



Research/Araştırma Makalesi

Çevresel Teknolojik İnovasyonun Küresel Isınma Üzerindeki Etkisine İlişkin Bir İnceleme: Türkiye'den Kanıtlar

An Investigation about the Impact of Innovations in Environmental Technologies on Global Warming: Evidences from Turkey

Elif KOÇAK¹

Öz

Bu çalışmanın amacı, çevresel teknolojik inovasyonun CO₂ emisyonu salınımı üzerindeki etkisini incelemektir. Bunun için gelişmekte olan ve yeni sanayileşen ülke (NIC) kategorisi içerisinde yer alan Türkiye için, 1990-2018 gözlem aralığı baz alınarak ampirik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Ampirik modele CO₂ emisyonu, finansal gelişme endeksi, kişi başına düşen GSYİH ve toplam çevresel teknoloji dahil edilmiştir. Öncelikle modelin birim kök içerip içermediği ADF ve PP birim kök testleri ile kontrol edilmiştir. Buna göre tüm değişkenlerin düzey değerlerinde birim kök içerdiği ancak birinci fark değerlerinde durağan oldukları tespit edilmiştir. Ardından yapısal kırılmaların göz ardı edilmemesi adına ZA yapısal kırılmalı birim kök testi uygulanmıştır. Bulgular doğrultusunda yapısal kırılmalar altında tüm değişkenlerin düzey değerlerinde birim kök içerdiği ancak birinci fark değerlerinde durağan hale geldikleri saptanmıştır. Değişkenler arasındaki ilişki ise ARDL sınır testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testi ile araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre çevresel teknolojik inovasyonların CO₂ emisyonunu azaltarak küresel ısınma üzerinde önleyici bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çevresel teknolojik inovasyondan CO₂ emisyonuna herhangi nedensellik saptanmamıştır.

Jel Kodları: B23, C1, C22

Anahtar Kelimeler: Çevresel Teknoloji, EKC Hipotezi, İklim Değişikliği, Küresel Isınma

¹ Dr, Gaziantep Üniversitesi, esevimlioglu@outlook.com, ORCID:0000-0003-2662-6565



Koçak, E. (2024). Çevresel Teknolojik İnovasyonun Küresel Isınma Üzerindeki Etkisine İlişkin Bir İnceleme: Türkiye'den Kanıtlar. *Fiscaeconomia*, 8(2), 478-494. Doi: 10.25295/fsecon.1405227

Abstract

The aim of this study is to examine the impact of innovations in environmental technologies on CO₂ emissions. Based on the 1990-2018 observation period, an empirical study was conducted for Turkey, which is classified as a developing and newly industrializing country (NIC). CO₂ emissions, financial development index, GDP, and total environmental technology are included in the empirical model. First, the ADF and PP unit root tests were used to determine whether the model contained unit roots. As a result, it was determined that all variables had unit roots at the level values but were stationary at the first difference values. The ZA unit root test with structural breaks was used to avoid ignoring structural breaks. In line with the findings, it was discovered that under structural breaks, all variables had unit roots at their level values but became stationary at the first difference values. The ARDL bounds test and the Toda-Yamamoto causality test were used to investigate the relationship between the variables. According to the study's findings, innovations in environmental technologies have a preventive effect on global warming by lowering CO₂ emissions. Additionally, no causality could be determined from innovations in environmental technologies to CO₂ emissions.

Jel Codes: B23, C1, C22

Keywords: Climate Change, Environmental Technology, Global Warming, EKC Hypothesis



Koçak, E. (2024). Çevresel Teknolojik İnovasyonun Küresel Isınma Üzerindeki Etkisine İlişkin Bir İnceleme: Türkiye'den Kanıtlar. *Fiscoeconomia*, 8(2), 478-494. Doi: 10.25295/fsecon.1405227

1. Giriş

Günümüz dünyasının en önde gelen çevresel sorunlarından bir tanesi küresel iklim değişikliğini karakterize eden küresel ısınmadır. Söz konusu sorunların ana nedeninin ise sera gazları olduğu bilinmektedir. Sera gazları atmosferde tutularak dünyanın ısısının artmasına neden olmaktadır (Ramanathan ve Feng, 2019). İklim değişikliğine ilişkin küresel ısınmanın odak noktasını ise sera gazlarının yaklaşık %81'ini oluşturan CO₂ emisyonu oluşturmaktadır. CO₂ emisyon salınımı işgücü, sermaye kaynakları ve diğer üretim girdilerinin katkısıyla kullanılan enerji kaynaklarına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (Owusu ve Asumadu, 2016). Söz konusu bu emisyon atmosferde ısıyı hapsederek sıcaklığı artırmasından ötürü ekosistemin ve insan gelişiminin karşı karşıya kaldığı en tehdit edici sorunlar arasında yer almaktadır. CO₂ emisyonunun 2018 yılı itibariyle son 130 yılda %45 oranında arttığı bildirilmiştir. Dolayısıyla çevre kirliliğinin ciddi anlamda arttığını söylemek mümkündür (Bekun vd., 2019).

Tarihsel olarak bakıldığında özellikle sanayi devrimi öncesine tekabül eden ilk çevre sorunlarının çukurlara gelişi güzel atık boşaltma ve kanalizasyon kirlilikleri gibi bölgesel nitelikte olduğu görülmektedir. Söz konusu bu tür çevre sorunlarının giderilmesi için kullanılan bazı teknolojik çözümler arasında ise klasik çevre teknolojileri, temizlik teknolojileri, boru sonu teknolojileri ve bazı sürdürülebilir teknolojiler yer almaktaydı (Mulder, 2007). Ancak sanayileşme sonrası çevre kirliliği bölgesel nitelikte kalmayıp küresel bir nitelik kazanmıştır. Bu nedenle asıl kirlilik kitlesel üretimlerin artmasıyla ortaya çıkmıştır. Kitlesel üretimlerin artması ise teknolojik ilerlemeler ile sağlanabilmiştir (Wang ve Luo, 2020).

Teknolojik ilerlemeler sayesinde dünyadan daha fazla doğal kaynak çıkarılabilmekte ve söz konusu bu kaynaklar kullanılabilir hale getirilebilmektedir. Yaşam kalitesini artıran teknolojik gelişmeler sayesinde kullanılabilen enerji kaynaklarının gerek evlerde gerekse hava, deniz ve uçak taşıtlarında yakıt olarak kullanılabilmesi büyük miktarlarda enerji tüketimine yol açmaktadır. Ancak şüphesiz en büyük kirlilik fabrika kaynaklı olarak ortaya çıkmaktadır. Bilindiği üzere günümüzde kitlesel üretimler için enerji yoğun teknolojilerin kullanılması gerekmektedir (DuBose vd., 1995). Dolayısıyla meydana gelen tüm bu kaynak kullanımı ve kirlilikler sanayi devrimi itibariyle kendini göstermeye başlamıştır. Meydana gelen tüm bu çevresel bozulmalar ekonomik büyüme faaliyetlerinden ötürü doğduğu için de araştırmacılar tarafından ekonomik büyüme ve çevre kirliliği ilişkisi birbiriyle bağdaştırılmaya başlanmıştır.

