

Ekonomik Büyüme, İnovasyon, Verimlilik ve Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Çevre Kirliliği Üzerine Etkisi: Türkiye için Çevresel Kuznets Hipotezinin Analizi

The Impact of Economic Growth, Innovation, Efficiency and Renewable Energy Consumption on Environmental Pollution: Analysis of the Environmental Kuznets Hypothesis for Turkey

Mehmet AYDIN¹

Tunahan DEĞİRMENÇİ²

Öz

Ekonomik büyüme ile çevresel kalite arasındaki ilişki literatürde genellikle Grossman ve Krueger (1991) tarafından geliştirilen Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezi altında incelenmektedir. ÇKE, kişi başına düşen milli gelir ile çevresel kalite arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğunu gösteren eğridir. Bu hipoteze göre, ekonomiler ilk aşamada, belirli bir noktaya kadar doğal çevreye zarar verme eğilimindedir. Ancak, zaman içerisinde belirli noktaya ulaşıldıktan sonra bu durum tersine dönmekte ve çevresel kalite artmaya başlamaktadır. Klasik ÇKE modeli başlangıçta bu iki değişken arasındaki ilişkiyi incelemiş olsa da zamanla modele ülkelerin gelişimleri ile ilgili değişkenler dahil edilmiştir. Bu çalışmada, Türkiye’de 1980-2018 dönemi için ekonomik büyüme, inovasyon, verimlilik, yenilenebilir enerji tüketimi ve çevre kirliliği arasındaki ilişki ÇKE hipotezi kapsamında araştırılmıştır. Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki Bootstrap ARDL yöntemiyle incelenmiştir. Bulgular, Türkiye’de ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını göstermektedir. Ayrıca, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkileri bootstrap nedensellik testiyle araştırılmıştır. Sonuçlar, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketiminden çevre kirliliğine doğru ve çevre kirliliğinden inovasyona doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik Büyüme, İnovasyon, Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi, Bootstrap ARDL

JEL Sınıflandırması: O44, Q01, P28, C32

Abstract

The relationship between economic growth and environmental quality is generally examined in the literature under the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis developed by Grossman and Krueger (1991). The EKC is a curve showing an inverted U-shaped relationship between per capita income and environmental quality. According to this hypothesis, economies tend to harm the natural environment up to a certain point in the first stage. However, after reaching a certain point in time, this situation is reversed and environmental quality begins to increase. Although the classical EKC model initially examined the relationship between these two variables, variables related to the development of countries were included in the model over time. In this study, the relationship between economic growth, innovation, efficiency, renewable energy consumption, and environmental pollution in Turkey for the period 1980-2018 was investigated within the scope of the EKC hypothesis. The long-run relationship between variables is examined using the Bootstrap ARDL method. The findings show that the EKC hypothesis is not valid for Turkey. In addition, the causal relationships between variables are investigated with the bootstrap causality test. The results show that there is a unidirectional causality relationship from economic growth and renewable energy consumption to environmental pollution and from environmental pollution to innovation.

Keywords: Economic Growth, Innovation, Environmental Kuznets Curve Hypothesis, Bootstrap ARDL

JEL Classification: O44, Q01, P28, C32

1 Sakarya Üniversitesi, Ekonometri Bölümü, Arş. Gör., e-posta: mehmetaydin@sakarya.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0780-1663>

2 Sakarya Üniversitesi, Maliye Bölümü, Arş. Gör., e-posta: tunahandegirmenci@sakarya.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-8903-7883>

Geliş Tarihi: 28.10.2021; Revizyon Tarihi: 09.10.2021;

Received: 23.04.2021; Revised: 28.10.2021;

Kabul Tarihi: 10.10.2021;

Accepted: 10.10.2021;

Çevrimiçi Yayınlanma: 10.10.2021.

Available Online: 10.10.2021.

1. Giriş

Sanayileşme döneminden bu yana, üretim ve tüketim faaliyetlerinin büyük bir bölümü fosil yakıtlar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda, küreselleşmeyle birlikte rekabet ortamı artmakta ve bu durum fosil yakıtlara olan ilgiyi daha fazla artırmaktadır. Fosil yakıtların kullanımının artması ise küresel ısınma ve çevre kirliliği gibi bazı hayati sorunları beraberinde ortaya çıkarmaktadır. Nitekim 25. Birleşmiş Milletler (BM) İklim Değişikliği Konferansı (2019)'nda Dünya Meteoroloji Örgütü, atmosferdeki sera gazlarının rekor seviyeye ulaştığını belirtmiştir. Konferansta ayrıca son beş yılın şimdiye kadar kaydedilen en yüksek sıcaklığa sahip olduğu ifade edilmiştir. Küresel boyuta ulaşan bu sorunla mücadele edebilmek ve toplumları daha bilinçli hale getirebilmek amacıyla çok sayıda uluslararası konferans düzenlenmiştir. Başta, 1992 Rio çevre konferansı ve 2009 Kyoto protokolü olmak üzere birçok konferansta çevre kirliliğini azaltmak için yenilenebilir enerji kullanımının desteklenmesi gerektiği belirtilmiştir. Yine benzer şekilde, literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, geçmişten bugüne çevre sorunlarını azaltmak ya da ortadan kaldırmak için çözümler arandığı görülmektedir. Bu çalışmalarda, çevre sorunlarının genel olarak ekonomik büyümeyle ilişkilendirildiği göze çarpmaktadır. Bununla birlikte son zamanlarda yapılan çalışmalarda araştırma alanının, ekonomik büyümeye neden olan faktörlerin çevre kirliliği üzerindeki etkisinin araştırılması ile genişletildiği görülmektedir. Ekonomik büyüme ile çevresel kalite arasındaki ilişki literatürde genellikle Grossman ve Krueger (1991) tarafından geliştirilen Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezi altında incelenmektedir. ÇKE, kişi başına düşen milli gelir ile çevresel kalite arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğunu gösteren eğridir. Bu hipoteze göre, ekonomiler ilk aşamada, belirli bir noktaya kadar doğal çevreye zarar verme eğilimindedir. Ancak, zaman içerisinde belirli noktaya ulaşıldıktan sonra bu durum tersine dönmekte ve çevresel kalite artmaya başlamaktadır. ÇKE hipotezi modelinde, başlangıçta büyüme ve çevre değişkenleri arasındaki ilişki incelenirse de enerji tüketimi, küreselleşme, kentleşme, beşerî sermaye ve finansal gelişme gibi değişkenler zamanla modele dâhil edilmeye başlamıştır (Pata ve Aydın, 2020). Ekonomik büyüme teorileri, üretim faktörlerini emek, sermaye, doğal kaynaklar ve girişimci olarak tanımlamaktadır. Fakat yapılan çalışmalar temel üretim faktörlerinin ekonomik büyümeyi açıklamada tek başına yeterli olmadığını ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, Schumpeter (1942), ekonomik gelişmenin kaynağının inovasyon olduğunu savunmaktadır. Benzer şekilde Schumpeterian büyüme modelini temel alan içsel büyüme teorisine göre teknoloji faktörünün, büyüme modeline dâhil edildiği görülmektedir. Yine benzer bir şekilde Solow (1957), inovasyonun ekonomik büyümenin bir belirleyicisi olduğunu ileri sürmektedir. İnovasyon ve ekonomik büyüme üzerine yapılan ampirik çalışmalar ise iki değişken arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu göstermektedir (Romer, 1986; Nelson, 1996). Bu ilişkiyi doğrulayan Romer (1994), Ar-Ge faaliyetleri ve inovasyona önem verilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Öte yandan Ekonomik büyüme üzerine yapılan bazı çalışmalarda, verimliliğin de etkili bir faktör olduğu ortaya konulmaktadır. Nitekim Solow (1957), ABD'nin ekonomik büyümesinde işgücü, sermaye ve inovasyonun katkısını araştırırken marjinal verimlilik teorisini kullanmıştır. Solow büyüme modelini baz alan çalışmalar, ekonomik büyümenin işgücü ve sermaye ile açıklanamayan kısmını toplam faktör verimliliği olarak açıklamaktadır. Bu bağlamda literatürde ekonomik büyüme ile ilişkilendirilen inovasyon, verimlilik ve yenilenebilir enerjinin çevre kirliliği üzerindeki etkisinin incelenerek araştırma alanının genişletilmesi önem arz etmektedir. Aksi takdirde ekonomik büyüme ile ifade edilmeyen fakat ekonomik büyümeyi etkilediği teoriler ile desteklenen değişkenler, ÇKE modelinde yer almayacağı için ulaşılan bulgular genel durumu tam anlamıyla göstermeyecektir.

