_{t-i} + \sum_{j=0}^r \alpha_{6k} \Delta \ln IM_{t-i} + \sum_{j=0}^s \alpha_{7k} \Delta \ln IND_{t-i} + \sum_{j=0}^t \alpha_{8k} \Delta \ln FD_{t-i} \\
& + \sum_{j=0}^u \alpha_{9k} \Delta \ln URB_{t-i} + \varphi_1 \ln CO_{2t-1} + \varphi_2 \ln Y_{t-1} + \varphi_3 (\ln Y_{t-1})^2 + \varphi_4 \ln REN_{t-1} + \varphi_5 \ln EX_{t-1} \\
& + \varphi_6 \ln IM_{t-1} + \varphi_7 \ln IND_{t-1} + \varphi_8 \ln FD_{t-1} + \varphi_9 \ln URB_{t-1} + \varepsilon_t
\end{aligned} \tag{3)$$

Denklem 3'te yer alan UECEM'de;  $\alpha_0$  sabit terimi,  $\varepsilon_t$  hata terimini;  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6, \alpha_7, \alpha_8$  ve  $\alpha_9$  hata düzeltme dinamiklerini;  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5, \varphi_6, \varphi_7, \varphi_8$  ve  $\varphi_9$  uzun dönem katsayılarını;  $k, l, m, n, p, r, s, t$  ve  $u$  Schwarz bilgi kriteri ile belirlenen optimal gecikme uzunluklarını göstermektedir. Çalışmada kullanılan Durum II (kısıtlı sabitli ve trendsiz) modelinde sınır testi sonucunda  $H_0$  hipotezi geçerli ise  $\alpha_0 = \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi_4 = \varphi_5 = \varphi_6 = \varphi_7 = \varphi_8 = \varphi_9 = 0$  eşitliği ortaya çıkmaktadır ve seriler arasında eşbütünlük ilişkisi olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Alternatif hipotezin geçerli olduğu durumda ise  $\alpha_0 \neq \varphi_1 \neq \varphi_2 \neq \varphi_3 \neq \varphi_4 \neq \varphi_5 \neq \varphi_6 \neq \varphi_7 \neq \varphi_8 \neq \varphi_9 \neq 0$  eşitsizliği oluşmaktadır ve seriler arasında eşbütünlük ilişkisi olduğu belirtilmektedir. Pesaran vd. (2001) sınır testi sonuçlarını test etmek için gözlem sayısı fazla olan serilerde F-istatistik kritik tablo değerleri oluştururken; Narayan (2005), Pesaran vd. (2001)'nin kritik tablo değerlerinden ziyade az gözleme sahip seriler için yeni bir kritik tablo değeri oluşturmuştur. Bu çalışmada 44 gözlemlerle seriler arasındaki ilişki araştırılmış ve Narayan (2005) kritik tablo değerlerine göre yorumlama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar üç şekilde değerlendirilmektedir. Birincisi, F istatistik değerinin  $I(0)$  alt sınırından küçük olmasıdır. Bu durumda eşbütünlük ilişkisinin olmadığı belirtilmektedir. İkincisi, F istatistik değerinin  $I(1)$  üst sınırından büyük olmasıdır. Böyle bir durumda seriler arasında eşbütünlük olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Seriler arasında eşbütünlük ilişkisi olduğu için modelden elde edilen sonuca göre uzun ve kısa dönem katsayıları değerlendirilmektedir. Son olarak üçüncü durumda ise hesaplanan F istatistik değeri  $I(0)$  ile  $I(1)$  arasında bir değer almaktadır. Bu durumda ise seriler arasında eşbütünlüğün olup olmadığına dair kesin bir hüküm bulunmamaktadır.