Büyüme ve çevre ilişkisinin temelleri Kuznets (1955)'in öne sürdüğü ekonomik büyüme ve gelir eşitsizliği arasındaki ters U şeklinde bir ilişki olduğuna dayanmaktadır. Daha sonraları bu hipotez Grossman ve Krueger (1991) tarafından çevreye uyarlanarak büyüme ile çevresel bozulma arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğu yönünde evrilmiştir. Böylece reel gelir ile çevre arasındaki ilişki enerji ekonomisine ilk kez Grossman ve Krueger (1991) tarafından tanımlanan Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezi ile girmiştir. Söz konusu hipoteze göre hava kirliliğinin ekonomik büyümenin ilk aşamasında arttığı ve ekonomik büyüme belirli bir düzeye ulaştığında ise azalmaya başladığı ifade edilmektedir. Ekonomik büyümenin ilk aşamasında kirlitici endüstrilerin daha yüksek düzeydeki üretimleri ekonomik büyümenin, enerji tüketiminin ve hava kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. Büyümenin ilerleyen aşamalarında ise teknolojik gelişmeler, daha sıkı çevresel düzenlemeler ve artan toplumsal farkındalıklar sayesinde hava kirliliğinde azalma meydana gelmektedir. Ayrıca çevresel



Koçak, E. (2024). Çevresel Teknolojik İnovasyonun Küresel Isınma Üzerindeki Etkisine İlişkin Bir İnceleme: Türkiye'den Kanıtlar. *Fiscoeconomia*, 8(2), 478-494. Doi: 10.25295/fsecon.1405227

teknolojik inovasyon EKC hipotezinin son aşaması olan teknik etki dönüm noktasının daha erken gerçekleşmesine yardımcı olabilir. Bununla birlikte çevresel teknolojik yenilik (ETI) enerji verimliliğini artırabilir ve CO₂ emisyonlarını azaltabilir. Örneğin; yüksek yenilenebilir enerji teknolojik yeniliği (RETI), ülkelerin daha düşük maliyetle yenilenebilir enerji çıktılarını üretmesini sağlayabilir. Kısacası RETI düzeyi enerji talebini karşılamak ve enerji yapısını değiştirmek için yenilenebilir enerji tedarik kapasitesini etkili bir şekilde artırabilmektedir (Lin ve Zhu, 2019).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının (RES) kullanımı iklim hedeflerinin gerçekleştirilebilmesi adına büyük önem arz etmektedir. Bu durum günümüzde yeşil büyüme olarak adlandırılmaktadır. Yeşil büyüme çevreyi kirletmeyen, ekolojik sisteme zarar vermeyen ürünleri üretmek ve sunmak için emisyon salınımı düşük olan yeşil teknolojilerin araştırılması, üretilmesi ve kullanılması anlamına gelmektedir (Wiebe ve Yamano, 2016). Söz konusu bu büyüme enerji tasarrufu ve karbon emisyonlarını azaltmak için en etkili yöntemlerden birisidir. Bu sayede çevresel bozulmanın önüne geçilebilmekte ve ekolojik denge korunabilmektedir (Fernandes vd., 2021). Böylece küreselleşmenin olumsuz etkileri en aza indirilebilmektedir. Küreselleşme düzeyi arttıkça ticaret engellerinin azaldığı ve bunun sonucunda bir ülkenin üretim ve gelir düzeyinde artış sağladığı görülmektedir. Gelir ve çıktıdaki bu artış, enerji talebindeki artışla ilişkilidir. Küreselleşme nedeniyle gelir ve üretimdeki artış ihracatçı ekonomilerdeki teknolojik yayılmalarla desteklenmektedir. Dolayısıyla küreselleşmenin belirli bir süre sonra enerji kaynaklarının kullanımını ve CO₂ salınımlarını azaltabilmesi beklenen bir durumdur (Chen ve Lei, 2018).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 5. değerlendirme raporuna göre, CO₂ emisyonu 1961 yılında 9,434 milyon tondan 2011 yılında 34,649 milyon tona yükselmiştir (IPCC, 2014). IPCC'nin araştırmasına göre, iklim değişikliğinin etkisinin birkaç yüzyıl daha devam etmesi beklenmektedir. CO₂ emisyonları kontrol altına alınmazsa iklim değişikliğinin yol açtığı geri dönüşü olmayan riskler gelecekte daha da fazla artacaktır. Ekonomik büyüme hedeflerini henüz gerçekleştirememiş gelişmekte olan ülkeler ekonomik büyümelerini artırabilmek adına hep daha fazla çıktıyı hedeflemektedirler. Söz konusu bu durum daha fazla enerji tüketimine yol açabilmektedir. Ancak teknolojik yenilikler sayesinde daha çevre dostu büyüme de sağlanabilmektedir. Dolayısıyla teknolojik ilerlemenin total etkisinin ne olduğu henüz tam olarak bilinmemektedir. Bu doğrultuda gelişmekte olan ülkelere biri olan Türkiye için çevresel teknolojik inovasyonun etkilerinin araştırılması önem arz etmektedir. Çalışmada ülke olarak Türkiye seçilmesinin spesifik nedeni, 1990 yılında dünyada CO₂ emisyon salınımı ortalaması 4,02 metrik ton iken; 2018 yılında 4,29 metrik tona yükselmiştir. Türkiye'de ise CO₂ emisyon salınımı 1990 yılında 2,56 metrik ton iken; 2018 yılında 5,08 metrik tona yükselmiştir. Bu veriler ışığında Türkiye'de salınan CO₂ emisyon miktarının dünya ortalamasının üzerinde seyrettiği görülmektedir. Dolayısıyla Türkiye için çevresel teknolojik inovasyonun etkinliğinin araştırılması daha doğru ve etkili bir sonuç verecektir.

Bu çalışmanın literatüre sağlaması beklenen muhtemel katkılar şu şekildedir: i) Çevresel teknolojik inovasyonun doğrudan etkilerinin ARDL sınır testi ile Türkiye açısından araştırıldığı yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu çalışma ilgili literatürün genişletilmesi açısından önem taşımaktadır ii) Mevcut çalışmalar genellikle genel teknolojik ilerlemenin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisine odaklanırken; bu çalışma çevresel teknolojik yeniliklere odaklanmaktadır. iii) Çevresel teknolojik yenilik ile CO₂ emisyonları arasındaki etkileme



Koçak, E. (2024). Çevresel Teknolojik İnovasyonun Küresel Isınma Üzerindeki Etkisine İlişkin Bir İnceleme: Türkiye'den Kanıtlar. *Fiscoeconomia*, 8(2), 478-494. Doi: 10.25295/fsecon.1405227

mekanizması bu çalışmada sistematik olarak analiz edilerek teknolojik inovasyonun gelişmeyle ölçülen doğrudan ve düzenleyici etkilerini araştırmaktadır. iv) Ayrıca çevresel teknolojik yeniliklerin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisinin araştırılmasını sağlamakla kalmayarak, aynı zamanda CO₂ emisyonlarını azaltmaya ve çevresel teknolojik yenilik düzeyini artırmaya yönelik spesifik politikaların geliştirilmesine dair yeni kanıtlar sunmaktadır. v) Modelde yer alan kişi başına düşen GSYİH ve finansal gelişme gibi iki önemli kontrol değişkeni de hesaba katılmaktadır. vi) Finansal gelişme göstergesi olarak literatürde yaygın olarak kullanılan özel krediler yerine finansal sisteme ilişkin birçok alt endeksi barındıran finansal gelişme endeksi kullanılmıştır. vii) Sunulan politika önerileri enerji verimliliği hedeflerine ulaşılmasına ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olabilir.

