



Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Çevre İlişkisinin Saklı Eşbütünleşme Yaklaşımıyla Analizi Analysis of Energy Consumption and Environment Relationship in Turkey with Hidden Cointegration Approach

Nurevşan SARGIN KARATEKİN

Bağımsız Araştırmacı, Van, Türkiye

Independent Scientist, Van Türkiye

Orcid: [0009-0003-6232-7543](https://orcid.org/0009-0003-6232-7543) karatekin.sargin@gmail.com

Nigar ALEV

Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, Van, Türkiye

Assoc. Prof., Van Yüzüncü Yıl University, SEAS, Department of Economics, Van Türkiye

Orcid: 0000-0002-0154-6211 nigaralev02@gmail.com

Article Information/Makale Bilgisi

Cite as/Atıf: Karatekin, N. S. and Alev, N. (2025). Analysis of Energy Consumption and Environment Relationship in Turkey with Hidden Cointegration Approach. *Van Yüzüncü Yıl University the Journal of Social Sciences Institute*, 68, 166-183.

Karatekin, N. S. ve Alev, N. (2025). Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Çevre İlişkisinin Saklı Eşbütünleşme Yaklaşımıyla Analizi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 68, 166-183.

Article Types / Makale Türü: Research Article / Araştırma Makalesi

Received/Geliş Tarihi: 28 December, 2025 / 28 Aralık 2024

Accepted/Kabul Tarihi: 22 April, 2025 / 22 Nisan 2025

Published/Yayın Tarihi: June 27, 2025 / 27 Haziran, 2025

Pub Date Season/Yayın Sezonu: June / Haziran

Issue/Sayı: 68

Pages/Sayfa: 166-183

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

Published by/Yayıncı: Van Yüzüncü Yıl University of Social Sciences Institute/Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Ethical Statement/Etik Beyan: It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited/ Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur (Nurevşan SARGIN KARATEKİN, Nigar ALEV).

Conflict of Interest/Çıkar Beyanı

There are no conflicts of interest./Bu çalışma kapsamında herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile çıkar çatışması yoktur.

Declaration of Authors’ Contribution/Yazarların Katkı Oran Beyanı

This article has two authors and the contribution rate of the authors is equal/Bu makale iki yazarlıdır ve yazarların katkı oranı eşittir.

Copyright & License/Telif Hakkı ve Lisans: Authors publishing with the journal retain the copyright to their work licensed under the CC BY-NC 4.0./Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

Bu çalışma, Nigar ALEV danışmanlığında “Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Çevre İlişkisinin Saklı Eşbütünleşme Yaklaşımıyla Analizi” başlıklı yüksek lisans tezi esas alınarak hazırlanmıştır.

Öz

İnsanoğlunun ilk çağlardan bu yana çevre ile etkileşim içerisinde olduğu ve Sanayi Devrimi ile birlikte enerji tüketiminin önemli ölçüde arttığı, bu durumun çevresel etkileri giderek daha belirgin hale getirdiği anlaşılmaktadır. Artan enerji kullanımı, çevresel sorunların yanı sıra insan yaşamını da tehdit eden bir boyut kazandırmıştır. Bununla birlikte enerji, yaşamın sürdürülebilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışmada, Türkiye'nin 1990-2021 dönemi için enerji tüketimi ile çevre arasındaki asimetrik ilişki incelenmiştir. Analizlerde DF-GLS ve Ng-Perron birim kök testleri kullanılmış ve değişkenlerin birinci farkında durağan olduğu belirlenmiştir. Uzun dönem ilişkisi, yeni nesil bir test olan saklı eşbütünleşme testi aracılığıyla analiz edilmiştir. Ayrıca, nedensellik ilişkileri, saklı hata düzeltme modeline dayalı asimetrik nedensellik testi ile değerlendirilmiştir. Çalışmada enerji tüketiminin, karbon emisyonları ve ekonomik büyüme gibi pozitif bileşenler üzerindeki etkisi incelenmiş ve ekonomik büyüme, modelde açıklayıcı bir değişken olarak yer almıştır. Elde edilen bulgular, enerji tüketimindeki değişimlerin karbon emisyonları ve ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini ortaya koymakta; dolayısıyla enerji tüketiminin, bu iki bileşenin asimetrik bir nedeni olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu çalışma, asimetrik analiz yönteminin kullanılması bakımından literatürdeki önceki çalışmalardan ayrışmakta ve enerji ile çevre politikalarına yönelik önemli bulgular sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler

Enerji Tüketimi, Çevre, Ekonomik Büyüme, Saklı Eşbütünleşme Testi.

Abstract

Human beings have been interacting with the environment since ancient times. With the Industrial Revolution, energy consumption increased and its environmental impacts started to be felt. Increasing energy use day by day has brought environmental problems. It has become a threat to human life along with environmental impacts. However, energy is one of the primary factors for the continuation of life. In this study, the asymmetric relationship between energy consumption and environment is analysed for Turkey for the period 1990-2021. DF-GLS and Ng-Perron unit root analyses were performed and the variables were found to be stationary at first difference. The long-run relationship between the variables is analysed using the hidden cointegration test, which is one of the new generation tests. Causality relationships are also analysed by asymmetric causality test based on the hidden error correction model. The positive component of energy consumption, the positive component of carbon emissions and the positive component of economic growth are taken into account. Here, economic growth is included in the model as an explanatory variable. According to the findings, any change in the positive component of energy consumption causes a change in the positive component of carbon emissions and the positive component of economic growth. That is, the positive component of energy consumption is the asymmetric cause of the positive component of carbon emissions and economic growth. This study differs from previous studies by conducting asymmetric analysis. This asymmetric method sheds light on energy and environmental policies in line with the results.

Keywords

Energy Consumption, Environment, Economic Growth, Hidden Cointegration Test.

Giriş

Çevre kirliliğinin özünde, bireyler tarafından gerçekleşen üretim ve tüketim faaliyetleri bulunmaktadır. Kirliliğin temelinde insan faktörü vardır. İnsanoğlunun çevreye hakim olma düşüncesi zamanla ekolojik denge zincirini bozma aşamasına getirmiştir.

Çevre, insan faaliyetleri ve diğer canlı varlıklar üzerinde uzun dönemli olarak doğrudan veya dolaylı etkiler yaratan faktörlerin tümü olarak tanımlanmaktadır (Keleş ve Hamamcı, 2005). Bu kavram, tüm canlıların bir arada yaşadığı ve etkileşim içinde bulunduğu, karşılıklı yaşam faaliyetlerinin gerçekleştiği doğal denge ekosistemini ifade eder (Uyanık, 2017). Sera gazlarının atmosferde yoğunlaşması, küresel ısınmaya neden olmakta; bu da iklim değişikliklerine, buzulların erimesine, deniz seviyelerinin yükselmesine ve dolayısıyla verimli tarım arazilerinin kaybına yol açmaktadır. Çevre, hem küresel hem de ulusal bir mesele haline gelmiştir. Küresel ısınmayı önlemenin temel koşulu, fosil yakıt kullanımını azaltarak enerji altyapısını yenilenebilir enerji kaynaklarına dönüştürmek fikri giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu doğrultuda, çevre sorunlarına çözüm üretmek amacıyla uluslararası düzeyde çeşitli konferanslar düzenlenmektedir. 1992 Rio Konferansı'nda yerel yönetimlere "Gündem 21" kapsamında önemli görevler verilmiş olup, bu bağlamda ülkeler, kırsal topluluklarda yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanılabilir hale getirerek çevresel açıdan daha sağlıklı bir enerji geçiş süreci başlatmayı taahhüt etmişlerdir (Çukurçayır, 2002: 188; Mengi ve Algan, 2003: 27). Bu çerçevede enerji faktörünün insan yaşamı ve çevre üzerindeki önemi vurgulanmaktadır. Ekolojik iktisatçılardan İngiliz fizikçi Soddy, enerjiyi yaşamın vazgeçilmez bir kaynağı olarak tanımlamış ve "Kullanılabilir enerjimiz varsa, yaşamı sürdürür ve gerekli olan her malzemeyi üretebiliriz. Bu yüzden enerji akışı ekonominin birincil kaynağı olabilir" şeklinde ifade etmiştir.