Bu çalışmanın amacı Türkiye'de 1980-2018 döneminde inovasyon, verimlilik ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kirliliği üzerindeki etkisini ÇKE hipotezi kapsamında bootstrap eşbütünlük ve nedensellik yaklaşımları ile incelemektir. Literatürde çalışmada kullanılan değişkenlerin çevre kalitesi üzerinde etkili olduğuna dair çok sayıda kaynak bulunmaktadır. Bu kapsamda değerlendirildiğinde, yazarların bildiği kadarıyla Türkiye için ÇKE hipotezinin bu değişkenlerle genişletildiği ilk çalışmadır. Çalışmanın literatüre bu anlamda katkı sağlaması beklenmektedir. Ayrıca bu çalışma, kullanılan ekonometrik yöntemler açısından da diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

Çalışmanın takip eden bölümlerinde şu sıralama izlenmektedir: Giriş bölümünü takiben ikinci bölümde literatür özeti yer almaktadır. Üçüncü bölümde veriler ve ekonometrik metodoloji ele alınmaktadır. Ampirik sonuçlar dördüncü bölümde, sonuç ve değerlendirme beşinci bölümde sunulmaktadır.

2. Literatür

Literatürde ÇKE hipotezine ilişkin çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Çalışmalar incelendiğinde, birçoğunun ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasındaki ilişkiye odaklandığı görülmektedir. Bu çalışmalarda, bağımlı değişken olarak genellikle karbon emisyonu ve bağımsız değişken olarak ekonomik büyümenin yanı sıra kentleşme, küreselleşme, finansal gelişme, ticaret açığı ve beşerî sermaye gibi değişkenlerin kullanıldığı görülmektedir. Öte yandan, teoride teknolojik gelişmenin ve ekonomik büyümenin kaynağı olarak görülen inovasyon ve verimliliğin kullanıldığı çalışmaların azlığı dikkat çekmektedir. Ayrıca yazarın en iyi bilgisine göre Türkiye için bu değişkenlerin birlikte ele alındığı bir çalışma yoktur. Bu kapsamda, bu çalışmada Türkiye için inovasyon, verimlilik ve yenilenebilir enerji tüketimi ile genişletilmiş ÇKE hipotezi incelenerek literatürdeki bu eksikliğin giderilmesi amaçlanmaktadır. Literatürde ÇKE hipotezini, çalışmada kullanılan değişkenler ile inceleyen bazı çalışmalar paragraflar halinde aşağıda özetlenmiştir.

Literatürde genişletilmiş ÇKE hipotezini inovasyon ile test eden çalışmalardan bazıları şu şekildedir: Balsalobre-Lorente ve Álvarez-Herránz (2016), 1992-2010 dönemi için 25 OECD ülkesinde enerji inovasyonunun çevre kirliliği üzerindeki etkisini ÇKE hipotezi yardımıyla panel veri analiziyle incelemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, enerji inovasyonu sera gazı emisyonlarını düşürerek çevre kalitesini iyileştirmektedir. Benzer şekilde Álvarez-Herránz vd. (2017), 1990-2014 dönemi için 28 OECD ülkesinde enerji sektöründeki inovasyonun çevre kirliliği üzerindeki etkisini ÇKE hipotezi kapsamında panel veri yöntemi ile analiz etmişlerdir. Elde edilen bulgulara göre, inovasyon belirli bir zaman geçtikten sonra çevre kirliliğini azaltıcı etki göstermektedir. Balsalobre-Lorente vd. (2019), 1995-2016 dönemi için 16 OECD ülkesinde inovasyonun çevre kirliliği üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmada, inovasyonun çevre kirliliği üzerinde olumlu bir etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Dauda vd. (2019) ise çalışmalarında, 1990-2016 dönemi verilerini kullanarak G6, MENA ve BRICS ülkeleri için inovasyonun çevre kirliliği üzerindeki etkisini ÇKE hipotezi çerçevesinde araştırmışlardır. Çalışma bulguları, inovasyonun MENA ve BRICS ülkelerinde çevre kirliliğini artırırken, G6 ülkelerinde çevre kirliliğini azalttığını göstermektedir. En iyi 10 yenilikçi ülke için yaptıkları çalışmada Gormus ve Aydın (2020), 1990-2015 verilerini kullanarak inovasyonun çevre kirliliği üzerindeki etkisini ÇKE hipotezi altında analiz etmişlerdir. Sonuçlara göre, Kore, ABD, Finlandiya ve panelin bütünü için inovasyon çevre kirliliğini azaltmaktadır.