Çalışmanın bir sonraki aşamasında literatür özetine değinilmiştir. Ardından çalışmaya ait model, veri seti ve yöntem tanıtılarak ampirik analiz sonuçları sunulmuştur. Sonuç ve politika önerileri ile çalışma sonlandırılmıştır.

2. Literatür Özeti

Çevre kirliliğine neden olan faktörlerin araştırıldığı çalışmalarda çoğunlukla ekonomik büyümenin etkilerinin Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi üzerinden kurgulanarak incelendiği bilinmektedir. Söz konusu bu çalışmalarda, EKC özelinde dönüm noktasının daha erken aşamada gerçekleşmesine yardımcı olabilecek teknik etki faktörünün genellikle göz ardı edildiği görülmektedir. Bu doğrultuda çalışmanın bu bölümünde teknolojik inovasyon ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi inceleyen ampirik literatür temel alınacaktır.

Mevcut literatür incelendiğinde teknolojik inovasyonla ilgili çalışmaların ağırlıklı olarak çevre kalitesini artırdığına yönelik sonuçlar mevcut olmakla birlikte heterojen sonuçların da olduğu göze çarpmaktadır. Yine ağırlıklı olarak literatürde Çin, BRICS, OECD ve AB gibi ülke ve ülke gruplarının incelendiği görülmektedir. Örneğin; BRICS için Danish vd., (2020), Cup-FM ve Cup-BC yöntemlerini kullanarak ampirik çalışma gerçekleştirmiştir. Bu ampirik çalışmanın sonuçlarına göre yeni ve yenilikçi çevre dostu teknolojiler BRICS ülkelerinde yeşil büyümeyi olumlu yönde teşvik etmektedir. Benzer şekilde yine BRICS ülkelerine yönelik Santra (2017), LSDV yöntemiyle 2005–2012 dönemini kapsayan bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmanın bulgularına göre çevresel teknolojilerin firmaların ve ülkelerin BRICS ülkelerindeki enerji emilimini ve CO₂ emisyonlarını azaltmalarına yardımcı olduğu ortaya koyulmuştur. Öte yandan daha yüksek karbon emisyonları Brezilya, Çin ve Hindistan'daki orta ila daha yüksek emisyon miktarlarında teknolojik inovasyonu tetiklediği bildirilmiştir. Bu ülkelerden farklı olarak Rusya, tüm niceliklerde daha yüksek emisyonların daha düşük teknolojik inovasyon ile ilişkilendirildiği farklı sonuçlar üretmektedir. Khatk vd., (2020), CCEMG yöntemiyle 1980-2016 dönemini baz alarak bir çalışma gerçekleştirmiş ve heterojen sonuçlara ulaşmıştır. Buna göre çevresel yenilik Brezilya'da karbon emisyonunda azalmaya yol açarken; Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika'da karbon emisyonunu artırmaktadır.

OECD ülkeleri için yapılan çalışmalara bakıldığında teknolojik inovasyonların karbon emisyonlarını azaltarak çevre kalitesine olumlu katkıda bulunduğu görülmektedir. Örneğin; Alvarez-Herranz vd., (2017b), 28 OECD ülkesi için GLS metodu kullanarak yapmış olduğu ampirik çalışmada teknolojik ilerlemenin emisyonların azaltılmasını kolaylaştırdığını ortaya



Koçak, E. (2024). Çevresel Teknolojik İnovasyonun Küresel Isınma Üzerindeki Etkisine İlişkin Bir İnceleme: Türkiye'den Kanıtlar. *Fiscoeconomia*, 8(2), 478-494. Doi: 10.25295/fsecon.1405227

koymuştur. Bunun yanı sıra Alvarez-Herranz vd.,(2017a)'da, 17 OECD ülkesi için enerji inovasyonunun çevre kalitesini artırdığına dair kanıt sunmuştur. Bu çalışmalara paralel olarak Ganda (2019), OECD ülkeleri için yenilenebilir enerji tüketimi ve Ar-Ge harcamalarının karbon emisyonunu azalttığına dair sonuç bildirmiştir. Koçak ve Ulucak (2019), 19 OECD ülkesi için SITRPAT, OLS, GMM metotlarını kullanarak 2003-2015 dönemini kapsayan bir ampirik çalışma gerçekleştirmiştir. Bu ampirik çalışmanın sonuçlarına göre ise Ar-ge harcamaları CO₂ emisyonunu azaltmaktadır. Balsalobre vd.,(2015) ise, 28 OECD ülkesi için teknolojik inovasyonun kişi başına sera gazı emisyonlarını azaltma potansiyeline sahip olduğunu bildirmiştir. Mensah vd., (2018), enerji inovasyonunun CO₂ emisyonu üzerinde azaltıcı etkisi olduğunu bildirmiştir. AB ülkeleri için ise Toebelmann ve Wendler (2020), 27 AB ülkesi için GMM metoduyla 1992-2014 dönem aralığını kapsayan ampirik çalışma gerçekleştirmiştir. Bulgulara göre çevresel inovasyonun CO₂ emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunduğunu ancak genel yenilikçi faaliyetlerin emisyonlarda azalmaya neden olmadığını ortaya koymuştur.

Çin için teknolojik inovasyonla çevre kalitesi arasındaki ilişkiye dair yapılan çalışmalarda heterojen sonuçların elde edildiği görülmektedir. Örneğin; Chen vd., (2020), Çin'deki yerel teknolojik ilerlemenin Orta ve Batı Çin'deki karbon emisyonlarını önemli ölçüde azaltırken; Doğu Çin'deki karbon emisyonlarını hafifçe artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Söz konusu çalışmaya göre teknolojik ilerleme ve karbon emisyonları arasındaki ilişki net değildir ve hem çevresel teknolojik değişikliklere hem de üretim teknolojisindeki değişikliklere bağlıdır. Jin vd., (2017), Ar-Ge harcamalarının CO₂ emisyonunu azalttığına dair kanıt sunmuştur. Lin ve Zhu (2019) ise, Çin için FMOLS, FE & RE metotlarını kullanarak yapmış olduğu ampirik çalışmanın sonuçlarına göre yenilenebilir enerji ve teknolojik inovasyonun (RETI)'nin CO₂ emisyonlarını azaltma üzerindeki etkisinin kömür ağırlıklı enerji tüketim yapısının artmasıyla azaldığını ancak bunun tersine yenilenebilir enerji üretiminin artan oranıyla bu etkinin arttığı saptanmıştır. Benzer şekilde Khan vd., (2020), Çin için ARDL, CCEMG, AMG ve PGC metotlarının kullanılması yolu ile yapılan ampirik çalışmaya göre dış ticaret, çevresel teknolojik buluşlar, inovasyonlar ve yenilenebilir enerji seçenekleri gelişmiş ülkelerde tüketime bağlı emisyon artışıyla ters orantılıdır. Zhou vd., (2017) ise, teknolojik ilerlemenin SO₂ emisyonu üzerinde azaltıcı etkisi olduğunu bildirmiştir.