Tarihsel süreçte, insanoğlu enerjiyi hayatının ayrılmaz bir parçası olarak kullanmıştır. Nüfus ve ekonomik faaliyetlerdeki artış, enerji kaynaklarına olan talebi artırmış, enerjiye erişim kolaylığı ise bu talebi daha da pekiştirmiştir. Ancak, enerji değerinin tam olarak anlaşılması sanayi devrimi ile mümkün olmuştur. Sanayi devrimi, yeni teknolojilerin ortaya çıkmasıyla birlikte kitle üretim süreçlerini başlatmış ve sanayi tesisleri enerji ihtiyacını büyük ölçüde fosil yakıtlardan, özellikle kömürden karşılamaya başlamıştır. Bu durum, kömür kullanımına bağlı olarak artan çevre sorunlarını da beraberinde getirmiştir (Asumadu-Sarkodie & Owusu, 2016). Enerjiye olan artan ihtiyaç, savaşlar ve diğer sorunların tetikleyicisi olurken, aynı zamanda ülkelerin ekonomik, kültürel ve sosyal bağlarını güçlendirerek ticari boyut kazandırmıştır. Birinci ve İkinci Dünya Savaşları, enerji talebinin her dönemde kendini göstermesine neden olmuştur. İkinci Dünya Savaşı sonrasında, ülkelerin hızlı büyüme ve sanayileşme süreçleri, enerji talebini artırmıştır. 1970 sonrası dönemde, enerji ve çevre faktörü ampirik çalışmalara konu olmuş ve ekonomik büyümenin önemli girdilerinden biri haline gelmiştir. 1970 yılında yaşanan petrol krizi, enerji arzı konusunda farkındalığı artırmış ve hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin enerji ihtiyaçlarını karşılamak ve enerji politikalarını geliştirmek konularını öncelikli hale getirmiştir. Geliştirilen bu politikalar sonucunda, fosil enerji kaynaklarının tükenebilirliği ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme eğilimini artırmıştır (Tafti & Mottaghitalab, 2017). Sanayi devrimi ile başlayan ve 1973-1979 petrol krizleri ile devam eden enerji talebinin artışı, modern şehirlerin inşası, nüfus artışı, üretim artışı ve çevre gibi önemli konularla birlikte enerji, ekonomi teorisinin temel meselelerinden biri haline gelmiştir (Torun ve Yağış, 2023).

Bu çalışmanın amacı, enerji tüketimi ile çevre arasındaki ilişkiyi Türkiye özelinde incelemektir. Enerji, genel olarak birçok makroekonomik faktörle birlikte ele alınmaktadır. Ancak hem enerji hem de çevre faktörlerinin öneminin anlaşılmasına başlamasıyla birlikte, özellikle 1970 yılından günümüze kadar, bu iki bileşen arasındaki yakın ilişkiyi inceleyen ampirik çalışmalar artış göstermiştir.

Bu çalışma dört ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm giriştir. İkinci bölümde, dünya genelinde ve Türkiye'de konu ile ilgili literatür taraması yapılmaktadır. Üçüncü bölümde, yeni nesil testlerden biri olan saklı eşbütünlüşme yaklaşımının teorik çerçevesine ve uygulama aşamalarına yer verilmiştir. Son bölümde ise, ekonometrik bulgulara dayanarak sonuçlar ve değerlendirmeler yapılmıştır.

1. Literatür Taraması

Enerji tüketimi, her zaman çevre kirliliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuştur; bu durum, araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Enerji ve çevre hem yerli hem de yabancı literatürde önemli bir araştırma konusu olmuştur. Celil ve Feridun (2011) ekonomik büyüme ile finansal gelişmenin çevresel etkilerini inceleyerek, Çin için 1953-2006 dönemini analiz etmişlerdir. ARDL sınır testi uygulaması neticesinde, değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Bulgular, uzun vadede ekonomik büyümenin enerji tüketimi üzerindeki etkilerinin çevre üzerinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Souza vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada, 5 MERCOSUR ülkesinin 1990-2014 dönemi dikkate alınarak analiz edilmiştir. Araştırmada, yenilenebilir enerji tüketimi, reel gelir ve çevresel bozulma arasındaki ilişki Panel OLS yöntemiyle incelenmiştir. Elde edilen bulgular, yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel bozulmayı azalttığını ortaya koymuştur.

Jin ve Kim (2018) tarafından yürütülen çalışmada ise, 1990-2014 dönemi için nükleer enerji kullanan 30 ülkenin verileri analiz edilerek, enerji tüketimine dayalı karbon emisyonlarının belirleyicileri araştırılmıştır. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji ve nükleer enerji tüketimi ana belirleyiciler olarak benimsenmiş, katkı değişkenleri olarak ise reel kömür fiyatı ve reel gayri safi yurt içi hasıla (GSYH) kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesi amacıyla panel eşbütünleşme analizi ve Granger nedensellik testleri uygulanmıştır. Panel eşbütünleşme testi sonuçları, karbon emisyonları, yenilenebilir enerji tüketimi ve nükleer enerji tüketimi arasında uzun vadeli bir denge ilişkisi bulunduğunu göstermektedir. Uzun dönem eşbütünleşme vektörü ve Granger nedensellik testlerinin bulguları ise nükleer enerjinin yenilenebilir enerjiden farklı olarak karbon emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunmadığını ortaya koymaktadır.

Charfeddine ve Kahia (2019) ise MENA bölgesine ait 1980-2015 dönemine ilişkin yıllık verileri kullanarak panel vektör otoregresif (PVAR) tekniğini uygulamışlardır. Çalışmada, yenilenebilir enerji tüketimi, karbon emisyonları ve ekonomik büyüme değişkenleri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonları üzerinde olumsuz bir etki yarattığını göstermektedir.

Destek ve Sinha (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmanın amacı, Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin yenilenebilir enerji kullanımı, yenilenemeyen enerji kullanımı ve ticarete açıklık gibi faktörlerin ekolojik ayak izi üzerindeki etkileri açısından 24 Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ülkesinde geçerliliğini incelemektir. Bu amaç doğrultusunda, 1980-2014 yılları arasındaki dönemi kapsayan veriler, ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığına izin veren ikinci nesil panel veri metodolojileri kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen grup ortalaması sonuçları, ters U şeklindeki Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin OECD ülkelerinde geçerli olmadığını göstermektedir; çünkü ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasında U şeklinde bir ilişki tespit edilmiş, yenilenebilir enerji tüketiminin artmasının ekolojik ayak izini azalttığı, yenilenemeyen enerji tüketiminin artmasının ise çevresel bozulmayı artırdığı sonucuna varılmıştır.

Kesbiç ve Bozduman (2021) ise 1998-2017 yılları arasında Türkiye için sektörel enerji tüketiminin çevre kirliliği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmada sanayi, tarım, ulaştırma, hane halkı ve bilgi ve iletişim sektörleri ele alınmıştır. Bu sektörler arasındaki ilişki, panel eşbütünleşme ve panel nedensellik testi analizleri ile araştırılmış ve sektörel bazda enerji tüketimi ile çevre kirliliği arasında uzun dönemli bir ilişki bulunmadığı tespit edilmiştir. Panel nedensellik sonuçları, tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğuna işaret etmektedir.

Ahmad vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada, 1985-2017 döneminde G7 ülkeleri için demokrasi, çevresel düzenlemeler, ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma, çevresel sürdürülebilirliği garanti etmeyen ülkelerde çevre düzenlemelerinin etkili bir şekilde uygulanmadığını ve siyasi kurumların çevresel düzenlemelerin formülasyonunda ve yönetiminde önemli bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Verilerin analizi için ikinci nesil ekonometrik teknikler kullanılmıştır. Ampirik bulgular, ekonomik büyümenin ekolojik ayak izini artırdığını; demokrasi ve çevre düzenlemelerinin ise ekolojik ayak izini azalttığını göstermektedir. Nedensellik analizi sonucunda, demokrasinin hem ekolojik ayak izinin hem de yenilenebilir enerjinin artışına neden olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, demokrasinin çevresel bozulmayı engellediği ve yenilenebilir enerjinin payını teşvik ettiği sonucunu desteklemektedir.

Djellouli vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, yenilenebilir enerji, yenilenemeyen enerji tüketimi ve doğrudan yabancı yatırımların çevresel bozulma üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu bağlamda, 20 Afrika ülkesi için 2000-2015 dönemi esas alınarak Çevresel Kuznets Eğrisi ve PHH hipotezi test edilmiştir. ARDL analiz bulguları, yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonlarını olumsuz etkilediğini ortaya koyarken, yenilenemeyen enerji tüketiminin karbon emisyonlarını olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca, incelenen ülkelerde Çevresel Kuznets Eğrisi'nin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Bashir vd. (2022) ise yenilenebilir enerji tüketimi, kentleşme, finansal gelişme ve enerji inovasyonunun çevre üzerindeki etkilerini RCEP ülkeleri için 1990-2019 dönemine ait yıllık veriler kullanarak araştırmışlardır. Çalışmada CS-ARDL, AMG, PMG, FMOLS ve DOLS teknikleri kullanılmıştır. Kapsamlı ekonometrik bulgular, enerji inovasyonu ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kalitesini artırdığını göstermiştir.

Li vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada, 120 ülke için yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi değişkenleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Model tahmini amacıyla panel veri analizi yöntemi kullanılmıştır. Ampirik bulgular, yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kalitesini artırdığını ve ekonomik büyümeyi olumlu yönde desteklediğini ortaya koymaktadır.

