

Finansal Gelişme, İnovasyon ve CO₂ Emisyonları: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı

&

Financial Development, Innovation and CO₂ Emissions: ARDL Boundary Testing Approach

Havva GÜLTEKİN
Trakya Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü
Trakya University, Faculty of Economics and Administrative Sciences,
Department of Econometrics
havvagultekin@trakya.edu.tr
Orcid ID: 0000-0002-3157-4635

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types : Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received : 22.03.2023

Kabul Tarihi / Accepted : 04.07.2023

Yayın Tarihi / Published : 04.07.2023

Yayın Sezonu : Haziran

Pub Date Season : June

Cilt / Volume: 7 Sayı – Issue: 1 Sayfa / Pages: 25-39

Atıf/Cite as: Gültekin, H. (2023). Finansal Gelişme, İnovasyon ve CO₂ Emisyonları: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. Econder International Academic Journal, 7 (1) , 25-39. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/econder/issue/78788/1269394>

İntihal /Plagiarism: Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and scanned via a plagiarism software.

Copyright © Published by Hayrettin KESGİNGÖZ- KSU University, Kahrmanmaraş, 46000 Turkey. All rights reserved.

Finansal gelişme, İnovasyon ve CO₂ Emisyonları: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı

Öz

Bu çalışmada Türkiye’de finansal gelişme, inovasyon ve ekonomik büyümenin karbon emisyonları üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Bu kapsamda 1980-2020 döneminde yıllık veriler değerlendirilerek, ele alınan değişkenler arasındaki uzun dönem ilişki ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılarak test edilmiştir. Değişkenler arasındaki nedensel ilişkilerin belirlenmesi aşamasında ise Toda-Yamamoto nedensellik yaklaşımı kullanılmıştır. Gerçekleştirilmiş olan ARDL sınır testinden elde edilen bulgular, söz konusu değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin var olduğunu göstermektedir. Finansal gelişme ve ekonomik büyüme karbon emisyonlarında artışa sebep olurken, inovasyonun karbon emisyonlarında azalışa neden olduğu tespit edilmiştir. Toda-Yamamoto testinden elde edilen sonuçlar, finansal gelişme ve karbon emisyonları arasında çift yönlü nedensellik olduğunu gösterirken, kişi başı gayri safi yurtiçi hâsıla ve inovasyon değişkenlerinden karbon emisyonlarına tek yönlü nedensellik var olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: CO₂ Emisyonları, Finansal Gelişme, İnovasyon, ARDL, Nedensellik

Financial Development, Innovation and CO₂ Emissions: ARDL Bound Test Approach

Abstract

In this study, it has been examined the impact of financial development, economic growth and innovation on carbon emissions in Turkey. In this context, it has been used annual data covering the period 1980-2020 and it has been tested the long-run relationship between the variables by the ARDL bounds test approach. In addition, this was used Toda-Yamamoto causality approach for the purpose of determination of the causal relationships between the variables. The results of the ARDL test performed show that there is a long-term relationship between these variables considered. It has been concluded that financial development and economic growth cause an increase in carbon emissions, on the contrary, innovation causes a decrease in carbon emissions. The results from the Toda-Yamamoto test show that there is bidirectional causality between financial development and carbon emissions, while there is unidirectional causality from per capita gross domestic product and innovation variables to carbon emissions.

Keywords: Financial Development, Innovation, CO₂ Emissions, ARDL, Casuality

Giriş

Sürdürülebilir ekonomik büyümeyi sağlama hedefleri doğrultusunda ülkeler yatırım ve üretim faaliyetlerine ağırlık vermektedirler. Bu faaliyetlerde yaşanan artış sonucunda ise enerji kaynaklarının kullanımı, enerji kaynaklarına olan bağımlılık daha fazla artmaktadır. Enerji kaynaklarına olan ihtiyacın artması ve enerji kaynaklarının yoğun olarak kullanılması sonucunda hava ve su ile birlikte çevre kirliliğinde artış görülmekte ve çevre kirliliğindeki artış iklim değişikliğine sebep olmaktadır. Bu bağlamda iklim değişikliği ülkelerin ekonomik büyümesinin önüne en büyük engellerden biri olarak ortaya çıkmaktadır.

Genel olarak iklim değişikliğinin en önemli nedeninin enerji kullanımı kaynaklı olarak CO_2 emisyonlarında görülen artış olduğu bilinmektedir. Küresel anlamda enerji kaynakları kullanımından kaynaklı CO_2 emisyonlarının 2021 yılında 1980 yılına göre yaklaşık % 84 artmış olduğu söylenebilmektedir (BP Statistical Review, 2022)

Yaşanan iklim değişikliği, sürdürülebilir ekonomik büyümenin sağlanmasında teknolojik gelişme ile birlikte düşük karbon emisyonlu büyümeyi gerekli kılmaktadır. Dolayısıyla inovasyon, ülkeler açısından çevre kirliliği sorununun aşılmasında ve kalkınmayı sağlamada etkin bir yol olarak düşünülmektedir (Lai, Liu, Shi, Georgiev ve Wu, 2017). Copeland ve Taylor (2004) teknolojik yenilikler sayesinde, fosil enerji tüketiminden, sürdürülebilir enerji kaynaklarına geçişin kolaylaşabileceğini ve böylelikle çevre kirliliğinde artış olmadan ekonomik büyümenin sağlanabileceğini belirtmişlerdir.

