
YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ, NÜFUS YOĞUNLUĞU VE FİNANSAL GELİŞMENİN CO₂ SALIMINA ETKİSİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Uğur Korkut PATA¹

Süleyman YURTKURAN²

Öz

Bu çalışma Türkiye’de 1981-2014 döneminde nüfus yoğunluğu, yenilenebilir enerji tüketimi, finansal gelişme, gelir ve karbon (CO₂) salımı arasındaki ilişkilerin çevresel Kuznets eğrisi (ÇKE) hipotezi kapsamında incelenmesini amaçlamaktadır. ARDL sınır testi ile tahmin edilen uzun dönem katsayıları nüfus yoğunluğu, finansal gelişme ve ekonomik büyümenin CO₂ salımını arttırdığını, alternatif enerji tüketiminin ise çevre kalitesi üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu çalışmanın sonuçları ayrıca ÇKE hipotezinin Türkiye için geçerli olduğunu belirtmektedir. Ancak 12,421\$ olarak belirlenen dönüm noktası analiz dönemindeki en yüksek kişi başına düşen gelir düzeyinin üzerinde yer almaktadır. Bu nedenle Türkiye’de gelir düzeyi arttıkça CO₂ salımı da artmaya devam etmektedir. Yenilenebilir enerji tüketiminin bir göstergesi olarak kullanılan karbonhidrat içermeyen enerji tüketimi, Türkiye için CO₂ salımını azaltmada alternatif bir çözüm olabilir.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Kuznets Eğrisi, Yenilenebilir Enerji Tüketimi, CO₂ Salımı, Türkiye.

JEL Sınıflandırması: C32, O44, Q56.

THE EFFECT OF RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION, POPULATION DENSITY AND FINANCIAL DEVELOPMENT ON CO₂ EMISSIONS: THE CASE OF TURKEY

Abstract

This paper aims to investigate the relationship between population density, renewable energy consumption, financial development, income and carbon (CO₂) emissions in Turkey covering the period from 1981 to 2014 within the framework of the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis. The estimated long-term coefficients obtained by the ARDL bounds testing approach show that population density, financial development and economic growth increase CO₂ emissions while alternative energy consumption have a positive effect on environment quality. The results of this study also indicate that EKC hypothesis is valid for Turkey. However, the turning point determined as \$12.421 is above the highest per-capita gross domestic product (GDP) level in the analysis period. Therefore, income level rises CO₂ emissions continues to increase in Turkey. Non-carbohydrate energy consumption, used as a measure of renewable energy consumption, may be an alternative solution to reducing CO₂ emissions for Turkey.

Keywords: Environmental Kuznets Curve, Renewable Energy Consumption, CO₂ emissions, Turkey.

JEL Classification: C32, O44, Q56.

¹ Araş. Gör., Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, korkutpata@ktu.edu.tr; korkutpata@osmaniye.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2853-4106

² Doktora Öğrencisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, suleymanyurtkuran@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-7085-9203

1. Giriş

Küresel ısınma ve iklim değişikliğine sebebiyet veren sera gazı salımını etkileyen faktörlerin belirlenmesi, politika yapıcılar ve araştırmacılar için özellikle 20.yy'dan itibaren önemli bir hal almıştır. Bu faktörlerin belirlenmesiyle büyüme ve kalkınmanın çevreci bir şekilde devam ettirilebilmesi ve çevre kirliliğinin azaltılması için çeşitli politikalar üretilerek gerekli önlemler alınmaya başlanmıştır. Karbon (CO₂) salımı, sera gazı salımı içerisinde en yüksek paya sahip olan gazdır. CO₂ salımına etki eden en önemli makroekonomik göstergelerden biri olan ekonomik büyüme ile bu salım arasındaki ilişkiler, genellikle çevresel Kuznets eğrisi (ÇKE) hipotezi ile ampirik olarak test edilmektedir. ÇKE hipotezine göre ekonomik büyümenin ilk aşamalarında gelir düzeyinin yükselmesi ile birlikte çevresel tahribatın artacağı; ancak belirli bir gelir düzeyine eriştikten sonra çevre kirliliğinin azalacağı varsayılmaktadır. ÇKE kavramı geçerli olduğunda; elde edilen dönüm noktası, ekonomik büyümenin hem çevre kalitesini hem de yaşam standartlarını arttırdığı gelir düzeyini göstermektedir (Richmond ve Kaufmann, 2006:177). Ayrıca bu dönüm noktası, mevcut gelir düzeyinden ne kadar büyük olursa olsun enerji tüketiminin veya karbon salımının nihayetinde azalacağını belirtmektedir.

Ülkelerin ekonomik gelişim süreci genellikle temiz tarımsal ekonomiden kirliliğe sebebiyet veren endüstriyel ekonomiye, oradan da temiz hizmet sektörü ağırlıklı ekonomiye doğru üç aşamalı bir dönüşüm göstermektedir. Ekonomik gelişimin ilk aşamalarında fakir ülkelerde yaşayan insanların gücü, refahı arttıracak çevresel düzenlemeleri gündeme getirmeye yetmemektedir. Ancak bir ülke yüksek yaşam standartlarına eriştiğinde, o ülkedeki insanlar tarafından çevresel düzenlemelere önem verilmekte, çevreyi korumak için yeni kurumlar kurulmakta ve benzeri uygulamalar gerçekleştirilmektedir (Arrow vd., 1995:92). Ekonomideki yapısal değişim sebebiyle çevre kirliliği ve ekonomik gelişim arasında gerçekleşen ters U şeklinde bu ilişki de ÇKE hipotezini desteklemektedir.

Yüksek ekonomik büyüme ve enerji talebi çevre kirliliğini de beraberinde getirmektedir (Nasreen vd., 2017:1106). Ülkeler, genel itibarıyla enerji ihtiyaçlarını karşılamak için fosil yakıt kaynaklarını daha çok kullanarak çevresel tahribatlara neden olmaktadır. Kullanılan fosil yakıtlar nedeniyle atmosferdeki sera gazı artmakta ve küresel ısınma gerçekleşmektedir. Diğer gazlardan ziyade; karbondioksit gazının sera gazları içerisinde oranının yüksek olmasından dolayı, CO₂ emisyonunun azaltılması ülkelerin çevre politikaları üzerinde öncelikli hedefleri arasında yer almaktadır.