Akram vd. (2022) çalışmasında, yenilenebilir enerji, ekonomik büyüme ve karbon emisyonu değişkenlerini incelemişlerdir. MINT (Meksika, Endonezya, Nijerya, Türkiye) ülkeleri için bu değişkenler arasındaki ilişkiyi asimetrik bir perspektiften değerlendirmişlerdir. Hatemi-J gizli eşbütünleşme yaklaşımına göre, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki bulunmuştur. Ayrıca, asimetrik nedensellik testi sonuçlarına göre, enerji verimliliği üzerinde %1'lik negatif kalıcı şoklar karbon emisyonunu %0,043 oranında artırmakta; enerji verimliliği üzerindeki %1'lik pozitif şoklar ise karbon emisyonunu %0,0748 oranında azaltmaktadır.

Uçar ve Çoban (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 28 OECD ülkesi ve toplamda 36 ülke için 1990-2018 döneminde ekonomik büyüme, ulaştırma sektöründeki enerji tüketimi, karbondioksit salınımı ve petrol fiyatları gibi değişkenler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Ulaştırma enerjisi tüketimi en az olan Lüksemburg ile en fazla olan ABD'nin altında yer alan sekiz ülke, bir ülke grubu oluşturularak GMM tahmincisi kullanılmıştır. Analiz bulguları, enerji tüketiminin çevresel kaliteyi olumsuz etkilediğini; buna karşın petrol fiyatlarındaki artışın karbon emisyonlarını azalttığını ortaya koymuştur.

Akhtar vd. (2022) ise Çin örneği üzerinden döngüsel ekonominin 1975-2020 dönemi için ülkenin çevresel sürdürülebilirlik gündemindeki rolünü analiz etmişlerdir. Bu amaçla endüstriyel ekoloji, enerji verimliliği ve atık geri dönüşüm teknolojisi faktörleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, atık geri dönüşüm teknolojisi ve daha temiz üretim uygulamalarının hem kısa hem de uzun vadede ekolojik ayak izini (çevresel kaliteyi) önemli ölçüde artırdığını göstermektedir.

Tekbaş ve Tutumlu (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Türkiye için 1995-2019 dönemini kapsayan ekonomik büyüme, ekonomik karmaşıklık, yenilenebilir enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişki araştırılmıştır. ARDL sınır testi yöntemine dayanan bulgular, yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonlarını azalttığını göstermektedir. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde, ekonomik karmaşıklığın kısa ve uzun vadede çevresel bozulma üzerinde önemli bir etken olduğu anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, ekonomik karmaşıklık ile yenilenebilir enerji tüketiminin birlikte ele alınmasının çevresel bozulmaya karşı çözüm geliştirilmesinde faydalı olacağı düşünülmektedir.

Kapçak (2024) çalışmasında döngüsel ekonomi modelini incelemiştir. Bu çalışmada, ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji, geri dönüştürülebilir hammadde ticareti (döngüsel ekonomi bileşeni) ve çevresel gösterge olarak ekolojik ayak izi ele alınmıştır. 16 AB üyesi ülkeyi kapsayan çalışmada Panel AMG tahminci yaklaşımı kullanılmıştır. Ampirik bulgular, döngüsel ekonomi modelinin çevre üzerindeki etkileri hakkında önemli kanıtlar sunmaktadır. Ayrıca, yenilenebilir enerji tüketiminin birçok ülkenin çevresel kalitesini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Koçak (2024) çalışmasında, yenilenemeyen enerji kaynaklarının belirli bir kullanım ömrüne sahip olmasına karşın, yenilenebilir enerji kaynaklarının tükenme olasılığının bulunmaması, enerji sürdürülebilirliği açısından son derece önemli bir konu olarak ele alınmıştır. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ekolojik

ayak izi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma, gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye için 2000-2020 gözlem aralığını dikkate almıştır. Değişkenler arasındaki ilişki, ARDL sınır testi ve Toda Yamamoto nedensellik testi kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular, değişkenlerin uzun dönemde eşbütünleşik olduğunu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ekolojik ayak izini azalttığı, aynı zamanda gezegenin biyolojik kapasitesini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Kapçak ve İşleyen (2024) ise yenilenebilir enerji tüketimi, tarım sektörü ve karbon emisyonları (CO₂) arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışma, Türkiye için 1990-2019 dönemini kapsamaktadır. Tahmin modeli olarak ARDL sınır değer testi uygulanmış ve değişkenler arasındaki yön Granger (1969) nedensellik testi ile belirlenmiştir. Bulgular, değişkenlerin uzun vadede eşbütünleşik olduğunu ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonlarını azaltırken tarım sektörünün bu emisyonları artırdığını göstermektedir. Ayrıca, tarım sektörü ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki, karbon emisyonları açısından tek yönlü bir etkileşim olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimi, tarım sektörü ve karbon emisyonlarının etkileşim halinde olduğunu ortaya koymaktadır.

Yapılan yerli ve yabancı çalışmaların genel sonuçları, enerji tüketiminin çevre kirliliğini artırdığı yönündedir. Ancak, farklı sonuçların da mevcut olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmanın teorik beklentileri, enerji tüketiminin çevre kirliliğini artıracağına işaret etmektedir. Mevcut çalışmanın sonuçları, literatür incelemesi kapsamında değerlendirilen diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, çok az farklılık içermekle birlikte genel olarak paralellik göstermektedir. Bu farklılıklar, kullanılan yöntem, veri seti aralığı, modelde yer alan değişkenler ve incelenen bölgeler (ülkeler) gibi faktörlerden kaynaklanabilmektedir.

2. Metodoloji

2.1. Model ve Veri Seti

Modellerde ekonomik büyümenin bir ölçütü olarak, kişi başına reel GSYİH (2015 sabit \$ fiyatlarıyla), toplam enerji tüketimi ve karbon emisyonları değişkenleri kullanılmıştır. Ekonomik büyüme ve karbon emisyonları verileri, Dünya Bankası veri tabanından (WB) temin edilmiştir; enerji tüketimi verileri ise British Petroleum (BP) veri sitesinden elde edilmiştir. Her bir değişkenin doğal logaritması alınarak modele dahil edilmiştir.

İki bağımsız ve bir bağımlı değişken içeren temel basit regresyon modeli aşağıdaki denklemi ifade etmektedir:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X + u_t \quad (1)$$

Tahmin modeli, basit regresyon çerçevesinde enerji tüketimi (ENERGY), karbon emisyonları (CO₂) ve açıklayıcı değişken olarak ekonomik büyüme (GDP) olmak üzere üç değişkenden oluşmaktadır. Bu bağlamda, belirtilen değişkenler arasındaki ilişkiler aşağıdaki denklemler kullanılarak tahmin edilmiştir:

$$\ln CO_{2t} = \delta_0 + \delta_1 \ln ENERGY_t + \mu_{t1} \quad (2)$$

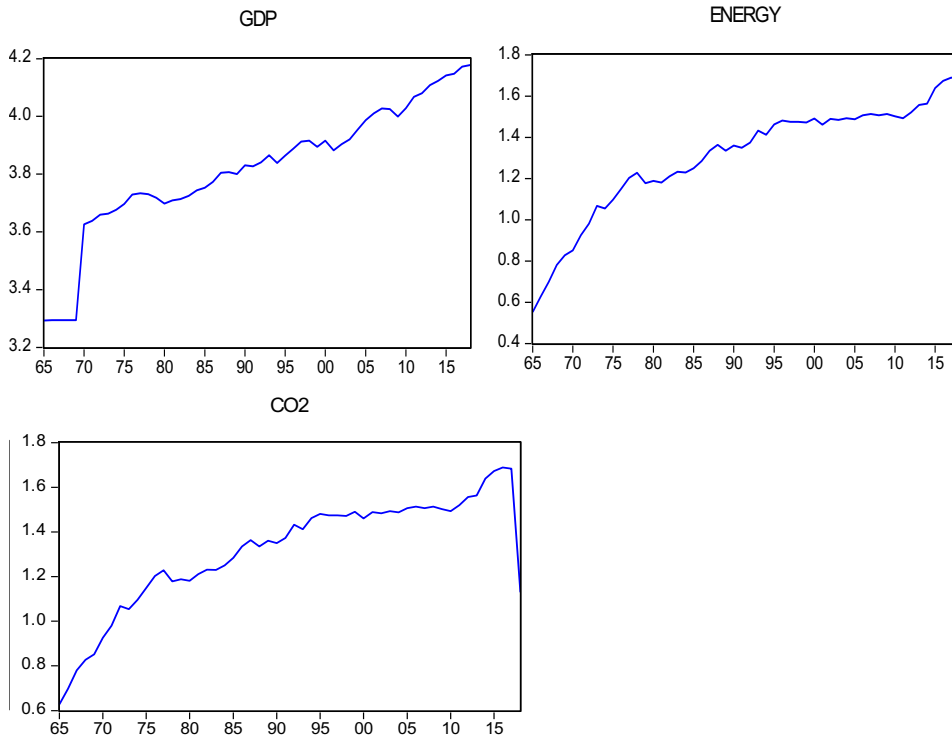
$$\ln CO_{2t} = \delta_0 + \delta_1 \ln GDP_t + \mu_{t2} \quad (3)$$

Model 2’de ve model 3’te yer alan δ_0 sabit terimi, δ_1 ise parametrelerin katsayılarını temsil etmektedir. Ayrıca μ_{t1} ve μ_{t2} hata terimlerini göstermektedir. Model 2’de bağımlı değişken çevresel kalitenin bir göstergesi olarak karbon emisyonları; bağımsız değişken olarak ise enerji tüketimi yer almaktadır. Bu model çalışmanın ana modelini oluşturmaktadır. Model 3 ise açıklayıcı bağımsız değişken olan ekonomik büyüme ile bağımlı değişken olan karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Çalışmanın temeli iki farklı tahmin modeline dayanmaktadır.