Diğer taraftan finansal gelişme ise, daha düşük finansman maliyetleri yaratarak, daha fazla kişinin bu olanaklardan yararlanmasına imkân tanıyarak, yatırım ve üretim faaliyetlerinin artmasına sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarak ekonomik büyümede artış gerçekleşmekte ve ekonomik büyüme de enerji tüketim seviyesini artırmaktadır. Böylelikle finansal gelişme dolaylı olarak CO_2 emisyonlarını artırmış olmaktadır (Danish, Saud, Baloch ve Lodhi, 2018; Khan, Yaseen ve Ali, 2017).

Bu bağlamda CO_2 emisyonlarını azaltmak iklim değişikliğini önlemek, sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak ve etkin politikaların geliştirilmesi amacıyla çevre kirliliğine neden olan faktörlerin belirlenmesi önem arz etmektedir. Literatürde yapılan çok sayıda çalışma ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin CO_2 emisyonları üzerindeki etkisini konu almıştır. Bu çalışmada karbon emisyonlarındaki değişimi açıklamak amacıyla finansal gelişme, inovasyon ve ekonomik büyüme değişkenleri kullanılmaktadır. Bu motivasyonla 1980-2020 dönemi ele alınarak Türkiye için değişkenler arasındaki ilişki ARDL sınır testi yaklaşımıyla incelenmektedir.

Bu çalışma ekonomik büyüme dışında finansal gelişme ve inovasyon değişkenlerini ele alarak, çevre kirliliği üzerindeki etkisini kısa ve uzun dönemde test etmesi açısından literatüre katkı sağlamaktadır.

Çalışmanın giriş bölümünü takip eden ikinci bölümünde, ekonomik büyüme ve CO_2 emisyonları, finansal gelişme ve CO_2 emisyonları, inovasyon ve CO_2 emisyonları ilişkisine odaklanılarak literatürde yapılan çalışmalar özetlenmiştir. Akabinde veri seti, yöntem ve analize yer verilmiştir. Sonuç bölümü ile çalışma sonlandırılmıştır.

Literatür Araştırması

Literatürde CO₂ emisyonlarının belirleyicileri üzerine yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada araştırmanın amacı doğrultusunda yapılan çalışmalar inovasyonun CO₂ emisyonları üzerindeki etkisine yönelik yapılan çalışmalar, finansal gelişme ve CO₂ emisyonları ilişkisini ele alan çalışmalar ve ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonları ilişkisini ele alan çalışmalar olmak üzere üç alt başlıkta değerlendirilmiştir.

İnovasyon ve CO₂ Emisyonları

İnovasyon ve CO₂ emisyonlarını ele alan çalışmalardan biri Yii ve Geetha (2017)' a aittir. Yii ve Geetha (2017) 1971-2013 döneminde Malezya'da CO₂ emisyonları ile teknolojik inovasyon arasındaki nedensellik ilişkisini test etmiş ve kısa dönemde teknolojik inovasyonun CO₂ emisyonlarını azalttığını göstermiştir. Benzer şekilde Long, Luo, Wu ve Zhang (2018), 1997-2014 dönemini ele alarak Çin üzerinde yapmış oldukları çalışmada inovasyonun CO₂ emisyonları üzerinde negatif etkisinin olduğunu ortaya koymuşlardır. Abid, Mehmood, Tariq ve Haq (2022) G-8 ülkelerini ele almış ve söz konusu ülkelerde inovasyonun çevre kirliliği üzerinde negatif etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Khan, Ali, Kirikkaleli, Wahab ve Jiao (2020), 1970-2017 döneminde Çin için teknolojik inovasyon ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi değerlendirmişler ve Otoregresif gecikmesi dağıtılmış model (ARDL) kullanarak gerçekleştirdikleri test sonucunda, teknolojik inovasyonun CO₂ emisyonlarını azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Kihombo, Ahmed, Chen, Adebayo, Kirikkaleli (2021) çalışmalarında çevre kirliliğinin göstergesi olarak küresel hektar başına ekolojik ayak izi (EF) değişkenini kullanmışlar ve 1990-2017 dönemini ele almışlardır. Batı Asya ve Orta Doğu ülkelerini değerlendirdikleri bu çalışmada teknolojik yeniliğin EF' yi azalttığını ortaya çıkarmışlardır. Adebayo ve Kirikkaleli (2021), 1990:1-2015:4 dönemini kapsayan çalışmalarında Japonya'da teknolojik yenilik ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi Wavelet yaklaşımı kullanarak araştırmışlar ve teknolojik inovasyonun Japonya'da CO₂ emisyonlarını artırdığını göstermişlerdir. Adebayo, Oladipupo, Adeshola ve Rjoub (2022) Portekiz için 1980-2019 döneminde Wavelet analizi ile inovasyon ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar tüm ölçeklerde CO₂ emisyonları ve inovasyon arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Finansal Gelişme ve CO₂ Emisyonları