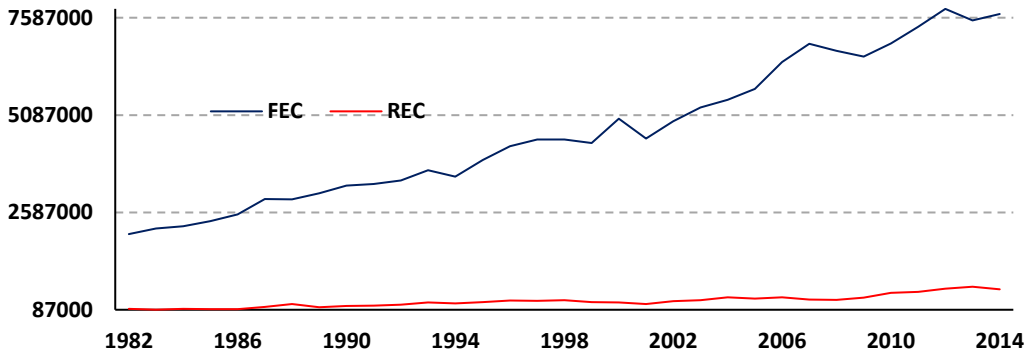
1973 petrol krizi neticesinde tek bir enerji ürününün tüketimine yoğun olarak bağlı olmanın ülke ekonomilerini ne denli kırılgan hale getirdiği görülmüştür. Bu tarihten itibaren hükümetler enerji kaynaklarını çeşitlendirmek için çeşitli önlemler almış ve küresel ısınmaya sebebiyet veren CO₂ salımının azaltılması için ise Kyoto Protokolü, Rio konferansı ve Paris iklim değişikliği konferansı gibi çeşitli faaliyetler gerçekleştirilmiştir. Diğer dünya ülkelerinde olduğu gibi ekonomik büyümede istikrar sağlamayı hedefleyen Türkiye'de de iklim değişikliği konusu büyük önem arz etmektedir. Bu yüzden Türkiye 2004 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine, 2009 yılında Kyoto Protokolüne katılmıştır (Dogan ve Topalli, 2016:108). Tüm bu gerçekleştirilen konferans ve toplantılarla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması gündeme getirilmiştir.

Fosil yakıtların hızla tükenmesi ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri, dünya ekonomilerini yavaş yavaş daha sürdürülebilir olan yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru yönlendirmiştir (Sulaiman vd., 2013:103). Yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtların aksine çevreyi kirletmemektedir. Enerji tüketimi ekonomik büyümeyi destekler bir yapıda iken, toplam enerji tüketimini azaltmadan fosil yakıtlara bir ikame olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ülke ekonomileri için oldukça önemlidir. Ancak bu ikame gerçekleştirilirken maliyet avantajının da sağlanması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji üretim ve tüketim aşamasında kullanılan bazı teknolojiler yüksek maliyetlidir. Yine de sürekli gelişen teknoloji düzeyi ile beraber bu maliyetlerin azaltılması beklenmektedir. Sürdürülebilir bir enerji sistemine geçiş sürecinde yenilenebilir enerji kaynakları etkin bir rol

üstlenmektedir. Bu kaynaklar sayesinde, güvenlik riski hafifletilebilmekte, enerji sistemlerinin etkinliğini ile diğer kaynakların mevcut olmadığı yerlerde enerji hizmetleri sağlanarak çevresel hedeflere ulaşılmaktadır (Kaygusuz vd., 2007:20).

Grafik 1’de Türkiye’de 1982-2014 döneminde fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi (FEC) ve karbonhidrat içermeyen enerji tüketimi (REC) gösterilmiştir. 1982 yılında 2030 mtep olan fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi, 2014 yılında 5651 mtep artarak 7681 mtep düzeyine ulaşmıştır. 1982 yılında 109 mtep olan karbonhidrat içermeyen enerji tüketimi ise, 502 mtep artarak 2014 yılında 601 mtep düzeyine yükselmiştir. Grafikte fosil yakıt kaynaklı enerji tüketiminde daha fazla artış olduğu ve bu iki enerji tüketimindeki farkın giderek açıldığı görülmektedir. Türkiye’de çevre kirliliğine sebebiyet veren fosil yakıtların kullanımı oldukça yüksektir.

Grafik 1: Türkiye’de Fosil Yakıt Kaynaklı Enerji Tüketimi ile Karbonhidrat İçermeyen Enerji Tüketiminin Yıllara Göre Değişimi (mtep)



Kaynak: <https://data.worldbank.org/country/turkey?locale=tr>

Finansal gelişme, bir ülkenin doğrudan yabancı sermaye yatırımlarıyla, bankacılık ve hisse senedi piyasası faaliyetlerindeki artışlar gibi finansal işlemlere izin verme ve bu işlemleri teşvik etme kararını ifade etmektedir (Sadorsky, 2011:999). Finansal gelişmeyle birlikte güçlü bir ekonomik büyüme yaşanmaktadır. Çünkü finansal gelişme sayesinde finansal kaynaklar üretken olmayan alanlardan, üretken alanlara yönlendirilerek ekonomik verimlilikte artış gerçekleşmektedir (Durusu-Ciftci vd., 2017:291). Finansal gelişme ile gerçekleşen bu ekonomik büyüme de enerji tüketimindeki artışla beraber çevre kirliliğine sebebiyet verebilmektedir.

Finansal gelişme enerji tüketimini üç şekilde etkilemektedir (Sadorsky, 2011:1000). Birincisi, doğrudan etkidir. Finansal gelişme arttıkça, tüketicilerin dayanıklı tüketim mallarını satın almaları daha kolay ve daha ucuz olacak; bu şekilde de enerji talebi artacaktır. İkincisi, iş etkisidir. Bu etkiye göre işletmeler finansal gelişmeyle birlikte finansal sermayeye kolayca ve daha az maliyetli bir şekilde erişerek yeni tesisler, makine ve ekipmanlar satın almakta ve daha fazla işçi istihdam etmektedir. Buna ek olarak, borsa faaliyetleri de işletmelere ek bir finansman kaynağı sağlamakta, işletmelerin büyümelerine ve gelişmelerine katkıda bulunmaktadır. Üçüncüsü, refah etkisidir. Artan borsa faaliyetleriyle birlikte ortaya çıkan bu etki, tüketicilerin ve işletmelerin güvenlerini olumlu yönde etkilemektedir. Artan ekonomik güven, ekonomik faaliyetleri genişletebilmekte ve enerji talebini arttırabilmektedir. Bu nedenle finansal gelişme CO₂ salımının artışına neden olabilmektedir.

Nüfus artışı ÇKE hipotezi test edilirken ihmal edilmesine rağmen, CO₂ salımı artışındaki en önemli etkenlerden biridir. Daha fazla insan daha fazla fosil yakıt tüketimi demektir. Bu nedenle CO₂ salımı, büyüme ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiler incelenirken, nüfus yoğunluğunun da önemli bir değişken olarak dikkate alınması gerekmektedir (Rahman, 2017: 506-507).

Türkiye’de ÇKE hipotezinin geçerli olup olmadığının tespiti için gerçekleştirilen bu çalışmada, ele alınan ülke için gerçekleştirilmiş diğer çalışmalardan farklı olarak yenilenebilir enerji tüketimi ve nüfus yoğunluğunun CO₂ salımı üzerindeki etkileri eş anlamlı olarak dikkate alınmıştır. Beş bölümden

oluşan bu çalışmanın ikinci bölümünde ÇKE hipotezini literatürde ağırlıkla nüfus yoğunluğu ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenlerini analize dahil ederek inceleyen çalışmalar sunulmuştur. Çalışmanın üçüncü bölümünde kullanılan yöntem, dördüncü bölümünde ampirik bulgulara yer verilmiştir. Sonuç kısmında ise elden edilen bulgular değerlendirilmiş ve tartışılmıştır.