$$\begin{aligned}
\Delta \ln CO_2 P_t = & \beta_0 + \sum_{j=1}^a \beta_1 \Delta \ln CO_2 P_{t-i} + \sum_{j=0}^b \beta_2 \Delta \ln Y_{t-i} + \sum_{j=0}^c \beta_3 (\Delta \ln Y_{t-i})^2 + \sum_{j=0}^d \beta_4 \Delta \ln REN_{t-i} \\
& + \sum_{j=0}^e \beta_5 \Delta \ln EX_{t-i} + \sum_{j=0}^f \beta_6 \Delta \ln IM_{t-i} + \sum_{j=0}^g \beta_7 \Delta \ln IND_{t-i} + \sum_{j=0}^h \beta_8 \Delta \ln FD_{t-i} + \sum_{j=0}^j \beta_9 \Delta \ln URB_{t-i} \\
& + \phi ECT_{t-1} + u_t
\end{aligned} \tag{4}$$

İkinci aşamada uzun dönem katsayıları belirlendikten sonra, üçüncü ve son aşamada ise ARDL modeline dayalı ve ECM'nin yer aldığı denklem 4 oluşturulmaktadır ve bu denklemde kısa dönem katsayıları ile hata düzeltme teriminin katsayısı tahmin edilmektedir. Hata düzeltme terimi katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olması ve -1 ile 0 arasında bir değer alması gerekmektedir.

Denklem 4'te  $\beta_0$  sabit terimi,  $\Delta$  fark operatörünü,  $\beta_{1,2,3,4,5,6,7,8,9}$  kısa dönem katsayılarını,  $\phi$  hata düzeltme teriminin katsayısını,  $u_t$  beyaz gürültülü hata terimini,  $k, l, m, n, p, r, s, t, v$  optimal gecikme uzunluklarını ifade etmektedir.  $\phi$  katsayısı kısa dönemdeki sapmaların uzun dönemde ne kadar sürede ortadan kalkacağını göstermektedir.

### 3. Ampirik Sonuçlar

Çevresel kirlilik ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin çoklu değişken kullanarak test edildiği bu çalışmada serilerin durağanlığının sınanmasında Ng-Perron ve ZA birim kök testleri kullanılmıştır. Maksimum gecikme uzunluğunun belirlenmesi için Schwert (1989)'in  $l_2 = \text{int}\{12(T/100)^{1/4}\}$  formülü uygulanmış ve bu değer 9 olarak belirlenmiştir. Her iki birim kök testinde de optimal gecikme uzunluğunun belirlenmesi için Schwarz-Bayesian kritik değeri (SBC) kullanılmıştır. Tablo 3'te Ng-Perron ve tablo 4'te de ZA yapısal birim kök testi sonuçları yer almaktadır. Ng-Perron testi sonuçlarına göre URB serisinin seviyesinde  $I(0)$ , diğer serilerin ise birinci farkında  $I(1)$  durağan oldukları tespit edilmiştir.

**Tablo 3. Ng-Perron Birim Kök Testi Sonuçları**

Değişkenler	MZa	MZt	MSB	MPT
CO <sub>2</sub>	-10,173	-2,221	0,218	9,114
REN	-7,273	-1,854	0,255	12,618
EX	-6,095	-1,692	0,278	14,903
IM	-12,601	-2,471	0,196	7,448
FD	-2,136	-0,744	0,349	28,954
IND	-5,672	-1,651	0,291	15,994
<b>URB</b>	<b>-33,046***</b>	<b>-4,003***</b>	<b>0,121***</b>	<b>3,102***</b>
Y	-8,541	-1,903	0,223	11,203
Y <sup>2</sup>	-7,636	-1,758	0,230	12,361
$\Delta$ CO <sub>2</sub>	<b>-20,685**</b>	<b>-3,199**</b>	<b>0,155**</b>	<b>4,511**</b>
$\Delta$ REN	<b>-20,731**</b>	<b>-3,208**</b>	<b>0,155**</b>	<b>4,468**</b>
$\Delta$ EX	<b>-20,836**</b>	<b>-3,224**</b>	<b>0,155**</b>	<b>4,396**</b>
$\Delta$ IM	<b>-20,997**</b>	<b>-3,240**</b>	<b>0,154**</b>	<b>4,343**</b>
$\Delta$ FD	<b>-19,705**</b>	<b>-3,138**</b>	<b>0,159**</b>	<b>4,627**</b>
$\Delta$ IND	<b>-20,050**</b>	<b>-3,154**</b>	<b>0,157**</b>	<b>4,620**</b>
$\Delta$ URB	-	-	-	-
$\Delta$ Y	<b>-20,884**</b>	<b>-3,231**</b>	<b>0,155**</b>	<b>4,366**</b>
$\Delta$ Y <sup>2</sup>	<b>-20,893**</b>	<b>-3,232**</b>	<b>0,155**</b>	<b>4,364**</b>