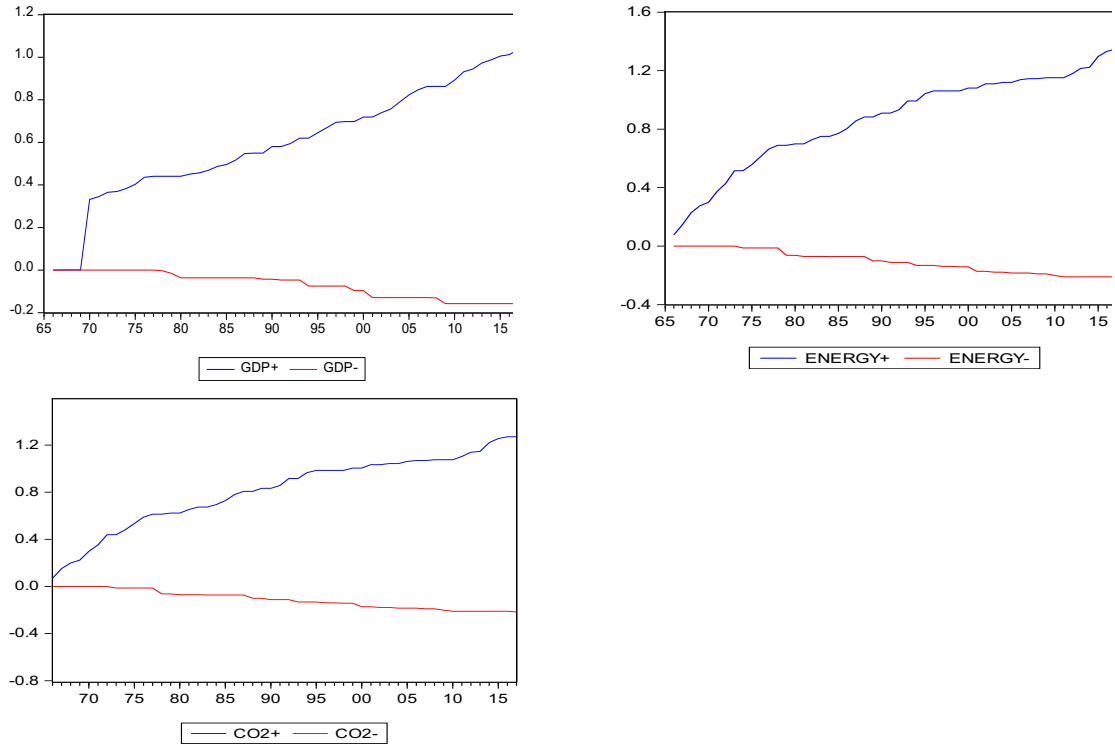
Aşağıdaki şekillerde serilerin zaman içindeki seyri gösterilmiştir. Şekil 1 serilerin logaritmik değerlerini, Şekil 2 ise serilerin pozitif (+) ve negatif (-) değerlerini göstermektedir.

Şekil 1.

Serilerin Logaritmik Değerlerinin Zaman İçindeki Seyri

**Şekil 2.**

Serilerin + ve - Bileşenlerinin Zaman İçindeki Seyri



2.2. Metodoloji

Türkiye özelinde yapılan bu çalışmada, enerji tüketiminin çevre üzerindeki etkisi incelenmiştir. 1990-2021 dönemine ait yıllık veriler son yıllarda popülerlik kazanan yeni nesil Saklı Eşbütünleşme Yaklaşımıyla analiz edilmiştir. Saklı Eşbütünleşme Yaklaşımı şu adımları içermektedir:

- Değişkenlerin birinci farkta durağan olmaları gerekmektedir. Değişkenlerin durağanlık analizleri Ng-Peron ve DF-GLS birim kök testleri analiz edilmiştir. Değişkenlerin herhangi biri farklı düzeylerde durağan olmaları Saklı eşbütünleşme uygulanmaz.
- Asimetrik analizin gerçekleşmesi için Johansen eşbütünleşme testi uygulanır ve değişkenler arasında uzun dönemde herhangi bir ilişkinin olmaması gerekmektedir.
- Asimetrik analiz için değişkenlerin pozitif ve negatif şoklara ayrılması gerekmektedir. Bu ayrım, bir sonraki adımda Johansen eşbütünleşmesine dayanan Hatemi-J ve Irandoust (2012) tarafından önerilen saklı eşbütünleşme için ön koşul oluşturmaktadır.
- Son olarak Hatemi-J ve Irandoust (2012) tarafından gerçekleştirilen saklı eşbütünleşme testinde pozitif ve negatif bileşenlerin anlamlı bir şekilde tespit edilmesi, Granger-Yoon (2002) tarafından geliştirilen saklı hata düzeltme modeli ile bileşenlerin uzun dönemde asimetrik nedensellik analizi yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu çalışmada Eviews 10 yazılımı kullanılmıştır.

2.2.1. Birim Kök Testleri

Zaman serilerin zaman içinde doğrusal bir eğilim göstermesi durumunda, geleneksel durağanlık testleri olan DF-GLS ve Ng-Perron birim kök testleri kullanılmaktadır. Bununla birlikte, literatürde birçok farklı birim kök testleri bulunmaktadır. Bu çalışma için DF-GLS ve ve Ng-Perron birim kök testleri tercih edilmiştir. Ayrıca, kullanılan her bir birim kök testi için ayrı ayrı teorik açıklamalarına yer verilmiştir.

2.2.1.1. DF-GLS Testi

Bu test Elliot vd. (1996) tarafından literatüre kazandırılmıştır. Modelde kullanılan değişkenlerin trendden arındırarak analiz etmektedir. DF-GLS testi için Z_t serisinin tahmin modeli aşağıda gösterilmektedir.

$$Z_t^d = \delta^* Z_{t-1}^d + \delta_1^* \Delta Z_{t-1}^d + \dots + \delta_{p-1}^* \Delta Z_{t-p+1}^d + n_t \quad (4)$$

Model 4'de Z_t^d trendden arındırılmış değişkeni ifade etmektedir. Sıfır hipotezinin yer aldığı analiz Z_t 'nin denklemi model 5'te gösterilmiştir

$$Z_t^d = z_t - \varphi_0 - \varphi_{0t} \quad (5)$$

Bu model iki hipotezden oluşmaktadır. İlk hipotez z_t 'nin doğrusal ve durağan olduğunu belirtirken; ikinci hipotez, z_t 'nin trend içermeyen ve ortalamanın sıfırdan büyük olduğunu ve birim kök içermediğini ifade etmektedir. Bu birim kök testinin tahmini modeli aşağıda gösterilmiştir.

$$\bar{Z} = [z_t(1 - \bar{\beta}L)z_2, \dots, (1 - \bar{\beta}L)z_T] \quad (6)$$

$$\bar{Y} = [z_t(1 - \bar{\beta}L)Y_2, \dots, (1 - \bar{\beta}L)Y_T] \quad (7)$$

$$Y_t = (1, \beta) = 1 + \frac{\bar{a}}{T} \quad (8)$$

Model 6, 7 ve 8'de T ve z_t için gözlem sayısını, $\bar{a}$ ise sabit sayıyı temsil etmektedir. Bu süreç model 9'da gösterilmiştir.

$$\bar{Z} = \varphi_0 \bar{Y} + \varphi_1 Y_1 + \mu_t \quad (9)$$

EKK tahmincileri olan φ_0 ve φ_1 serileri kullanılarak önceki modellerde ifade edilen z_t trendden arındırılmıştır. Oluşan model 10 birim kök testi uygulanmaktadır (Pata, 2019).

$$\Delta Z_t^d = \vartheta_0 + \rho z_{t-1}^d + \sum_{i=1}^m \gamma_i z_{t-i}^d + \varepsilon_t \quad (10)$$

2.2.1.2. Ng-Perron Testi

Modifiye edilmiş bu birim kök testi, Ng ve Perron tarafından 2001 yılında literatüre kazandırılmıştır. MZa, MZt, MSB ve MPT olmak üzere dört farklı testten oluşmaktadır. Bu testlerin modeli aşağıda sunulmuştur (Malik ve Rahman, 2014).

$$ewr\ MZa = \frac{(T^{-1}y_t)^2 - \hat{f}(0)}{2k} \quad (11)$$

$$MZt = MZa * MSB \quad (12)$$

$$MSB = \frac{\frac{1}{k^2}}{\hat{f}(0)^{\frac{1}{2}}} \quad (13)$$

$$MPT = f(x) = \begin{cases} \frac{c^{-2} - cT^{-1}(y_t)^2}{\hat{f}(0)} d_t^0 \\ \frac{c^{-2} + (1-c)T^{-1}(y_t)^2}{\hat{f}(0)} d_t^1 \end{cases} \quad (14)$$

Ng-Perron testinde yer alan MZa ve MZt birim kök testlerinde temel hipotez, birim kökün varlığını oluşturmaktadır. Öte yandan, MSB ve MPT testlerinde temel hipotez, birim kökün yokluğu hipotezidir. MSB ve MPT birim kök testleri ters hipotez içermektedir.