2. Literatür Taraması

Çevre kirliliği göstergeleri ve ekonomik büyüme arasındaki ters U şeklinde bir ilişki olduğu ilk kez Grossman ve Krueger (1991) tarafından tespit edilmiştir. Bu ilişki Panayotou (1993) tarafından ÇKE hipotezi olarak adlandırılmış ve daha sonraki yıllarda bu iki öncü çalışmayı takiben konu ile ilgili birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalarda eksik değişkenlerden kaynaklanan bilgi kaybını önlemek için zamanla gelir değişkeninin yanı sıra, fosil yakıt tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi, ticari açıklık, finansal gelişme, nüfus yoğunluğu, turizm, küreselleşme, demokratikleşme, eğitim, kentleşme ve sanayileşme gibi birçok açıklayıcı değişkene yer verilmiştir.

Ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi iki değişkenli olarak sınavan geleneksel modele en çok eklenen değişkenlerden biri fosil yakıt kaynaklı yenilenemez enerji tüketimidir. Birleşik Arap Emirlikleri için Shahbaz vd. (2014), Türkiye için Gökmenoğlu ve Taspınar (2016), Ozatac vd. (2017), Katircioğlu ve Katircioğlu (2018), Pata (2018a) ve Meksika için Yurtkuran ve Terzi (2018) ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmaların aksine Türkiye için Halicioğlu (2009), Kocak (2014), 12 Ortadoğu ülkesi için Ozcan (2013), Singapur için Tan vd. (2014) ve Brezilya, Çin, Hindistan ve Türkiye için Özcan (2015), ÇKE hipotezinin geçersiz olduğunu tespit etmişlerdir. Bahsi geçen çalışmalarda araştırmacılar toplam, fosil yakıt kaynaklı, kömür ve petrol gibi yenilenemez enerji kaynaklarının CO₂ salımını arttırdığı konusunda görüş birliğine varmışlardır.

Yenilenebilir enerji kaynakları ve nüfus yoğunluğunu analize dahil ederek ÇKE hipotezinin geçerli olup olmadığını sınavan çalışmalar oldukça yenidir. Ayrıca bu çalışmalar yenilenemez enerji üretimini ve tüketimini analize dahil eden çalışmalara göre sayıca azdır. Özellikle 1990'lı yıllardan itibaren yenilenebilir enerjinin CO₂ salımı üzerinde bir etkisinin olup olmadığı test edilmeye başlanmıştır. Benzer şekilde az sayıda gerçekleştirilen nüfus yoğunluğunu analize dahil ederek ÇKE hipotezini sınavan çalışmalardan;

Selden ve Song (1994) 30 ülke için 1979-1987 döneminde rassal ve sabit etkiler modelleri ile ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu ve nüfus yoğunluğunun çevre kirliliğini azalttığını belirlemişlerdir.

Akbostancı vd. (2009) Türkiye için Johansen-Juselius eş-bütünleşme testi kullanarak zaman serisi analizi ile 1968-2003 ve havuzlanmış genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemi kullanarak panel veri analizi ile 1992-2001 döneminde ÇKE hipotezinin geçerliliğini sınamışlardır. Sonuç olarak ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını, gelir düzeyi ile CO₂ salımı arasında pozitif lineer bir ilişki olduğunu, kükürt dioksit (SO₂) ve partikül maddeler (PM₁₀) ile gelir düzeyi arasında ise N şeklinde bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca nüfus yoğunluğunun PM₁₀ ve SO₂ düzeyini arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Lee vd. (2010) 97 ülke için 1980-2001 döneminde genelleştirilmiş momentler metodu ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇKE hipotezinin sadece Amerika ve Avrupa kıtası ülkeleri için geçerli olduğunu, nüfus yoğunluğunun ise hiçbir kıtada su kirliliğinin göstergesi olarak biyolojik oksijen talebi üzerinde bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir.

Arı ve Zeren (2011) 17 Akdeniz ülkesi için 2000-2005 döneminde sabit etkiler ve rassal etkiler modelleri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını, gelir düzeyi ile CO₂ salımı arasında N şeklinde kübik bir ilişki bulunduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca nüfus yoğunluğunun CO₂ salımını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Onafowora ve Owoye (2014) 8 ülke için 1970-2010 döneminde ARDL sınır testi, etki-tepki ve varyans ayrıştırma analizleri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda sadece Japonya ve Güney Kore'de ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca nüfus yoğunluğunun Meksika, Mısır, Çin, Brezilya ve Japonya'da CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Ahmed vd. (2015) Pakistan için 1980-2013 döneminde ARDL sınır testi ve vektör hata düzeltme modeli (VECM) ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu ve nüfus yoğunluğundaki yükselişin ormansızlaşmayı arttırdığını belirlemişlerdir.

Bozkurt ve Okumuş (2015) Türkiye için 1960-2011 döneminde Hatemi-J eş-bütünleşme testi ve tam modifiye edilmiş en küçük kareler (FMOLS) yöntemleri ile gerçekleştirdikleri çalışmada ÇKE hipotezinin geçerli olduğu ve nüfus yoğunluğunun CO₂ salımını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Ohlan (2015) Hindistan için 1970-2013 döneminde ARDL sınır testi, VECM, etki-tepki ve varyans ayrıştırma analizleri ile gerçekleştirmiş olduğu çalışmanın sonucunda, ÇKE hipotezinin etki-tepki analizine göre geçerli olduğunu ve nüfus yoğunluğunun CO₂ salımını arttırdığını belirlemiştir.

Nasreen vd. (2017) Güney Asya ülkeleri için 1980-2012 döneminde ARDL sınır testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇKE hipotezinin Bangladeş, Hindistan, Pakistan ve Sri-Lanka'da geçerli olduğunu, Nepal'de ise bu hipotezin geçerli olmadığını belirlemişlerdir. Ayrıca Pakistan hariç geriye kalan dört ülkede nüfus yoğunluğunun CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Rahman (2017) 11 Asya ülkesi için 1960-2014 döneminde Pedroni eş-bütünleşme testi, FMOLS, dinamik en küçük kareler yöntemi (DOLS) ve hata düzeltme modeli (ECM) ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmiştir. Ayrıca nüfus yoğunluğunun CO₂ salımını arttırdığı sonucuna ulaşmıştır.

Zambrano-Monserrate vd. (2018) Singapur için 1971-2011 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu ve nüfus yoğunluğunun kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarını analize dahil ederek ÇKE hipotezini sınavan çalışmalardan;

Sulaiman vd. (2013) Malezya için 1980-2009 döneminde ARDL sınır testi ve VECM yöntemlerini uygulayarak gerçekleştirdikleri çalışmada ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları ile gerçekleştirilen elektrik üretiminin CO₂ salımını azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Artan vd. (2015) Türkiye için 1981-2012 döneminde Johansen-Juselius eş-bütünleşme testi, VECM, etki-tepki ve varyans ayrıştırma analizleri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu ve yenilenebilir enerji üretiminin CO₂ salımını azalttığını tespit etmişlerdir.

Bölük ve Mert (2014) 16 Avrupa Birliği üyesi ülke için 1990-2008 döneminde sabit etkiler modeli ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını ve yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ salımını azalttığını belirlemişlerdir.

