

Büyüme ve Emisyonlar Arasındaki Asimetrik Nedensellik Analizi: Türkiye Örneği*

Analysis of Asymmetric Causality Between Growth and Emissions in Turkey

Mehmet Mert* , Hatice Aykan** 

Öz

Bu çalışmanın amacı Türkiye’de 1960-2018 dönemine ait verileri kullanarak, karbon emisyonu ve büyüme arasındaki asimetrik nedensellik ilişkilerini incelemektir. Büyüme ve emisyon arasındaki ilişkiler çoğunlukla Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi yardımıyla sınanmaktadır. Ancak bu hipotezin testinde, modele eklenen her bir yeni değişkenin ve seçilen zaman periyodunun sonuçları değiştirdiği görülmektedir. Bu çalışmada emisyon ve büyüme ilişkisi Çevresel Kuznets hipoteziyle değil, değişkenlerin birikimli pozitif ve negatif şoklarıyla beraber asimetrik etkiler ele alınarak incelenmiştir. Bu amacı gerçekleştiren asimetrik nedensellik testi ve saklı eşbütünlüşme yöntemi kullanılmıştır. Uzun dönem asimetrik nedensellik ilişkileri saklı hata düzeltme model tahmin sonuçlarına dayanarak ortaya çıkarılmıştır. Analizler sonucunda kısa dönemde; büyümenin bileşenlerinden emisyonların bileşenlerine doğru bir nedensellik ilişkisi bulunamazken, karbon emisyonunun negatif bileşenlerinden, ekonomik büyümenin negatif bileşenlerine doğru asimetrik bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Uzun dönemde ise, değişkenlerin pozitif bileşenleri ve karbon emisyonunun pozitif bileşeni ile ekonomik büyümenin negatif bileşeni arasında bir uzun dönem denge ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Büyümedeki daralmalar ve genişlemeler emisyonlardaki artışın uzun dönem asimetrik nedeni olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, büyümedeki pozitif ve negatif şoklar uzun dönem dinamikleri belirleyen kalıcı bileşenler olarak belirlenirken, emisyonlardaki pozitif şoklar ise uzun dönem dinamiklerini belirlemeyen geçici şoklar olarak belirlenmiştir. Sürdürülebilir kalkınma ve emisyon azaltım hedefi olan Türkiye için geliştirilecek çevresel politikalar açısından elde edilen sonuçların literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler

Karbon Emisyonu, Ekonomik Büyüme, Asimetrik Nedensellik, Saklı Eşbütünlüşme

Abstract

This study investigates the asymmetric causal relationship between emissions and growth over the period of 1960-2018 in Turkey. The Environmental Kuznets curve hypothesis has mostly been used to test the relationship between growth and emissions. However, in testing this hypothesis, each variable added to the model and the period chosen changed the results. This study asymmetrically examines the relationship between emission and growth using the variable’ cumulative positive and negative shocks instead of applying the environmental Kuznets curve hypothesis. To do so, we use a short-run asymmetric causality test and a hidden co-integration for long run. The estimation results of the crouching error correction model revealed long-run asymmetric causal relationships. In the short run, although no causal relationship exists between the growth and emissions components, a unidirectional asymmetric causality was determined from the

* Bu çalışma Hatice Aykan’ın Prof. Dr. Mehmet MERT danışmanlığında yaptığı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

** Mehmet Mert (Prof. Dr.), Akdeniz Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Antalya, Türkiye.
E- posta: mmert@akdeniz.edu.tr ORCID: 0000-0003-1406-4075

*** Sorumlu Yazar: Hatice Aykan (Yüksek Lisans Öğrencisi), Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya, Türkiye.
E-posta: htcaykan@gmail.com ORCID: 0000-0003-0710-2213

Atf: Mert, M., & Aykan, H. (2022). Büyüme ve emisyonlar arasındaki asimetrik nedensellik analizi: Türkiye örneği. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 36, 235-255. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2022.36.1077521>

negative component of emissions to the negative component of growth. We found a long-run equilibrium relationship between the positive components of the variables and the positive emission component and the negative growth component. Thus, both contractions and expansions in growth increase emissions in the long run. The results are expected to contribute to the literature regarding environmental policies to be developed for Turkey, which has a sustainable development and emission reduction target.

Keywords

Carbon Emission, Economic Growth, Asymmetric causality, Hidden Cointegration

Extended Summary

The natural resource factor is one of the most important sources of economic growth. As the effects of environmental problems, particularly global warming, worsen, the environmental damage, the effects on future generations, and the methods used in production activities have begun to be discussed by countries attempting to meet their economic targets. The increase in mass production and urbanization has increased the energy required to sustain economic activity, which has been met by the use of fossil fuels. Such fossil fuel use increases the amount of greenhouse gases released into the atmosphere, with the energy sector being the most significant contributor. Because of the global nature of the problem, some steps have been taken to reduce emissions and prevent environmental pollution for sustainable development. In this context, international agreements to reduce emissions, such as the Kyoto Protocol and the Paris Agreement, have been signed, and environmental policies have been developed. The emergence of environmental problems has increased the interest of researchers in this field. Moreover, many studies have examined the relationship between environmental factors and economic growth and made policy recommendations for sustainable development. The environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis has been used to analyze the relationship between emissions and growth in the majority of the related literature. However, Gill et al. (2018) claimed that the results of EKC analysis were extremely sensitive to the period chosen and the model specification. When new variables are added to the model, the results of the EKC hypothesis may change, causing different turning points in the curve. Müller-Fürstenberger and Wagner (2007) and Aslanidis (2009) both criticized the EKC hypothesis. In light of the EKC hypothesis reviews, the present study analyzed the relationship between the variables from an asymmetric perspective using the variables' cumulative positive and negative shocks.

The current study examined the short- and long-run asymmetric causal relationship between carbon emissions and economic growth in Turkey using annual data from 1960 to 2018. In this context, Hatemi-J (2012) examined short-run asymmetric causality between variables, whereas Granger and Yoon (2002) examined long-run asymmetric relationships using hidden cointegration. The result of the short-run analysis reveals that decreases in emissions reduce economic growth in the short run. Moreover, the positive developments in economic growth increase emissions

in the long run. Furthermore, positive movements in economic growth leads to an increase in emissions in the long run. Another significant finding is that the negative growth development increases the increase in emissions in long run. Moreover, asymmetric causality exists from negative growth shocks to positive emissions shocks in the long run.

Meanwhile, examining crouching error correction estimation results, we determined that positive and negative shocks in economic growth are permanent components, whereas positive and negative shocks in emissions are transitory. In other words, positive or negative developments (positive or negative shocks) in growth affect both itself and emissions, thus determining long-run relationship dynamics between the variables. Meanwhile, positive or negative shocks in emissions affect only themselves and are impermanent in the long run.

Positive and/or negative developments in economic growth constantly increase emissions. Therefore, to ensure sustainable development and reduce emissions emitted into the atmosphere, stakeholders must increase the use of renewable energy resources, expand the use of clean technology, and pave the way for environmental policies to be developed.

Büyüme ve Emisyonlar Arasındaki Asimetrik Nedensellik Analizi: Türkiye Örneği

Küresel ısınma başta olmak üzere, sanayi devriminden günümüze kadar geçen süreçte çevresel bozulmalar ve buna bağlı etkiler önemli ölçüde hissedilmektedir. Ekonomik faaliyetler sonucunda atmosfere salınan sera gazları arasında karbondioksit (CO₂) oranının yüksek olması, yenilenebilir ve yenilenemez kaynakların tükenebilirliği, sorunun küresel olması ve bu bağlamda meydana gelebilecek krizler çerçevesinde karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik hedefler önem kazanmıştır. Bu amaçla Kyoto Protokolü ve Paris İklim Anlaşması gibi küresel sözleşmeler düzenlenmiştir. Ekonomik büyüme ve çevre kirliliği arasındaki ilişkinin sorgulanmaya başlanmasıyla sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak adına atılan adımlar arasında Kyoto Protokolü, sera gazı salımlarını 1990 seviyesinden %5,2 aşağıya çekmesi hedeflemiş şimdikiye kadar imzalanan “en kapsamlı çevre işbirliği ve milletler arası bir belge” niteliğindedir (Aksu, 2011, s. 16-18). 2015 yılında imzalanan Paris İklim Anlaşması ile yerküre ısınmasının olabildiğince 1.5° seviyesinde tutulması, düşük karbonlu teknoloji ve kapasitelerin geliştirilmesi, her 5 yılda bir, daha fazla sera gazı emisyonunu azaltmaya yönelik sorumluluk alması hedeflenmiştir (Karakaya, 2016, s. 2-3). 2015 yılında Türkiye dahil olmak üzere 193 ülkenin katılımı ile 17 maddeden oluşan 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri imzalanmıştır. Bu hedefler arasında Hedef 13, “İklim değişikliği ve etkileri ile mücadele konusunda acilen harekete geçilmesi” şeklindedir (Peşkirioğlu, 2016).