Ng-Perron kritik değerleri; MZa, MZt, MSB ve MPT sırasıyla;

%1 Anlamlılık Seviyesi için -23,80, -3,42, 0,14 ve 4,03

%5 Anlamlılık Seviyesi için -17,30, -2,91, 0,17 ve 5,48

\*\*\* ve \*\* sırasıyla %1 ve %5'te anlamlı,

ZA yapısal kırılmalı birim kök testi sonuçlarına göre EX, IM, IND ve URB değişkenleri seviyesinde I(0), diğer değişkenler de birinci farkında I(1) durağan bulunmuştur. Yapısal kırılmanın yaşandığı 1985 yılında 5. Beş yıllık kalkınma planı hazırlanmıştır. Her iki birim kök testi sonuçlarına bakıldığında; değişkenlerin farklı derecelerde durağan oldukları ve ikinci farklarında I(2) durağan olmadıkları görülmektedir. Bu yüzden seriler arasında uzun dönem ilişkinin tespiti için ARDL, sınır testi uygulanmıştır.

**Tablo 4. Zivot-Andrews Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi Sonuçları**

Değişkenler	Seviyesinde				Birinci Farkında			
	Model A		Model C		Model A		Model C	
	t-istatistik	Kırılma Tarihi	t-istatistik	Kırılma Tarihi	t-istatistik	Kırılma Tarihi	t-istatistik	Kırılma Tarihi
CO <sub>2</sub>	-4,343 (0)	1985	-4,380 (0)	1985	<b>-6,679 (0)***</b>	1978	<b>-6,998 (0)***</b>	1981
REN	-3,943 (0)	1999	-3,858 (0)	1999	<b>-7,339 (0)***</b>	2002	<b>-8,456 (0)***</b>	1977
EX	-4,816 (0)*	1981	<b>-5,759 (0)***</b>	1980				
IM	-4,825 (0)	1980	<b>-5,678 (0)***</b>	1980				
FD	-2,679 (0)	2005	-4,577 (0)	1998	<b>-6,553 (1)***</b>	2004	<b>-6,428 (1)***</b>	2004
IND	-4,293 (0)	1986	<b>-5,986 (0)***</b>	1986				
URB	<b>-10,552 (9)***</b>	1991	<b>-6,850 (9)***</b>	2009				
Y	-3,209 (0)	1979	-3,459 (0)	2001	<b>-6,548 (0)***</b>	1977	<b>-6,579 (0)***</b>	1977
Y <sup>2</sup>	-3,000 (0)	1979	-3,476 (0)	2001	<b>-6,527 (0)***</b>	1977	<b>-6,546 (0)***</b>	1977

\*\*\*, \*\* ve \* sırasıyla %1, %5 ve %10'da anlamlı. ( ) SBC bilgi kriteri ile belirlenen optimal gecikme uzunluğu

Sınır testi gerçekleştirilirken optimal gecikme uzunluğunu belirlemek için SBC'den yararlanılmıştır. Tablo 5'te gösterilen sınır testi sonuçlarına bakıldığında hesaplanan F-istatistik değeri Narayan (2005)'in tablo kritik değerlerinden durum II için 1% anlamlılık düzeyinde büyük olduğundan

dolayı yokluk hipotezi reddedilerek seriler arasında uzun dönemli bir eşbütünlüşme ilişkisi olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 5. Sınır Testi Sonuçları**

k	F istatistik	%1 Anlamlılık Seviyesinde Kritik Değerler	
		I(0)	I(1)
8	4,399	2,62	3,77

k Denklem 1’de bağımsız değişken sayısını göstermektedir. Kritik değerler Narayan (2005: 1987)’in tablosundan elde edilmiştir.