Orta doğu ülkelerine dair yapılan çalışmalarda ise teknolojik inovasyonun çevre kalitesini artırdığına dair çalışmalar mevcuttur. Örneğin; Kahouli (2018), GMM metoduyla 1990-2016 dönemini kapsayan ampirik çalışmada Ortadoğu Ülkelerinde Ar-ge harcamalarının CO₂'yi azaltabileceği vurgulanmıştır. Benzer şekilde İbrahim (2020)'de, Mısır için 1971-2014 dönem aralığını kapsayan çalışmada ARDL, DOLS, FMOLS yöntemlerini kullanarak ampirik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmanın bulgularına göre çevresel teknolojik yenilik çevre kalitesini artırmaktadır.

Mevcut çalışmalar incelendiğinde Türkiye açısından ARDL metodu kullanılarak çevresel teknolojik inovasyon ile çevre kirliliği arasındaki ilişkinin araştırıldığı yeterli sayıda çalışma olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla bu çalışmanın EKC özelinde teknolojik ilerlemenin çevre üzerindeki etkisinin Türkiye açısından araştırılarak hem kısa ve uzun dönem etkilerinin ayrıştırılması gerekliliği hem de ilgili literatürün genişletilmesi gerekliliği bu çalışmanın temel motivasyonunu oluşturmaktadır.

3. Model, Veri ve Yöntem

Çevresel teknolojik inovasyonun küresel ısınma üzerindeki etkisinin incelendiği bu çalışmada Türkiye için 1990-2018 dönem aralığı baz alınmıştır. 1 numaralı denklemde yer alan ampirik modele toplam çevresel teknoloji (TEC), finansal gelişme endeksi (FDI), kişi başına düşen metrik ton cinsinden karbon emisyonu (CO) ve kişi başına düşen GSYİH (GDP) değişkenleri dahil edilmiştir. Çevre ile ilgili teknolojiler “stats.OECD” veri tabanından, finansal gelişme endeksi “IMF” veri tabanından, CO ve GSYİH “World Development Indicators” veri tabanından elde edilmiş olup; oluşturulan ampirik model aşağıdaki gibidir:

$$CO_t = \beta_0 + \beta_1 \ln FD_t + \beta_2 \ln GDP_t + \beta_3 \ln TEC_t + \mu_t \quad (1)$$

Oluşturulan ampirik modelde yer alan μ_t hata terimini ifade etmektedir. Ayrıca tüm değişkenler logaritmik formda kullanılmıştır. Çalışmada serilerin durağanlık durumu ADF ve Phillips Peron birim kök testleri ile araştırılmıştır. Bunların yanı sıra yapısal kırılmaların göz ardı edilmemesi adına Zivot Andrews (ZA) yapısal kırılmalı birim kök testi uygulanmıştır. Değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin araştırılması için ARDL sınır testi kullanılmıştır. ARDL katsayı tahmincisi ile kısa ve uzun dönem katsayı tahmini yapılmıştır. Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi ise Toda-Yamamoto nedensellik testi ile araştırılmıştır.

4. Ampirik Analiz

Çevresel teknolojilerin küresel ısınma üzerindeki etkisinin incelendiği bu çalışmada ilk olarak serilerin durağanlık durumu incelenmiştir. Tablo 1’de sergilenen ve Dickey ve Fuller (1981) tarafından geliştirilen ADF birim kök testi sonuçları görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde düzey değerlerinde serilerin durağan olmadığı görülürken; birinci fark değerleri incelendiğinde serilerin durağan oldukları raporlanmıştır.

Tablo 1: ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	ADF Birim Kök Testi		PP Birim Kök Testi	
	Sabit	Sabit ve Trend	Sabit	Sabit ve Trend
lnCO	0,8833	0,7771	0,9466	0,1042
lnFD	0,1985	0,3335	0,1664	0,4200
lnGDP	0,9795	0,4036	0,9869	0,3937
lnTEC	0,1680	0,4424	0,1569	0,4079
Fark Değerleri				
dlnCO	0,0000***	0,0002***	0,0000***	0,0001***
dlnFD	0,0001***	0,0001***	0,0001***	0,0001***
dlnGDP	0,0001***	0,0008***	0,0001***	0,0008***
dlnTEC	0,0003***	0,0018***	0,0003***	0,0018***

Not: ***, **, * sırasıyla %1, %5, %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tablo 2’de sunulan ZA yapısal kırılmalı birim kök testi sonuçları değerlendirildiğinde değişkenlerin yapısal kırılmalar altında düzey değerlerinde birim köklü olduğu, ancak birinci fark formlarında durağan hale geldikleri görülmektedir. Kırılma tarihlerinin bağımlı değişken için düzey ve fark değerlerinde 2006 yılı olduğu görülmektedir. Bağımsız değişkenlere bakıldığında FD değişkeninin düzey değerinde kırılma tarihi 2004 yılı iken, fark değerinde 1996

yılı olarak tespit edilmiştir. GDP değişkeninin kırılma tarihleri incelendiğinde düzey değerinde 1999 yılı iken, fark değerinde 2012 yılı olduğu saptanmıştır. TEC değişkeninin ise kırılma tarihleri düzey değerinde 2011 yılı iken, fark değerinde 1999 yılı olarak tespit edilmiştir.

Tablo 2: ZA Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	Düzyer Değerleri		Fark Değerleri	
	t-istatistiği	Kırılma Tarihi	t-istatistiği	Kırılma Tarihi
lnCO	-4,1772	2006	-6,2674**	2006
lnFD	-3,9210	2004	-7,7618**	1996
lnGDP	-3,9931	1999	-3,9147**	2012
lnTEC	-4,1306	2011	-4,5129**	1999

Not: ***, **, * sırasıyla %1, %5, %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir. ZA testi için kritik değerler sırasıyla %10:-4.580, %5:-4.800, %1:-5.340

Bir sonraki test aşamasında eşbütünlüşme ilişkisinin araştırılması gerekmektedir. Söz konusu eşbütünlüşme ilişkisinin araştırılması amacıyla ARDL sınır testi uygulanarak Tablo 3'te sonuçlar aktarılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre f-istatistiğinin I(0) ve I(1) bantlarının üzerinde yer aldığı görülmektedir. Dolayısıyla değişkenler arasında eşbütünlüşme ilişkisi saptanmıştır.