Doğal kaynakların ekonomik büyüme sürecinde kullanımındaki artış, kullanım biçimi ve üretimle birlikte meydana gelen tüketim oranı, sınırlı miktarda bulunan doğal kaynakların tükenmesine sebep olmakta, dolayısıyla ekonomik büyüme sürecinin sürdürülebilirliği açısından önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bununla birlikte sanayileşme ile başlayan kitlesel üretim ve kontrolsüz tüketim, ekonomik faaliyetlerin devam edebilmesi için gereken enerji ihtiyacını arttırmış ve enerji talebi büyük oranda fosil kaynaklı yakıtlarla giderilmiştir (Bozkurt ve Okumuş, 2015, s. 24). Fosil yakıtların kullanılması çevresel değişimlerin yaşanmasına, çevre kirliliğinin artmasına ve küresel ısınma gibi sorunların ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Yenilenebilir ve yenilenemez kaynakların tükenebilirliği ve küresel anlamda meydana gelebilecek krizler çerçevesinde ekonomik büyüme ile çevre arasındaki ilişki sorgulanmaya başlanmıştır. Ülkelerin ekonomik büyüme hedeflerine ulaşmaya çalışırken çevreye verdikleri zarar ve bu zararın geleceğe etkisi hakkında tartışmalar başlamıştır. 21. yüzyılda da sanayileşme ve kentleşmeden dolayı sera gazı salımlarından kaynaklanan küresel ısınma, iklim değişikliği, hava kirliliği ve birçok çevre probleminin etkileri ciddi anlamda hissedilmektedir. Hatta bu etkiler, sağlık alanında önemli problemlere neden olmaktadır. Sancar ve Bostancı (2020), Covid-19 döneminde karbon emisyonları ile ilgili yaptıkları çalışmalarında, Çin başta olmak üzere sanayileşme oranı yüksek olan ülkelerde üretimin bir süre durdurulmasının

enerji ve fosil kaynaklı yakıt tüketimini azalttığını, buna bağlı olarak karbon emisyonlarının düştüğü ve hava kalitesinin arttığına dair bulgulara rastlandığını ifade etmişlerdir. Pandemi sürecinde, çoğu ülkenin ekonomiyi gerekçe göstererek üretim sürecini durdurmamış olması, normalleşme sürecine çabuk dönmüş olması ve pandeminin etkileri ortadan kalktıktan sonra üretim faaliyetlerine eskisi gibi devam edecek olmalarının karbon emisyonları açısından başlangıçta edinilen bulguların kalıcı olmadığı şeklinde yorumlanmıştır. Bu bağlamda karbon emisyonunun azalabilmesi için ülkelerin iş birliği yaparak bu küresel soruna karşı birlikte mücadele edilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Karbon emisyonu ve ekonomik büyüme başta olmak üzere çevre sorunları ile ilgili literatürde pek çok çalışma olduğu görülmektedir. Bu çalışmaların büyük çoğunluğu Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezi ile sınımlanmaktadır. Ancak; Gill ve ark. (2018), çalışmalarında hipotezin geçerliliğinin değişkenlerin spesifikasyonuna, çalışmada kullanılan zaman periyodu ve modelin matematiksel formuna çok duyarlı olduğunu ifade etmişlerdir. Başka bir ifade ile ÇKE hipotezinde modele başka bir değişkenin eklenmesi ve/veya zaman boyutunun değiştirilmesi; hipotezin yapısını, sonucunu dolayısıyla da hipotezden elde edilecek dönüm noktasını değiştirebileceği söylenebilmektedir. Benzer şekilde; Müller-Fürstenberger ve Wagner (2007) ve Aslanidis (2009) ÇKE hipotezinin metodoloji ve tahmin yöntemlerini eleştirmişlerdir.

Bu çalışma literatürde bulunan çalışmalardan farklı olarak Türkiye’de ekonomik büyüme ve karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi Gill ve ark. (2018), Müller-Fürstenberger ve Wagner (2007) ve Aslanidis (2009)’in ÇKE hipotezi ile ilgili eleştirileri de göz önünde bulundurularak ÇKE hipotezi ile sınımlanmıştır. Değişkenleri bir bütün olarak ele almak yerine; karbon emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki doğrusal olmayan ilişki; 1960-2018 dönemi yıllık veriler kullanılarak, kısa dönemde Hatemi-J nedensellik analizi, uzun dönemde ise; Granger ve Yoon (2002) saklı eşbütünleşme ve saklı hata düzeltme modeli ile incelenmiştir. Çalışmanın söz konusu değişkenler için bileşenler arasında göz ardı edilmemesi gereken ilişkilerin ortaya çıkarılması ve buna bağlı olarak sürdürülebilir bir kalkınma için gerekli önlemlerin alınması konusunda katkı sağlaması beklenmektedir. Bu çerçevede araştırmanın ikinci bölümünde literatür, üçüncü bölümde ekonometrik yöntem, dördüncü bölümde ampirik bulgular sunulmaktadır. Beşinci ve son bölümde ise, çalışmadan elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

Literatür

Bu çalışmada literatür taraması, karbon emisyonu ve ekonomik büyüme değişkenlerini dikkate alacak şekilde iki bölümde incelenmiştir. İlk bölümde, uluslararası kapsamda ve Türkiye’de Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerliliğini sınanan çalışmalar özetlenmiştir. İkinci bölümde ise, söz konusu

değişkenler arasındaki ilişkiyi ve nedensellik yönlerini ifade eden bazı çalışmalara yer verilmiştir. İlk olarak, uluslararası literatürde çeşitli ülkeler için Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini sınanan bazı çalışmalar Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1

Uluslararası literatürde çeşitli ülkeler için Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini sınanan çalışmalar