Seriler arasında eşbütünlüşme ilişkisi tespit edildikten sonra tahmin edilen uzun dönem katsayıları tablo 6’da gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre uzun dönemde finansal gelişme, endüstrileşme, kentleşmede ve ithalatta oluşan %1’lik bir artışın kişi başına düşen CO<sub>2</sub> salımını sırasıyla %0,068, %0,146, %0,465 ve %0,080 arttırdığı görülmektedir. Kişi başına düşen temiz enerji tüketimindeki gerçekleşen %1’lik bir artış kişi başına düşen CO<sub>2</sub> salımını %0,071 oranında azaltmaktadır. İhracatın uzun dönemde CO<sub>2</sub> salımını etkilemediği belirlenmiştir. Kişi başına düşen GSYİH katsayısının pozitif, kişi başına düşen GSYİH’nın karesinin katsayısının da negatif çıkması ÇKE hipotezinin uzun dönemde geçerli olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada ÇKE hipotezine göre elde edilen dönüm noktası değeri 15.644\$ olarak gerçekleşmiştir. Bulunan bu değer çalışmaya konu olan dönem aralığı dışında yer almaktadır. Bunun yanında ZA birim kök testi sonucunda elde edilen 1985 tarihi, ARDL modeline eklenmiştir ve bu tarihin katsayısı pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. 5. beş yıllık kalkınma planının oluşturulması CO<sub>2</sub> salımı üzerinde pozitif bir etki oluşturmuştur.

**Tablo 6. ARDL Model’de Uzun Dönem Katsayıları.**

Değişkenler	Katsayılar	t-istatistik
Y	11,031***	5,873
Y <sup>2</sup>	-0,571***	-5,718
REN	0,014	0,621
EX	-0,120***	-3,253
IM	0,102***	2,735
IND	0,083**	2,109
URB	-0,271	-1,631
D <sub>1980</sub>	0,057*	1,967
C	-51,137***	-6,122
Diagnostik Testler	Test-istatistikleri	p-değerleri
BG-LM	0,079	0,78
BPG	0,905	0,54
White	0,935	0,52
ARCH	0,924	0,34
Ramsey Reset	1,215	0,23
Jarque-Bera	1,418	0,49
Cusum	0,531	0,57
Cusumsq	0,171	0,46

\*\*\*, \*\* ve \* sırasıyla %1, %5 ve %10’da anlamlı.

Tahmin edilen ARDL modelinden elde edilen diagnostik testler sonucunda Breusch-Godfrey-LM testi (BG-LM) ile otokolerasyon, Breusch-Pagan-Godfrey (BGP), White ve ARCH testleri ile değişen varyans sorunlarının olmadığı, Jarque-Bera testi ile modelde hata terimlerinin normal dağıldığı ve Ramsey reset testi ile de modelin uygun yapısal formda kurulduğu belirlenmiştir. Gerçekleştirilen CUSUM ve CUSUMSQ testleri ile de  $H_0$  hipotezi reddedilmeyerek yapısal kırılmanın olmadığı, elde edilen katsayıların istikrarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Tablo 7. ARDL Modelinde Hata Düzeltme Modeli ve Kısa Dönem Katsayıları**

Değişkenler	Katsayılar	t-istatistik
$\Delta Y$	12,899	4,551
$\Delta Y^2$	-0,671	-4,310
$\Delta REN$	0,045**	2,044
$\Delta EX$	-0,159***	-6,033
$\Delta IM$	0,132***	4,414
$\Delta IND$	0,116	1,655
$\Delta URB$	1,969***	5,117
$ECT_{t-1}$	-1,206***	-8,603
$D_{1980}$	0,063***	2,861
C	-61,718***	-8,228

\*\*\* ve \*\* sırasıyla %1 ve %5'te anlamlı.