Ben Jebli vd. (2015) 24 Sahra Altı Afrika ülkesi için 1980-2010 döneminde Pedroni eş-bütünleşme testi, en küçük kareler (OLS) ve FMOLS yöntemleri ile gerçekleştirmiş oldukları çalışmanın sonucunda ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını belirlemişlerdir. Ayrıca yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ salımı üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Bölük ve Mert (2015) Türkiye için 1961-2010 döneminde ARDL sınır testi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu ve 9,920\$ olarak elde edilen dönüm noktasının analiz dönemindeki en yüksek gelir düzeyinin üzerinde yer aldığını belirlemişlerdir. Ayrıca hidroelektrik haricinde yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan elektrik üretiminin CO₂ salımını azaltmada etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Bilgili vd. (2016) 17 OECD üyesi ülke için 1977-2010 döneminde panel FMOLS ve DOLS yöntemleri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu ve yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ salımını azalttığını belirlemişlerdir.

Mert ve Bölük (2016) 21 Kyoto ülkesi için 1970-2010 döneminde Pedroni eş-bütünleşme testi, panel ortalama grup tahmincisi ve Granger nedensellik testi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını belirlemişlerdir. Buna ek olarak yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ salımını azalttığını tespit etmişlerdir.

Çağlar ve Mert (2017) Türkiye için 1960-2013 döneminde Gregory-Hansen ile Hatemi-J eş-bütünleşme testleri ve DOLS tahmincisi sonucunda ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu ve 11,029\$ olarak elde edilen dönüm noktasının analiz dönemindeki en yüksek gelir düzeyinin üzerinde yer aldığını belirlemişlerdir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik tüketiminin, CO₂ salımını azaltmada uzun dönemde etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Liu ve Bae (2018) Çin için 1970-2015 döneminde ARDL sınır testi, Johansen-Juselius eş-bütünleşme testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir. Ayrıca toplam enerji tüketimindeki yenilenebilir enerjinin payı arttıkça kısa dönemde CO₂ salımının azaldığını, uzun dönemde ise yenilenebilir enerjinin CO₂ salımı üzerinde bir etkisinin bulunmadığını belirlemişlerdir.

Pata (2018b) Türkiye için 1974-2014 döneminde ARDL, sınır testi, Gregory-Hansen ve Hatemi-J eş-bütünleşme testleri, FMOLS ve DOLS ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu ve 13,523\$-14,077\$ arasında elde edilen dönüm noktasının analiz dönemindeki en yüksek gelir düzeyinin üzerinde yer aldığını belirlemiştir. Ayrıca hidroelektrik, alternatif ve yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ salımını azaltmada etkili olmadıklarını tespit etmiştir.

Pata (2018c) Türkiye için 1971-2014 döneminde ARDL, sınır testi yöntemi ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu ve 14360\$ olarak elde edilen dönüm noktasının analiz dönemindeki en yüksek gelir düzeyinden fazla olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca karbonhidrat içermeyen enerji tüketiminin CO₂ salımını azalttığı sonucuna ulaşmıştır.

Sinha ve Shahbaz (2018) Hindistan için 1971-2015 döneminde ARDL, sınır testi yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışma ile ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu ve 2,937\$ olarak elde edilen dönüm noktasının analiz dönemindeki en yüksek gelir düzeyinin üzerinde olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca yenilenebilir enerji üretiminin CO₂ salımını azalttığını belirlemişlerdir.

Türkiye için sadece Akbostancı vd. (2009) ile Bozkurt ve Okumuş (2015)'un gerçekleştirmiş oldukları çalışmada nüfus yoğunluğunun CO₂ salımı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ancak ilk çalışmada kübik, diğer çalışmada ise lineer bir model kullanarak analizler gerçekleştirilmiştir. İlgili ülke için yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ salımı üzerindeki etkilerini sınavan çalışma sayısı oldukça azdır. Bu çalışmada kuadratik model kullanılarak gelir düzeyi, yenilenebilir enerji tüketimi, nüfus yoğunluğu ve finansal gelişmenin CO₂ salımı üzerindeki etkileri ÇKE hipotezi çerçevesinde incelenen literatür itibarıyla ilk kez analiz edilmiştir. Bu nedenle çalışmanın literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

3. Veri Seti, Model ve Yöntem

3.1. Veri Seti ve Model

Türkiye için ÇKE hipotezinin geçerliliğinin test edildiği bu çalışmada kullanılan değişkenlerden; CO₂ kişi başına düşen karbon salımını (mtep), Y kişi başına düşen gayrisafi yurtiçi hasılayı (2010 \$ sabit fiyatlarla), Y² kişi başına düşen gayrisafi yurtiçi hasılanın karesini, REC kişi başına düşen alternatif enerji tüketimini (hidro, geotermal, güneş ve benzeri enerji kaynakları; ktep), FD finansal gelişmeyi (özel sektöre verilen yerel kredilerin GSYİH içindeki payı) ve PD nüfus yoğunluğunu (km kareye düşen insan sayısı) göstermektedir. Analize dahil edilen değişkenler Dünya Bankası (2018) ve IEA (2016)'dan elde edilmiştir. CO₂ serisi 2014 yılına kadar mevcut olduğundan ötürü 1981-2014 dönem aralığındaki ilişkiler incelenmiştir. Çalışmada kullanılan kuadratik model, denklem 1'de gösterilmektedir:

$$\ln CO_{2t} = \Phi_0 + \Phi_1 \ln Y_t + \Phi_2 \ln Y_t^2 + \Phi_3 \ln REC_t + \Phi_4 \ln FD_t + \Phi_5 \ln PD_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Denklemlerde Φ_0 sabit terimi, Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 , Φ_4 ve Φ_5 sırasıyla Y , Y^2 , REC , FD ve PD 'nin katsayılarını; ε_t hata terimini göstermektedir. Denklem 1'de ÇKE hipotezi varsayımı gereği Φ_1 katsayısının pozitif, Φ_2 katsayısının ise negatif olması beklenmektedir. ÇKE hipotezi geçerli olduğunda Y değişkeni, diğer şeyler sabitken ekonomik faaliyetler arttıkça çevre kirliliğinin de artacağını göstermektedir. Y^2 değişkeni ise ekonomide yer alan yapısal dönüşümü ve çevresel farkındalıktaki artışı içermektedir (Suri ve Chapman, 1998:199). Φ_1 katsayısının pozitif olması GSYİH artarken karbon salımının da artacağını; Φ_2 katsayısının negatif olması ise belirli bir dönüm noktasının olduğunu ve bu noktadan sonra GSYİH artarken karbon salımının azalacağını göstermektedir. Dönüm noktası değeri $-\Phi_1/2\Phi_2$ formülüyle elde edilmektedir. Ayrıca, karbon salımını azaltacağı beklentisi ile alternatif enerji tüketimi katsayısı olan Φ_3 'ün negatif olması öngörülmektedir. Finansal gelişme katsayısı olan Φ_4 'ün ve nüfus yoğunluğu katsayısı olan Φ_5 'in ise ülkenin gelişmişlik durumuna göre pozitif veya negatif olması beklenmektedir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Birim Kök Testleri

Seriler arasında eş-bütünleşme ilişkisini incelemek ve sahte regresyon problemini ortadan kaldırmak için serilerin durağanlığının tespit edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada Dickey ve Fuller (1981) tarafından geliştirilen augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips ve Perron (1998) tarafından ortaya koyulan Phillips-Perron (PP) geleneksel birim kök testleri kullanılmıştır.