Yazar	Kapsam	Değişkenler	Dönem	Yöntem	Sonuç
Grossman ve Krueger (1991)	42 ülke	SO ₂ , duman, PM, Kişi başına gelir	1977-1988	GLS Tahmincisi	Geçerli
Selden ve Song (1994)	2 düşük 6 orta 22 yüksek gelirli ülke	SO ₂ , NO _x , SPM, CO ₂ , Kişi başına gelir	1973-1975 1979-1881 1982-1984	Panel Veri Analizi	Geçerli
Arı ve Zeren (2011)	Akdeniz Ülkeleri	CO ₂ emisyonu, kişi başına düşen gelir	2000-2015	Panel Veri Analizi	Geçersiz
Pao ve Tsai (2011)	Brezilya	Ekonomik büyüme, enerji tüketimi, CO ₂ emisyonu ve DYY	1980-2007	Johansen Eşbütünleşme	Geçerli
Tiwari ve ark. (2013)	Hindistan	CO ₂ emisyonu, ekonomik büyüme, ticari serbestleşme, kömür tüketimi	1966-2011	ARDL, VECM, Granger Nedensellik	Geçerli
Mert ve Bölük (2016)	12 Kyoto Ülkesi	Yenilenebilir enerji, CO ₂ emisyonu, ekonomik büyüme, DYY	Dengesiz panel	ARDL	Geçersiz
Shahbaz ve ark. (2016)	Next 11 Ülkeleri	Kişi başına; CO ₂ emisyonu, GSYH, enerji tüketimi	1972-2013	Granger Nedensellik, Dinamik Granger Nedensellik	Geçerli
Ahmad ve ark. (2017)	Hırvatistan	CO ₂ emisyonu ve ekonomik büyüme	1992-2011	ARDL, VECM, Granger Nedensellik	Geçerli
Çetin (2018)	20 Gelişmiş 25 Yükselen Ekonomi	Kişi başına CO ₂ , GSYH, yenilenebilir enerji tüketimi	1990-2011	Ortalama Grup Tahmincisi (PMG), Pedroni Eşbütünleşme	Gelişmiş ülkelerde geçerli
Chen ve ark. (2019)	Çin	CO ₂ emisyonu, ekonomik büyüme, yenilenebilir ve yenilenemez enerji üretimi ve dış ticaret	1980-2014	ARDL, VECM Granger Nedensellik	Geçerli
Lau ve ark. (2019)	18 OECD ülkesi	CO ₂ emisyonu, Kişi başına düşen gelir, NUC, NONR, TO	1995-2015	Panel Eşbütünleşme	Geçerli
Manga ve Gümüş Akar (2019)	AB’deki Akdeniz ülkeleri ve Türkiye	Ekonomik büyüme, CO ₂ emisyonu, insani gelişme endeksi	1998-2014	Panel ARDL	Geçerli
Mert ve ark. (2019)	26 Avrupa Ülkesi	CO ₂ emisyonu, GSYH, Yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi, DYY	Dengesiz Panel	Panel ARDL	Karma
Okumuş ve Bozkurt (2020)	Düşük, Alt orta, Üst orta ve Yüksek gelirli	Enerji tüketimi, Kişi başı; reel GSYH, kentleşme, ticari serbestleşme, CO ₂ emisyonu	1980-2013	Westerlund (2007) Panel Eşbütünleşme	Yüksek orta ve düşük orta gelirli ülkelerde geçerli

Tablo 1’de ülke ekonomilerinin büyüklüğü, gelir eşitsizliği, ekonominin yapısı, ülkelere özgü faktörler, demografik özellikler gibi farklı unsurlar dikkate alınarak Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin sınındığı çalışmalar özetlenmiştir. Hipotezin geçerliliği; çalışılan dönem, kullanılan yöntem ve değişkenlere göre farklılık göstermekte ve karma sonuçlar elde edilmektedir. Başlangıçta temel ekonometrik analizler kullanılırken, zamanla değişkenler arasındaki ilişkileri daha iyi inceleyebilmek ve daha doğru sonuçlar alabilmek için yapısal kırılmaları dikkate alan ve doğrusal olmayan analizler ile hipotezin sınındığı görülmüştür. Türkiye için Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin sınındığı çalışmalar Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2

Türkiye için Çevresel Kuznets Eğrisini sınanan çalışmalar

Yazar	Kapsam	Değişkenler	Dönem	Yöntem	Sonuç
Gürlek ve Karaer (2004)	Türkiye	CO ₂ , SO ₂ , NO ₂ , kişi başına gelir	1975-2000	OLS, Üstel düzleştirme	Geçerli
Akyıldız (2008)	Türkiye’de 56 il	Hava kirliliği, gelir	1990-2000	Panel Veri Analizi	Geçerli
Halıcioğlu (2009)	Türkiye	Kişi başına; CO ₂ , gelir, enerji tüketimi, ticari dışa açıklık	1960-2005	Johansen-Juselius, VECM, ARDL sınır testi	Geçerli
Öztürk ve Acaravcı (2010)	Türkiye	Kişi başına; CO ₂ , gelir, enerji tüketimi, istihdam oranı	1968-2005	ARDL	Geçersiz
Saatçi ve Dumrul (2011)	Türkiye	CO ₂ emisyonu, GSYH	1950-2007	Kejriwal yapısal kırılmalı eşbütünleşme	Geçerli
Shahbaz ve ark. (2013)	Türkiye	Kişi başına; CO ₂ , gelir, enerji yoğunluğu, KOF küreselleşme endeksi	1970-2010	Yapısal kırılmalı Eşbütünleşme, Granger Nedensellik	Geçerli
Şeker ve ark. (2015)	Türkiye	Kişi başına; CO ₂ , gelir, enerji tüketimi, DYY	1974-2010	ARDL, Hatemi-J Eşbütünleşme	Geçerli
Bölük ve Mert (2015)	Türkiye	Kişi başına; CO ₂ , yenilenebilir elektrik enerjisi, gelir	1961-2010	ARDL	Geçerli
Gözcü ve Can (2016)	Türkiye	Kişi başına; CO ₂ , gelir, enerji tüketimi, ihracat şekillendirme endeksi	1971-2010	Maki Eşbütünleşme, DOLS, VECM	Geçerli
Çağlar ve Mert (2017)	Türkiye	Kişi başına; CO ₂ , gelir, yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik tüketimi	1960-2013	Yapısal kırılmalı eşbütünleşme, DOLS	Geçerli
Özcan ve ark. (2018)	Türkiye	Kişi başına; gelir ve karbon ayak izi	1961-2013	Bootstrap Rolling Window Nedensellik	Geçersiz
Pata (2018)	Türkiye	Kişi başına; gelir, CO ₂ emisyonu, finansal gelişme, ihracat, ithalat, kentleşme, sanayileşme, alternatif enerji ve kömür tüketimi	1971-2014	ARDL, Sınır testi	Geçerli

Destek (2018)	Türkiye	Reel GSYH, enerji yoğunluğu, ekolojik ayak izi, kentleşme düzeyi	1990-2014	Gregory-Hansen eşbütünleşme, ARDL sınır testi, VECM Granger nedensellik	Geçerli
Pata (2018)	Türkiye	Kişi başına; GSYH, yenilenebilir enerji tüketimi, CO2 emisyonu, alternatif enerji tüketimi, hidroelektrik tüketimi, kentleşme, finansal gelişme	1974-2014	Gregory-Hansen, Hatemi-J ve ARDL eşbütünleşme, FMOLS, CCR	Geçerli
Karasoy (2019)	Türkiye	Kişi başına CO2 salımı, finansal gelişme, gelir, hidroelektrik enerjisi, enerji ve yenilenemez enerji tüketimi, ticari açıklık oranı	1965-2015	NARDL	Geçersiz
Bulut (2020)	Türkiye	Ekolojik ayak izi, yenilenebilir enerji tüketimi, GSYH, sanayileşme, DYY	1970-2016	ARDL, DOLS	Geçerli
Özdemir ve Koç (2020)	Türkiye	Kişi başına; CO2 emisyonu, enerji tüketimi, reel GSYH, yenilenebilir enerji kullanımı, ticari dış açıklık	1960-2017	ARDL	Geçerli

Tablo 2 incelendiğinde, Türkiye için yapılan çalışmalarda, uluslararası literatürdeki ülkeler için yapılan çalışmalarda olduğu gibi kesin bir kanıya varılamamış ve karma sonuçlar elde edilmiş, karbon salımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki incelenirken, daha doğru ampirik sonuçlar alabilmek için değişkenlerin yapısına uygun olarak yapısal kırılmayı ve doğrusal olmayan ilişkileri dikkate alan çalışmalar kullanılmıştır. Literatür taramasının son bölümünde, Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi dışında ekonomik büyüme ve çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi karbon emisyonlarını dikkate alarak inceleyen bazı çalışmalar şu şekildedir: Tay Bayramoğlu ve Koç Yurtkur (2016), Türkiye için yaptıkları çalışmalarında, ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi doğrusal ve doğrusal olmayan eşbütünleşme yöntemleriyle incelemişlerdir. Çalışma sonunda, değişkenler arasında doğrusal ilişki bulunamazken, doğrusal olmayan bir eşbütünleşme ilişkisi olduğu görülmüştür. Benzer biçimde, Doğan ve Topallı (2016), karbon salımı, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi incelemiş, doğrusal yöntemlerle karbon emisyonundan ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir ilişki olduğu, doğrusal olmayan yöntemlerle enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ile enerji tüketimi ve karbon emisyonu arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Acaravcı ve Erdoğan (2017), dünya sıralamasında yenilenebilir enerjinin üretimi konusunda ilk beşte yer alan ülkeler için kişi başına düşen milli gelir, karbon emisyonları ve yenilenebilir enerji arasındaki ilişkiyi incelemiş değişkenler arasında uzun dönemli