Tablo 7'de ARDL modeline dayalı ECM sonuçları yer almaktadır. İstatistiksel olarak %1 seviyesinde anlamlı çıkan ve -0,93 değer olarak bulunan hata düzeltme teriminin bir gecikmeli değeri, kısa dönemde meydana gelen sapmaların 1 yıl içerisinde ortadan kalkacağını ve uzun dönemde tekrar dengeye geleceğini göstermektedir. Kısa dönem katsayılarına bakıldığında; finansal gelişme ve endüstrileşme dışında bütün değişkenlerin CO<sub>2</sub> salımını etkilediği ve ÇKE hipotezinin kısa dönemde geçerli olduğu görülmektedir. Kısa dönemde kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketimi ile ihracatta gerçekleşen %1'lik bir artışın CO<sub>2</sub> salımını sırasıyla %0,086 ve %0,084 oranında azalttığı; ithalat ve kentleşmede gerçekleşen %1'lik bir artışın ise bu salımı sırasıyla %0,093 ve %0,483 arttırdığı belirlenmiştir.

#### 4. Sonuç ve Politika Önerileri

Bu çalışmada 1971-2014 döneminde ARDL, sınır testi kullanılarak kişi başına düşen CO<sub>2</sub> salımı, kişi başına düşen GSYİH, kişi başına düşen temiz enerji tüketimi, ihracat, ithalat, finansal gelişme, endüstrileşme ve kentleşme değişkenleri kullanılarak Türkiye'de ÇKE hipotezinin geçerliliği test edilmiştir. Sınır testi sonucunda seriler arasında uzun dönemde bir eşbütünlüşme ilişkisi olduğu belirlenmiştir.

ARDL modelinden elde edilen katsayılara göre hem uzun hem de kısa dönemde çevre kirliliği ile ekonomik büyüme arasında ters-U şeklinde bir ilişki olduğu ve ÇKE hipotezinde geçerlilik sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır. Kurulan modelde 15.644\$ olarak bulunan dönüm noktası değeri ilgili dönem aralığı dışında yer almaktadır. Iwata vd. (2011: 1989)'a göre gelişmekte olan ülkelerde dönüm noktası değerinin ilgili dönem aralığı dışında, gelişmiş ülkelerde ise içinde olması öngörülmektedir. Gelişmekte



olan bir ülke konumunda bulunan Türkiye’de dönem aralığı dışında bulunan dönüm noktası değeri; Bölük ve Mert (2015), Tutulmaz (2015), Pata (2018a), Pata (2018b) ve Pata (2018c)’nin bulgularını destekler niteliktedir. Hem kısa hem de uzun dönemde CO<sub>2</sub> salımını en fazla etkileyen değişken kişi başına düşen GSYİH’dır.

Uzun dönemde GSYİH değişkeninin yanı sıra finansal gelişme, endüstrileşme, kentleşme ve ithalatta oluşan %1’lik bir artışın kişi başına düşen CO<sub>2</sub> salımını sırasıyla %0,068, %0,146, %0,465 ve %0,080 arttırdığı tespit edilirken, kişi başına düşen temiz enerji tüketimindeki gerçekleşen %1’lik bir artışın bu salımı %0,071 oranında azalttığı görülmüştür. Türkiye’de temiz enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içerisindeki payının az olması, bu enerji kaynağının CO<sub>2</sub> salımını azaltmadaki etkisinin düşük olduğunu göstermektedir. Bu çalışma Türkiye’de Pata (2018b)’nin temiz enerji tüketimindeki artışın CO<sub>2</sub> salımını azalttığı görüşüyle benzer nitelik taşımaktadır. 1985 yılında 5. Beş yıllık kalkınma planının hazırlanması çevre kirliliği üzerinde pozitif bir etkiye sahip olmuştur. İhracatın ise uzun dönemde bu salımı etkilemediği belirlenmiştir. İhracat değerini arttırmak için ithalata dayalı büyüme yerine yerli hammadde kullanılması hem dış ticaret açığının kapanmasını sağlayacak hem de uzun dönemde çevre kirliliğinin azalmasına katkıda bulunacaktır.