Literatürde genişletilmiş ÇKE hipotezini yenilenebilir enerji ile test eden çalışmalar aşağıdaki gibidir: Lopez-Menendez vd. (2014), 1996-2010 dönemi verilerini kullanarak 27 Avrupa Birliği ülkesi için yenilenebilir enerji tüketimi ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi ÇKE hipotezi kapsamında panel veri yöntemi ile analiz etmişlerdir. Çalışmada, yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kirliliğini azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bilgili vd. (2016), 1977-2010 döneminde 19 OECD ülkesi için yenilenebilir enerji tüketimi ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi ÇKE hipotezi kapsamında incelemişlerdir. Elde edilen bulgular, panel için ÇKE hipotezi geçerli olduğunu ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kirliliğini olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Yenilenebilir enerjiyi modele dâhil eden bir başka çalışmada Zoundi (2017), 25 Afrika ülkesi için 1980-2012 dönemine ait verileri kullanarak ÇKE hipotezinin geçerliliğini test etmiştir. Sonuçlar ÇKE hipotezinin bu ülkelerde geçerli olmadığını göstermektedir. Dong vd. (2017), 1985-2016 dönemi verilerini kullanarak BRICS ülkeleri için yenilenebilir enerji tüketimi ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmada, yenilenebilir enerji tüketimiyle birlikte çevre kirliliğinin azaldığı sonucuna ulaşmışlardır. Malezya için yaptıkları çalışmada Gill vd. (2018), 1970-2011 dönemi verilerini kullanarak yenilenebilir enerji üretimi ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi ÇKE hipotezi altında incelemişler ve yenilenebilir enerji üretiminin çevre kirliliğini olumsuz yönde etkilediği bulgularına ulaşmışlardır. Pata (2018) ise, 1974-2014 dönemi verilerini kullanarak Türkiye için yenilenebilir enerji tüketimi ile genişletilmiş ÇKE hipotezinin

geçerliliğini test etmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular, Türkiye’de ÇKE hipotezi geçerli olduğunu ancak çevre kirliliği ile mücadele edebilmek için yenilenebilir enerji tüketiminin yeterli düzeyde olmadığını göstermektedir. Benzer şekilde Canbay (2019), 1990-2016 dönemi verilerini kullanarak Türkiye için yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kirliliği üzerindeki etkisini araştırmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji tüketimi kısa ve uzun dönemde çevre kirliliğini azaltmaktadır. Yenilenebilir enerjiyi modele dâhil eden bir başka çalışmada Erdoğan vd. (2020), 1990-2014 dönemi için 25 OECD ülkesinde ÇKE hipotezinin geçerliliğini araştırmışlardır. Çalışma sonuçları, ilgili dönemde ÇKE hipotezinin OECD ülkeleri için geçerli olmadığını göstermektedir.

Literatürde genişletilmiş ÇKE hipotezini verimlilik ile test eden çalışmalar ise şu şekildedir: Mazzanti ve Zoboli (2009), 1991-2001 dönemi verilerini kullanarak İtalya’daki 29 sektör şubesi ve 6 hava emisyonu kategorisi için işgücü verimliliği ve çevresel verimliliğin çevre kirliliği üzerindeki etkisini ÇKE hipotezi kapsamında analiz etmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, işgücü verimliliği ile çevresel verimlilik arasında pozitif bir ilişki bulunmakta ve işgücü verimliliği, üretim sürecinde ortaya çıkan çevre kirliliğini azaltıcı etkide bulunmaktadır. Haider ve Ganaie (2017), 1971-2013 döneminde Hindistan için toplam faktör verimliliğiyle çevre kirliliği arasındaki nedensellik ilişkisini araştırdıkları çalışmada, toplam faktör verimliliğinden çevre kirliliğine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Rodriguez vd. (2018) OECD ülkeleri için yaptıkları çalışmada, 1990-2013 dönemindeki verileri kullanarak toplam faktör verimliliği ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Elde edilen bulgulara göre, OECD ülkelerinde büyümenin büyük bir bölümü verimlilik artışından kaynaklanmaktadır. Amri vd. (2019) ise, 1975-2014 dönemindeki verileri kullanarak Tunus’ta toplam faktör verimliliği ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi ÇKE hipotezi kapsamında incelemişlerdir. Sonuç olarak, ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı bulgusuna ulaşmışlardır. Loganathan vd. (2020), 1970-2018 dönemi verilerini kullanarak Malezya için toplam faktör verimliliğinin çevre kirliliği üzerindeki etkisini ÇKE hipotezi kapsamında araştırmışlardır. Sonuçlara göre, ÇKE hipotezi geçerli değildir ve toplam faktör verimliliği ile çevre kirliliği arasında uzun dönemde pozitif bir ilişki söz konusudur.

ÇKE hipotezi kapsamında Türkiye özelinde yapılan çalışmaların bazıları ise şu şekildedir: Akbostancı vd. (2009) çalışmalarında Türkiye için 1968-2003 döneminde gelir düzeyi ve çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi zaman serisi analizi ile ÇKE hipotezi kapsamında incelemişlerdir. Çalışma sonuçları, uzun vadede iki değişken arasında artan bir ilişki olduğunu göstermektedir. Ayrıca çalışma sonuçları ÇKE hipotezini destekler niteliktedir. Ozturk ve Acaravci (2013) çalışmalarında, Türkiye için 1960-2007 döneminde ekonomik büyüme, enerji tüketimi, finansal gelişme ve karbon emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisi Granger nedensellik modeli ile ÇKE hipotezi çerçevesinde araştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre Türkiye’de ÇKE hipotezi geçerlidir. Bununla birlikte, enerji tüketiminden ekonomik büyüme ve karbon emisyonuna uzun vadeli bir nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Bölük ve Mert (2015), Türkiye için yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi ARDL modeli ile ÇKE hipotezi çerçevesinde incelemişlerdir. Sonuçlar, ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre kirliliğini azalttığını göstermektedir. Çağlar ve Mert (2017) çalışmalarında Türkiye için 1960-2013 dönemi verilerini kullanarak yenilenebilir enerji tüketimi ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi yapısal kırılmalı birim kök testi ve yapısal kırılmaya izin veren eşbütünleşme analizi yardımıyla ÇKE hipotezi kapsamında incelemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, Türkiye için ÇKE hipotezi geçerlidir. Bununla birlikte, yenilenebilir enerji tüketimi çevre kirliliğini azaltmaktadır. Çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde, elde edilen bulgular inovasyon, yenilenebilir enerji ve verimliliğin çevre kirliliği üzerinde azaltıcı etki yaratma eğiliminde olduğunu göstermektedir.