bir ilişki ve kişi başına düşen gelir ile karbon emisyonu arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Mert ve Çağlar (2020), Türkiye için yapmış oldukları çalışmalarında, 1974-2018 dönemini kapsayan veriler yardımıyla, kirlilik cenneti ve kirlilik halesi hipotezini sınamak için yabancı yatırımlar ile emisyonlar arasındaki ilişkiyi saklı eşbütünleşme analizleri ile test etmişlerdir. Çalışma sonunda, kısa dönemde, doğrudan yabancı yatırımlar ile karbon emisyonunun pozitif şokları arasında, uzun dönemde ise, doğrudan yabancı yatırımların negatif ve pozitif şokları ile emisyonların pozitif şokları arasında asimetrik bir nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Emek ve Özçelebi (2021), Türkiye için yapmış oldukları çalışmalarında; karbon emisyonları, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkiyi incelemiş, Toda-Yamamoto testinin sonucuna göre GSYH'dan karbon emisyonuna doğru tek yönlü bir ilişki bulunurken, Hatemi-J asimetrik nedensellik testi sonuçlarına göre nedensellik ilişkisi olmadığı görülmüştür. Ayrıca uzun dönemde ekonomik büyümedeki artışların düşük miktarda karbon emisyonunu azalttığı ve ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Bu çalışmada, ilgili literatürde de görüldüğü gibi büyüme-emisyon ilişkisinin ÇKE ile incelenmesi sonucu ulaşılan karmaşıklığa karşı, farklı olarak, değişkenlerin pozitif ve negatif birikimli şoklarından hareketle söz konusu ilişki asimetrik olarak ele alınacaktır.

Ekonometrik Yöntem

Bu çalışmada değişkenler arasındaki kısa dönem asimetrik nedensellik ilişkisi Hatemi-J (2012) asimetrik nedensellik testi, uzun dönem asimetrik nedensellik analizi ise Granger ve Yoon (2002) saklı eşbütünleşme yaklaşımı ile incelenmiştir.

Pozitif ve negatif şokların ayrı ayrı analiz edilmesini temel alan ilk çalışma Granger ve Yoon (2002) tarafından geliştirilen saklı eşbütünleşme çalışmasıdır. Daha sonra bu çalışma nedensellik analizine uyarlanmıştır. İki değişken arasındaki nedensellik ilişkisini incelemek amacıyla kurulan modeller Eşitlik 1 ve 2'deki gibidir:

$$Y_{1t} = Y_{1t-1} + \varepsilon_{1t} = Y_{1,0} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i} \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (1)$$

$$Y_{2t} = Y_{2t-1} + \varepsilon_{2t} = Y_{2,0} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i} \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (2)$$

Denklemlere ait pozitif ve negatif şoklar aşağıdaki gibi gösterilir:

$$\varepsilon_{i1}^+ = \max(\varepsilon_{1i}, 0) \text{ ve } \varepsilon_{i2}^+ = \max(\varepsilon_{2i}, 0) \text{ ve pozitif şokları,}$$

$$\varepsilon_{i1}^- = \min(\varepsilon_{1i}, 0) \text{ ve } \varepsilon_{i2}^- = \min(\varepsilon_{2i}, 0) \text{ negatif şokları ifade etmektedir.}$$

Ayrıca şoklar, $\varepsilon_{1i} = \varepsilon_{i1}^+ + \varepsilon_{i1}^-$ ve $\varepsilon_{2i} = \varepsilon_{i2}^+ + \varepsilon_{i2}^-$ şeklinde ifade edilebilir. Buna göre Eşitlik 3 ve 4'teki denklemleri şokları yerine yazarak ifade etmek mümkündür:

$$Y_{1t} = Y_{1t-1} + \varepsilon_{1t} = Y_{1,0} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^+ + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^- \quad (3)$$

$$Y_{2t} = Y_{2t-1} + \varepsilon_{2t} = Y_{2,0} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^+ + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^- \quad (4)$$

Değişkenlere ait şoklar birikimli olarak şöyle gösterilecektir:

$$Y_{1t}^+ = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^+ \quad Y_{1t}^- = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^- \quad Y_{2t}^+ = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^+ \quad Y_{2t}^- = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^- \quad (5)$$

Elde edilen pozitif ve negatif şoklar arasındaki ilişki “p gecikmeli” vektör otoregresif model VAR(p) kullanılarak analiz edilmektedir. Yokluk hipotezi nedenselliğin olmadığını ifade ederken, alternatif hipotez ise bir nedensellik ilişkisinin var olduğuna dair kurulmaktadır (Mert ve Çağlar, 2019, s. 351).

Granger Yoon (2002) saklı eşbütünleşme analizi Engle Granger (1987) eşbütünleşme testi temelli bir analizdir. Dolayısıyla bu testte Engle Granger eşbütünleşme analizinde olduğu gibi tekil bir ilişki elde edilmektedir. X_t ve Y_t rassal yürüyüş sürecindeki iki değişken, Eşitlik 6 ve 7'deki gibi gösterilsin:

$$X_t = X_{t-1} + \varepsilon_t = X_0 + \sum_{i=1}^t \varepsilon_i \quad (6)$$

$$Y_t = Y_{t-1} + \eta_t = Y_0 + \sum_{i=1}^t \eta_i \quad (7)$$

Değişkenler arasındaki saklı eşbütünleşmeyi incelemek için pozitif ve negatif şokları aşağıdaki gibi ayrıştırılır:

$$\varepsilon_i^- = \min(\varepsilon_i, d) \text{ ve } \varepsilon_i^+ = \max(\varepsilon_i, d) \quad (8)$$

$$\eta_i^- = \min(\eta_i, d) \text{ ve } \eta_i^+ = \max(\eta_i, d) \quad (9)$$

Eşitlik 8'de X_t , 9'da ise Y_t değişkenine ait pozitif ve negatif şoklar görülmektedir. Burada d eşik değerini ifade etmektedir. Genellikle sıfır olduğu varsayılır. Hata terimleri $\varepsilon_i = \varepsilon_i^- + \varepsilon_i^+ + d$ ve $\eta_i = \eta_i^- + \eta_i^+ + d$ şeklinde tanımlanabilir (Mert ve Çağlar, 2019, s. 300). Ayrıştırılan pozitif ve negatif şoklar rassal yürüyüş sürecindeki yerlerine konduğunda X_t ve Y_t değişkenleri aşağıdaki gibi olacaktır:

$$X_t = X_{t-1} + \varepsilon_t = X_0 + \sum_{i=1}^t \varepsilon_i^- + \sum_{i=1}^t \varepsilon_i^+ \quad (10)$$

$$Y_t = Y_{t-1} + \eta_t = Y_0 + \sum_{i=1}^t \eta_i^- + \sum_{i=1}^t \eta_i^+ \quad (11)$$

X_0 ile Y_0 bir sabit olduğu varsayılır ve X_t ve Y_t denklemleri Eşitlik 12'deki gibi yeniden düzenlenir:

$$X_t^+ = \sum_{i=1}^t \varepsilon_i^+, \quad X_t^- = \sum_{i=1}^t \varepsilon_i^- \text{ ve } Y_t^+ = \sum_{i=1}^t \eta_i^+, \quad Y_t^- = \sum_{i=1}^t \eta_i^- \quad (12)$$

$\Delta X_t^+ = \varepsilon_t^+, \Delta X_t^- = \varepsilon_t^-$ ve $\Delta Y_t^+ = \eta_t^+, \Delta Y_t^- = \eta_t^-$ olarak gösterilmektedir.