Tablo 3: ARDL Sınır Testi Sonuçları

Model	Gecikme Uzunlukları	f-istatistiği
$CO_t = f(FD_t, GDP_t, TEC_t)$	(1, 0, 0, 1)	4,4535
Kritik Değerler	I(0)	I(1)
%10	2,37	3,2
%5	2,79	3,67
%1	3,65	4,06

Not: ***, **, * sırasıyla %1, %5, %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Eşbütünlüşme ilişkisinin saptanması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki kısa dönem ve uzun dönemli etkilerinin araştırılmasına olanak sağlamaktadır. Ancak öncelikle kurulan modelin güvenilirliğinin test edilmesi gerekmektedir. Bunun için teşhis testleri uygulanmıştır. Tablo 4'te yer alan sonuçlara göre modelde hata teriminin normal dağılım koşulunu sağladığı Jarque-Bera (JB) testi ile, doğru fonksiyonel formun kullanıldığı Ramsey-Reset testi ile, değişen varyans sorununun olmadığı ARCH testi ile ve otokorelasyon sorununun olmadığı Breusch-Godfrey (LM) testi ile tespit edilmiştir. Ayrıca CUSUM ve CUSUMQ testleri uygulanarak parametrelerin istikrarlı olduğu teşhis edilmiştir. Tüm bunların yanı sıra VIF testi sonucunda modelde yer alan bağımsız değişkenlerde çoklu doğrusallık sorununun olmadığı ve tüm bağımsız değişkenler için ilgili değerlerin 5'in altında olduğu görülmüştür.

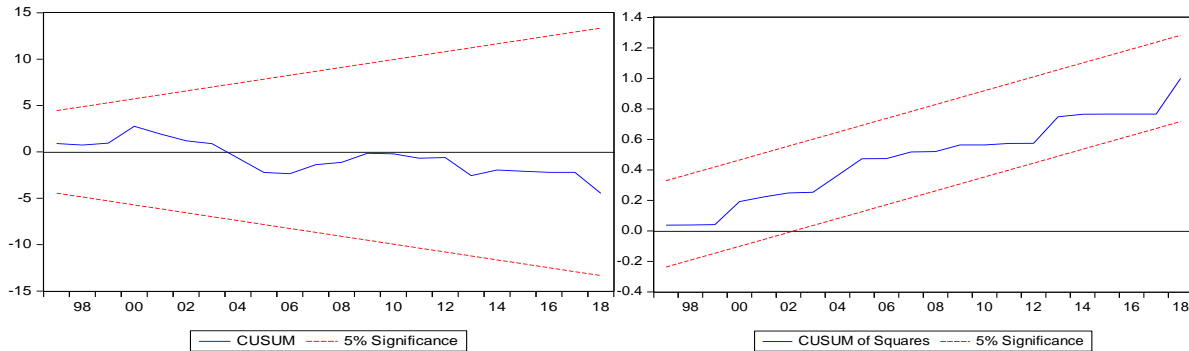
Tablo 4: ARDL Kısa ve Uzun Dönem Katsayı Tahmin Testi Sonuçları

Bağımlı Değişken: CO	Katsayı	Olasılık
Kısa Dönem		
lnFD	0,1220*	0,0542
lnGDP	0,5419***	0,0000
lnTEC	-0,0239	0,3337
CointEq(-1)	-0,7276***	0,0002
Uzun Dönem		

dlnFD	0,1388**	0,0265
dlnGDP	0,6558***	0,0000
dlnTEC	-0,1284***	0,0044
Varsayım Testleri		
ARCH	0,9500	0,4014
JB	0,2209	0,8954
LM	0,1051	0,9007
RAMSEY	1,6491	0,2131
CUSUM	İstikrarlı	İstikrarlı
CUSUMQ	İstikrarlı	İstikrarlı
VIF Testi		
Değişkenler	Coefficient Variance	Centered VIF
lnFD	0,0022	4,2601
lnGDP	0,0025	4,2049
lnTEC	0,0008	1,0310

Not: ***, **, * sırasıyla %1, %5, %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Şekil 2: CUSUM VE CUSUMQ Test Sonuçları



Katsayı tahminlerinde kısa ve uzun dönem sonuçları birbiriyle çelişebilmektedir. Ancak uzun dönemdeki etkileşimin daha belirleyici olması nedeniyle uzun dönem katsayı tahmin sonuçları en nihai sonucu vermektedir. Tablo 4'te yer alan ARDL katsayı tahmin sonuçlarına göre finansal genişlemenin her iki dönem için de çevresel bozulmayı artırdığı görülmektedir. Bu bulgu Shoaib vd., (2020) çalışmasıyla uyumludur. Söz konusu sonuç hem kısa dönemde hem de uzun dönemde bireylerin veya sermaye sahiplerinin finansal genişlemeyle birlikte enerji yoğun ürünlere yöneldiği anlamını taşımaktadır. Ayrıca sermaye sahiplerinin birtakım kirletici faaliyetlere yatırım yaptığını işaret etmektedir. Benzer şekilde kişi başına düşen GSYİH'nin her iki dönemde çevre kirliliğini artırdığı tespit edilmiştir. Bu bulgu Rehman ve Raşid (2017) çalışmasıyla uyumludur. GSYİH artışının birtakım kirletici kaynakların yoğun olarak kullanımı ile gerçekleştirildiğini göstermektedir. Çalışmanın asıl odaklandığı nokta olan çevresel teknolojinin ise kısa dönemde çevre kirliliği üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamasına rağmen; uzun dönemde beklenildiği üzere çevre kirliliğini azalttığı saptanmıştır. Bu bulgu Lantz ve Feng (2016); Danish vd., (2020); Santra (2017); Alvarez-Herranz vd., (2017a); Alvarez-Herranz vd., (2017b); Mensah (2018); Toebelmann ve Wendler (2020); Jin vd., (2017); Kahouli (2018) çalışmalarıyla tutarlıdır. Elde edilen söz konusu bu bulgu, çevresel teknolojik

inovasyonların fosil yakıtların etkilerini en aza indirebildiğini göstermektedir. Bu durum farklı yöntemler ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu yöntemler arasında enerji yoğun makinelerin enerji tasarruflu makinelere dönüştürülebilmesi yer almaktadır. Diğer bir yöntem ise yüksek yenilenebilir enerji teknolojik yeniliği (RETI) sayesinde ülkelerin daha düşük maliyetlerle yenilenebilir enerji çıktıları üretmesi sağlanabilmektedir. Böylece RES kullanımını artırarak CO₂ emisyon salınımının ortadan kalkmasına yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte fabrikaların meydana getirdiği zehirli atıkları filtreleyerek zararsız hale getirilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca beklenildiği üzere hata düzeltme katsayısı negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Buna göre bu modele gelen bir şok yaklaşık olarak 1,4 dönemde giderilmektedir.