Türkiye'de finansal gelişme ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında Öztürk ve Acaravcı (2013) ARDL sınır testi yaklaşımını kullanmışlar ve 1960-2007 döneminde finansal gelişmenin CO₂ emisyonları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisinin bulunmadığını belirtmişlerdir. Shahzad, Kumar, Zakaria ve Hurr (2017) 1971-2011 dönemini ele alarak, ARDL yöntemi ile Pakistan' da finansal

gelişme ile karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda finansal gelişmedeki artışın uzun dönemde CO_2 emisyonlarında % 0,165 oranında artışa neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Charfeddine ve Kahia (2019) 1980-2015 döneminde panel VAR modelini kullanarak MENA ülkelerini değerlendirdikleri çalışmalarında finansal gelişmenin CO_2 emisyonları üzerinde önemli olumsuz bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Umar vd. (2020) Çin için gerçekleştirdikleri çalışmada finansal gelişmenin CO_2 emisyonları üzerinde olumsuz etkisinin olduğunu belirlemişlerdir. Shoaib, Rafique, Nadeem ve Huang (2020) çalışmalarında hem D-8 hem G-8 ülkelerini ele almışlar ve her iki grupta da finansal gelişmenin CO_2 emisyonlarını artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Kırıkkaleli ve Adebayo (2020), 1990-2018 döneminde küresel bağlamda finansal gelişme ve CO_2 emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Uyguladıkları çeşitli analizler sonucunda (DOLS, FMOLS vb.) finansal gelişmenin CO_2 emisyonlarını azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Kihombo vd. (2021) çalışmasında, finansal gelişmenin çevre kirliliğini artırdığını belirtmiştir.

Ekonomik Büyüme ve CO_2 Emisyonları

Ekonomik büyümenin sağlanması aşamasında, CO_2 emisyonlarının arttığı genel olarak kabul edilmektedir (Zhang vd., 2014; Ali, Law ve Zannah, 2016; Wang vd., 2020). Son dönemlerde ekonomik büyüme ve CO_2 emisyonları ilişkisine yönelik literatürde yapılan çalışmalar, ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasındaki ilişkinin “Çevresel Kuznets Eğrisi-ÇKE” olarak bilenen ters U şeklinde olup olmadığını belirlemeye yönelik olarak gerçekleştirilmektedir. Söz konusu hipotez çerçevesinde, ekonomik büyümenin ilk safhalarında ekonomik büyüme ile birlikte CO_2 emisyonları artmakta, belli bir seviyeye geldikten sonra ise CO_2 emisyonları azalmaya başlamaktadır. Shahbaz vd., 2014; Kasman ve Duman, 2015; Kılıç ve Akalın, 2016; Pata, 2018; Sarkodie ve Öztürk, 2020; Suki, Sharif, Afshan ve Suki, 2020; Çoban ve Özkan, 2022 çalışmalarında ÇKE hipotezini destekler sonuçlara ulaşmışlardır.

Diğer taraftan Al-Mulali, Saboori ve Ozturk (2015), Lin, Omoju, Nwakeze, Okonkwo ve Megbowon (2016), Özokçu ve Özdemir (2017), Özcan, Apergis ve Shahbaz (2018), Doğan, Ulucak, Koçak ve Işık (2020) ÇKE hipotezini test ettikleri çalışmalarında ele aldıkları ülkelerde ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını sonucuna ulaşmışlardır.

Veri Seti, Yöntem ve Analiz

Bu çalışmada Türkiye’de finansal gelişme, inovasyon ve ekonomik büyümenin karbon emisyonları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda 1980-2020 dönemi ele alınmıştır. Çalışmada ele alınan değişkenler ve tanımlarına ilişkin bilgiler Tablo 1’de sunulmaktadır.

Tablo 1: Değişkenler ve tanımlar

Değişken	Tanım	Veri Kaynağı
<i>CO₂</i>	Karbondioksit (<i>CO₂</i>), ton/kişi	https://data.oecd.org/
<i>FGE</i>	Finansal Gelişme Endeksi	https://data.imf.org/
<i>PATENT</i>	Patent başvuruları (yerleşik ve yerleşik olmayan toplam)	https://data.worldbank.org/
<i>KBGSYH</i>	Kişi başı GSYH (sabit 2015 US\$)	https://data.worldbank.org/

Çalışmada kullanılan tüm değişkenlerin doğal logaritması alınmıştır. Analizin ilk aşamasında değişkenlerin durağan olup olmadıkları Augmented Dickey-Fuller birim kök testi (ADF) (1981), Phillips-Perron (1988) birim kök testi ve Zivot-Andrews (1992) birim kök testleri ile incelenmiştir. Tablo 2 ve Tablo 3'te değişkenlere ait birim kök testi sonuçları verilmektedir.

Tablo 2: Değişkenlere ilişkin birim kök test sonuçları

	ADF			PP		
	Sabit	Sabit& Trend	1.Fark	Sabit	Sabit& Trend	1.Fark
<i>LNCO₂</i>	-1,2721	-3,1014	-5,7812	-2,1398	-2,9147	-5,8439
<i>LNFG</i>	-2,1221	-2,7283	-5,6595	-3,7709	-2,5450	-7,0814
<i>LNPATENT</i>	-0,4978	-2,8926	-4,7420	-0,4978	-2,4789	-4,7540
<i>LNKBGSYH</i>	-0,1821	-2,5782	-4,6639	-0,0634	-2,6281	-4,8447

Tablo 2'de tüm değişkenler açısından ADF ve PP birim kök test istatistiklerine göre %5 anlamlılık düzeyinde seride birim kökün varlığını ifade eden sıfır hipotezi red edilememektedir. Dolayısıyla tüm değişkenlerin birim kök içerip düzey değerlerinde durağan olmadığı, serilerin birinci farkı alındıktan sonra durağan hale geldiği söylenebilmektedir.