Buradan elde edilen şoklar saklı eşbütünleşme analizinin ilk aşamasını oluşturmaktadır (Mert ve Çağlar, 2019: 300). Pozitif ve negatif bileşenlerine ayrılmış bu serilere Engle Granger (1987) eşbütünleşme analizinin uygulanmasıyla Granger Yoon (2002) saklı eşbütünleşme analizi yapılmış olmaktadır.

Granger ve Yoon (2002) çalışmalarında serilerin bileşenleri arasında bir eşbütünleşme ilişkisi bulunması durumunda saklı hata düzeltme (Crouching Error Correction Model, CECM) modelini önermişlerdir. Pozitif bileşenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisi olduğunda hata düzeltme modeli Eşitlik 13 ve 14'teki gibi olacaktır:

$$\Delta Y_t = \psi_0 + \psi_1 \varepsilon_{t-1} + \sum_{i=1}^k \psi_{xi} \Delta X_{t-i}^+ + \sum_{i=1}^p \psi_{yj} \Delta Y_{t-j}^+ + v_t \quad (13)$$

$$\Delta X_t = \gamma_0 + \gamma_1 \varepsilon_{t-1} + \sum_{i=1}^k \gamma_{xi} \Delta X_{t-i}^+ + \sum_{j=1}^p \gamma_{yj} \Delta Y_{t-j}^+ + v_t \quad (14)$$

Eşitlik 13 ve 14’te hata düzeltme terimi uzun dönem denkleminde elde edilen kalıntıların bir gecikmeli halidir. (ε_{t-1}) Dolayısıyla ψ_1 ve γ_1 hata düzeltme katsayılarını ifade etmektedir (Mert ve Çağlar, 2019, s. 301).

Gonzalo ve Granger (1995) yaptıkları çalışmalarında, hata düzeltme modeli denklemlerinde anlamsız hata düzeltme katsayıları olması durumunda, bu denklemlerdeki bağımlı değişkenleri kalıcı bileşenler olarak tanımlamışlardır. Kalıcı bileşenlerde meydana gelen bir şokun uzun dönemde kendisini ve diğer değişkenleri etkilediği söylenebilir. Anlamlı hata düzeltme katsayısının bulunduğu denklemin bağımlı değişkenleri ise geçici değişkenler olup, bu değişkenlerde meydana gelen şokların uzun dönem dengesini belirlemeyen geçici etkilere sahip olduğu ifade edilmektedir (Granger ve Yoon, 2002; Honarvar, 2009).

Veri Seti ve Ampirik Bulgular

Çalışmada kişi başına ekonomik büyümeyi ifade etmek amacıyla kişi başına GSYİH, (GDP per capita (constant 2015 US\$)), kişi başına karbon emisyonu için (CO2 emissions (metric tons per capita)) değişkenleri doğal logaritmaları alınarak incelenmiştir. Veriler 1960-2018 dönemi için Dünya Bankası (The World Bank)’ndan alınmıştır.

Analizin ilk bölümünde değişkenlerin durağanlık durumları, sıradan birim kök testlerinden ADF, yapısal kırılmalı birim kök testlerinden Zivot ve Andrews (1992) tek kırılmalı birim kök testi ile analiz edilmiştir. Test sonuçları Tablo 3 ve Tablo 4’teki gibidir:

Tablo 3

Kişi Başına Karbon Emisyonu ve Ekonomik Büyüme için ADF birim kök analizi

Seriler	Sabit Terimli Model	Sabit Terimli ve Trendli Model
CO2	t=-2.827127	t=-2.863292
GDP	t= 0.312909	t=-2.079556
Δ CO2	t=-7.762405*	t=-8.534879*
Δ GDP	t=-7.599046*	t=-7.543195*

* Tüm yanılma düzeylerinde temel hipotezin reddedildiğini gösterir.

Tablo 3 incelendiğinde değişkenlerin düzey değerlerinde hem sabit terimli hem de sabitli trendli modelde “Seri birim kök içerir” şeklinde kurulan temel hipotez reddedilemeyecektir. Dolayısıyla seriler durağan değildir. Ancak değişkenlerin birinci farkları alındığında, yokluk hipotezinin reddedildiği yani serilerin $I(1)$ olduğu görülmektedir.

Tablo 4

Kişi Başına Karbon Emisyonu ve Ekonomik Büyüme için kırılma analizi

Model C	ZA (1992)	
	CO2	GDP
T _{B1}	1978	1999
Test İst.	-4.494264	-3.878388

Kritik değerler, sırasıyla .01, .05 ve .10 yanılma düzeyi için -5.57,-5.08,-4.82'dir.

Tablo 4 incelendiğinde, karbon emisyonu değişkeni için 1978 yılında, ekonomik büyüme değişkeni için 1999 yılında hem düzeyde hem trendde bir kırılma olduğu görülmektedir. Ancak tüm yanılma düzeylerinde temel hipotez reddedilememiştir. Seriler durağan değildir. Dolayısıyla kırılmalar anlamsızdır.

Değişkenler arasındaki kısa dönem asimetrik ilişki Hatemi-J (2012) asimetrik nedensellik analizi ile incelenmiştir. Değişkenlere ait nedensellik ilişkileri Tablo 5 ve Tablo 6'daki gibidir:

Tablo 5

Kişi Başına Ekonomik Büyümeden Karbon Emisyonuna doğru nedensellik analizi

Yokluk Hipotezi	Test Değeri	Bootstrap Kritik Değerler		
		.01	.05	.10
GDP ⁺ ≠ >CO ²⁺	2.957	8.362	4.438	3.029
GDP ⁺ ≠ >CO ²⁻	0.109	15.421	5.629	3.238
GDP ⁻ ≠ >CO ²⁻	0.293	7.203	4.237	3.061
GDP ⁻ ≠ >CO ²⁺	2.612	7.309	4.228	3.037

≠ > notasyonu "nedensellik yoktur" şeklinde kurulan temel hipotezi gösterir.

AIC bilgi kriteri kullanılarak VAR Modeline göre en uygun gecikme 1 olarak belirlenmiştir.

Tablo 5'te Ekonomik büyümenin tüm şoklarından karbon emisyonunun tüm şoklarına doğru nedensellik ilişkisi incelenmiş ve nedenselliğin olmadığını ifade eden yokluk hipotezi reddedilememiştir. Başka bir ifade ile kısa dönemde ekonomik büyümeden karbon emisyonuna doğru bir nedensellik ilişkisinin olmadığını göstermiştir. Bu sonuçlar Emek ve Özçelebi (2021) çalışmasının sonuçları ile tutarlılık göstermektedir.

Tablo 6

Kişi Başına Karbon Emisyonundan Ekonomik Büyüme doğru nedensellik analizi

Yokluk Hipotezi	Test Değeri	Bootstrap Kritik Değerler		
		.01	.05	.10
CO ²⁺ ≠ >GDP ⁺	0.652	8.323	4.510	3.102
CO ²⁻ ≠ >GDP ⁻	591.149*	27.358	6.292	2.733
CO ²⁺ ≠ >GDP ⁻	0.008	9.780	4.765	3.061
CO ²⁻ ≠ >GDP ⁺	2.307	8.306	4.273	2.902

≠ > notasyonu "nedensellik yoktur" şeklinde kurulan temel hipotezi gösterir.

AIC bilgi kriteri kullanılarak VAR Modeline göre en uygun gecikme 1 olarak belirlenmiştir.

*Tüm yanılma düzeylerinde temel hipotezin reddedildiğini gösterir.

Tablo 6’da karbon emisyonunun tüm şoklarından ekonomik büyümenin tüm şoklarına doğru nedensellik ilişkisi incelenmiş, karbon emisyonunun negatif şoklarından ekonomik büyümenin negatif şoklarına doğru bir nedensellik ilişkisi olduğu görülmüştür. Başka bir ifadeyle, kısa dönemde karbon emisyonlarındaki azalışlar, ekonomik büyümedeki azalışın bir nedeni olmaktadır. Bu sonuç kısa dönemde ekonomik büyümedeki olumsuzlukların bir nedeni olarak emisyonlardaki azalışları göstermesi bakımından ilginç bir sonuçtur. Türkiye’de büyümenin kısa dönemde fosil kaynaklı yakıtlara bağlı olduğu anlaşılmaktadır.