Kısa dönemde ise CO<sub>2</sub> salımını pozitif yönde en fazla etkileyen değişkenin GSYİH; diğer değişkenlerin sırasıyla kentleşme ve ithalat olduğu belirlenmiştir. İhracatın ve temiz enerji tüketiminin ise çevre kirliliğini azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. ECT<sub>t-1</sub>’nin katsayısının -0,93 ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı çıkması kısa dönemde meydana gelen şokların yaklaşık olarak 1 yıl içerisinde ortadan kalkacağını ve uzun dönemde dengenin sağlanacağını göstermektedir.

Gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de fosil yakıt tüketimine dayalı eski teknolojilerin yerine, çevre dostu teknolojilerin kullanılması ve devlet tarafından uygulanan faaliyetlerin desteklenmesi, sürdürülebilir kalkınma adına büyük önem arz etmektedir. Ayrıca bu faaliyetleri uzun döneme yaymak, maliyetlerin azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Fosil yakıtların ikamesi olarak alternatif enerji kaynaklarını kullanmak ve bu kaynakların toplam enerji tüketimi içerisindeki payını arttırmak için uzun dönemli yapısal reformlar uygulanması gerekmektedir. Toplam enerji tüketimi içerisinde yenilenebilir enerjinin payının artırılması ülkedeki CO<sub>2</sub> yoğunluğunu azaltmak için yararlı olabilir. Bu yüzden alternatif olarak, kamu, özel binalar, firmalar, fabrikalar ve elektrik enerjisi endüstrisi, yakın gelecekte yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji kaynakları içerisindeki payını kademeli olarak arttırmak için zorlanmalıdır. Bunun yanında, çevre kirliliğini önleme adına CO<sub>2</sub> yakalama ve depolama teknolojileri kullanılabilir ve CO<sub>2</sub> salımını önlemek için CO<sub>2</sub> vergilerinde artış yapılabilir. Gerçekleştirilen faaliyetler düzenli ve istikrarlı olduğu sürece artan CO<sub>2</sub> salımının üstesinden gelmek daha kolay olacaktır.

Gelişmekte olan ülke konumunda bulunan, dünyanın en büyük 17. ekonomisine sahip olan ve dünyada ilk 10 ekonomiye girmeyi hedefleyen Türkiye’de gelecek yıllarda dönüm noktası değeri

aşıldıktan sonra kişi başına düşen GSYİH arttıkça çevresel tahribatın azalacağı öngörülmektedir. Bu yüzden, gerekli yapısal reformlar gerçekleştirerek gelir düzeyini arttırmak, çevre kirliliğinin önüne geçmek, sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak, devam ettirmek ve gelecek nesillere temiz bir çevre bırakmak için politika yapıcılara büyük iş düşmektedir.