Geleneksel birim kök testleri, yapısal kırılmaları içermediğinden, yanlış sonuçlar vermeye eğilimlidir. Bu nedenle, ADF ve PP birim kök testlerinin yanı sıra kullanılan değişkenlerde birim kökün varlığı yapısal kırılmaları da dikkate alan Zivot ve Andrews birim kök testi (1992) kullanılarak ta test edilmiş olup, test sonucu Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: ZA Birim kök testine ait sonuçlar

	Sabit	Sabit+Trend
<i>LNCO₂</i>	-	-4,5704[1989]
<i>LNFG</i>	-4,5320 [1992]	-5,0059[1994]
<i>LNPATENT</i>	-5,1684 [2002]	-5,9420[2002]
<i>LNKBGSYH</i>	-3,7728[2011]	-4,3332[1999]

ZA testinin sabit ve sabit+trend modelinde *LNPATENT* değişkeni dışında tüm değişkenlerin birim kök içerdiği, *LNPATENT* değişkeninin yapısal kırılmanın varlığı ile birlikte durağan olduğu belirlenmiştir.

Değişkenlerin durağanlık mertebeleri belirlenmesiyle birlikte farklı düzeyde durağan seriler arasında eş bütünleşme ilişkisinin varlığının tespit edilmesine olanak sağlayan Pesaran, Shin ve Smith (2001) tarafından geliştirilen Otoregresif Dağıtılmış Gecikme Modeli (ARDL)-Sınır testi yaklaşımı kullanılmıştır. Model tahmininde 2008 yılında meydana gelmiş olan finansal kriz nedeniyle bu tarihte kırılmanın varlığını gösteren kukla değişken ($D_{2008,t}$) modele dışsal olarak eklenmiştir.

Değişkenler arasındaki ilişkiyi test etmek için kurulan uzun dönem eşitlik modeli eşitlik (1)'de verildiği gibi tanımlanmıştır.

$$LNCO2_t = \alpha_0 + \alpha_1 LNFGE_t + \alpha_2 LNPATENT_t + \alpha_3 LNKBGSYH_t + u_t \quad (1)$$

ARDL sınır testi yaklaşımı, küçük örnekler için uygun olması ve farklı düzeylerde durağan seriler için uygulanabilmesinin yanı sıra, kısa dönem yanında uzun dönem katsayıların tahmin edilmesine de olanak sağlaması açısından tercih edilmektedir.

Çalışma kapsamında ARDL modeli, (2) no'lu eşitlikte verildiği gibi tanımlanabilmektedir;

$$\begin{aligned} \Delta LNCO2_t = & \delta_0 + \sum_{p=1}^{n_1} \delta_{1p} \Delta LNCO2_{t-p} + \sum_{p=0}^{n_2} \delta_{2p} \Delta LNFGE_{t-p} + \\ & + \sum_{p=0}^{n_3} \delta_{3p} \Delta LNPATENT_{t-p} + \sum_{p=0}^{n_4} \delta_{4p} \Delta LNKBGSYH_{t-p} + \varphi_1 LNCO2_{t-1} + \\ & \varphi_2 LNFGE_{t-1} + \varphi_3 LNPATENT_{t-1} + \varphi_4 LNKBGSYH_{t-1} + Y_1 D_{2008,t} + u_t \end{aligned} \quad (2)$$

(2) nolu eşitlikte *LNCO2*, *LNFGE*, *LNPATENT*, *LNKBGSYH* bağımsız değişkenler, n_1, n_2, n_3, n_4 uygun gecikme uzunlukları, δ_0 sabit terimi, $\delta_{1p}, \delta_{2p}, \delta_{3p}, \delta_{4p}$ kısa vadeli dinamik ilişki katsayıları, $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ ise uzun vadeli dinamik ilişki katsayıları ve u_t beyaz gürültü hata terimini göstermektedir.

Uygun gecikme uzunluklarını belirlemede, Akaike Bilgi Kriteri (AIC) kullanılmış olup, $H_0: \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi_4 = 0$ (eş bütünleşme yoktur) sıfır hipotezine karşılık $H_1: \varphi_1 \neq \varphi_2 \neq \varphi_3 \neq \varphi_4 \neq 0$ (eş bütünleşme vardır) hipotezi sınanmaktadır. Hipotezlerin sınanması amacıyla kısıtlı F test istatistiği hesaplanmakta ve hesaplanan F istatistik değeri Pesaran vd. (2001) tarafından oluşturulmuş olan tablo değerleri ile karşılaştırılmaktadır. F istatistik değerinin, üst sınır değeri I(1)'den büyük olması durumunda seriler arasında eş-bütünleşme ilişkisinin var olduğu söylenebilmektedir.

Çalışma kapsamında kısa dönem katsayıların elde edildiği hata düzeltme modeli (ECT), eşitlik (3)'te tanımlanmıştır.

$$\begin{aligned} \Delta LNCO2_t = & \beta_0 + \sum_{p=1}^{n_1} \delta_{1p} \Delta LNCO2_{t-p} + \sum_{p=0}^{n_2} \delta_{2p} \Delta LNFGE_{t-p} + \\ & + \sum_{p=0}^{n_3} \delta_{3p} \Delta LNPATENT_{t-p} + \sum_{p=0}^{n_4} \delta_{4p} \Delta LNKBGSYH_{t-p} + Y_1 D_{2008,t} + \lambda_1 ECT_{t-p} + u_t \end{aligned} \quad (3)$$

ARDL modelinde hata terimlerinin serisel korelasyon ve değişen varyans varsayımlarını sağlanmış olması gerekmektedir. Bu nedenle serisel korelasyon için Breush-Godfrey LM Testi, değişen varyans olup olmadığını kontrol etmek için Breusch-Pagan-Godfrey Testi, normalliği test etmek için Jarque-Bera testi uygulanmıştır. Modelde yanlış belirleme sorununun olup olmadığını kontrol etmek için ise Ramsey Reset testi uygulanmıştır. Diagnostik testlere ek olarak modelde istikrarlılığının sağlanıp sağlanmadığını belirlemek amacıyla Brown, Durbin ve Evans (1975) tarafından önerilen CUSUM ve CUSUM-SQ grafikleri elde edilmiştir.