Değişkenlerin pozitif ve negatif bileşenleri arasında saklı ilişkiyi analiz edebilmek için ilk olarak değişkenlerin pozitif ve negatif bileşenlerinin aynı dereceden tümleşik olması gerekmektedir. Karbon emisyonu ve ekonomik büyüme değişkenlerine ait bileşenlerin ADF birim kök testi sonuçları Tablo 7’deki gibidir:

Tablo 7

Kişi Başına Karbon Emisyonu ve Ekonomik Büyüme bileşenlerinin ADF birim kök sonuçları

Seriler	Sabit Terimli Model	Sabit Terimli ve Trendli Model
CO2 ⁺	t=-3.205763	t=-3.847204
CO2 ⁻	t= 0.266838	t=-2.993342
GDP ⁺	t= 0.972048	t=-1.198967
GDP ⁻	t= 0.188377	t=-2.431806
ΔCO2 ⁺	t=-8.565750*	t=-9.128218*
ΔCO2 ⁻	t=-7.025205*	t=-7.035830*
ΔGDP ⁺	t=-7.286422*	t=-7.382685*
ΔGDP ⁻	t=-7.574265*	t=-7.594936*

*.01 yanılma düzeyinde temel hipotezin reddedildiğini gösterir.

Tablo 7’de karbon emisyonu ve ekonomik büyüme değişkenlerinin bileşenleri düzey değerlerinde durağan değilken, .01 anlamlılık düzeyinde birinci farkları alındığında durağan olduğu görülmektedir. Bileşenler $I(1)$ olduğu için saklı eşbütünleşme analizi yapılabilir. Granger ve Yoon (2002) saklı eşbütünleşme analizi sonuçları Tablo 8’deki gibidir.

Tablo 8

Granger Yoon (2002) test sonuçları (Bağımlı değişken CO2)

Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	tau-istatistiği	z-istatistiği
CO2 ⁺	GDP ⁺	-4.636539** (0.0290)	-31.24762** (0.0269)
CO2 ⁻	GDP ⁺	-3.301133 (0.3511)	-19.83871 (0.2748)
CO2 ⁺	GDP ⁻	-4.781758** (0.0205)	-26.29868*** (0.0826)
CO2 ⁻	GDP ⁻	-3.299284 (0.3520)	-18.42015 (0.3421)

, srasıyla, .05 ve .10 yanılma düzeyinde “eşbütünleşme yoktur” şeklinde kurulan temel hipotezin reddini gösterir.

Karesel trend modeli kullanılmıştır.

Parantez içerisinde olasılık değerleri verilmiştir.

Tablo 8’de karbon emisyonunun bağımlı değişken olduğu saklı eşbütünleşme sonuçları verilmiştir. Tablo incelendiğinde karbon emisyonu ve ekonomik büyümenin birikimli pozitif şokları arasında ve karbon emisyonunun birikimli pozitif şokları ile ekonomik büyümenin birikimli negatif şokları arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin olduğu görülmektedir.

Saklı hata düzeltme modeli tahmini için maksimum gecikme 4 alınmış ve denklemlerdeki anlamlı katsayılar adimsal regresyon analizi ile belirlenmiştir. Bu bağlamda ilk olarak karbon emisyonu ve ekonomik büyümenin birikimli pozitif bileşenleri arasındaki ilişkinin uzun dönem ve saklı hata düzeltme modeli tahminleri Tablo 9’daki gibidir:

Tablo 9

Granger Yoon (2002) Uzun dönem ve hata düzeltme modeli tahminleri (CO₂⁺, GDP⁺)

Uzun dönem tahmini

$$CO_2^+_t = 0.056746 + 0.038861t - 0.000544 t^2 + 1.039746 GDP^+_t$$

(0.0291) (0.0000) (0.0006) (0.0000)

Saklı hata düzeltme modeli (CECM) tahminleri

$$\Delta CO_2^+_t = 0.026718 - 0.339004 \epsilon_{t-1} + 0.292747 \Delta CO_2^+_{t-1} + 0.330326 \Delta CO_2^+_{t-4} - 0.326569 \Delta GDP^+_{t-4}$$

(0.0123) (0.0091) (0.0470) (0.0058) (0.0694)

$$\Delta GDP^+_t = 0.042727 - 0.200641 \Delta CO_2^+_{t-2} + 0.219738 \Delta CO_2^+_{t-4} - 0.292749 \Delta GDP^+_{t-4}$$

(0.0000) (0.0419) (0.0145) (0.0345)

Parantez içerisinde P-değerleri verilmiştir.

Tablo 9’da EKK yöntemi ile tahmin edilen karesel uzun dönem denkleminde katsayılar istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu sonuçlara göre uzun dönemde ekonomik büyümede meydana gelecek %1’lik pozitif şok (ya da olumlu gelişme), karbon emisyonundaki artışları %1.039746 arttırmaktadır. Karbon emisyonunun bağımlı değişken olduğu saklı hata düzeltme denkleminde, hata düzeltme katsayısının negatif ve anlamlı olması değişkenlerin uzun dönem dengesine ulaşacağını göstermektedir. Ekonomik büyümenin bağımlı değişken olduğu denklemde, hata düzeltme katsayısı istatistiksel olarak anlamsız olduğundan GDP⁺ kalıcı bileşen olurken, CO₂⁺ geçici bileşen olacaktır. Ekonomik büyümenin pozitif bileşenleri (GDP⁺), karbon emisyonunun pozitif bileşenlerinin (CO₂⁺), uzun dönem asimetrik nedenidir. Başka bir ifadeyle ekonomik büyümede yaşanacak olumlu gelişmeler uzun dönemde karbon emisyonunda yaşanacak artışların nedenidir. Karbon emisyonunun birikimli pozitif bileşenleri ile ekonomik büyümenin birikimli negatif bileşenleri arasındaki ilişkinin uzun dönem ve saklı hata düzeltme modeli tahminleri Tablo 10’deki gibidir:

Tablo 10

Granger Yoon (2002) Uzun dönem ve hata düzeltme modeli tahminleri (CO₂⁺, GDP⁻)

Uzun dönem tahmini			
$CO_2^+ = 0.102985 + 0.062475t - 0.000213 t^2 + 1.127616 GDP_t^-$			
(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0029)
Saklı hata düzeltme modeli (CECM) tahminleri			
$\Delta CO_2^+ = 0.019567 - 0.319581 \epsilon_{t-1}^+ + 0.263426 \Delta CO_2^+_{t-1} + 0.268136 \Delta CO_2^+_{t-4}$			
(0.0503)	(0.0155)	(0.0778)	(0.0207)
$\Delta GDP_t^- = -0.006331$			
(0.0081)			

Parantez içerisinde P-değerleri verilmiştir.

Tablo 10’da karesel uzun dönem denkleminde katsayılar istatistiksel olarak anlamlıdır ve sonuçlara göre uzun dönemde ekonomik büyümedeki meydana gelecek %1’lik negatif şok (ya da olumsuz gelişme), karbon emisyonundaki artışları %1.127616 arttırmaktadır. Karbon emisyonunun pozitif bileşenlerinin bağımlı değişken olduğu saklı hata düzeltme denkleminde hata düzeltme katsayısının negatif ve anlamlı olması değişkenlerin uzun dönem dengesine ulaşacağını gösterir. Ekonomik büyümenin bağımlı değişken olduğu denklemde ise, hata düzeltme katsayısı istatistiksel olarak anlamsız olduğundan GDP⁻ kalıcı bileşen olurken, CO₂⁺ geçici bileşen olacaktır. Ekonomik büyümenin negatif bileşenleri (GDP⁻), karbon emisyonunun pozitif bileşenlerinin (CO₂⁺), uzun dönem asimetrik nedenidir. Başka bir ifadeyle ekonomik büyümede yaşanacak olumsuz gelişmeler uzun dönemde karbon emisyonunda yaşanacak artışların nedenidir.