Tablo 5: Toda Yamamoto Nedensellik Testi Sonuçları

Sıfır Hipotezi	Wald İstatistiği	Olasılık	Nedensellik
FD→CO	6,4079**	0,0406	VAR
TEC→CO	3,8782	0,1438	YOK
GDP→CO	9,4014***	0,0091	VAR
CO→FD	2,9298	0,2311	YOK
GDP→FD	1,7090	0,4255	YOK
TEC→FD	0,9984	0,6070	YOK
CO→GDP	2,2836	0,3192	YOK
FD→GDP	2,1646	0,3388	YOK
TEC→GDP	1,4055	0,4952	YOK
CO→TEC	0,9534	0,6208	YOK
GDP→TEC	8,2127**	0,0165	VAR
FD→TEC	0,5022	0,7779	YOK

Not: ***, **, * sırasıyla %1, %5, %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Nedensellik testleri katsayı tahmin sonuçlarını güçlendirmek için uygulanmaktadır. Tablo 5'te yer alan Toda Yamamoto nedensellik test sonuçlarına göre finansal genişlemeden CO₂ emisyonuna tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuç Xu vd., (2021) çalışmasını desteklemektedir. GDP'den CO₂'ye tek yönlü nedensellik ilişkisi mevcuttur. Bu bulgu Salahuddin vd., (2015) çalışması ile uyum göstermektedir. Yine GDP'den çevresel teknolojik inovasyona tek yönlü nedensellik ilişkisi saptanmıştır. Bu sonuç Shabbir vd., (2021) çalışması ile tutarlıdır. Ayrıca çevresel teknoloji CO₂ emisyon salınımına doğru herhangi bir nedensellik ilişkisinin saptanmaması çevresel teknolojilerin CO₂ emisyonunu azalttığı bulgusunu desteklemektedir. Söz konusu nedensellik bulguları ile uzun dönem katsayı tahmin sonuçları tutarlıdır.

5. Sonuç

Bu çalışmada gelişmekte olan ve NIC ülkeleri arasında yer alan Türkiye için 1990-2018 yılları arası baz alınarak çevresel teknolojiler ile CO₂ emisyonu arasındaki ilişki incelenmiştir. Bunun için kişi başına düşen metrik ton cinsinden CO₂ emisyonu, finansal gelişme endeksi, kişi başına düşen GSYİH ve çevresel teknoloji (toplam değeri) değişkenleri kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişki ise ARDL sınır testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testleri ile araştırılmıştır.



Koçak, E. (2024). Çevresel Teknolojik İnovasyonun Küresel Isınma Üzerindeki Etkisine İlişkin Bir İnceleme: Türkiye'den Kanıtlar. *Fiscaeconomia*, 8(2), 478-494. Doi: 10.25295/fsecon.1405227

Elde edilen bulgulara göre finansallaşma hem kısa vadede hem de uzun vadede CO₂ emisyonunu artırmıştır. Bu bulgunun hem hane halkı bazında hem de sermaye sahipleri bazında değerlendirilmesi mümkündür. Hane halkı bazında finansal genişlemenin enerji yoğun ürünlere yönelmelerine neden olduğu söylenilebilir. Sermaye sahiplerinin ise yatırımlarını daha çok kirliliğe neden olan birtakım faaliyetlere yaptığını işaret etmektedir. GSYİH artışının her iki dönem için de CO₂ emisyonunu artırdığı görülmektedir. Bu durum fosil yakıtların halen ekonomik büyümenin itici güçleri arasında yer aldığını göstermektedir. Çalışmanın odak noktasını oluşturan çevresel teknolojik yeniliklerin ise uzun dönemde CO₂ emisyonunu anlamlı bir şekilde azalttığı saptanmıştır. Çevresel teknolojik yeniliğin CO₂ emisyonlarının azaltılmasında önemli bir rol oynadığını ve aynı zamanda enerji tasarrufunun sağlanmasına da yardımcı olduğunu göstermektedir. Çevresel teknolojik yenilik birçok alanda uygulanabilmektedir. Örneğin; RETI, ülkelerin daha düşük maliyetlerle yenilenebilir enerji çıktılarını üretmesini sağlayabilmektedir. Bir diğer faydası ise enerji yoğun ürünlerin enerji tasarruflu ürünlere dönüştürülebilmesidir. Bu sayede makinelerden daha az enerji kullanılarak optimum performans alınabilmektedir. Yine benzer şekilde fabrikaların zehirli atıklarını absorbe ederek çevresel bozulmayı azaltmaktadır.

Özetle ampirik sonuçlar, çevreyle ilgili teknolojilerin yıllar içinde ekonomide bir birim çıktı üretmek için enerji kullanımını azaltarak enerji verimliliğini artırmak için önemli bir araç olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle politika yapıcıların yeterli araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) fonu sağlayarak çevre ve enerji ile ilgili teknolojilerdeki yenilikleri teşvik edecek politikalar uygulaması gerekmektedir. Bu sayede çevre ve enerji teknolojilerindeki daha fazla yenilik Türkiye gibi gelişmekte olan ve NIC kategorisi içerisinde yer alan ekonomilerin yalnızca toplam enerji tüketimini azaltmalarına yardımcı olmakla kalmayarak, aynı zamanda sera gazı emisyonlarını azaltarak iklim değişikliği hedeflerine ulaşmalarına da yardımcı olacaktır. Çevreye zarar vermeden ülkelerin sürdürülebilir ekonomik büyümesine katkı sağlayacak yenilikler yapılabilir. Çevresel teknolojik yenilik temel iklim koşullarındaki değişikliklere etkili bir şekilde yanıt verebilir. Böylece küresel ısınmanın önüne geçilebilecektir. Ek olarak, RES kullanımını için gerekli teşviklerin yapılması önerilmektedir. Bununla birlikte hane halkı ve sermaye sahiplerinin enerji tasarruflu ürünlere yönlendirilebilmesi için gerekli destekler sağlanmalıdır.

Kaynakça

- Alvarez-Herranz, A., Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., & Cantos, J. M. (2017a). Energy innovation and renewable energy consumption in the correction of air pollution levels. *Energy policy*, 105, 386-397.
- Álvarez-Herranz, A., Balsalobre, D., Cantos, J. M., & Shahbaz, M. (2017b). Energy innovations-GHG emissions nexus: fresh empirical evidence from OECD countries. *Energy Policy*, 101, 90-100.
- Balsalobre, D., Álvarez, A., & Cantos, J. M. (2015). Public budgets for energy RD&D and the effects on energy intensity and pollution levels. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(7), 4881-4892.