2.2.2. Saklı Eşbütünleştirme Yaklaşımı

Geleneksel eşbütünleşme testlerinde, değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesi ve araştırılmasında pozitif ve negatif bileşenler aynı olarak kabul edilmektedir. Yani, bu bağlamda pozitif ve negatif bileşenler arasında bir ayırım yapılmamaktadır. Değişkenler dışarıdan herhangi bir şoka maruz kaldığında, pozitif ve negatif bileşenlerin eşit şekilde etkilendiği varsayılmaktaydı. Ancak bu durum, Granger ve Yoon (2002) tarafından saklı eşbütünleşme yaklaşımının ortaya atılmasıyla değişmiştir. Granger ve Yoon (2002), geleneksel eşbütünleşmenin aksine, değişkenlerin bir şoka maruz kaldığında birlikte etkilendiği durumları araştırmışlardır. Bu bağlamda, pozitif ve negatif bileşenler arasındaki ilişkinin, orijinal değişkenler arasındaki ilişkiden farklı olabileceği dikkate alınarak saklı eşbütünleşme geliştirilmiştir (Hatemi-J, 2020).

$$X_t = X_{t-1} + \varepsilon_t = X_0 + \sum_{i=1}^t \varepsilon_i \quad (15)$$

$$Y_t = Y_{t-1} + \eta_t = Y_0 + \sum_{i=1}^t \eta_i \quad (16)$$

Model 15 ve Model 16'da yer alan t zaman dönemlerini, ε_t, η_t , hata terimini, X_t ve Y_t serileri ise başlangıç değerlerini ifade etmektedir. Bu çerçevede pozitif ve negatif bileşenleri tahmin edilecektir. Pozitif ve negatif bileşenler, Eşitlik 17 ve Eşitlik 18'de gösterilmiştir.

$$\varepsilon_i^+ = \max(\varepsilon_i, 0) \quad \varepsilon_i^- = \min(\varepsilon_i, 0) \quad (17)$$

$$\eta_i^+ = \max(\eta_i, 0) \quad \eta_i^- = \min(\eta_i, 0) \quad (18)$$

Eşitlik 17 ve 18'de yer alan hata terimleri $\varepsilon = \varepsilon^+ + \varepsilon^-$ ve $\eta = \eta^+ + \eta^-$ şeklinde tanımlanabilir. Başlangıç denklemleri yerine yazılarak,

$$X_t = X_{t-1} + \varepsilon_t = X_0 + \sum_{i=1}^t \varepsilon_i^+ + \sum_{i=1}^t \varepsilon_i^- \quad (19)$$

$$Y_t = Y_{t-1} + \eta_t = Y_0 + \sum_{i=1}^t \eta_i^+ + \sum_{i=1}^t \eta_i^- \quad (20)$$

Model 21 ve model 22 denklemleri elde edilir.

$$X_t = X_0 + \varepsilon_i^+ + \varepsilon_i^- \quad (21)$$

$$Y_t = Y_0 + \eta_i^+ + \eta_i^- \quad (22)$$

Granger ve Yoon (2002), $X_i^+ = X_0 + \sum_{i=1}^t \varepsilon_i^+$, $Y_i^+ = Y_0 + \sum_{i=1}^t \eta_i^+$, $X_i^- = X_0 + \sum_{i=1}^t \varepsilon_i^-$, $Y_i^- = Y_0 + \sum_{i=1}^t \eta_i^-$ varsayımını altında, pozitif ve negatif serilerin değişimi $\Delta X_t^+ = \varepsilon_t^+$, $\Delta Y_t^+ = \eta_t^+$, $\Delta X_t^- = \varepsilon_t^-$, $\Delta Y_t^- = \eta_t^-$ şeklinde

tanımlanmaktadır. Elde edilen pozitif ve negatif bileşenlere Johansen eşbütünleşme testi uygulandıktan sonra Hatemi-J & Irandoost'un saklı eşbütünleşme testine geçilmektedir (Boğa, 2020).

2.2.3. Saklı Hata Düzeltme Modeli (Asimetrik Nedensellik Analizi)

Pozitif ve negative bileşenlere uygulanan eşbütünleşme testi sonucunda saklı (gizli) bir eşbütünleşme bulunduğundan sonra Granger ve Yoon (2002) tarafından önerilen saklı hata düzeltme modeli oluşturulabilir. Bu durumda model aşağıdaki gibi kurulmaktadır.

$$\varepsilon_t^+ = \gamma_0 + \gamma_1 (\sum_{i=1}^{t-1} \varepsilon_i^+ - \sum_{i=1}^{t-1} \eta_i^+) + lags(\varepsilon_{t-1}^+, \eta_{t-1}^+) + \zeta_t \quad (23)$$

$$\eta_t^+ = \delta_0 + \delta_1 (\sum_{i=1}^{t-1} \varepsilon_i^+ - \sum_{i=1}^{t-1} \eta_i^+) + lags(\varepsilon_{t-1}^+, \eta_{t-1}^+) + \zeta_t \quad (24)$$

Burada $(\varepsilon_{t-1}^+, \eta_{t-1}^+)$ gecikmeleri, uzun dönem tahmin kalıntıları olan ε_{t-1}^+ , η_{t-1}^+ 'nın farklı gecikmeleridir. Böylece ΔX_t^+ ve ΔY_t^+ değişkenleri 25 ve 26 nolu denklemler oluşturabilir.

$$\Delta X_t^+ = \gamma_0 + \gamma_1 (X_{t-1}^+ - Y_{t-1}^+) + lags(\Delta X_{t-1}^+ - \Delta Y_{t-1}^+) + \zeta_t \quad (25)$$

$$\Delta Y_t^+ = \delta_0 + \delta_1 (X_{t-1}^+ - Y_{t-1}^+) + lags(\Delta X_{t-1}^+ - \Delta Y_{t-1}^+) + \zeta_t \quad (26)$$

Denklemlerde γ_1 ve δ_1 hata düzeltme katsayılarıdır. Bu katsayıların hem negatif hem de anlamlı olması gerekmektedir. Böylece kısa dönemde oluşan dengesizliklerin uzun dönemde giderileceği anlamı taşımaktadır. Hata düzeltme katsayılarında negatif ve anlamlı olması sonraki aşama olan asimetrik nedenselliğin kurulabileceğini göstermektedir (Tiwari vd., 2015).

3. Bulgular

Modelde analiz edilen Türkiye'ye ait değişkenler olan CO2, ENERGY ve GDP için tanımlayıcı istatistikler Tablo 1'de sunulmuştur. Değişkenlerin ortalama değerleri incelendiğinde, maksimum ve minimum değerlerin ortalamadan önemli ölçüde sapmadığı gözlemlenmektedir. Oynaklığın bir göstergesi olan ve değişkenlerin denge noktasından ne kadar uzaklaştığını temsil eden standart sapma değerlerinin, değişkenler arasında birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir tanımlayıcı istatistik olan çarpıklık katsayısı, serilerin sola veya sağa çarpıklığını ifade etmektedir. Bu bağlamda, enerji tüketimi değişkeninin negatif işaretli çarpıklık katsayısı sola çarpıklık, diğer değişkenlerin ise sağa çarpıklık eğilimi gösterdiği sonucuna varılmıştır. Son olarak, basıklık katsayısının 3'ten küçük olduğu gözlemlenmiş olup, bu durum serilerin basık olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 1.

Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri

	CO2	ENERGY	GDP
Ortalama	0.552479	8.211924	3.895229
Medyan	0.531194	8.226897	3.889573
Maksimum	0.716494	8.280016	4.128720
Minimum	0.401149	8.132078	3.720732
Std. Sapma	0.098357	0.047239	0.128791
Çarpıklık	0.047584	-0.347696	0.285621
Basıklık	1.704146	1.840733	1.714928
Gözlem	32	32	32

Tablo 2'de, değişkenlere ait korelasyon katsayıları sunulmuştur. Korelasyon katsayılarının -1 ile 1 arasında değişmesi, değişkenler arasındaki ilişkinin yönü hakkında bilgi sağlamaktadır. Ayrıca, değişkenler arasındaki ilişkinin gücü, korelasyon katsayısının 0.7'den büyük veya küçük olmasına bağlı olarak güçlü ya da zayıf olarak

değerlendirilmektedir. Tablo 2 incelendiğinde, değişkenler arasında güçlü bir korelasyon ilişkisinin mevcut olduğu sonucuna varılmaktadır.