3.2.2. ARDL Sınır Testi Yaklaşımı

Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen ARDL sınır testi yaklaşımının diğer eş-bütünleşme yöntemlerine göre birtakım avantajları bulunmaktadır. Bu modeli uygulamak için serilerin aynı düzeyde durağan olmaları şart değildir. Birim kök testi yalnızca serilerin ikinci farkında $I(2)$ durağan olmadığının tespiti için gerçekleştirilmektedir. Diğer eş-bütünleşme testlerinde gözlem sayısının yeterince fazla olması gerekirken, ARDL yöntemi ile gözlem sayısı az olsa bile sağlıklı sonuçlara ulaşılabilmektedir. Son olarak diğer eş-bütünleşme testlerinde ortaya çıkan içsellik sorunu bu yöntemle ortadan kalkmaktadır. İlk aşamada eş-bütünleşme ilişkisinin varlığını test etmek için gerçekleştirilen kısıtsız hata düzeltme modeli (UECM) denklem 2'de gösterilmektedir.

$$\begin{aligned} \Delta CO_{2t} = & \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_{1k} \Delta CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^l \beta_{2k} \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{3k} \Delta Y_{t-i}^2 + \sum_{i=0}^n \beta_{4k} \Delta REC_{t-i} + \\ & \sum_{i=0}^p \beta_{5k} \Delta FD_{t-i} + \sum_{i=0}^r \beta_{6k} \Delta PD_{t-i} + \delta_1 CO_{2t-1} + \delta_2 Y_{t-1} + \delta_3 Y_{t-1}^2 + \delta_4 REC_{t-1} + \delta_5 FD_{t-1} + \delta_6 PD_{t-1} + u_t \end{aligned} \quad (2)$$

Denklem 2'de β_0 sabit terimi; $\beta_{1,2,3,4,5,6}$ hata düzeltme dinamiklerini; $\delta_{1,2,3,4,5,6}$ uzun dönem katsayılarını; k, l, m, n, p, r Schwarz bilgi kriteri (SIC) ile belirlenen uygun gecikme uzunluklarını ve u_t hata terimini göstermektedir. Sınır testi sonucunda F veya Wald testi istatistikleri için, H_0 hipotezine göre eş-bütünleşme ilişkisi bulunmazken ($\beta_0 = \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = \delta_5 = \delta_6 = 0$); alternatif hipoteze göre seriler arasında eş-bütünleşme ilişkisi bulunmaktadır ($\beta_0 \neq \delta_1 \neq \delta_2 \neq \delta_3 \neq \delta_4 \neq \delta_5 \neq \delta_6 \neq 0$). Sınır testi sonuçlarını test etmek için Pesaran vd (2001) tarafından oluşturulan tablo kritik değerlerinden ziyade, Narayan (2005)'in gözlem sayısı az olan seriler için geliştirmiş olduğu tablo kritik değerleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada 34 gözlem yer aldığı için F istatistiğinin anlamlı olup olmadığının tespitinde Narayan (2005)'in tablo kritik değerleri esas alınmıştır. Sınır testi sonucunda elde edilen F-istatistik değeri $I(0)$ alt sınırdan küçükse seriler arasında eş-bütünleşmenin olmadığına, $I(1)$ üst sınırından büyükse eş-bütünleşme ilişkisi olduğuna karar verilmektedir. Son olarak; hesaplanan F-istatistik değeri $I(0)$ ile $I(1)$ arasında bulunursa eş-bütünleşme ilişkisi

konusunda bir belirsizlik söz konusu olup, diğer eş-bütünleşme testlerinin uygulanması gerekmektedir.

Uzun dönem katsayıları belirlendikten sonra son aşamada hata düzeltme modeli (ECM) uygulanmaktadır. ARDL yaklaşımına dayalı bu model denklem 3'te gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre hata düzeltme teriminin istatistiksel olarak anlamlı olması ve 0 ile -1 arasında bir değer alması beklenmektedir.

$$\Delta CO_{2t} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_1 \Delta CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^l \alpha_2 \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^m \alpha_3 (\Delta Y_{t-i})^2 + \sum_{i=0}^n \alpha_4 \Delta REC_{t-i} + \sum_{i=0}^p \alpha_5 \Delta FDI_{t-i} + \sum_{i=0}^r \alpha_6 \Delta PD_{t-i} + \phi ECT_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Denklem 3'te α_0 sabit terimi, Δ fark operatörünü, $\alpha_{1,2,3,4,5,6}$ kısa dönem katsayılarını, ϕ kısa dönemdeki sapmaların uzun dönemde ne kadar sürede ortadan kalkacağını gösteren hata düzeltme teriminin katsayısını, ε_t beyaz gürültülü hata terimini, k, l, m, n, p ve r optimal gecikme uzunluklarını ifade etmektedir.

4. Ampirik Bulgular

4.1. Birim Kök Testlerinin Sonuçları

ADF birim kök testi için optimal gecikme uzunluğunun belirlenmesinde SIC bilgi kriteri, PP birim kök testi için uygun bant genişliğinin belirlenmesinde Newey-West bandwidth kullanılmıştır. Tablo 1'de gösterilen birim kök testleri sonuçlarına göre PD değişkeni dışında tüm serilerin düzey değerlerinde birim kök içerdikleri, birinci farklarında durağan oldukları; PD değişkeninin ise düzey değerinde durağan olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1: Birim Kök Test Sonuçları

Testler	ADF		PP	
	C	C+T	C	C+T
CO ₂	1,615 (0)	3,254 (0)	-2,227 [6]	-3,190 [2]
Y	-0,614 (0)	-3,197 (0)	-0,505 [5]	-3,258 [2]
Y ²	-0,523 (0)	-3,165 (0)	-0,363 [5]	-3,237 [2]
REC	-1,408 (0)	-2,743 (2)	-1,126 [6]	-3,050 [1]
FD	1,059 (0)	-0,336 (0)	0,835 [1]	-0,379 [2]
PD	-0,146 (0)	-4,032** (4)	-5,116** [4]	-4,707*** [3]
ΔCO_2	-6,669*** (0)	-6,782*** (0)	-6,768*** [2]	-7,064*** [4]
ΔY	-6,383*** (0)	-6,284*** (0)	-7,672*** [6]	-7,529*** [6]
ΔY^2	-6,345*** (0)	-6,239*** (0)	-7,656*** [6]	-7,475*** [6]
ΔREC	-6,910*** (0)	-6,793*** (0)	-8,334*** [9]	-8,186*** [9]
ΔFDI	-4,253*** (0)	-4,777*** (0)	-4,276*** [1]	-4,720*** [6]
ΔPD	-	-	-	-

Not: ADF birim kök testi için () optimal gecikme uzunluğunu, PP birim kök testi için [] uygun bant genişliğini göstermektedir. ***: %1'de ve **: %5'te anlamlı

4.2. ARDL Sınır Testi Yaklaşımının Sonuçları

Seriler arasında uzun dönem eş-bütünleşme ilişkisinin tespitinde sınır testi kullanılmıştır. Sınır testinden elde edilen sonuçlar Tablo 2'de gösterilmektedir. F-istatistiği değeri Durum II'de Narayan (2005) tablo kritik değerinin üst sınırından yüksek çıkmıştır. Bu nedenle eş-bütünleşme yoktur şeklinde kurulan sıfır hipotezi reddedilerek, seriler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 2: Sınır Testi Sonuçları