Koçak, E. (2024). Çevresel Teknolojik İnovasyonun Küresel Isınma Üzerindeki Etkisine İlişkin Bir İnceleme: Türkiye'den Kanıtlar. *Fiscoeconomia*, 8(2), 478-494. Doi: 10.25295/fsecon.1405227

- Bekun, F. V., Alola, A. A., & Sarkodie, S. A. (2019). Toward a sustainable environment: Nexus between CO₂ emissions, resource rent, renewable and nonrenewable energy in 16-EU countries. *Science of the Total Environment*, 657, 1023-1029.
- Chen, J., Gao, M., Mangla, S. K., Song, M., & Wen, J. (2020). Effects of technological changes on China's carbon emissions. *Technological Forecasting and Social Change*, 153, 119938.
- Chen, W., & Lei, Y. (2018). The impacts of renewable energy and technological innovation on environment-energy-growth nexus: New evidence from a panel quantile regression. *Renewable energy*, 123, 1-14.
- 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*, 1057-1072.
- DuBose, J., Frost, J. D., Chamaeau, J. A., & Vanegas, J. A. (1995). Sustainable development and technology. *The environmentally educated engineer*, 73-86.
- Fernandes, C. I., Veiga, P. M., Ferreira, J. J., & Hughes, M. (2021). Green growth versus economic growth: do sustainable technology transfer and innovations lead to an imperfect choice?. *Business Strategy and the Environment*, 30(4), 2021-2037.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement.
- Ibrahiem, D. M. (2020). Do technological innovations and financial development improve environmental quality in Egypt?. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(10), 10869-10881.
- IPCC, (2014). Summary for policymakers In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.
- Jin, L., Duan, K., Shi, C., & Ju, X. (2017). The impact of technological progress in the energy sector on carbon emissions: an empirical analysis from China. *International journal of environmental research and public health*, 14(12), 1505.
- Kahouli, B. (2018). The causality link between energy electricity consumption, CO₂ emissions, R&D stocks and economic growth in Mediterranean countries (MCs). *Energy*, 145, 388-399.
- Khan, Z., Ali, M., Kirikkaleli, D., Wahab, S., & Jiao, Z. (2020). The impact of technological innovation and public-private partnership investment on sustainable environment in China: Consumption-based carbon emissions analysis. *Sustainable Development*, 28(5), 1317-1330.
- Khattak, S. I., Ahmad, M., Khan, Z. U., & Khan, A. (2020). Exploring the impact of innovation, renewable energy consumption, and income on CO₂ emissions: new evidence from the BRICS economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(12), 13866-13881.



Koçak, E. (2024). Çevresel Teknolojik İnovasyonun Küresel Isınma Üzerindeki Etkisine İlişkin Bir İnceleme: Türkiye'den Kanıtlar. *Fiscoeconomia*, 8(2), 478-494. Doi: 10.25295/fsecon.1405227

- Koçak, E., & Ulucak, Z. Ş. (2019). The effect of energy R&D expenditures on CO 2 emission reduction: estimation of the STIRPAT model for OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 14328-14338.
- Kuznets, S. (2019). Economic growth and income inequality. In *The gap between rich and poor* (pp. 25-37). Routledge.
- Lantz, V., & Feng, Q. (2006). Assessing income, population, and technology impacts on CO2 emissions in Canada: where's the EKC?. *Ecological Economics*, 57(2), 229-238.
- Lin, B., & Zhu, J. (2019). The role of renewable energy technological innovation on climate change: Empirical evidence from China. *Science of the Total Environment*, 659, 1505-1512.
- Mensah, C. N., Long, X., Boamah, K. B., Bediako, I. A., Dauda, L., & Salman, M. (2018). The effect of innovation on CO 2 emissions of OCED countries from 1990 to 2014. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 29678-29698.
- Mulder, K. F. (2007). Innovation for sustainable development: from environmental design to transition management. *Sustainability Science*, 2(2), 253-263.
- Owusu, P. A., & Asumadu-Sarkodie, S. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. *Cogent Engineering*, 3(1), 1167990.
- Phillips, P. C., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *biometrika*, 75(2), 335-346.
- Ramanathan, V., & Feng, Y. (2009). Air pollution, greenhouse gases and climate change: Global and regional perspectives. *Atmospheric environment*, 43(1), 37-50.
- Rehman, M. U., & Rashid, M. (2017). Energy consumption to environmental degradation, the growth appetite in SAARC nations. *Renewable energy*, 111, 284-294.
- Salahuddin, M., Gow, J., & Ozturk, I. (2015). Is the long-run relationship between economic growth, electricity consumption, carbon dioxide emissions and financial development in Gulf Cooperation Council Countries robust?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 317-326.
- Santra, S. (2017). The effect of technological innovation on production-based energy and CO2 emission productivity: evidence from BRICS countries. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 9(5), 503-512.
- Shabbir, M. N., Liyong, W., & Iftikhar, K. (2021). Trade Openness, Innovation, and Economic Growth: A causal Effect Analysis of OECD and Non-OECD Countries.
- Shoab, H. M., Rafique, M. Z., Nadeem, A. M., & Huang, S. (2020). Impact of financial development on CO 2 emissions: a comparative analysis of developing countries (D 8) and developed countries (G 8). *Environmental science and pollution research*, 27, 12461-12475.
- Toebelmann, D., & Wendler, T. (2020). The impact of environmental innovation on carbon dioxide emissions. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118787.



Koçak, E. (2024). Çevresel Teknolojik İnovasyonun Küresel Isınma Üzerindeki Etkisine İlişkin Bir İnceleme: Türkiye'den Kanıtlar. *Fiscaoeconomia*, 8(2), 478-494. Doi: 10.25295/fsecon.1405227

- Ulucak, R., Danish, & Khan, S. U. D. (2020). Does information and communication technology affect CO2 mitigation under the pathway of sustainable development during the mode of globalization?. *Sustainable Development*, 28(4), 857-867.
- Wang, X., & Luo, Y. (2020). Has technological innovation capability addressed environmental pollution from the dual perspective of FDI quantity and quality? Evidence from China. *Journal of cleaner production*, 258, 120941.
- Wiebe, K. S., & Yamano, N. (2016). Estimating CO2 emissions embodied in final demand and trade using the OECD ICIO 2015: methodology and results.
- Xu, X., Huang, S., & An, H. (2021). Identification and causal analysis of the influence channels of financial development on CO2 emissions. *Energy Policy*, 153, 112277.
- Zhou, Z., Ye, X., & Ge, X. (2017). The impacts of technical progress on sulfur dioxide Kuznets curve in China: a spatial panel data approach. *Sustainability*, 9(4), 674.
- Zivot, E., & Andrews, D. (1992). Further evidence of the great crash, the oil-price shock and the unit-root hypothesis. *Journal of Business and Economic Statistics*, 10, 251–270.
-

Etik Beyanı: Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu yazar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde Fiscaeconomia Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazarına aittir.

Ethical Approval: The author declares that ethical rules are followed in all preparation processes of this study. In the case of a contrary situation, Fiscaeconomia has no responsibility, and all responsibility belongs to the study's author.