Tablo 2.

Değişkenlerin Korelasyon Matrisleri

Değişkenler	CO2	ENERGY	GDP
CO2	1	0.851	0.795
ENERGY	0.851	1	0.935
GDP	0.795	0.935	1

Değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri ve korelasyon katsayıları incelendikten sonra, değişkenlerin birim kök içerip içermediği test edilmelidir. Bu çalışmada uygulanan yöntemin özellikleri gereği, değişkenlerin birinci farkında durağan olmaları beklenmektedir. Ayrıca, Johansen eşbütünleşme testine geçilmeden önce, serilerin birinci farkında entegre olma koşulunun sağlanması gerektiği vurgulanmalıdır. Birim kök testleri için kullanılan hipotezler aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

- H_0 : Birim kök vardır (Değişkenler durağan değildir)
- H_1 : Birim kök yoktur (Değişkenler durağandır)

Değişkenlerde birim kök olup olmadığını test etmek amacıyla, DF-GLS ve NG-PERRON birim kök testlerinin sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3.

Birim Kök Test Sonuçları (Düzey Değerleri)

Değişkenler/Testler	DF-GLS	NG-PERRON			
Türkiye		MZa	MZt	MSB	MPT
CO2	0.501	1.044	0.962	0.917	60.360
ENERGY	1.021	0.921	0.962	1.041	74.070
GDP	-0.902	-2.660	-0.940	0.351	8.412
Değişkenlerin Birinci Farkları					
CO2	3.961***	-18.591***	-3.037***	0.163***	1.359***
ENERGY	-6.055***	-25.251***	-3.553***	0.140***	0.970***
GDP	-8.436***	-25.159***	-3.495***	0.138***	1.142***

Değişkenlerin bütünleştiği mertebe, sabit-trendli modelde analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, %5 kritik değerde, serilerin düzey değerlerinde durağan olmadığı gözlemlenmiştir. Ancak, serilerin birinci farkı alındığında, H_0 hipotezi reddedilerek serilerin birinci farkında entegre olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, bir sonraki adım olan VAR gecikme uzunluğunun belirlenmesi için verilerin uygun olduğunu göstermektedir. VAR gecikme uzunluğu için iki ayrı model oluşturulmuştur.

Model 1, bağımlı değişken olarak karbon emisyonları ve bağımsız değişken olarak enerji tüketiminden (CO2-ENERGY) oluşmaktadır. Model 2 ise bağımlı değişken olarak karbon emisyonları ve açıklayıcı bağımsız değişken olarak ekonomik büyümeden (CO2-GDP) oluşmaktadır. VAR gecikme uzunluğu, SIC bilgi kriterine göre belirlenmiştir. Model 1 için uygun gecikme uzunluğunun 2 olarak tespit edildiği bulunmuştur (Tablo 4).

Tablo 4.

Var Gecikme Uzunluğu (Model 1)

	LR	FPE	AIC	SIC	HQ
1	127.2117	3.07e-07	-9.323980	-9.033650	-9.240375
2	142.6033	1.29e-07*	-10.20025*	-9.716367*	-10.06091*
3	142.8421	1.75e-07	-9.910932	-9.233496	-9.715855
4	147.2858	1.75e-07	-9.945059	-9.074069	-9.694245
5	149.8337	2.06e-07	9.833362	-8.768819	-9.526812

Model 2 için uygun gecikme uzunluğu, SIC bilgi kriterine göre belirlenmiştir. Bu doğrultuda, Model 2 için uygun gecikme uzunluğunun 1 olduğu tespit edilmiştir. VAR gecikme uzunluğu sonuçları ise Tablo 5'te sunulmaktadır.

Tablo 5.

VAR Gecikme Uzunluğu (Model 2)

	LR	FPE	AIC	SIC	HQ
1	109.1980	1.64e-06*	-7.644298*	-7.356335*	-7.558672*
2	109.5770	2.16e-06	7.376073	6.896133	-7.233362
3	111.5208	2.56e-06	7.223766	-6.551851	-7.023970
4	116.2291	2.50e-06	7.276227	6.412336	-7.019347
5	118.9335	2.89e-06	7.180263	6.124396	-6.866298

Analizin devam edebilmesi için, Johansen eşbütünleşme testine tabi tutulan Model 1 (CO₂-ENERGY) ve Model 2 (CO₂-GDP) sonuçları Tablo 6'da sunulmuştur. Johansen eşbütünleşme testine uygulanan serilerde, uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisinin bulunmaması gerektiği belirlenmiştir. Bu durum, Hatemi & Irandoust eşbütünleşme testinin uygulanabilirliği açısından önemli bir şart teşkil etmektedir. Tablo 6 incelendiğinde, Model 1 ve Model 2 değişkenlerinin uzun dönemde eşbütünleşik olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 6.

Johansen Eşbütünleşme Test Sonuçları

Ülkeler/Modeller	İz istatistiği	Max. Öz değer istatistiği
Model 1 (CO ₂ -ENERGY)		
R=1	8.614	5.308
R≤1	1.205	1.205
Model 2 (CO ₂ -GDP)		
R=1	7.038	5.607
R≤1	1.431	1.431

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, CO₂, ENERGY ve GDP değişkenlerinin kodları programa girilmiş ve bu değişkenler sırasıyla CO₂ (CO₂⁺, CO₂⁻), ENERGY (ENERGY⁺, ENERGY⁻) ve GDP (GDP⁺, GDP⁻) olarak ayrıştırılmıştır. Bundan sonraki analizler, bu pozitif ve negatif bileşenler üzerinden gerçekleştirilecektir.

Başlangıçta, orijinal değişkenlere uygulanan birim kök testi, aynı şekilde pozitif ve negatif bileşenlere de uygulanmıştır. Uygulanan testin özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, pozitif ve negatif bileşenlerin de durağanlık göstermesi beklenmektedir. CO₂⁺, CO₂⁻, ENERGY⁺, ENERGY⁻ ve GDP⁺, GDP⁻ bileşenlerine yapılan birim kök

testi sonucunda, bileşenlerin düzey değerlerinde durağan olmadığı tespit edilmiştir. Ancak, pozitif ve negatif bileşenlerin birinci farkları alındığında, bu bileşenlerin durağan hale geldiği ve H_0 hipotezinin reddedildiği gözlemlenmiştir. Durağanlık testine ilişkin sonuçlar Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7.

Pozitif ve Negatif Bileşenlerin Birim Kök Sonuçları

	DF-GL S	NR-PERON			
		MZa	MZt	MSB	MPT
CO2 +	0.725	0.781	0.612	0.877	46.821
CO2 -	-0.568	-1.089	-0.521	0.541	13.518
ENERGY+	0.474	0.954	1.002	1.04	78.105
ENERGY -	0.640	0.942	1.032	1.092	81.561
GDP+	1.802	1.666	2.461	1.474	162.221
GDP -	1.743	1.705	2.335	1.351	139.023
CO2 +	-5.520***	-21.938***	-3.234***	0.153***	1.166***
CO2 -	-4.955***	-22.545***	-3.356***	0.144***	1.023***
ENERGY+	-5.776***	-24.444***	-3.490***	0.140***	1.023***
ENERGY-	-6.692***	-25.109***	-3.564***	0.141***	0.952***
GDP+	-5.999***	-24.878***	-3.479***	0.141***	1.112***
GDP-	-7.232***	-25.456***	-3.569***	0.123***	0.956***

Not: CO2 +, karbon emisyonları pozitif, CO2 -, karbon emisyonları negatif; ENERGY+, enerji tüketimi pozitif, ENERGY-, enerji tüketimi negatif; GDP+, ekonomik büyüme pozitif, GDP-, ekonomik büyüme negatif bileşenleri temsil etmektedir.

Hatemi & Irandaous eşbütünleşme testi, Johansen eşbütünleşme testinin temel varsayımları üzerine inşa edilmiştir. Tablo 8’de, Hatemi & Irandaous eşbütünleşme testi sonuçları sunulmaktadır. Test sonuçlarına göre, karbon emisyonları + (pozitif) bileşeni ile enerji tüketimi + (pozitif) bileşenleri arasında bir eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Ayrıca, karbon emisyonları + pozitif bileşeni ile ekonomik büyüme + pozitif bileşenlerinin de eşbütünleşik olduğu bulunmuştur.

Tablo 8.