Model: CO ₂ = f(Y, Y ² , REC, FD, PD)			
F-istatistik Değeri	Düşük I(0)	Yüksek I(1)	Narayan (2005) Tablo Kritik Değeri
Durum II	3,900	5,419	1%
4,627**	2,804	4,013	5%

Not: **: %5'te anlamlı. Durum II: kısıtlı sabitli ve trendsiz

Sınır testi sonuçlarına göre eş-bütünleşme ilişkisi tespit edildikten sonra ARDL modeli kurulmuş, uzun ve kısa dönem katsayıları tahmin edilmiştir. Tablo 3'te uzun ve kısa dönem katsayılarına ve diagnostik test sonuçlarına yer verilmiştir. Tablodaki sonuçlara göre, uzun dönemde finansal gelişmede ve nüfus yoğunluğunda gerçekleşen %1'lik bir artış CO₂ salımını sırasıyla %0,07 ve %0,52 arttırmaktadır. Alternatif enerji tüketiminde gerçekleşen %1'lik bir artış ise karbon salımını %0,12 azaltmaktadır. Bunun yanında, GSYİH katsayısının pozitif, GSYH'nin karesinin katsayısının da negatif olarak tespit edilmesi ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Ayrıca; 12,422\$ olarak hesaplanan dönüm noktası değeri, ilgili dönem aralığı dışında yer almaktadır. Bu da Türkiye'nin hala CO₂ salımını azaltacak kişi başına düşen gelir seviyesine ulaşmadığının bir göstergesidir. Bahsi geçen ülkede gelir düzeyi arttıkça çevre kirliliği de artmaya devam etmektedir.

Tablo 3: ARDL (1, 0, 0, 0, 0, 0) Modelinden Elde Edilen Kısa ve Uzun Dönem Katsayıları

Uzun Dönem Katsayıları	Katsayı	t-istatistiği
Y	16,033***	5,382
Y ²	-0,850***	-5,081
REC	-0,120***	-3,784
FD	0,069**	2,359
PD	0,516**	2,425
C	-84,242***	-5,533
Kısa Dönem Katsayıları	Katsayı	t-istatistiği
ΔY	16,617***	3,651
ΔY ²	-0,887***	-3,498
ΔREC	-0,134***	-4,584
ΔFD	0,074*	2,004
ΔPD	0,586*	1,875
C	-76,266***	-5,747
ECT (-1)	-1,099***	-5,606
Diagnostik Test Sonuçları	Test İstatistikleri	p-değeri
LM	0,194	0,663
Ramsey Reset	1,259	0,220
Jarque-Bera	2,090	0,352
ARCH	0,531	0,472
White	0,333	0,913
CUSUM	0,663	0,305
CUSUMSQ	0,177	0,509

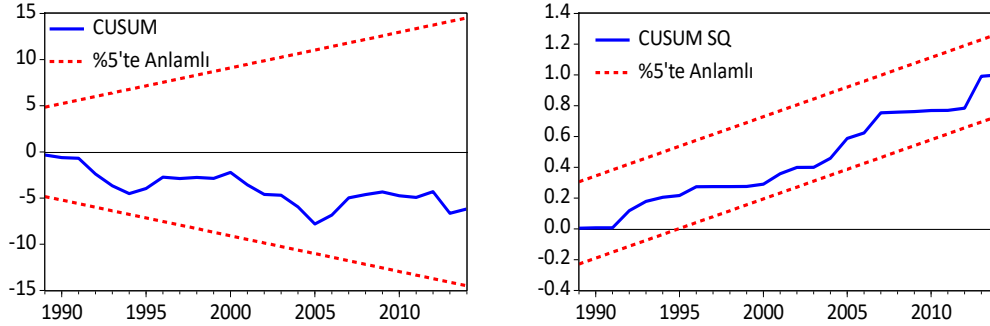
Not: *** %1'de, ** %5'te ve * %10'da anlamlı.

Kısa dönemde ise, finansal gelişmede ve nüfus yoğunluğunda gerçekleşen %1'lik bir artış karbon salımını sırasıyla %0,07 ve %0,59 arttırmaktadır. Alternatif enerji tüketiminde gerçekleşen %1'lik bir artış ise karbon salımını %0,13 azaltmaktadır. Kısa döneme kıyasla uzun dönemde alternatif enerji tüketiminin karbon salımını daha az azaltması bu kaynakların yeteri kadar etkin ve verimli kullanılmadığını göstermektedir.

Diagnostik testlerin sonuçlarına göre LM testiyle otokorelasyon, Ramsey Reset testiyle spesifikasyon, Jarque-Bera testiyle normal dağılmama, ARCH ve White testleriyle de değişen varyans problemlerinin olmadığı tespit edilmiştir. Modelden elde edilen katsayıların istikrarlı olup

olmadığının tespiti için Brown vd. (1975) tarafından geliştirilen CUSUM ve CUSUMSQ testleri uygulanmış ve elde edilen sonuçlara göre katsayıların istikrarlı olduğu belirlenmiştir. Grafik 2’de de CUSUM ve CUSUMSQ eğrilerinin güven aralıklarının içinde olması bu bulguyu doğrulamaktadır.

Grafik 2: CUSUM ve CUSUMSQ



5. Sonuç

Türkiye ekonomisi için 1981-2014 döneminde ÇKE hipotezinin geçerli olup olmadığının tespiti için gerçekleştirilen bu çalışmada nüfus yoğunluğu, kişi başına düşen karbonhidrat içermeyen enerji tüketimi, finansal gelişme, kişi başına düşen GSYİH ve kişi başına düşen CO₂ salımı arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkiler ARDL, sınır testi yöntemi ile incelenmiştir.

Diğer çalışmalardan farklı olarak kuadratik model kullanılarak gerçekleştirilen ampirik analiz sonucunda; gelir düzeyi, finansal gelişme ve nüfus yoğunluğunun CO₂ salımını arttırdığı, yenilenebilir enerji tüketimi göstergesi olarak kullanılan karbonhidrat içermeyen enerji tüketiminin ise bu salımın azaltılmasına yardımcı olabileceği belirlenmiştir. ARDL modelinden elde edilen uzun dönem katsayıları ile Türkiye için ÇKE hipotezinin geçerli olduğu tespit edilmiştir. Ancak 12,421\$ olarak elde edilen dönüm noktası, bahsi geçen ülkede analiz edilen dönemde 11,245\$ olarak gerçekleşen en yüksek kişi başına düşen GSYİH değerinden daha fazladır. Bu durum Bölük ve Mert (2015), Çağlar ve Mert (2017), Pata (2018a), Pata (2018b) ve Pata (2018c)'nin de gerçekleştirmiş oldukları analizlerin sonuçlarında ifade ettikleri gibi Türkiye'nin çevre kirliliğini azaltmak için yeterli gelir düzeyine sahip olmadığını göstermektedir. Gelişmekte olan ülke konumunda bulunan Türkiye'de, ilerleyen yıllarda artan kişi başına düşen GSYİH düzeyinin CO₂ salımını azaltmaya başlayabileceği söylenebilir.