### **Kaynakça**

- Al-Mulali, U., Saboori, B. ve Ozturk I. (2015). Investigating the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Vietnam. *Energy Policy*, 76, 123-131.
- Ang, J.B. (2007). CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption, and Output in France. *Energy Policy*, 35(10), 4772-4778.
- Apergis, N. ve Payne, J. E. (2012). Renewable and Non-Renewable Energy Consumption-Growth nexus: Evidence from a Panel Error Correction Model. *Energy Economics*, 34(3), 733-738.
- Aung, T. S., Saboori, B. ve Rasoulinezhad, E. (2017). Economic growth and environmental pollution in Myanmar: An analysis of environmental Kuznets curve. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(25), 20487-20501.
- Azlina, A. A., Law, S.H. ve Mustapha, N. H. N. (2014). Dynamic Linkages among Transport Energy Consumption, Income and CO<sub>2</sub> Emission in Malaysia. *Energy Policy*, 73, 598-606.
- Baek, J. (2016). Do Nuclear and Renewable Energy Improve the Environment? Empirical Evidence from the United States. *Ecological Indicators*, 66, 352-356.
- Ben Jebli, M., Ben Youssef, S. ve Ozturk, I. (2015). The Role of Renewable Energy Consumption and Trade: Environmental Kuznets Curve Analysis for Sub-Saharan Africa Countries. *African Development Review*, 27(3), 288-300.
- Bölük, G. ve Mert, M. (2015). The Renewable Energy, Growth And Environmental Kuznets Curve in Turkey: An ARDL Approach. *Renew. Sustain. Energy Rev*, 52, 587-595.
- Danish, B. Z., Wang, B. ve Wang, Z. (2017). Role of Renewable Energy and Non-Renewable Energy Consumption on EKC: Evidence from Pakistan., *Journal of Cleaner Production*, 156, 855-864.
- Dogan, E. ve Turkekul, B. (2016). CO<sub>2</sub> Emissions, Real Output, Energy Consumption, Trade, Urbanization and Financial Development: Testing the EKC Hypothesis for the USA. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(2), 1203-1213.
- Farhani, S. ve Shahbaz, M. (2014). What Role of Renewable and non-Renewable Electricity Consumption and Output is Needed to Initially Mitigate CO<sub>2</sub> Emissions in MENA Region? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 80-90.
- Gill, A. R., Viswanathan, K. K. ve Hassan, S. (2018). A Test of Environmental Kuznets Curve (EKC) for Carbon Emission and Potential of Renewable Energy to Reduce Green House Gases (GHG) in Malaysia. *Environment, Development and Sustainability*, 20(3), 1103-1114.
- Grossman, G. M. ve Krueger, A. B. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement in National Bureau of Economic Research Working Paper 3914. NBER, Cambridge, MA.
- Hossain, S. (2012). An Econometric Analysis for CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption, Economic Growth, Foreign Trade and Urbanization of Japan. *Low Carbon Economy*, 3(3), 92-105.
- IPCC (2007). Climate change 2007: The physical science basis, contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Geneva, Switzerland.
- IPCC (2014). Climate change 2014: Synthesis report. contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Geneva, Switzerland.