3. Veri, Model ve Ekonometrik Yöntem

3.1. Veri

Bu çalışmada, Türkiye’de 1980-2018 dönemi için ekonomik büyüme, inovasyon, verimlilik, yenilenebilir enerji tüketimi ve çevre kirliliği arasındaki ilişki ÇKE hipotezi kapsamında araştırılmıştır. Araştırmada kullanılan değişkenlerin göstergeleri, ölçümleri ve kaynakları Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Veri Tanımları

Değişken	Gösterge	Ölçüm	Kaynak
Ekonomik Büyüme	EB	Kişi başına, 2010 sabit fiyatlarla dolar	Dünya Bankası
Çevre Kirliliği	ÇK	CO ₂ , kişi başı milyon ton	British Petroleum
İnovasyon	INV	Kişi başına patent başvuruları	Dünya Bankası
Verimlilik	VRM	İşgücü verimlilik büyümesi (yıllık büyüme oranı)	OECD
Yenilenebilir Enerji	YE	Kişi başına milyon ton petrol eşdeğeri	Ulusal Enerji Ajansı

Çalışmada verimlilik ve inavasyon değişkenleri için veri tanımları sırasıyla Mazzanti ve Zoboli (2009) ve Gormus ve Aydın (2020) çalışmaları izlenerek belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan veri dönemi, tüm değişkenler için ortak veri uygunluğu dikkate alınarak belirlenmiştir.

3.2. Model

Türkiye için ÇKE hipotezini test etmek amacıyla aşağıdaki model kullanılmıştır:

$$\ln \text{ÇK}_t = \beta_0 + \beta_1 \ln EB_t + \beta_2 \ln EB_t^2 + \beta_3 \ln YE_t + \beta_4 \ln INV_t + \beta_5 \ln VRM_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

ÇKE hipotezinin geçerli olması için bazı koşulların sağlanması gerekmektedir. Bu koşullar şu şekilde özetlenebilir:

- ÇKE modelinde eşbütünleşme ilişkisi olmalıdır.
- $\ln EB_t$ katsayısı (β_1) pozitif ve anlamlı olmalıdır.
- $\ln EB_t^2$ katsayısı (β_2) negatif ve anlamlı olmalıdır.

Yukarıdaki koşulların sağlanması durumunda ÇKE hipotezindeki dönüm noktası aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$Y^* = e^{-\frac{\beta_1}{2\beta_2}} \quad (2)$$

3.3. Ekonometrik Yöntem

Bootstrap ARDL Eşbütünleşme Testi

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin araştırılmasında başlıca kullanılan yöntemlerden biri Pesaran vd. (2001) tarafından önerilen Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (ARDL) yöntemidir. Bu yöntem, analize dahil edilen değişkenlerin farklı bütünleşme seviyelerine sahip olmalarına izin vermesi nedeniyle çalışmalarda sıklıkla tercih edilmektedir. Ancak, McNown vd. (2018), bu yöntemin zayıf güç ve boyut özelliklerine sahip olduğunu ve bu sorunun üstesinden gelebilmek için bootstrap yaklaşımının benimsenmesi gerektiğini ileri sürerek Bootstrap ARDL yaklaşımını önermişlerdir. Böylelikle, ARDL

yaklaşımında serilerin bütünleşme mertebeleri hakkında gerekli olan varsayımların esnetilebilmesine olanak sağlamışlardır. Yöntemin bir diğer avantajı olarak ise birden fazla açıklayıcı değişken içeren dinamik modeller için kullanışlı olması gösterilmektedir (Shahbaz vd. 2018).

Çalışmada ÇKE hipotezinin incelenmesinde kullanılan ARDL modeli aşağıdaki gibidir:

$$\Delta \ln \text{ÇK}_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta \ln \text{ÇK}_{t-i} + \sum_{i=0}^q \alpha_2 \Delta \ln \text{EB}_{t-i} + \sum_{i=0}^w \alpha_3 \Delta \ln \text{EB}^2_{t-i} + \sum_{i=0}^u \alpha_4 \Delta \ln \text{YE}_{t-i} + \sum_{i=0}^k \alpha_5 \Delta \ln \text{INV}_{t-i} + \sum_{i=0}^s \alpha_6 \Delta \ln \text{VRM}_{t-i} + \beta_1 \ln \text{ÇK}_{t-1} + \beta_2 \ln \text{EB}_{t-1} + \beta_3 \ln \text{EB}^2_{t-1} + \beta_4 \ln \text{YE}_{t-1} + \beta_5 \ln \text{INV}_{t-1} + \beta_6 \ln \text{VRM}_{t-1} + e_t \quad (3)$$

Burada, Δ fark işlemcisi ve α_0 sabit terim olmak üzere, $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ ve $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ sırasıyla kısa ve uzun dönem katsayılarını temsil etmektedir. Modelde ayrıca, p,q,w,u,k ve s optimal gecikme uzunluklarını belirtmektedir. Pesaran vd. (2001) ARDL sınır testi, F ve bağımlı değişkene ait t istatistiğine (t-bağımlı) dayanmaktadır. F-istatistik değerleri için asimptotik kritik değerler, değişkenlerin tamamen I (0) veya tamamen I (1) olduğu varsayıldığı iki farklı sınır için kullanılabilir. Eğer hesaplanan F istatistik değeri, kritik sınır değerlerin dışında ise eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığı hakkında kesin bir sonuca varılabilmektedir. Ancak, F istatistik değeri, kritik sınır değerleri arasında bir değer almış ise eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığı hakkında net bir sonuca ulaşılamamaktadır (Pesaran ve ark. 2001). Bootstrap ARDL yönteminde ise, bootstrap yöntemi ile herbir verinin belirli bütünleşme özelliklerine dayalı olarak kritik değerler üretilmektedir. Böylelikle ARDL yöntemindeki kararsızlık durumu ortadan kaldırılmaktadır. (McNown vd. 2018). Bootstrap ARDL yönteminde mevcut F ve t-bağımlı testlerine ek olarak bağımsız değişkenlerin gecikmeli değerleri için ek bir test geliştirilmiştir (F-bağımsız). Bu yöntemde kullanılan test istatistikleri ve bu test istatistiklerinin sınanmasında kullanılan temel hipotezler Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2. Bootstrap ARDL Test İstatistikleri ve Sıfır Hipotezleri

Test İstatistiği	Tanım	Sıfır Hipotez
F	Genel F istatistiği (Pesaran vd., 2001)	$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = \alpha_6 = 0$
t-bağımlı	Bağımlı değişkenin gecikmeli değeri için t-istatistiği	$\beta_1 = 0$
F-bağımsız	Bağımsız değişkenlerin gecikmeli değerleri için F-istatistiği	$\alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = \alpha_6 = 0$

Analize dahil edilen değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olması için her üç istatistiğin de eş zamanlı olarak bootstrap ARDL testinde anlamlı ve bootstrap kritik değerlerinden büyük olması gerekmektedir (McNown vd. (2018)).