Türkiye'de gelir düzeyi haricinde enerji tüketimi ve nüfus yoğunluğu ile ilgili gerekli düzenlemeler gerçekleştirilerek de CO₂ salımındaki artışın önlenmesi gerekmektedir. Kısa dönemde fosil yakıt tüketiminden alternatif enerji kaynakları tüketimine geçiş maliyetli olabilir ve bu durum ekonomik büyümenin önünde engel teşkil edebilir. Bu nedenle, alternatif enerji kaynaklarının üretimi ile tüketimini verimli bir şekilde arttırmak ve sürdürülebilir ekonominin devamını sağlamak için uzun dönemli yapısal reformların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bunun yanında, enerjiyle ilgili daha fazla araştırma faaliyetlerini desteklemek, CO₂ salımının azalmasına katkıda bulunan alternatif enerji kaynaklarının üretimini teşvik etmek ve bu kaynakların toplam enerji içerisindeki tüketim payını arttırmak için gerekli adımlar atılmalıdır.

Hem dünyada hem de Türkiye'de insan sayısında sürekli olarak artış yaşanmaktadır. Nüfus artışı, birçok olumsuz faktörü beraberinde getirmektedir. Bu olumsuz faktörlerden bir tanesi de çevre kirliliğidir. Nüfus yoğunluğu CO₂ salımını hem kısa hem de uzun dönemde arttırmaktadır. Hızlı nüfus artışı ile birlikte doğal kaynaklar hızlı bir şekilde tüketilmekte; bu durum da çevre kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Türkiye'de nüfus artış hızının nedenleri tespit edilerek bu sorunun çözümü için gerekli adımların atılması ve bu artış hızının kontrol altına alınması gerekmektedir. Ayrıca; artan nüfusun sürekli kentlere göç ederek oluşturduğu kalabalık ve çarpık kentleşme olgusunun politika yapıcılarının alacakları tedbirler ile önlenmesi büyük bir önem taşımaktadır. Türkiye'de kentlerde nüfus yoğunluğunu azaltmak için kırsal kesimlerde tarımsal faaliyetlere destek

vermenin yanında, sosyokültürel faaliyetlerin gelişimine de katkıda bulunulmalıdır. Bu sayede kırsal kesimlerde yaşayan insanların da yaşam standardı yükselecek, köyden kente göç oranında azalış yaşanacaktır. Sonuç olarak; iyi planlanmış ve dengeli bir şekilde nüfus yoğunluğu azaltılmış köyler ve şehirler CO₂ salımının azalmasına katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- Ahmed, K., Shahbaz, M., Qasim, A. ve Long, W. (2015). The Linkages between Deforestation, Energy and Growth for Environmental Degradation in Pakistan. *Ecological Indicators*, 49, 95-103.
- Ahmed, K. ve Long, W. (2012). Environmental Kuznets Curve and Pakistan: An Empirical Analysis. *Procedia Economics and Finance*, 1, 4-13.
- Akbostancı, E., Türüt-Aşık, S. ve Tunç, G. İ. (2009). The Relationship between Income and Environment in Turkey: Is There an Environmental Kuznets Curve?. *Energy Policy*, 37(3), 861-867.
- Arı, A. ve Zeren, F. (2011). CO₂ Emisyonu ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Analizi. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(2), 37-47.
- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S., Jansson, B. O., Levin, S., Maler, K. G., Perrings, C. ve Pimentel, D. (1995). Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environment. *Ecological Economics*, 15(2), 91-95.
- Artan, S., Hayaloğlu, P. ve Seyhan, B. (2015). Türkiye’de Çevre Kirliliği, Dışa Açıklık ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 13(1), 308-325.
- 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.
- Bilgili, F., Koçak, E. ve Bulut, Ü. (2016). The Dynamic Impact of Renewable Energy Consumption on CO₂ Emissions: A Revisited Environmental Kuznets Curve Approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 838-845.
- Bozkurt, C. ve Okumuş, İ. (2015). Türkiye’de Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi, Ticari Serbestleşme ve Nüfus Yoğunluğunun CO₂ Emisyonu Üzerindeki Etkileri: Yapısal Kirilmali Eşbütünleşme Analizi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(32), 23-35.
- Bölük, G. ve Mert, M. (2014). Fossil & Renewable Energy Consumption, GHGs (Greenhouse Gases) and Economic Growth: Evidence from A Panel of EU (European Union) Countries. *Energy*, 74, 439-446.
- Bölük, G. ve Mert, M. (2015). The Renewable Energy, Growth and Environmental Kuznets Curve in Turkey: An ARDL Approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 587-595.
- Brown, R. L., Durbin, J. ve Evans, J. M. (1975). Techniques for Testing the Constancy of Regression Relationships over Time. *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, 37(2), 149-192.
- Çağlar, A. E. ve Mert, M. (2017). Türkiye’de Çevresel Kuznets Hipotezi ve Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Karbon Salımı Üzerine Etkisi: Yapısal Kirilmali Eşbütünleşme Yaklaşımı. *Yönetim ve Ekonomi*, 24(1), 21-38.
- Dickey, D. A. ve Fuller, W. A. (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with A Unit Root. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 49(4), 1057-1072.
- Dogan, I. ve Topalli, N. (2016). Milli Gelir, Karbon Emisyonu ve Enerji Tüketimi: Türkiye için Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Nedensellik Analizi. *Business and Economics Research Journal*, 7(1), 107-121.

- Durusu-Ciftci, D., Ispir, M. S. ve Yetkiner, H. (2017). Financial Development and Economic Growth: Some Theory and more Evidence. *Journal of Policy Modeling*, 39(2), 290-306.
- Dünya Bankası (2018). Dünya Bankası Kalkınma Göstergeleri, Washington, DC.
- Gökmenoğlu, K. ve Taspınar, N. (2016). The Relationship between CO₂ Emissions, Energy Consumption, Economic Growth and FDI: The Case of Turkey. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 25(5), 706-723.
- Grossman, G. M. ve Krueger, A. B. (1991). *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement* (No. w3914). National Bureau of Economic Research.
- Halicioğlu, F. (2009). An Econometric Study of CO₂ Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey. *Energy Policy*, 37(3), 1156-1164.
- IEA (2016) https://www.iea.org/media/statistics/IEA_Headline_EnergyData_2016.xlsx Erişim Tarihi: 22.05.2018.
- Katircioğlu, S. ve Katircioğlu, S. (2018). Testing the Role of Urban Development in the Conventional Environmental Kuznets Curve: Evidence from Turkey. *Applied Economics Letters*, 25(11), 741-746.
- Kaygusuz, K., Yüksek, Ö. ve Sari, A. (2007). Renewable Energy Sources in the European Union: Markets and Capacity. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 2(1), 19-29.
- Kocak, E. (2014). Türkiye’de Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Geçerliliği: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 2(3), 62-73.
- Lee, C. C., Chiu, Y. B. ve Sun, C. H. (2010). The Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Water Pollution: Do Regions Matter? *Energy Policy*, 38(1), 12-23.
- Liu, X. ve Bae, J. (2018). Urbanization and Industrialization Impact of CO₂ Emissions in China. *Journal of Cleaner Production*, 172, 178-186.
- Mert, M. ve Bölük, G. (2016). Do Foreign Direct Investment and Renewable Energy Consumption Affect the CO₂ Emissions? New Evidence from A Panel ARDL Approach to Kyoto Annex Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(21), 21669-21681.
- Narayan, P. K. (2005). The Saving and Investment nexus for China: Evidence from Cointegration Tests. *Applied Economics*, 37(17), 1979-1990.
- Nasreen, S., Anwar, S. ve Ozturk, I. (2017). Financial Stability, Energy Consumption and Environmental Quality: Evidence from South Asian Economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 1105-1122.
- Ohlan, R. (2015). The Impact of Population Density, Energy Consumption, Economic Growth and Trade Openness on CO₂ Emissions in India. *Natural Hazards*, 79(2), 1409-1428.
- Onafowora, O. A. ve Owoye, O. (2014). Bounds Testing Approach to Analysis of the Environment Kuznets Curve Hypothesis. *Energy Economics*, 44, 47-62.
- Ozatac, N., Gokmenoglu, K. K. ve Taspınar, N. (2017). Testing the EKC Hypothesis by Considering Trade Openness, Urbanization, and Financial Development: The Case of Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(20), 16690-16701.
- Ozcan, B. (2013). The Nexus between Carbon Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Middle East Countries: A Panel Data Analysis. *Energy Policy*, 62, 1138-1147.
- Özcan, B. (2015). ÇKE Hipotezi Yükselen Piyasa Ekonomileri için Geçerli Mi? Panel Veri Analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 16(1), 1-14.