Çalışmanın son aşamasında değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin yönünü belirlemek amacıyla Toda ve Yamamoto (1995) tarafından vektör otoregresif modele dayalı olarak geliştirilen Toda-Yamamoto nedensellik testi uygulanmıştır. Bu nedensellik testinde maksimum eş bütünleşme derecesi (dmax) ve optimum gecikme uzunluğu (p) belirlenerek gecikme uzunluğu (p+ dmax) olarak VAR modeli tahmin edilmektedir. Sonraki aşamada tahmin edilen VAR modeli üzerinden wald testleri gerçekleştirilerek nedensellik ilişkisi tespit edilmektedir.

Çalışmada tahmin edilen ARDL sınır test sonucu Tablo 4'te sunulmaktadır,

Tablo 4: ARDL Sınır testi sonuçları

ARDL (1, 3, 4, 4)			Alt sınır	Üst sınır
F Testi:	7,9669	%1	5,018	6,61
		%5	3,548	4,803
		%10	2,933	4,02

Tablo 5: Uzun ve kısa dönem katsayı tahminleri

Uzun Dönem Katsayı tahminleri			
	Katsayı	Standart hata	t istatistiği
<i>LNFGE</i>	0,2486***	0,0379	6,5661
<i>LNKBGSYH</i>	0,7607***	0,0884	8,6064
<i>LNPATENT</i>	-0,0452**	0,0216	-2,0876
Kısa dönem Tahmin sonuçları			
C	-5,1007	0,8424	-6,0550
$\Delta LNFGE_t$	0,1592	0,0445	3,5731
$\Delta LNFGE_{t-1}$	-0,2137	0,0451	-4,7377
$\Delta LNFGE_{t-2}$	-0,1139	0,0619	-1,8401
$\Delta LNKBGSYH_t$	0,6425	0,1130	5,6849
$\Delta LNKBGSYH_{t-1}$	-0,2177	0,1168	-1,8646
$\Delta LNKBGSYH_{t-2}$	-0,5252	0,1358	-3,8691
$\Delta LNKBGSYH_{t-3}$	-0,3260	0,1617	-2,0156
$\Delta LNPATENT_t$	0,0119	0,0202	0,5880
$\Delta LNFGE_{t-1}$	0,0574	0,0231	2,4807
$\Delta LNFGE_{t-2}$	0,0752	0,0179	4,2011

Tablo 5'in Devamı			
$\Delta LNFGT_{t-3}$	0,0416	0,0220	1,8871
$D_{2008.t}$	-0,0829	0,0141	-5,8599
ECT_{t-1}	-1,0250	0,1693	-6,0538
Breusch-Godfrey LM Testi:	4,2261 [0,1209]		
Breusch-Pagan-Godfrey:	12,5622[0,7045]		
Jarque bera:	1,0493 [0,5918]		
Ramsey reset	2,0223[0,1613]		

Tablo 5'te elde edilen tahmin sonuçlarına göre beklentilere uygun şekilde finansal gelişme ve ekonomik büyümeye ait katsayıların pozitif, inovasyonu gösteren *LNPATENT* değişkeni katsayısı ise negatif olarak elde edilmiştir.

Uzun dönemde, Finansal gelişme değişkeninin CO_2 emisyonları üzerinde %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif etkiye sahip olduğu söylenebilmektedir. Uzun dönemde finansal gelişmede meydana gelecek %1 lik artış CO_2 emisyonlarında ortalama olarak % 0, 25 artışa sebep olacaktır.

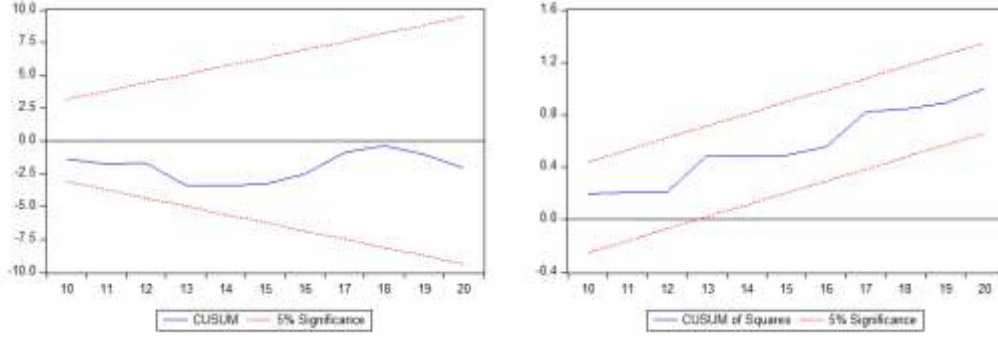
Benzer şekilde uzun dönemde, kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla değişkeninin CO_2 emisyonları üzerinde %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif etkiye sahip olduğu söylenebilmektedir. Kişi başı gayrisafi yurtiçi hasılda meydana gelecek %1 lik değişim uzun dönemde CO_2 emisyonlarında yaklaşık %0,76'lık bir artışa sebep olacaktır.