Bootstrap Nedensellik Testi

Hacker ve Hatemi-J (2006) tarafından önerilen bootstrap nedensellik testi, Toda ve Yamamoto (1995) nedensellik testini temel almakta ve kritik değerleri bootstrap prosedürü ile üretilmektedir. Kritik değerlerin bootstrap yöntemi ile elde edilmesinin sağladığı bazı avantajlar şu şekilde özetlenmektedir (Hacker ve Hatemi-J, 2006):

- i) Kritik değerler daha keskin bir şekilde elde edilebilmekte ve böylelikle sapmalar azalmaktadır.
- ii) Normallik varsayımına karşı duyarlıdır. Toda Yamamoto nedensellik testi asimptotik ki-kare dağılımını dikkate almaktadır. Ancak kalıntılar normal dağılmadığında bu yöntemle ait kritik değerler kullanılamamakta ve hipotez testi sonuçları geçersiz olmaktadır. Bootstrap nedensellik testinde ise kritik değerler bootstrap yöntemi ile elde edilmesinden dolayı bu varsayım esnetilmektedir.
- iii) Zamanla değişen oynaklığa karşı duyarlıdır.

Yöntemin temel hipotezi değişkenler arasında bir nedensellik ilişkisi olmadığını göstermekte ve aşağıdaki eşitlikte verilen MWALD test istatistiğiyle sınanmaktadır:

$$MWALD = (C\beta)' \left[C((Z'Z)^{-1} \otimes S_U C')^{-1} (C\beta) \right] \quad (4)$$

Burada $\otimes$, Kronecker çarpımını olmak üzere, C , kısıtları içeren gösterge matrisini ve S_U , kısıtsız VAR modeli için varyans-kovaryans matrisini temsil etmektedir. (Hacker ve Hatemi-J (2006)).

Hesaplanan MWALD istatistik değerinin bootstrap kritik değerleri ile karşılaştırılması ile temel hipotezin (değişkenler arasında nedensellik ilişkisi yoktur) reddedilip reddedilemeyeceğine karar verilmektedir. Eğer, MWALD istatistiği ilgili kritik değerlerinden büyük ise temel hipotez reddedilmektedir. Aksi takdirde temel hipotez reddedilememektedir (Aydın, 2019).

4. Ampirik Sonuçlar

Çalışmada kullanılan Bootstrap ARDL yöntemi ve bootstrap nedensellik testi, bootstrap prosedürünün sağladığı esneklikler nedeniyle birim kök testi yapılmadan da kullanılabilir. Ancak, hem Bootstrap ARDL yönteminde hem de bootstrap nedensellik testinde aşağıda belirtilen durumlar nedeniyle değişkenlerin durağanlıklarının araştırılması daha doğru olarak görülmektedir:

- i) Bootstrap nedensellik testi, Toda Yamamoto nedensellik testini temel aldığı için maksimum bütünleşme seviyesinin belirlenmesi gerekmektedir.
- ii) Bootstrap ARDL yönteminde hesaplanan kritik değerler, değişkenlerin I (0) veya I (1)'de durağan olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bu nedenle çalışmada incelenen değişkenlerin I (2) olmadıklarını kanıtlamak gerekmektedir.

Bu kapsamda, bu çalışmada maksimum bütünleşme seviyesini belirlemek ve incelenen değişkenlerin I (2) olmadıklarını kanıtlamak amacıyla ilk olarak değişkenlerin durağanlıkları ADF (Dickey & Fuller, 1979) ve PP (Phillips & Perron, 1988) birim kök testleri ile araştırılmış ve elde edilen bulgular Tablo 3'te sunulmuştur. Çalışmada ayrıca, incelenilen dönemde yapısal bir değişim olabilme durumu göz önüne alınarak serilerin durağanlığı yapısal kırılmalara izin veren Zivot Andrews (1992) birim kök testi ile de kontrol edilmiş ancak, kırılmaların varlığı ile birlikte farklı bir sonuç ve anlamlı bir kırılma tarihi elde edilemediği için bu sonuçlar raporlanmamıştır. İlgili sonuçlar yazarlardan temin edilebilir.

Tablo 3. Birim Kök Testi Sonuçları

Test istatistiği			
Değişkenler	ADF	PP	Sonuç
EB	1.723478(0)	3.286806(6)	I(1)
Δ EB	-5.55942(0)*	-5.55942(0)*	
ÇK	-0.04015(0)	0.555115(6)	I(1)
Δ ÇK	-7.7279(0)*	-8.52273(5)*	
INV	2.701227(1)	2.414255(3)	I(1)
Δ INV	-4.82372(0)*	-4.86548(2)*	
VRM	-8.27683(0)*	-8.32154(1)*	I(0)
YE	0.415696(0)	1.574039(15)	I(1)
Δ YE	-6.89329(0)*	-7.80611(9)*	

Not: Parantez içerisindeki değer ADF için Schwarz ve PP için Newey-West kriterleri ile belirlenen uygun gecikme uzunluklarını göstermektedir. *, %1 anlamlılık düzeylerinde serilerin durağan olduğunu ifade etmektedir. Durağanlık sabitli model yardımıyla araştırılmıştır.

Tablo 3'teki sonuçlar değerlendirildiğinde VRM değişkeninin düzeyde, diğer değişkenlerin birinci farklarında durağan oldukları görülmektedir. Bu sonuçlar, incelenen değişkenlerin I (2) olmadıklarını ve ÇK ve diğer değişkenler arasında maksimum bütünleşme seviyesinin 1 olduğunu göstermektedir. İncelenen değişkenlerin I (2) olmadıkları bilgisine ulaşılmasının ardından, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki Bootstrap ARDL yaklaşımı ile araştırılmıştır. Bootstrap ARDL modelinde optimum gecikme uzunluğu Schwarz bilgi kriterinin minimum olduğu değer dikkate alınarak (1,0,1,0,1,1) olarak belirlenmiş ve eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığına dair elde edilen bulgular Tablo 4'te sunulmuştur

Tablo 4. Bootstrap ARDL Test Sonuçları

Model	Test İstatistikleri			
ARDL (1,0,1,0,1,1)	F	t-bağımlı	F-bağımsız	
	1.577	0.3056	1.963	
Bootstrap Kritik Değerler	1%	7.067	4.725	7.984
	5%	4.938	3.831	5.622
	10%	4.102	3.341	4.520

Not: Kritik değerler 2000 bootstrap döngüsü ile ele edilmiştir. ARDL modelinde uygun gecikme uzunlukları Schwarz bilgi kriteri yardımıyla seçilmiştir. Maksimum gecikme uzunluğu 2 olarak kullanılmıştır.