- Panayotou T. (1993). *Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development*. Geneva, Switzerland: International Labour Office, Working Paper; WP238.
- 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 CO₂ 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 CO₂ Emissions: Revisiting the Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Turkey, *Energy*, 160, 1115-1123.
- 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.
- Phillips, P. C. ve Perron, P. (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Rahman, M. M. (2017). Do Population Density, Economic Growth, Energy Use and Exports Adversely Affect Environmental Quality in Asian Populous Countries?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 506-514.
- Richmond, A. K. ve Kaufmann, R. K. (2006). Is There a Turning Point in the Relationship between Income and Energy Use and/or Carbon Emissions?. *Ecological Economics*, 56(2), 176-189.
- Sadorsky, P. (2011). Financial Development and Energy Consumption in Central and Eastern European Frontier Economies. *Energy Policy*, 39, 999-1006.
- Selden, T. M. ve Song, D. (1994). Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?. *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), 147-162.
- Shahbaz, M., Sbia, R., Hamdi, H. ve Ozturk, I. (2014). Economic Growth, Electricity Consumption, Urbanization and Environmental Degradation Relationship in United Arab Emirates. *Ecological Indicators*, 45, 622-631.
- Sinha, A. ve Shahbaz, M. (2018). Estimation of Environmental Kuznets Curve for CO₂ Emission: Role of Renewable Energy Generation in India. *Renewable Energy*, 119, 703-711.
- Sulaiman, J., Azman, A. ve Saboori, B. (2013). The Potential of Renewable Energy: Using the Environmental Kuznets Curve Model. *American Journal of Environmental Sciences*, 9(2), 103-112.
- Suri, V. ve Chapman, D. (1998). Economic Growth, Trade and Energy: Implications for the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25(2), 195-208.
- Tan, F., Lean, H. H. ve Khan, H. (2014). Growth and Environmental Quality in Singapore: Is There any Trade-Off?. *Ecological indicators*, 47, 149-155.
- 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., Carvajal-Lara, C. ve Urgiles-Sanchez, R. (2018). Is There an Inverted U-Shaped Curve? Empirical Analysis of the Environmental Kuznets Curve in Singapore. *Asia-Pacific Journal of Accounting & Economics*, (1-2), 145-168.

THE EFFECT OF RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION, POPULATION DENSITY AND FINANCIAL DEVELOPMENT ON CO₂ EMISSIONS: THE CASE OF TURKEY

Extended Abstract

Aim: Global warming and climate change are the most important barriers to sustainable growth for many global economies. Greenhouse gases have a great impact on global warming and climate change. Carbon emissions (CO₂) have the highest share in greenhouse gases. Therefore, it is very important to defining the factors that affect CO₂ emissions. The factors affecting carbon emissions and the relationships between these variables are usually empirically tested by the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis. According to this hypothesis, environmental pollution increases as the economic growth increases. After reaching a certain point, as economic growth increases, environmental pollution decreases. This inverted U-shaped relationship between economic growth and CO₂ emissions that turns from positive to negative is called the EKC hypothesis.

The aim of this study is to examine the dynamic long run relationship between per capita income, per capita non-carbohydrate energy consumption, financial development, population density and per capita CO₂ emissions within the framework of the EKC hypothesis for Turkey covering the period from 1982 to 2014.

Methods: The ARDL bounds testing approach were used to determine the long run coefficients and the turning point. Equation 1 shows the log-linear quadratic model:

$$\ln CO_{2t} = \Phi_0 + \Phi_1 \ln Y_t + \Phi_2 \ln Y_t^2 + \Phi_3 \ln REC_t + \Phi_4 \ln FD_t + \Phi_5 \ln PD_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Y denotes per capita gross domestic production (GDP), Y² denotes square of per capita GDP (with constant 2010 USD); REC denotes per capita non-carbohydrate energy consumption (hydropower, geothermal, and solar power among others, ktoe); FD denotes financial development (domestic credit to private sector percentage of GDP) and PD denotes population density (people per sq. km of land area). In the equation, If the Φ_1 coefficient is positive and the Φ_2 coefficient is negative, the EKC hypothesis is valid. Besides; it is expected that the Φ_3 coefficient is negative, and the Φ_4 and Φ_5 coefficients are expected to be positive or negative according to the economic development status of the country. The turning point after which CO₂ emissions reduce is $Y^* = -\Phi_1 / 2\Phi_2$, and exp (Y*) yields the monetary value representing this point.

Findings: As a result of the ADF and PP unit root tests, it was determined that the variables are stationary at different levels and that the maximum degree of integration is I (1). According to bounds test results, there was a co-integration relationship between the variables.

Table 1: ARDL Long Run Coefficients

Variables	Coefficient	t-statistic
Y	16.033***	5.382
Y ²	-0.850***	-5.081
REC	-0.120***	-3.784
FD	0.069**	2.359
PD	0.516**	2.425
C	-84.242***	-5.533
Diagnostic Tests	Test-statistic	p-value
LM	0.194	0.663
Ramsey Reset	1.259	0.220
Jarque-Bera (JB)	2.090	0.352
ARCH	0.531	0.472
White	0.333	0.913
CUSUM	0.663	0.305
CUSUM-SQ	0.177	0.509

Note: *** significant at 1% and **significant at 5% level.

After the cointegration relation were determined between the variables, long run coefficients calculated. As shown in Table 1, the coefficient of Y : 16,033, Y^2 :-0,850, and both are statistically significant. In the long run, a 1% increase in financial development and population density increased CO₂ emissions by 0,069% and 0,516%, respectively. However, non-carbohydrate energy consumption reduced CO₂ emissions by -0,120%. In the estimated ARDL model, there are no model misspecification, autocorrelation and heteroscedasticity problems. The JB test shows that error terms are normally distributed. CUSUM and CUSUMSQ results indicate that all estimated coefficients are stable overtime.

Conclusion: The results show that income, population density and financial development have a positive effect on CO₂ emissions, while non-carbohydrate energy consumption reduce environmental pollution both in the short and long run. The empirical result supports the validity of the EKC hypothesis. The turning point was found to be 12.421\$ which outside the sample period. Therefore, Turkey still provides economic growth with environmental pollution. These findings indicate that the country's CO₂ emissions will begin to decline when the country reached the per capita income level at the turning points in the following years.