Diğer taraftan uzun dönemde inovasyon değişkeninin CO_2 emisyonları üzerinde %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif etkiye sahip olduğu söylenebilmektedir. İnovasyonda meydana gelecek %1'lik artışın CO_2 emisyonlarında ortalama %0,05'lik bir azalışa sebep olacağı söylenebilmektedir.

Kısa dönem hata düzeltme modeli sonuçlarına göre beklentilerle paralel şekilde hata düzeltme katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu söylenebilmektedir.

Modelin kalıntılarına ilişkin varsayım testlerine bakıldığında ise otokorelasyon, değişen varyans sorunlarının olmadığı görülmekte ve normal dağılım varsayımının da sağlandığı söylenebilmektedir. Çalışmada kullanılan modelin istikrarlılığına ilişkin CUSUM ve CUSUM-SQ grafikleri Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'de verilen grafiklerden modelin istikrarlı olduğu söylenebilmektedir.

Şekil 1: CUSUM ve CUSUM-SQ grafikleri



Çalışmanın son aşamasında değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin tespitine yönelik olarak gerçekleştirilen Toda Yamamoto (1995) test sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 1: Toda Yamamoto nedensellik testi sonuçları

	Wald İstatistiği	Olasılık Değeri
<i>LNFGE</i> → <i>LNCO2</i>	17,5172	0,0006
<i>LNKBGSYH</i> → <i>LNCO2</i>	30,1854	0,0000
<i>LNPATENT</i> → <i>LNCO2</i>	12,3447	0,0063
<i>LNCO2</i> → <i>LNKBGSYH</i>	7,5229	0,0570
<i>LNPATENT</i> → <i>LNKBGSYH</i>	8,5794	0,0354
<i>LNFGE</i> → <i>LNKBGSYH</i>	3,6895	0,2970
<i>LNCO2</i> → <i>LNPATENT</i>	5,8826	0,1175
<i>LNKBGSYH</i> → <i>LNPATENT</i>	18,1528	0,0004
<i>LNFGE</i> → <i>LNPATENT</i>	9,5159	0,0232
<i>LNCO2</i> → <i>LNFGE</i>	9,5153	0,0232
<i>LNKBGSYH</i> → <i>LNFGE</i>	2,1571	0,5404
<i>LNPATENT</i> → <i>LNFGE</i>	3,3072	0,3466

Tablo 6'da yer alan Toda Yamamoto nedensellik test sonuçlarına göre $\alpha=0,05$ anlam düzeyinde finansal gelişme ve karbon emisyonları arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu, kişi başı gayri safi yurtiçi hâsıla ve inovasyon değişkenlerinden karbon emisyonlarına tek yönlü nedensellik olduğu söylenebilmektedir. Tüm bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde çalışmada ele alınan değişkenlerin karbon emisyonları üzerindeki etkisi açıkça ortaya konmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada, 1980-2020 döneminde Türkiye'de finansal gelişme, inovasyon ve ekonomik büyümenin çevre kirliliği üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Bu kapsamda çevre kirliliğinin göstergesi olarak CO₂ emisyonları, finansal gelişmenin göstergesi

olarak Finansal Gelişme endeksi (LNFGE), inovasyonun göstergesi olarak Patent başvuru sayıları (LNTPATENT) ve ekonomik büyümenin göstergesi olarak Kişi Başı gayrisafi yurtiçi hâsıla (LNKBGSYH) değişkenleri ele alınmıştır.

İlk olarak serilerin durağanlık özelliklerini belirlemek için ADF, PP ve Zivot-Andrews birim kök testleri uygulanmıştır. İkinci olarak, seriler arasındaki uzun dönemli ilişkileri belirlemek için ARDL sınır testi yaklaşımı uygulanmıştır. Son olarak Toda-Yamamoto yöntemi kullanılarak seriler arasındaki nedensel ilişkiler belirlenmiştir.

ARDL testinden elde edilen sonuçlar, değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin var olduğunu göstermektedir. Test sonuçları uzun dönemde finansal gelişmenin karbon emisyonlarında artışa sebep olacağını göstermektedir. Bu sonuç Türkiye için gerçekleştirdikleri çalışmalarında Şeker, Ertuğrul ve Çetin (2015), Çetin, Ecevit ve Yücel (2018), Doğan vd. (2020) çalışmaları ile tutarlılık göstermektedir. Diğer taraftan Katircioğlu ve Taşpınar (2017), Gokmenoglu ve Sadeghieh (2019) çalışmalarında finansal gelişmenin karbon emisyonlarını azalttığını belirlemiş, Öztürk ve Acaravcı (2013), Akça (2021) ise çalışmalarında finansal gelişmenin karbon emisyonları üzerinde önemli bir etkisinin bulunmadığını belirtmiştir.

Buna ek olarak test sonuçları ekonomik büyümenin karbon emisyonlarında artışa sebep olacağını göstermektedir. Bu sonuç Bölük ve Mert (2015), Şeker vd. (2015), Çetin vd. (2018), Akça (2021), Kılıç ve Akalın (2016), Pata (2018), Doğanlar, Mike, Kızılkaya ve Karlılar (2021), Çoban ve Özkan (2022) çalışmalarını desteklemektedir.