Tablo 4' deki sonuçlar her üç test istatistiğine göre de ÇKE modelinde eşbütünleşme ilişkisi olmadığını göstermektedir. Bu sonuç, ÇKE hipotezinin geçerliliğinde aranan ÇKE modelinde eşbütünleşme ilişkisi olmalıdır koşulunu sağlamadığından Türkiye için ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı sonucu ortaya

çıkılmaktadır. Diğer bir deyişle Türkiye için Model 3'te yer alan bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki bulunmamaktadır. Uzun dönemli ilişkinin araştırılmasının ardından son olarak çevre kirliliği ile diğer değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi bootstrap nedensellik testi ile araştırılmış ve elde edilen bulgular Tablo 5'te gösterilmiştir.

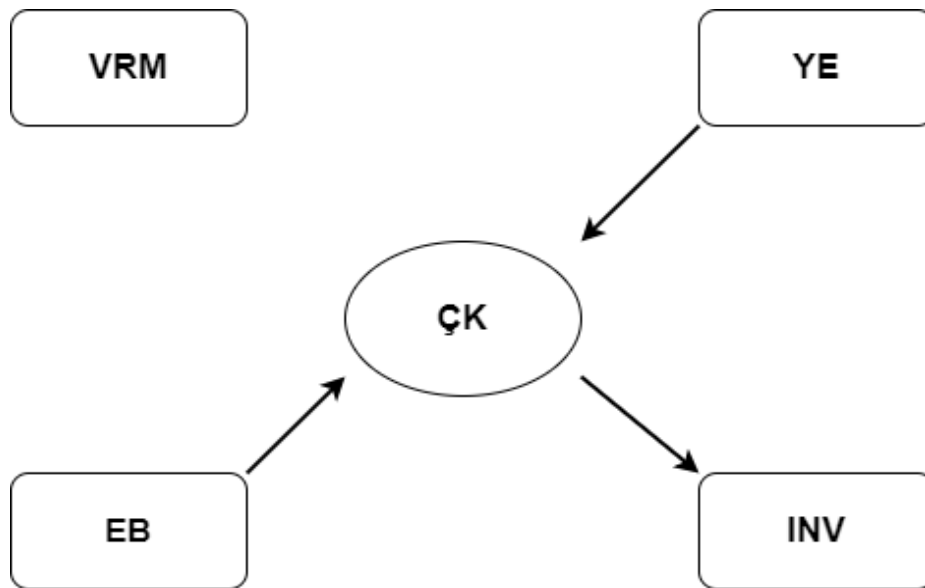
Tablo 5. Bootstrap Nedensellik Testi Sonuçları

Nedenselliğin Yönü	Test İstatistiği	Bootstrap Kritik Değerler		
		%1	%5	%10
ÇK→EB	2.626(3)	11.195	6.871	5.189
EB→ÇK	5.784(3)***	12.801	7.713	5.686
ÇK→VRM	1.576(3)	10.679	6.625	4.989
VRM→ÇK	1.191(3)	10.784	6.434	4.979
ÇK→INV	5.336(3)***	11.178	6.744	5.039
INV→ÇK	0.412(3)	10.946	6.747	5.012
ÇK→YE	0.932(3)	10.228	6.249	4.726
YE→ÇK	7.793(3)***	13.129	7.831	5.757

Not: Parantez içerisindeki değerler, Hacker ve Hatemi-J (2006) bootstrap nedensellik testi için uygun gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Tablo 5'teki sonuçlar değerlendirildiğinde, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerjiden çevre kirliliğine doğru ve çevre kirliliğinden inovasyona doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu görülmektedir. Çevre kirliliği ile diğer değişkenler arasındaki nedensellik testinden elde edilen bulgular ayrıca görsel olarak Şekil 1'de özetlenmiştir.

Şekil 1. Bootstrap Nedensellik Testi Sonuçları



Sonuç

Bu çalışmada, Türkiye’de 1980-2018 dönemi için ÇKE hipotezinin geçerliliği, ekonomik büyüme, inovasyon, verimlilik, yenilenebilir enerji tüketimi ve çevre kirliliği değişkenleri arasındaki ilişki üzerinden incelenmiştir. Bu kapsamda, Bootstrap eşbütünleşme ve nedensellik testleri yardımıyla değişkenler arasındaki ilişki analiz edilerek ÇKE hipotezinin geçerliliği araştırılmıştır. Çalışmada ilk olarak kullanılan değişkenlerin I(2) olmadıklarını kanıtlamak ve maksimum bütünleşme seviyesini belirlemek amacıyla serilerin durağanlığı ADF ve PP birim kök testleri ile test edilmiştir. Birim kök testi sonuçları, incelenen serilerde I(2) bütünleşme seviyesine sahip bir değişken olmadığı ve çevre kirliliği ile diğer değişkenler arasında maksimum bütünleşme seviyesinin 1 olduğunu göstermiştir. Birim kök testlerinin ardından ÇKE hipotezinin geçerliliği Bootstrap ARDL eşbütünleşme testi ile araştırılmış ve Türkiye için ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç, farklı ülkeler için benzer değişkenleri içeren Zoundi (2017), Amri vd. (2019), Loganathan (2020), Gormus ve Aydın (2020) ile Erdogan vd. (2020)’ni destekler niteliktedir. Çalışmada son olarak çevre kirliliği ile diğer değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi bootstrap nedensellik testi ile incelenmiş ve ekonomik büyüme ve enerji tüketiminden çevre kirliliğine doğru ve çevre kirliliğinden inovasyona doğru bir nedensellik ilişkisi olduğu bulgusuna rastlanmıştır.