Hatemi J- Irandoust Saklı Eşbütünleşme Analiz sonuçları (+ ve - Bileşenleri)

Bileşenler	İz istatistiği	Max. Öz değer istatistiği
CO2 + ENERGY +		
R=1	20.321**	15.591**
R≤1	4.712	4.712
CO2 - ENERGY -		
R=1	5.501	4.968
R≤1	0.523	0.523
CO2 + GDP +		
R=1	27.580**	17.664*

R≤1	10.562*	10.562*
CO2- GDP-		
R=1	20.120	7.857
R≤1	2.223	2.223

Tablo 8’de yer alan bulgulara göre, negatif bileşenler arasında herhangi bir eşbütünleşme ilişkisi tespit edilememiştir. Bu nedenle, bir sonraki aşama olarak, saklı hata düzeltme modeli yalnızca CO2* ile ENERGY* ve CO2* ile GDP* arasındaki ilişkiler için uygulanacaktır. Saklı hata düzeltme modeli, asimetrik nedensellik ilişkisini ifade etmektedir. Eşbütünleşme ilişkisi bulunan seriler için uzun dönem katsayıları, FMOLS (Fully Modified Ordinary Least Squares) tahmincisiyle hesaplanmaktadır. Bu modelin sonuçları ise Tablo 9’da sunulmaktadır.

Tablo 9.

Uzun Dönem Katsayı Sonuçları (Tahmin Yöntemi: FMOLS)

MODEL 1			MODEL 2	
Pozitif Bileşenler	CO2+	ENERGY-	CO2	GDP+
	1.213***	0.805***	2.252***	0.657***

Tablo 9’da serilerin uzun dönem katsayıları incelendiğinde, karbon emisyonları pozitif bileşeni ve enerji tüketimi pozitif bileşeni serileri dikkate alındığında, bağımlı değişken olarak karbon emisyonları pozitif bileşeni ele alındığında, enerji tüketimi pozitif bileşeninin katsayısının 0.805 olarak tahmin edildiği gözlemlenmektedir. Bu bulguya göre, enerji tüketiminde meydana gelecek %1’lik bir artış, karbon emisyonlarını, yani çevre kirliliğini %0.805 oranında artırmaktadır. Diğer taraftan, karbon emisyonları pozitif bileşeni ile ekonomik büyüme pozitif bileşeni arasındaki ilişki değerlendirildiğinde, bağımlı değişken olarak karbon emisyonları pozitif bileşeni alındığında, ekonomik büyüme pozitif bileşenindeki %1’lik bir artışın, çevre kirliliğini, yani karbon emisyonlarını %0.657 oranında artıracığı tespit edilmiştir.

Karbon emisyonları + (pozitif) bileşeni ve enerji tüketimi + (pozitif) bileşeni serileri arasında saklı bir eşbütünleşme ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, bileşenler arasındaki ilişkiyi modellemek amacıyla saklı hata düzeltme modeli (ECM) geliştirilmiştir. Bağımlı değişken olarak karbon emisyonları pozitif bileşeni ve bağımsız değişken olarak enerji tüketimi pozitif bileşeni kabul edilerek yapılan modelleme sonuçları Tablo 10’da sunulmaktadır. Bu modelde, ECT katsayısının hem negatif yönde hem de %5’lik kritik değerde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Asimetrik nedensellik analizi kapsamında, bağımsız değişken olan enerji tüketimi pozitif bileşeninden karbon emisyonları pozitif bileşenine doğru tek yönlü bir asimetrik nedensellik ilişkisi gözlemlenmiştir. Başka bir ifadeyle, enerji tüketimi, karbon emisyonlarının asimetrik nedeni olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, ters yöndeki nedensellik ilişkisi için bileşenlerin ECT katsayısı hesaplanmadığından, bu durum Tablo 10’da raporlanmamıştır.

Tablo 10.

Saklı Hata Düzeltme Modeli Tahmin Sonuçları (Bağımlı Değişken: CO2+) (Model 1)

Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t-istatistiği	Olasılık
Sabit	0.0161	0.0082	1.8192	0.0596
ECT _{t-1}	-0.0601	0.0258	-2.0117	0.0340
$\Delta(ENERGY+)_{t-5}$	0.1675	0.0635	2.2763	0.0307
$\Delta(ENERGY+)_{t-7}$	-0.3630	0.0675	-5.3002	0.0000
$\Delta(ENERGY+)_{t-8}$	-0.1227	0.0565	-1.8436	0.0758
$\Delta(CO2+)_{t-1}$	0.0216	0.1113	1.9074	0.0668
$\Delta(CO2+)_{t-2}$	-0.2787	0.2135	-2.4551	0.0206

Karbon emisyonu + bileşeni ve ekonomik büyüme + bileşeni serileri arasında saklı bir eşbütünleşmenin varlığı tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, söz konusu bileşenler arasında saklı hata düzeltme modeli (ECM) oluşturulmuştur. İlk aşamada, bağımlı değişken olarak karbon emisyonu + bileşeni ve bağımsız değişken olarak ekonomik büyüme + bileşeni kabul edilmiştir; bu durumda, saklı hata düzeltme modelinin sonuçları Tablo 11’de sunulmaktadır. ECT katsayısının hem negatif yönde hem de %5’lik kritik değerde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Asimetrik nedensellik analizine göre, bağımsız değişken olan ekonomik büyüme + bileşeninden karbon emisyonu + bileşenine doğru tek yönlü bir asimetrik nedensellik ilişkisinin mevcut olduğu gözlemlenmiştir. Başka bir ifadeyle, ekonomik büyüme karbon emisyonlarının asimetrik nedeni olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, ters yöndeki ilişki için bileşenlerin ECT katsayısı hesaplanmadığından, bu sonuç Tablo 11’de raporlanmamıştır.

Tablo 11.

Saklı Hata Düzeltme Modeli Tahmin Sonuçları (Bağımlı Değişken: CO2+) (Model 2)

Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t-istatistiği	Olasılık
Sabit	-0.0834	0.0118	-7.0343	0.0000
ECT _{t-1}	-0.0004	9.60E-2	-6.0408	0.0000
$\Delta(\text{GDP}^+)_{t-3}$	0.0667	0.0344	1.9402	0.0631
$\Delta(\text{GDP}^+)_{t-4}$	0.1050	0.0344	2.0619	0.0032
$\Delta(\text{GDP}^+)_{t-5}$	0.1032	0.0351	2.9431	0.0059
$\Delta(\text{CO2}^+)_{t-1}$	-0.0331	0.0140	-3.3742	0.0256
$\Delta(\text{CO2}^+)_{t-2}$	-0.0514	0.0141	-3.6771	0.0001

4. Sonuç ve Değerlendirme

Çevre, yalnızca insanların yaşam sürdüğü bir alan değil, aynı zamanda milyonlarca canlı türünün barındığı bir ekosistemdir. Sürdürülebilir bir çevre hem biyolojik hem de fiziksel ihtiyaçların karşılanmasına olanak tanımaktadır. Çevre, ekonomik ve sosyal değerlerin yanı sıra gelecek nesillere aktarılan tarihsel ve kültürel değerleri de içermektedir. Ekonomik büyüme, sürdürülebilir kalkınmaya önemli katkılar sağlayan unsurlar arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, çevre kavramının sürdürülebilirliğinin sağlanması gerekmektedir. Çevre kalitesinin artışı ve çevre yönetiminin etkinliği, uzun vadede insanlara daha iyi hizmet sunma potansiyelini artırmaktadır.

Doğanın hammadde sağlaması, sektörler bazında büyümeyi tetiklemektedir. Hammadde üretim sürecinde kullanılan enerji, aynı zamanda atık üretimine neden olmaktadır; bu durum çevresel kirliliğin oluşmasına yol açmaktadır. Üretim süreçlerinde oluşan atıkların yönetimi ve enerji tüketiminin azaltılması, son yıllarda döngüsel ekonomi modeli aracılığıyla önemli başarılar elde etmiştir. Bir ülkede kalkınmanın sağlanabilmesi için çevre, enerji ve ekonomik büyümenin karşılıklı etkileşim içinde olması gerekmektedir. Ayrıca, ülkelerdeki çevresel kalite, toplumların psikolojik durumunu da etkilemektedir; temiz ve yaşanabilir bir ekolojik ortamda insanlar kendilerini daha mutlu ve huzurlu hissetmektedirler.

Enerji, tarih boyunca, farkındalık olsun olmasın, yaşamın her aşamasında önemli bir rol oynamıştır. Sanayi devrimi ile birlikte enerjiye olan talep belirgin bir artış göstermiştir. Enerji tüketiminin artışı, çevresel sorunların da gündeme gelmesine yol açmıştır. 1950 yılından itibaren küreselleşmenin etkisiyle fosil yakıtların artışı hem ekonomik büyümeye katkı sağlamakta hem de insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. 1973 ve 1979 yıllarında meydana gelen petrol krizleri, ülkelerin enerji kaynaklarına yönelik politikalar geliştirmelerine neden olmuştur. Fosil yakıtların sağladığı avantajların yanı sıra, çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkiler, yeni alternatif enerji kaynaklarına yönelimi ve bu alandaki yatırımların artışını teşvik etmiştir.