Diğer taraftan test sonuçları inovasyondaki artışın karbon emisyonlarında azalışa neden olacağını göstermektedir. Bu sonuç Türkiye’de teknolojik inovasyonun çevre kirliliğine etkisini değerlendirdiği Qoyash ve Eren (2022) çalışması ile örtüşmekte, Aydın ve Değirmenci (2021) çalışması ile örtüşmemektedir.

Toda-Yamamoto testinden elde edilen sonuçlar, finansal gelişme ve karbon emisyonları arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu gösterirken, kişi başı gayri safi yurtiçi hâsıla ve inovasyon değişkenlerinden karbon emisyonlarına tek yönlü nedensellik olduğunu göstermektedir.

Elde edilen sonuçlar çevre kirliliğinin azaltılması aşamasında inovasyonun artırılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca ele alınan değişkenler açısından karbon emisyonlarına en fazla etkinin kişi başı gayri safi yurtiçi hâsıla değişkeni tarafından gerçekleştiği söylenebilmektedir. Bu durum ekonomik büyümenin sağlanması aşamasında CO_2 emisyonlarının dikkate alınması gereken bir unsur olduğunu ve sürdürülebilir ekonomik büyüme için çevreci politikaların benimsenmesi gerektiğinin önemini vurgulamaktadır.

KAYNAKÇA

Abid, A., Mehmood, U., Tariq, S. & Haq, Z. U. (2022). The effect of technological innovation, FDI, and financial development on CO_2 emission: Evidence from the G8 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(8), 11654–11662 <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15993-x>

Adebayo, T. S. & Kirikkaleli, D. (2021). Impact of renewable energy consumption, globalization, and technological innovation on environmental

degradation in Japan: Application of wavelet tools. *Environment, Development and Sustainability*, 23(11), 16057-16082. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01322-2>

Adebayo, T., Oladipupo, S. D., Adeshola, I. & Rjoub, H. (2022). Wavelet analysis of impact of renewable energy consumption and technological innovation on CO₂ Emissions: Evidence from Portugal. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(16), 23887–23904. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17708-8>

Akca, H. (2021). Environmental Kuznets Curve and financial development in Turkey: evidence from augmented ARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 69149–69159.

Ali, H. S., Law, S. H. & Zannah, T. I. (2016). Dynamic impact of urbanization, economic growth, energy consumption, and trade openness on CO₂ emissions in Nigeria. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(12), 12435–12443. DOI 10.1007/s11356-016-6437-3

Al-Mulali, U., Saboori, B. & Ozturk, I. (2015). Investigating the environmental kuznets curve hypothesis in Vietnam. *Energy Policy*, 76(C), 123-131. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.11.019>.

Aydın, M. & Değirmenci, T. (2021). Ekonomik Büyüme, inovasyon, verimlilik ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kirliliği üzerine etkisi: Türkiye için çevresel kuznets hipotezinin analizi. *Düzce İktisat Dergisi*, 2(2), 138-151.

Bölük, G. & Mert, M. (2015). The renewable energy, growth and environmental Kuznets curve in Turkey: an ARDL approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 587–595. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.138>

BP Statistical Review, 2022

Brown, R. L., Durbin, J. & Evans, J. M. (1975). Techniques for testing the constancy of regression relationships over time. *Journal of the Royal Statistical Society*, 37(2), 149-192.

Charfeddine, L. & Kahia, M. (2019). Impact of renewable energy consumption and financial development on CO₂ emissions and economic growth in the MENA region: A panel vector autoregressive (PVAR) analysis. *Renewable Energy*, 139, 198-213 <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.010>

Copeland, B. R. & Taylor, M. S. (2004). Trade, growth, and the environment. *Journal of Economic Literature*. 42 (1), 7–71.

Çetin, M., Ecevit, E. & Yücel, A. G. (2018). The impact of economic growth, energy consumption, trade openness, and financial development on carbon emissions: empirical evidence from Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(36), 36589–36603. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3526-5>

Çoban, M. N. & Özkan, O. (2022). Çevresel Kuznets Eğrisi: Türkiye’de küreselleşme ve ekonomik büyümenin çevre üzerindeki etkisinin yeni dinamik ARDL simülasyon modeli ile incelenmesi. *Akademik Hassasiyetler*, 9(19), 207-228.

Danish, Saud, S., Baloch M. A. & Lodhi, R. N. (2018). The nexus between energy consumption and financial development: estimating the role of globalization in Next-11 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(19), 18651–18661. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2069-0>

Dickey, D. A. & Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with unit root. *Econometrica*, 49(4), 1057-1072.

Doğan, E., Ulucak, R. Koçak, E. & Işık, C. (2020). The use of ecological footprint in estimating the environmental kuznets curve hypothesis for BRICST by considering cross-section dependence and heterogeneity. *Science of the Total Environment*, 723, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138063>

Doğanlar, M., Mike, F., Kızılkaya, O. & Karlılar, S. (2021). Testing the long-run effects of economic growth, financial development and energy consumption on CO 2 emissions in Turkey: new evidence from RALS cointegration test. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12661-y>

Gokmenoglu, K. K. & Sadeghieh, M. (2019). Financial Development, CO2 Emissions, Fossil Fuel Consumption and Economic Growth: The Case of Turkey. *Strategic Planning for Energy and the Environment*, 38(4), 7-28, DOI:10.1080/10485236.2019.12054409

Kasman, A. & Duman, Y. S. (2015). CO2 emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: A panel data analysis. *Economic Modelling*, 44(C), 97-103.