Çevre kirliliği enerji, atık, endüstri ve tarım kaynaklı olabilir. Dünya genelinde çevre kirliliğinin başlıca kaynağı enerjidir. Türkiye’de enerji kaynaklı CO₂ salınımı oranı 1990’dan bu yana sürekli artış göstermektedir. Türkiye’de 1990’da enerji kaynaklı CO₂ salınımı, diğer kaynaklardan oluşan CO₂ salınımının yaklaşık 3 katı büyüklüğündeyken, 2018’de bu oran yaklaşık 8 kat büyüklüğe ulaşmıştır (OECD, 2020). Görüldüğü üzere, CO₂ salınımının artırmasındaki en büyük etki enerji kullanımı sonucu oluşmaktadır. Bu bağlamda çevreye duyarlı yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılması çevre kirliliğinin azaltılmasında etkili olacaktır. Ayrıca, nüfus artışı ve kentleşmeyle beraber enerji talebinde büyük bir artış beklenmektedir. Öte yandan günümüzde gelişmiş ülkeler dışındaki yenilenebilir enerji üretimi istikrarlı görünmemektedir. Bu yüzden enerji talebinin büyük bir bölümünün fosil yakıtlardan elde edileceği düşünülmektedir (BP Energy, 2016). Nitekim Türkiye günümüzde enerji talebinin sadece %20 sini yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılamaktadır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında imzalanan Kyoto Protokolü’nde Türkiye 2023 yılında bu talebin %30’unu yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlamayı hedeflemektedir. Türkiye, coğrafi konum itibarıyla yenilenebilir enerji kullanımına oldukça uygun olan bir ülkedir. Türkiye’de, yenilenebilir enerji kaynaklarına 2000’li yıllardan bu yana yatırımlar yapılsa da potansiyel kullanım seviyesine ulaşılmamıştır. Bu bağlamda yenilenebilir enerji kullanımının artırılması yoluyla uluslararası konferanslarda taahhüt edilen ve hedeflenen sera gazı salınımına ulaşılabilir ve böylece çevreye verilen zarar azaltılabilir.

Rio Çevre Konferansı gibi birçok uluslararası konferans ve anlaşmalarda çevre kirliliği ile mücadelede yenilenebilir enerjinin desteklenmesi gerektiği belirtilmiştir. Öte yandan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında 1994’ten bu yana her yıl düzenlenen Taraflar Konferansı’nda yenilenebilir enerjinin çevre kirliliğini önemli ölçüde etkileyeceği vurgulanmaktadır. Çalışmadaki yenilenebilir enerji tüketimine yönelik ulaşılan sonuçlar bu görüşleri desteklemektedir. Öte yandan, çevre-ekonomik büyüme-inovasyon ilişkisine odaklanan içsel büyüme teorisi, çevre kirliliğinin artmasıyla inovasyon alanındaki gelişmeler sonucu çevreye daha duyarlı olunacağını savunmaktadır. Çevre kirliliğinden inovasyona doğru bir nedensellik ilişkisi, içsel büyüme teorisinin bu görüşünü desteklemektedir. Ekonomik büyümeden çevre kirliliğine doğru nedensellik ilişkisi bulunması, Türkiye’de ekonomik gelişmelerin çevre kirliliği üzerinde önemli etkileri olduğunun göstergesidir. Bu kapsamda karar alıcıların çevreye duyarlı ekonomi politikaları izlemesi çevre kirliliği üzerinde olumlu etki yaratacaktır.

Kaynakça

- 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.
- Álvarez-Herránz, A., Balsalobre, D., Cantos, J. M., ve Shahbaz, M. (2017). Energy innovations-GHG emissions nexus: fresh empirical evidence from OECD countries. *Energy Policy*, 101, 90-100.
- Amri, F., Zaied, Y. B., ve Lahouel, B. B. (2019). ICT, total factor productivity, and carbon dioxide emissions in Tunisia. *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 212-217.
- Aydın, M. (2019). İnsani gelişme ve ekonomik büyüme ilişkisi: Türkiye üzerine ampirik bir çalışma. *Research Journal of Politics, Economics & Management/Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 7(4).
- Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., Jabbour, C. J. C., ve Driha, O. M. (2019). The role of energy innovation and corruption in carbon emissions: Evidence based on the EKC hypothesis. In *Energy and Environmental Strategies in the Era of Globalization* (pp. 271-304). Springer, Cham.
- 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.
- 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.
- British Petroleum (BP) Energy, (2016), Outlook to 2035, British Petroleum.
- Canbay, Ş. (2019). Türkiye'de iktisadi büyüme ile yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kirliliği üzerindeki etkileri. *Maliye Dergisi*, 176, 140-151.
- Çağlar, A. E., ve Mehmet, M. E. R. T. (2017). Türkiye'de çevresel Kuznets Hipotezi ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon salımı üzerine etkisi: Yapısal kırılmalı eşbütünleşme yaklaşımı. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(1), 21-38.
- Dauda, L., Long, X., Mensah, C. N., ve Salman, M. (2019). The effects of economic growth and innovation on CO 2 emissions in different regions. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(15), 15028-15038.
- Dickey, D.A. ve W.A. Fuller (1979), Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root, *Journal of the American Statistical Association*, 74, 427-431.
- Dong, K., Sun, R., ve Hochman, G. (2017). Do natural gas and renewable energy consumption lead to less CO2 emission? Empirical evidence from a panel of BRICS countries. *Energy*, 141, 1466-1478.
- Erdogan, S., Okumus, I., ve Guzel, A. E. (2020). Revisiting the Environmental Kuznets Curve hypothesis in OECD countries: the role of renewable, non-renewable energy, and oil prices. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-9.
- Gill, A. R., Viswanathan, K. K., ve Hassan, S. (2018). A test of environmental Kuznets curve (EKC) for carbon emission and potential of renewable energy to reduce greenhouse gases (GHG) in Malaysia. *Environment, Development and Sustainability*, 20(3), 1103-1114.
- Gormus, S., ve Aydın, M. (2020). Revisiting the environmental Kuznets curve hypothesis using innovation: new evidence from the top 10 innovative economies. *Environmental Science and Pollution Research International*.
- Grossman, G. M., ve Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement (No. w3914). *National Bureau of Economic Research*.