Sonuç

Bu çalışmada Türkiye’de 1960-2018 dönemine ait verileri kullanarak, karbon emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki kısa ve uzun dönemli asimetrik nedensellik ilişkisi incelenmiştir. İlk olarak, değişkenlerin durağanlık durumları sıradan birim kök testlerinden ADF, yapısal kırılmalı birim kök testlerinden Zivot ve Andrews (1992) tek kırılmalı birim kök testi ile analiz edilmiştir. ADF birim kök testi sonuçlarına göre her iki değişkenin de birinci farkları alındığında durağan olduğu, Zivot ve Andrews (1992) tek kırılmalı birim kök testine göre bulunan kırılmaların anlamsız olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Değişkenler arasındaki kısa dönemli asimetrik ilişki, Hatemi-J (2012) kısa dönem asimetrik nedensellik testiyle incelenmiş ve karbon emisyonlarında meydana gelen azalışların, ekonomik büyümedeki azalışların nedeni olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Uzun dönemli asimetrik ilişki Granger ve Yoon (2002) saklı eşbütünleşme ve saklı hata düzeltme modeli ile incelenmiştir. CO₂=f(GDP) denkleminde hareketle ilişkiler incelenmiş olup, değişkenlerin pozitif bileşenleri ve karbon emisyonunun pozitif bileşeni ile ekonomik büyümenin negatif bileşeni arasında bir uzun dönem denge ilişkisi olduğu, ekonomik büyümedeki olumlu gelişmeler ile birlikte olumsuz gelişmelerin de karbon emisyonlarındaki artışın nedeni olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Saklı hata düzeltme modeli denklemleri incelendiğinde, ekonomik büyüme değişkeni

kalıcı bileşen olurken karbon emisyonu geçici bileşen olmaktadır. Başka bir ifade ile, ekonomik büyümenin pozitif ve negatif şokları yani ekonomide meydana gelen olumlu gelişmeler veya daralmalar uzun dönem dengesini belirleyen faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışma karbon emisyonu ve ekonomik büyümenin pozitif ve negatif bileşenleri arasında göz ardı edilmemesi gereken ilişkileri ortaya çıkarmaktadır. Türkiye’de bu konu ile ilgili yapılan çalışmalara ek olarak; ekonomik büyümedeki olumlu gelişmelerle birlikte, ekonomideki daralmaların da karbon emisyonundaki artışı arttırdığı sonucuna ulaşılması ve daha önce bir bütün olarak ele alınan “saklı” ilişkilerin ortaya çıkarılması açısından önemlidir.

Çalışmanın giriş ve literatür kısmında da belirtildiği üzere konu ile ilgili yapılmış çalışmalar çoğunlukla ÇKE hipotezi temelli ya da emisyon-büyüme ilişkisinin simetrik ele alındığı çalışmalar olduğundan, mevcut çalışmanın çıktılarının doğrudan literatürün sunduğu çıktılarla karşılaştırılması mümkün görünmemektedir. Sadece; bulunan sonuçların, Emek ve Özçelebi (2021)’nin emisyon-büyüme ilişkisi ile ilgili kısa dönem asimetrik nedensellik sonuçlarıyla paralellik gösterdiği görülmektedir. Emisyon ve büyüme değişkenlerinin pozitif ve negatif şoklarının hem kısa hem uzun dönem olmak üzere analizlere dahil edilmesi, mevcut çalışmayı literatürde var olan çalışmalardan ayıran önemli bir farkı olmakla beraber çalışmanın ilgili yazına bu açıdan önemli bir katkısı da bulunmaktadır.

Çalışmanın sonuçlarına göre ekonomik büyümedeki olumlu ve/veya olumsuz gelişmelerin sürekli olarak karbon emisyonlarındaki artışı artırıyor olması; büyüme hedeflerine ulaşmaya çalışan Türkiye’nin sürdürülebilir kalkınmayı sağlayabilmek için Hedef 13 kapsamında atmosfere salınan karbon emisyonu miktarını düşürmesi önem kazanmaktadır. Ekonomik büyüme faaliyetlerinde çevre kirliliğine fırsat vermeyecek önlemlerin alınması, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artırılması, temiz teknoloji kullanımının yaygınlaştırılması ve bu konuda geliştirilecek çevresel politikaların 2030 yılı hedefleri doğrultusunda planlanması önemli olmaktadır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Yazar Katkısı: Çalışma Konsepti/Tasarımı: H.A., M.M.; Veri Toplama: H.A., M.M.; Veri Analizi /Yorumlama: H.A., M.M.; Yazı Taslağı: H.A., M.M.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi: H.A., M.M.; Son Onay ve Sorumluluk: H.A., M.M.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The author has no conflict of interest to declare.

Grant Support: The author declared that this study has received no financial support.

Author Contributions: Conception/Design of study: H.A., M.M.; Data Acquisition: H.A., M.M.; Data Analysis/Interpretation: H.A., M.M.; Drafting Manuscript: H.A., M.M.; Critical Revision of Manuscript: H.A., M.M.; Final Approval and Accountability: H.A., M.M.

Kaynakça/References

- Acaravcı, A., & Erdoğan, S. (2017). yenilenebilir enerji, çevre ve ekonomik büyüme ilişkisi: seçilmiş ülkeler için ampirik bir analiz. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 13(1), 53-64.
- Ahmad, N., Du, L., Lu, J., Wang, J., Li, H.-Z., & Hashmi, M. Z. (2017, March). Modelling the CO2 emissions and economic growth in Croatia: Is there any environmental Kuznets curve? *Energy*, 123, 164-172. <https://doi:10.1016/j.energy.2016.12.106>
- Aksu, C. (2011). Sürdürülebilir kalkınma ve çevre. *Güney Ege Kalkınma Ajansı*, 1-33.
- Akyıldız, B. (2008). *Çevresel Etkinlik Analizi: Kuznets Eğrisi Yaklaşımı*. (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Arı, A., & Zeren, F. (2011). CO2 Emisyonu ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Analizi. *Yönetim Ve Ekonomi*, 18(2), 38-47.
- Aslanidis, N. (2009, January). Environmental Kuznets Curves for Carbon Emissions: A Critical Survey. *FEEM Working Paper No. 75.2009*, 1-38.
- Bozkurt, C., & Okumuş, İ. (2015). Türkiye’de ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticari serbestleşme ve nüfus yoğunluğunun CO2 emisyonu üzerindeki etkileri: Yapısal kırılmalı eşbütünleşme analizi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(32), 23-35.
- Bölük, G., & Mert, M. (2015, December). The renewable energy, growth and environmental Kuznets curve in Turkey: An ARDL approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 587-595. <https://doi:10.1016/j.rser.2015.07.138>
- Bulut, Ü. (2020). Environmental sustainability in Turkey: an environmental Kuznets curve estimation for ecological footprint. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 28(3), 227-237. <https://doi.org/10.1080/13504509.2020.1793425>
- Chen, Y., Wang, Z., & Zhong, Z. (2019, February). CO2 emissions, economic growth, renewable and non-renewable energy production and foreign trade in China. *Renewable Energy*, 131, 208-216. <https://doi:10.1016/j.renene.2018.07.047>
- Çağlar, A. E., & Mert, M. (2017). Türkiye’de Çevresel Kuznets Hipotezi ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon salımı üzerine etkisi: Yapısal kırılmalı eşbütünleşme yaklaşımı. *Yönetim ve Ekonomi*, 24(1), 21-38. <https://doi:10.18657/yonveek.307485>
- Çetin, M. A. (2018). Investigating the environmental Kuznets Curve and the role of green energy: Emerging and developed markets. *International Journal of Green Energy*, 15(1), 37-44. <https://doi:10.1080/15435075.2017.1413375>
- Destek, M. A. (2018). Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Türkiye İçin İncelenmesi: STIRPAT Modelinden Bulgular. *C.Ü. İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(2), 268-283.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(336a), 427-431. <https://doi:10.1080/01621459.1979.10482531>
- Doğan, İ., & Topallı, N. (2016). Milli gelir, karbon emisyonu ve enerji tüketimi: Türkiye için doğrusal ve doğrusal olmayan nedensellik analizi. *Business and Economics Research Journal*, 7(1), 107-121. <https://doi:10.20409/berj.2016116807>
- Emek, Ö. F., & Özçelebi O. (2021). Türkiye’de Çevresel Kuznets Hipotezinin geçerliliği bağlamında karbon emisyonu (CO2) ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin incelenmesi: hatemi-j ve zamanla değişen nedensellik. *Bilgi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(2), 364-386.
- Engle, R. F., & Granger, C. W. (1987, March). Co-Integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica*, 55(2), 251-276.