Katircioğlu, S. T. & Taşpınar, N. (2017). Testing the moderating role of financial development in an environmental Kuznets curve: empirical evidence from Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 572–586. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.127>

Khan M. T. I., Yaseen, M. R. & Ali, Q. (2017). Dynamic relationship between financial development, energy consumption, trade and greenhouse gas: comparison of upper middle income countries from Asia, Europe, Africa and America. *Journal of cleaner production*, 161, 567–580. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.129>

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, 1317–1330. DOI: 10.1002/sd.2086.

Kılıç, R. ve Akalın, G. (2016). Türkiye’de çevre ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: ARDL sınır testi yaklaşımı. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(2), 49-60.

Kihombo, S., Ahmed, Z., Chen, S., Adebayo, T. S., Kirikkaleli, D. (2021). Linking financial development, economic growth, and ecological footprint: what is the role of technological innovation?. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(43), 61235-61245.

Kirikkaleli, D. & Adebayo, T. S. (2020). Do renewable energy consumption and financial development matter for environmental sustainability? New global evidence. *Sustainable Development*, 29(4), 583-594. <https://doi.org/10.1002/sd.2159>

Lai, X., Liu, J., Shi, Q., Georgiev, G. & Wu, G. (2017). Driving forces for low carbon technology innovation in the building industry: a critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74(C), 299–315.

Lin, B., Omoju, O. E., Nwakeze, N. M., Okonkwo, J. U. & Megbowon, E. T. (2016). Is the environmental Kuznets curve hypothesis a sound basis for

environmental policy in Africa?. *Journal of Cleaner Production*, 133(C), 712-724. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.173>

Long, X., Luo, Y., Wu, C. & Zhang, J. (2018). The influencing factors of CO₂ emission intensity of Chinese agriculture from 1997 to 2014. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 13093–13101.

Özcan, B., Apergis, N. & Shahbaz, M. A. (2018). Revisit of the environmental kuznets curve hypothesis for Turkey: New evidence from bootstrap rolling window causality. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 32381–32394

Öztürk, I. & 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.

Özokcu, S. & Özdemir, Ö. (2017). Economic growth, energy, and environmental kuznets curve, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 639-647 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.059>

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.

Phillips, P. C. B. & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75, 335-346. <http://dx.doi.org/10.1093/biomet/75.2.335>

Pesaran, M. H., Shin, Y. & Smith, J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships, *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.

Sarkodie, S. A. & Öztürk, I. (2020). Investigating the environmental kuznets curve hypothesis in Kenya: A multivariate analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 117, 109481, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109481>.

Shahbaz, M., Uddin, G. S., Rehman, I. U. ve Imran, K. (2014). Industrialization, electricity consumption and CO₂ emissions in Bangladesh. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 575–586.

Shahzad, S. J. H., Kumar, R. R. Zakaria, M. & Hurr M. (2017). Carbon emission, energy consumption, trade openness and financial development in Pakistan: A revisit. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 185-192

Shoab, H. M., Rafique, M. Z., Nadeem, A. M. & Huang, S. (2020). Impact of financial development on CO₂ emissions: A comparative analysis of developing countries (D8) and developed countries (G8). *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 12461–12475. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06680-z>

Suki, N. M., Sharif, A., Afshan, S. & Suki, N. M. (2020). Revisiting the environmental kuznets curve in Malaysia: The role of globalization in sustainable environment. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121669.

Şeker, F., Ertuğrul, H. M. & Çetin, M. (2015). The impact of foreign direct investment on environmental quality: a bounds testing and causality analysis for Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 347–356.

Toda, H. Y. & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66(1-2), 225-250.

Umar, M., Ji, X., Kirikkaleli, D. & Xu, Q. (2020). COP21 Roadmap: Do innovation, financial development, and transportation infrastructure matter for environmental sustainability in China?. *Journal of Environmental Management*, 271, 111026. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111026>

Qoyasha, F. K. & Eren, M. (2022). Türkiye’de teknolojik inovasyon ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kirliliği üzerine etkisi. *Ardahan Üniversitesi İİBF Dergisi*, 4(2), 110–118.

Wang, R., Mirza, N., Vasbieva, D. G., Abbas, Q. & Xiong, D. (2020). The nexus of carbon emissions, financial development, renewable energy consumption, and technological innovation: What should be the priorities in light of COP 21 Agreements?. *Journal of Environmental Management*, 271, 111027.

Yii, K.-J. & Geetha, C. (2017). The nexus between technology innovation and CO2 emissions in Malaysia: Evidence from granger causality test. *Energy Procedia*, 105, 3118–3124.

Zivot, E. & Andrews, D. W. K. (1992). Further evidence on the great crash, the oil price shock and the unit root hypothesis. *Journal of Business and Economic Statistics*, 10(3), 251-270.

Zhang, Y. -J., Liu, Z., Zhang, H. & Tan, T. -D. (2014). The impact of economic growth, industrial structure and urbanization on carbon emission intensity in China. *Natural Hazards*, 73, 579–595. DOI 10.1007/s11069-014-1091-x

İnternet Kaynakları

<https://data.oecd.org/>

<https://data.imf.org/>

<https://data.worldbank.org/>

<https://data.worldbank.org/>