- Hacker, R. S., ve Hatemi-J, A. (2006). Tests for causality between integrated variables using asymptotic and bootstrap distributions: theory and application. *Applied Economics*, 38(13), 1489-1500.
- Haider, S., ve Ganaie, A. A. (2017). Does energy efficiency enhance total factor productivity in case of India?. *OPEC Energy Review*, 41(2), 153-163.
- Loganathan, N., Mursitama, T. N., Pillai, L. L. K., Khan, A., ve Taha, R. (2020). The effects of total factor of productivity, natural resources and green taxation on CO2 emissions in Malaysia. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-12.
- López-Menéndez, A. J., Pérez, R., ve Moreno, B. (2014). Environmental costs and renewable energy: Re-visiting the Environmental Kuznets Curve. *Journal of Environmental Management*, 145, 368-373.
- Lorente, D. B., ve Alvarez-Herranz, A. (2016). An approach to the effect of energy innovation on environmental Kuznets curve: An introduction to inflection point. *Bulletin of Energy Economics*, 4(3), 224-233.
- Mazzanti, M., ve Zoboli, R. (2009). Environmental efficiency and labour productivity: Trade-off or joint dynamics? A theoretical investigation and empirical evidence from Italy using NAMEA. *Ecological Economics*, 68(4), 1182-1194.
- McNown, R., Sam, C. Y., ve Goh, S. K. (2018). Bootstrapping the autoregressive distributed lag test for cointegration. *Applied Economics*, 50(13), 1509-1521.
- Nelson RR (1996) *The sources of economic growth*. Harvard University Press, MA
- Ozturk, I., ve Acaravci, A. (2013). The long-run and causal analysis of energy, growth, openness and financial development on carbon emissions in Turkey. *Energy Economics*, 36, 262-267.
- OECD, https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=AIR_GHG&lang=en (Erişim tarihi: 19.09.2021)
- Pata, U. K. (2018). 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., ve Aydin, M. (2020). Testing the EKC hypothesis for the top six hydropower energy-consuming countries: Evidence from Fourier Bootstrap ARDL procedure. *Journal of Cleaner Production*, 121699.
- 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.B. ve P. Perron (1988), Testing for unit roots in time series regression, *Biometrika*, 75, 335-346.
- Rodríguez, M. C., Haščič, I., ve Souchier, M. (2018). Environmentally adjusted multifactor productivity: methodology and empirical results for OECD and G20 countries. *Ecological Economics*, 153, 147-160.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.
- Romer, P. M. (1994). The origins of endogenous growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 3-22.
- Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalism, socialism and democracy* (1976 ed.). New York: Harper & Row
- Shahbaz, M., Nasir, M. A., ve Roubaud, D. (2018). Environmental degradation in France: the effects of FDI, financial development, and energy innovations. *Energy Economics*, 74, 843-857.
- Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. The review of *Economics and Statistics*, 312-320.

Zoundi, Z. (2017). CO2 emissions, renewable energy and the Environmental Kuznets Curve, a panel cointegration approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 1067-1075.

Extended Abstract

Background

The relationship between economic growth and environmental quality is generally examined in the literature under the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis developed by Grossman and Krueger (1991). The EKC is a curve showing an inverted U-shaped relationship between per capita income and environmental quality. According to this hypothesis, economies tend to harm the natural environment up to a certain point in the first stage. However, after reaching a certain point in time, this situation is reversed and environmental quality begins to increase. In the EKC hypothesis model, although the relationship between growth and environmental variables was initially examined, variables such as energy consumption, globalization, urbanization, human capital, and financial development began to be included in the model over time (Pata and Aydın, 2020). Economic growth theories define the factors of production as labor, capital, natural resources, and entrepreneur. However, studies show that basic production factors alone are not sufficient to explain economic growth. In this direction, Schumpeter (1942) argues that the source of economic development is innovation. Similarly, according to the endogenous growth theory based on the Schumpeterian growth model, it is seen that the technology factor is included in the growth model. On the other hand, some studies on economic growth reveal that productivity is also an effective factor. As a matter of fact, Solow (1957) used the marginal productivity theory while investigating the contribution of labor, capital, and innovation to the economic growth of the USA. Studies based on the Solow growth model explain the part of economic growth that cannot be explained by labor and capital as total factor productivity. In this context, it is important to expand the research area by examining the effect of innovation, efficiency, and renewable energy, which are associated with economic growth in the literature, on environmental pollution.

Research Purpose

The aim of this study is to examine the effects of innovation, efficiency, and renewable energy consumption on environmental pollution in Turkey in the 1980-2018 period, with bootstrap cointegration and causality approaches within the scope of the EKC hypothesis. In the literature, these variables are thought to be effective on the environment. When evaluated in this context, according to the best knowledge of the author, it is the first study in which the EKC hypothesis for Turkey has been expanded with these variables. The study is expected to contribute to the literature in this sense.

Methodology

The following model was used to test the EKC hypothesis for Turkey:

$$\ln \dot{CK}_t = \beta_0 + \beta_1 \ln EB_t + \beta_2 \ln EB_t^2 + \beta_3 \ln YE_t + \beta_4 \ln INV_t + \beta_5 \ln VRM_t + \varepsilon_t$$

In order for the EKC hypothesis to be valid, some conditions must be met. These conditions are as follows:

- i) There should be a cointegration relationship in the EKC model.
- ii) $\ln EB_t$ coefficient (β_1) must be positive and significant.
- iii) $\ln EB_t^2$ coefficient (β_2) must be negative and significant.

If the above conditions are met, the turning point in the EKC hypothesis is calculated as follows:

$$Y^* = e^{-\frac{\beta_1}{2\beta_2}}$$

In the study, the validity of the EKC hypothesis was examined with the Bootstrap ARDL method. In addition, the causality relationship between the variables was investigated by Hacker and Hatemi-J (2006) bootstrap causality analysis.

Findings

The validity of the EKC hypothesis was investigated with the Bootstrap ARDL cointegration test and it was concluded that the EKC hypothesis is not valid for Turkey. In addition, the causality relationship between environmental pollution and other variables was examined with the bootstrap causality test and it was found that there was a causality relationship from economic growth and energy consumption to environmental pollution and from environmental pollution to innovation.

Conclusion

In many international conferences and agreements such as the Rio Environmental Conference, it has been stated that renewable energy should be supported in the fight against environmental pollution. Similarly, at the Conference of the Parties held every year since 1994 within the scope of the United Nations Framework Convention on Climate Change, it is emphasized that renewable energy will significantly affect environmental pollution. The results of the study on renewable energy consumption support these views. On the other hand, the endogenous growth theory, which focuses on the environment-economic growth-innovation relationship, argues that with the increase in environmental pollution, it will be more sensitive to the environment as a result of developments in the field of innovation. A causal relationship from environmental pollution to innovation supports this view of endogenous growth theory. The causal relationship between economic growth and environmental pollution indicates that economic developments in Turkey have important effects on environmental pollution. In this context, the environmentally sensitive economic policies of decision makers will have a positive effect on environmental pollution.