Koçak, E. (2024). Çevresel Teknolojik İnovasyonun Küresel Isınma Üzerindeki Etkisine İlişkin Bir İnceleme: Türkiye'den Kanıtlar. *Fiscoeconomia*, 8(2), 478-494. Doi: 10.25295/fsecon.1405227

An Investigation about the Impact of Innovations in Environmental Technologies on Global Warming: Evidences from Turkey

Elif Koçak

Extended Abstract

Global warming, which describes global climate change, is one of today's environmental crises. The major cause of this condition is recognized to be greenhouse gasses. Increasing human activity with the contribution of labor, capital resources, and other production inputs is primarily responsible for global economic expansion and the emissions that result from this condition. CO₂ emissions, which account for about 81 percent of greenhouse gases, are the focal point of global warming connected to climate change. CO₂ emissions have risen by 45 percent in the previous 130 years, according to data from 2018. CO₂ emissions occur depending on the energy sources used. Anthropogenic CO₂ emission is the most threatening problem the ecosystem and human development face because it increases the temperature by trapping heat in the atmosphere (Bekun et al., 2019). CO₂ emissions vary according to the energy sources used. This emission is one of the most serious threats to the ecosystem and human development because it raises temperatures by trapping heat in the atmosphere. The planet's ability to replenish its supplies has been disrupted by increasing population and technology. Thanks to technology, more resources can be extracted from the world, and these resources can be made available. Technological developments that increase the quality of life also lead to an increase in the use of large amounts of energy as fuel in homes, air, sea, and aircraft vehicles. However, undoubtedly, the biggest pollution comes from factories. Today, energy-intensive technologies need to be used in order to meet the increasing consumption needs of mass production (DuBose et al., 1995). All these pollutions started to show themselves as of the industrial revolution. Of course, environmental pollution was not seen only after the industrial revolution. Historically, the first environmental problems were regional, such as indiscriminate dumping of waste into pits and sewage pollution. Some technological solutions corresponding to the pre-industrial revolution included classical environmental technologies, cleaning technologies, end-of-pipe technologies, and sustainable technologies (Mulder, 2007). However, after industrialization, environmental pollution has not only remained regional but has become global. For this reason, real pollution has emerged with the increase in global warming. Researchers have begun to reconcile the link between economic expansion and environmental pollution because all environmental deterioration is caused by economic growth activities. Grossman and Krueger (1991) suggest that the progressive size of real income reduces weather protection due to its structural and technical impact. Today, this situation is called green growth. Green growth is the development and application of low-emission green technologies to produce and supply cleaner, more environmentally friendly products (Wiebe and Yamano, 2016). Green growth is a sensible strategy for conserving energy and lowering carbon emissions. It is a widely accepted solution for environmental degradation control. Economic expansion has historically been based on the massive use of natural resources in methods that are increasingly recognized as unsustainable. As countries globalize, their energy demands have also increased. It has been observed that as the level of globalization rises, trade barriers fall, and as a result, a country's production and income levels rise. This rise in wealth and productivity is accompanied by a



Koçak, E. (2024). Çevresel Teknolojik İnovasyonun Küresel Isınma Üzerindeki Etkisine İlişkin Bir İnceleme: Türkiye'den Kanıtlar. *Fiscoeconomia*, 8(2), 478-494. Doi: 10.25295/fsecon.1405227

rise in energy consumption. Because the growth in wealth and output caused by globalization is eventually sustained by technology spillovers in exporting economies, globalization has the potential to cut energy consumption and carbon dioxide emissions after a specific length of time. Green technological innovations can help achieve the technical impact milestone earlier, which is the final stage of the EKC hypothesis. Furthermore, innovations in environmental technologies may increase energy efficiency, reduce energy consumption and CO₂ emissions during the manufacturing process, and ultimately achieve energy savings and emission reduction. According to the IPCC (2014) research, climate change effects are expected to continue for many years. Therefore, it is very important to take precautions to address this problem. For this, CO₂ emissions must be prevented. Otherwise, all expected negative scenarios regarding climate change will come true. The possible contributions of this study to the literature are as follows: I) It is the first study in which innovations in environmental technology are investigated for Turkey with the ARDL limit test. II). Existing studies generally focus on the impact of overall technological progress on CO₂ emissions. This study focuses on innovations in environmental technologies. III) the influencing mechanism between technological innovations and CO₂ emissions is systematically analyzed in this study. This study first investigates the direct effects and regulatory effects of technological innovations measured by development IV) Not only does this study analyze the influence of environmental technology breakthroughs on CO₂ emissions, but it also gives fresh evidence for the establishment of particular policies to minimize CO₂ emissions and enhance the level of technical innovation. V) In addition, the study considers two significant control parameters in the model, such as GDP per capita and financial development. V) Many financial sub-indices have been employed as financial development indicators instead of private loans, which are commonly utilized in the literature. VI) It can also aid in the achievement of energy efficiency targets and the reduction of global greenhouse gas emissions.

The period 1990-2018 for Turkey was used as the basis of this study, which examines the impact of innovations in environmental technologies on global warming. Variables in the empirical model include environmental technology, financial development index, and carbon emissions in metric tons per capita and GDP per capita. According to the results of the ARDL coefficient estimation, financial expansion increases environmental degradation in both periods. This finding is consistent with the findings of Shoaib et al. (2020). This result means that individuals or capital owners turn to energy-intensive products with financial expansion, both in the short term and in the long term. It indicates that capital owners invest in some polluting activities. Similarly, it was found that GDP increased environmental pollution in both periods. This finding is consistent with Rehman and Rashid's (2017) research. It shows that the increase in GDP is achieved by the intensive use of some polluting resources. Although the study's main focus, environmental technology, does not have a significant effect on environmental pollution in the short term, it has been found to reduce environmental pollution in the long term. This finding was reported by Lantz and Feng (2016), and it is compatible with the studies of Santra (2017). Innovations in environmental technologies can minimize the impacts of fossil fuels. Energy-intensive machines can be converted into energy-saving machines. Technological innovation of high renewable energy (RETI) is another effective method that can enable the country to produce renewable energy outputs at lower costs. This reduces CO₂ emissions by increasing the use of RES. It helps filter and render



Koçak, E. (2024). Çevresel Teknolojik İnovasyonun Küresel Isınma Üzerindeki Etkisine İlişkin Bir İnceleme: Türkiye'den Kanıtlar. *Fiscaoconomia*, 8(2), 478-494. Doi: 10.25295/fsecon.1405227

harmless the toxic waste produced by factories. Finally, empirical findings show that environmentally relevant technologies can be an important tool for increasing energy efficiency over time by lowering the amount of energy required to produce one unit of economic output. As a result, policymakers must implement policies that encourage innovation in environmental and energy-related technologies by providing adequate R&D funding. As a result, further advancements in environmental and energy technologies will assist developing economies in the NIC category, such as Turkey, in not only reducing total energy consumption, but also in meeting climate change goals by lowering greenhouse gas emissions. Innovations that contribute to countries' long-term economic growth without harming the environment are possible. Innovations in environmental technologies have the potential to respond effectively to changes in critical climate conditions. Thus, global warming can be prevented. Additionally, this study does not support the EKC hypothesis (Samargandi, 2017). It is recommended that necessary incentives be made for the use of RES. Necessary supports should be provided to direct households and capital owners to energy-saving products.