- Gill, A. R., K. Viswanathan, K., & Hassan, S. (2018, January). The Environmental Kuznets Curve (EKC) and the environmental problem of the day. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1636-1642. <https://doi:10.1016/j.rser.2017.05.247>
- Gonzalo, J., & Granger, C. (1995). Estimation of common long-memory components in cointegrated systems. *Journal of Business and Economic Statistics*, 13(1), 27-35.
- Gözcü, G., & Can, M. (2016). Export product diversification and the environmental Kuznets curve: evidence from Turkey. *Environmental Science and Pollution Research volume*, 23, 21594–21603. <https://doi:10.1007/s11356-016-7403-9>
- Granger, C. W., & Yoon, G. (2002, January). Hidden Cointegration. *U of California, Economics Working Paper(2002-02)*, 2-48.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991, November). Environmental impacts of a North American free trade agreement. *National Bureau of Economic Research Working Paper 3914*, 1-39. <https://doi:10.3386/w3914>
- Gürlek, S., & Karaer, F. (2004). Türkiye’de ekonomik büyüme ile çevre kirliliği ilişkisinin incelenmesi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 10(1-2), 43-54.
- Halicıoğlu, F. (2009, March). An econometric study of CO2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy*, 37(3), 1156-1164. <https://doi:10.1016/j.enpol.2008.11.012>
- Hatemi-J, A. (2012). Asymmetric causality tests with an application. *Empirical Economics*, 43, 447-453.
- Honarvar, A. (2009, May). Asymmetry in retail gasoline and crude oil price movements in the United States: An application of hidden cointegration technique. *Energy Economics*, 31(3), 395-402.
- Karakaya, E. (2016). Paris Anlaşması: İçeriği ve Türkiye üzerine bir değerlendirme. *Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 1-12.
- Karasoy, A. (2019). Drivers of carbon emissions in Turkey: considering asymmetric impacts. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 9219–9231. <https://doi:10.1007/s11356-019-04354-4>
- Lau, L.-S., Choong, C.-K., Ng, C.-F., Liew, F.-M., & Ching, S.-L. (2019, March). Is nuclear energy clean? Revisit of Environmental Kuznets Curve hypothesis in OECD countries. *Economic Modelling*, 77, 12-20.
- Manga, M., & Gümüş Akar, P. (2019). Ekonomik büyüme, karbon emisyonu ve insani gelişmişlik arasındaki ilişki seçilmiş Akdeniz ülkeleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(1), 405-419. <https://doi:10.33437/ksusbd.555415>
- Mert, M., & Bölük, G. (2016). Do foreign direct investment and renewable energy consumption affect the CO2 emissions? New evidence from a panel ARDL approach to Kyoto Annex countries. *Environmental Science and Pollution Research volume*, 23, 21669–21681. <https://doi:10.1007/s11356-016-7413-7>
- Mert, M., & Çağlar, A. E. (2019). 8. Bölüm Eşbütünleşme Analizi (Co-integration Analysis). *Eviews ve Gauss Uygulamalı Zaman Serileri Analizi kitabı* içinde (s. 251-335). Ankara: Detay Yayıncılık.
- Mert, M., & Çağlar, A. E. (2019). 9. Bölüm Nedensellik Analizi (Causality Analysis) Hatemi-J (2012) Asimetrik Nedensellik Analizi. *Eviews ve Gauss Uygulamalı Zaman Serileri Analizi kitabı* içinde (s. 339-375). Ankara: Detay Yayıncılık.

- Mert, M., & Çağlar, A. E. (2020). Testing pollution haven and pollution halo hypotheses for Turkey: a new perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 32933–32943. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09469-7>
- Mert, M., Bölük, G., & Çağlar, A. E. (2019). Interrelationships among foreign direct investments, renewable energy, and CO 2 emissions for different European country groups: a panel ARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(21), 21495–215. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05415-4>
- Müller-Fürstenberger, G., & Wagner, M. (2007, May 15). Exploring the environmental Kuznets hypothesis: Theoretical and econometric problems. *Ecological Economics*, 62(3-4), 648-660. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.08.005>
- Okumuş, İ., & Bozkurt, C. (2020). Ekonomik büyümenin çevreye etkilerinin farklı gelişmişlik düzeyindeki ülkeler için incelenmesi. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 19(1), 238-255.
- Özcan, B., Apergis, N., & Shahbaz, M. (2018). A revisit of the environmental Kuznets curve hypothesis for Turkey: new evidence from bootstrap rolling window causality. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 32381–32394. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3165-x>
- Özdemir, B. K., & Koç, K. (2020). Türkiye’de karbon emisyonları, yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 11(1), 66-86. <https://doi.org/10.18354/Esam.665191>
- Öztürk, İ., & Acaravcı, A. (2010, December). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3220-3225. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.005>
- Pao, H.-T., & Tsai, C.-M. (2011, May). Modeling and forecasting the CO2 emissions, energy consumption, and economic growth in Brazil. *Energy*, 36(5), 2450-2458. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.01.032>
- Peşkirioğlu, N. (2016). 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri: Küresel Verimlilik Hareketine Doğru. *Anahtar Dergisi*, (335), 4-6.
- Pata, U. K. (2018, June 20). 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. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.236>
- Pata, U. K. (2018, October 1). The influence of coal and noncarbohydrate energy consumption on CO2 emissions: Revisiting the environmental Kuznets curve hypothesis for Turkey. *Energy*, 160, 1115-1123. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.07.095>
- Saatçi, M., & Dumrul, Y. (2011, Ocak- Haziran). Çevre kirliliği ve ekonomik büyüme ilişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisinin Türk ekonomisi için yapısal kırılmalı eş-bütünleşme yöntemiyle tahmini. *Erciyes Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*(37), 65-86.
- Sancar, O., & Bostancı, S. H. (2020, Ekim). COVID-19 Pandemi Sürecinde Karbon Emisyonu Üzerine Bir Tartışma. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 269-292.
- Selden , T., & Song , D. (1994, September). Environmental quality and development: Is there a kuznets curve for air pollution emissions? *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), 147-162.
- Shahbaz, M., Mahalik, M. K., Shah, S. H., & Sato, J. R. (2016, November). Time-varying analysis of CO2 emissions, energy consumption, and economic growth nexus: Statistical experience in next 11 countries. *Energy Policy*, 98, 33-48. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.08.011>

- Shahbaz, M., Ozturk, I., Afza, T., & Ali, A. (2013, September). Revisiting the environmental Kuznets curve in a global economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 494-502. <https://doi:10.1016/j.rser.2013.05.021>
- Şeker, F., Ertuğrul, H. M., & Çetin, M. (2015, December). 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. <https://doi:10.1016/j.rser.2015.07.118>
- Tay Bayramoğlu, A., & Koç Yurtkur, A. (2016). Türkiye’de karbon emisyonu ve ekonomik büyüme ilişkisi: Doğrusal olmayan eşbütünleşme analizi. *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(4), 31-45.
- Tiwari, A. K., Shahbaz, M., & Hye, Q. M. (2013, February). The environmental Kuznets curve and the role of coal consumption in India: Cointegration and causality analysis in an open economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 519-527. <https://doi:10.1016/j.rser.2012.10.031>
- Zivot, E., & Andrews, D. W. (1992). Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(1), 25-44.