- Iwata, H., Okada, K. ve Samreth, S. (2011). A Note on the Environmental Kuznets Curve for CO<sub>2</sub>: A Pooled Mean Group Approach. *Applied Energy*, 88(5), 1986-1996.
- Jalil, A. ve Feridun, M. (2011). The Impact of Growth, Energy and Financial Development on the Environment in China: A Cointegration Analysis. *Energy Economics*, 33, 284-291.
- Karasoy, A. (2019). Drivers of Carbon Emissions in Turkey: Considering Asymmetric Impacts. *Environ Sci Pollut Res*, 26, 9219-9231.
- Menegaki, A. N. ve Konstantinos, P. T. (2015). Rich Enough to Go Renewable, but Too Early to Leave Fossil Energy? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1465-1477.
- Munasinghe, M. (1999). Is Environmental Degradation an Inevitable Consequence of Economic Growth: Tunneling through the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 29(1), 89-109.
- Narayan, P. K. (2005). The Saving and Investment nexus for China: Evidence From Cointegration Tests. *Applied Economics*, 37(17), 1979-1990.
- Nasir, M. ve Rehman, F. U. (2011). Environmental Kuznets curve for Carbon Emissions in Pakistan: An Empirical Investigation. *Energy Policy*, 39(3), 1857-1864.
- Ng, S. ve Pierre, P. (2001). Lag Length Selection and the Construction of Unit Root Tests with Good Size and Power. *Econometrica*, 69(6), 1519-1554.
- Onater-Isberk, E. (2016). Environmental Kuznets Curve under Noncarbohydrate Energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 64, 338-347.
- Panayotou, T. (1993). Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development. Working Paper WP238 Technology and Employment Programme. International Labor Office, Geneva.
- Pata, U.K. (2018a). The Effect of Urbanization and Industrialization on Carbon Emissions in Turkey: Evidence from ARDL bounds Testing Procedure. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(8), 7740-7747.
- Pata, U.K. (2018b). Renewable Energy Consumption, Urbanization, Financial Development, Income and CO<sub>2</sub> Emissions in Turkey: Testing EKC Hypothesis with Structural Breaks. *Journal of Cleaner Production*, 187, 770-779.
- Pata, U.K. (2018c). The Influence of Coal and Noncarbohydrate Energy Consumption on CO<sub>2</sub> Emissions: Revisiting the Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Turkey. *Energy*, 160, 1115-1123.
- Pata, U.K. ve Yurtkuran, S. (2018). Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Nüfus Yoğunluğu ve Finansal Gelişmenin CO<sub>2</sub> Salımına Etkisi: Türkiye Örneği. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, Prof. Dr. Harun Terzi Özel Sayısı*, 303-318.
- Pata, U.K. (2019). Environmental Kuznets Curve and Trade Openness in Turkey: Bootstrap ARDL Approach with a Structural Break. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(20), 20264-20276.
- Pesaran, M.H., Shin, Y. ve Smith, R.J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Rosa, E.A. ve Dietz, T. (2012). Human Drivers of National Greenhouse-Gas Emissions. *Nature Climate Change*, 2(8), 581-586.
- Schwert, G. (1989). Tests for Unit Roots: A Monte Carlo Investigation. *J. Bus. Econ. Stat.*, 20, 147-159.
- Shafiei, S. ve Salim, R.A. (2014). Non-Renewable and Renewable Energy Consumption and CO<sub>2</sub> Emissions in OECD countries: A Comparative Analysis. *Energy Policy*, 66, 547-556.

- Shahbaz, M. (2013). Does Financial Instability Increase Environmental Degradation? Fresh Evidence from Pakistan. *Economic Modelling*, 33, 537-544.
- Shahbaz, M., Lean, H. H. ve Shabbir, M. S. (2012). Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Pakistan: Cointegration and Granger Causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 2947-2953.
- Shahzad, S. J. H., Kumar, R. R., Zakaria, M. ve Hurr, M. (2017). Carbon Emission, Energy Consumption, Trade Openness and Financial Development in Pakistan: A Revisit. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 185-192.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T. D. ve Castel, V. (2006). *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*, Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome.
- Sugiawan, Y. ve Managi, S. (2016). The Environmental Kuznets Curve in Indonesia: Exploring the Potential of Renewable Energy. *Energy Policy*, 98, 187-198.
- Tamazian, A., Chousa, J. P. ve Vadlamannati, K. C. (2009). Does Higher Economic and Financial Development Lead to Environmental Degradation: Evidence from BRIC Countries. *Energy Policy*, 37(1), 246-253.
- Tutulmaz, O. (2015). Environmental Kuznets curve Time Series Application for Turkey: why Controversial Results Exist for Similar Models? *Renew. Sustain. Energy Rev*, 50, 73-81.
- WMO (2017). WMO Statement on the State of the Global Climate in 2017. [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=4453](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4453), (Eriřim Tarihi: 15.12.2019).
- World Bank (1992). *World Development Report 1992: Development and the Environment*, Oxford University Press, New York.
- World Bank (2018). World Development Indicators. <https://data.worldbank.org/> (Eriřim Tarihi: 15.12.2019).
- Yurtkuran, S. ve Terzi, H. (2018). Çevresel Kuznets Eğrisinin Ampirik Olarak Analizi: Meksika Örneği. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 20, 267-284.
- Zambrano-Monserrate, M.A. ve Fernandez, M.A. (2017). An Environmental Kuznets Curve for N<sub>2</sub>O Emissions in Germany: An ARDL Approach. *A United Nations Sustainable Development Journal*, 41(2), 119-127.
- Zivot, E. ve Andrews, D.W.K. (2002). Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(1), 25-44.