Bu çalışmada, Türkiye için 1990-2021 dönemine ait veriler kullanılarak enerji tüketiminin çevre üzerindeki etkileri saklı eşbütünleşme yaklaşımı ile incelenmiştir. Çalışmada bağımlı değişken olarak çevresel kalite göstergesi

olan karbon emisyonları, bağımsız değişken olarak ise enerji tüketimi modele dahil edilmiştir. Ekonomik büyüme ise açıklayıcı değişken olarak kullanılmıştır. Yeni nesil testlerden biri olan saklı eşbütünleşme yaklaşımı, asimetrik açıdan diğer geleneksel testlerden belirgin farklılıklar göstermektedir.

Bundan sonra, eşbütünleşme ilişkisi bulunan pozitif ve negatif bileşenler üzerinde değerlendirmeler yapılmaktadır. CO₂* ile ENERGY* ve CO₂* ile GDP* bileşenleri arasında eşbütünleşmenin varlığı tespit edilmiştir. Eşbütünleşik olan bileşenler arasındaki asimetrik nedenselliği belirlemek amacıyla saklı hata düzeltme modeline başvurulmuştur.

İlk olarak, karbon emisyonlarının (+) bileşeni bağımlı değişken olarak, enerji tüketiminin (+) bileşeni ise bağımsız değişken olarak saklı hata düzeltme modeli kurulmuştur. Bu model kapsamında, enerji tüketimi (+) bileşeninden karbon emisyonları (+) bileşenine doğru asimetrik bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Başka bir ifadeyle, enerji tüketimindeki (+) bileşeninde meydana gelen bir değişim, karbon emisyonları (+) bileşeni üzerinde bir etki yaratmaktadır.

İkinci olarak, karbon emisyonlarının (+) bileşeni bağımlı değişken, ekonomik büyümenin (+) bileşeni ise bağımsız değişken olarak saklı hata düzeltme modeli kurulmuştur. Bu modelde, ekonomik büyüme (+) bileşeninden karbon emisyonları (+) bileşenine doğru asimetrik bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Diğer bir deyişle, ekonomik büyüme (+) bileşeninde meydana gelen bir değişim, karbon emisyonları (+) bileşeni üzerinde bir etki yaratmaktadır. Sonuçlar doğrultusunda, hem enerji tüketimi (+) bileşeni hem de ekonomik büyüme (+) bileşeni, karbon emisyonları üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Son olarak, serilerin uzun dönem katsayıları FMOLS (Fully Modified Ordinary Least Squares) tahmincisi ile incelenmiştir. Karbon emisyonları (+) bileşeni ve enerji tüketimi (+) bileşeni serileri dikkate alındığında, bağımlı değişken olarak ele alınan karbon emisyonları (+) bileşeni için enerji tüketimi (+) bileşeninin katsayısı 0.805 olarak tahmin edilmiştir. Bu sonuç, enerji tüketiminde meydana gelecek %1'lik bir artışın, çevre kirliliğini, yani karbon emisyonlarını 0.805 oranında artıracak anlamına gelmektedir. Diğer taraftan, karbon emisyonları (+) bileşeni ile ekonomik büyüme (+) bileşeni değerlendirildiğinde, bağımlı değişken olarak ele alınan karbon emisyonları (+) bileşeni için ekonomik büyüme (+) bileşeninde meydana gelecek %1'lik bir artışın, karbon emisyonlarını, dolayısıyla çevre kirliliğini 0.657 oranında artıracak sonucuna ulaşılmıştır.

Bu bağlamda, Türkiye'nin fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş yapabilmesi için önemli yatırımlar gerçekleştirmesi gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları hem çevre dostu özellikleri hem de insan sağlığı açısından olumlu etkiler doğurması bakımından büyük bir önem taşımaktadır. Temiz enerji kullanımının teşvik edilmesi elzemdir, zira fosil enerjinin çevresel bozulmalara yol açtığı analiz bulgularıyla ortaya konmuştur. Ayrıca, çevre korumasına yönelik etkin ve sürdürülebilir politikaların uygulanması gereklidir. Sanayi ve insan faaliyetleri sonucunda oluşan atıkların tekrar üretim süreçlerine kazandırılması, bu atıkların çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltma potansiyeline sahiptir. Bunun yanı sıra, çevresel bilincin artırılması da önem arz etmektedir. Çevre, ulusal bir mesele olup, bu nedenle korunması kaçınılmazdır.

Her araştırmanın belirli kısıtları olduğu gibi, bu çalışmanın da kısıtları mevcuttur. Bu tez, gelecek çalışmalar için önemli bir referans noktası oluşturma potansiyeline sahiptir. Analiz, yalnızca Türkiye özelinde gerçekleştirilmiştir; dolayısıyla ülke sayısının artırılması, daha kapsamlı tahminlerin yapılmasına olanak sağlayabilir. Ayrıca, modelde kullanılan yeni nesil testler arasında yer alan saklı eşbütünleşme yaklaşımının yerine daha güçlü testlerin uygulanması mümkündür. Bununla birlikte, değişken sayısında değişiklikler yapılabilir. Son olarak, veri setinin zaman aralığı daraltılarak veya genişletilerek farklı analizler gerçekleştirilebilir. Elde edilen bulgular doğrultusunda alternatif politika önerileri geliştirilmesi mümkün olacaktır.

Kaynaklar

- Ahmad, Z., Ahmad, M., Rjoub, H., Kalugina, O. A., & Hussain, N. (2022). Economic Growth, Renewable Energy Consumption and Ecological Footprint: Exploring The Role of Environmental Regulations and Democracy in Sustainable Development. *Sustainable Development*, 30 (4), 595-605.
- Akhtar, M. Z., Khan, H. U. R., Sriyanto, S., Jabor, M. K., Rashid, A., & Zaman, K. (2022). How Do Industrial Ecology, Energy Efficiency, and Waste Recycling Technology (Circular Economy) Fit into China's Plan to Protect the Environment? Up to Speed. *Recycling*, 7 (6), 83.
- Akram, R., Umar, M., Xiaoli, G., & Chen, F. (2022). Dynamic Linkages Between Energy Efficiency, Renewable Energy Along With Economic Growth and Carbon Emission. A case of MINT Countries An Asymmetric Analysis. *Energy Reports*, 8, 2119-2130.
- Asumadu-Sarkodie, S. & Owusu, P. A. (2016). Carbon Dioxide Emission, Electricity Consumption, Industrialization, and Economic Growth Nexus: The Beninese Case. *Energy Sources, Economics, Planning, and Policy*, 11 (11), 1089-1096.
- Bashir, M. F., Ma, B., Hussain, H. I., Shahbaz, M., Koca, K., & Shahzadi, I. (2022). Evaluating Environmental Commitments to COP21 and The Role of Economic Complexity, Renewable Energy, Financial Development, Urbanization, and Energy Innovation: Empirical Evidence From The RCEP Countries. *Renewable Energy*, 184, 541-550
- Boğa, S. (2020). Investigating The Asymmetry Between Economic Growth And Unemployment in Turkey: A Hidden Cointegration Approach. *Journal of Economics Finance and Accounting*, 7 (1), 22-33.
- 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.
- Çukurçayır, M. A. (2002). *Siyasal Katılma ve Yerel Demokrasi*. Konya: Çizgi Kitabevi.
- Destek, M. A., & Sinha, A. (2020). Renewable, Non-Renewable Energy Consumption, Economic Growth, Trade Openness and Ecological Footprint: Evidence from Organisation for Economic Co-Operation and Development Countries. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118537.
- Djellouli, N., Abdelli, L., Elheddad, M., Ahmed, R., & Mahmood, H. (2022). The Effects of Non-Renewable Energy, Renewable Energy, Economic Growth, and Foreign Direct Investment on The Sustainability of African Countries. *Renewable Energy*, 183, 676- 686.
- Elliott, G., Rothenberg, T., & Stock, J. H. (1996). Efficient Tests for an Autoregressive Unit Root. *Econometrica*, 64, 813-836.
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438.
- Granger, C. W. J., & Yoon, G. (2002). Hidden Cointegration, Department of Economics Working Paper, San Diego: University of California.
- Hatemi-J, A. & Irandoust, M. (2012). Asymmetric Interaction Between Government Spending and Terms of Trade Volatility: New Evidence from Hidden Cointegration. *Technique. J. Econ. Stud.* 39 (3), 368-378.
- Hatemi-J, A. (2020). Hidden Panel Cointegration. *Journal of King Saud University-Science*, 32 (1), 507-510.
- Jin, T., & Kim, J. (2018). What is Better for Mitigating Carbon Emissions-Renewable Energy or Nuclear Energy? A Panel Data Analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 464-471.
- Keleş, R., & Hamamcı, C. (2005). *Çevre Politikası*. 5. Baskı. Ankara: İmge Kitabevi.
- Kesbiç, C., & Bozduman, E. T. (2021). Türkiye’de Sektör Bazında Enerji Tüketiminin Çevre Kirliliği Üzerine Etkisi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19 (2), 289-299.
- Kapçak, S. (2024). Döngüsel Ekonomi Bileşenlerinin Ekolojik Ayak İzi Üzerindeki Etkisi: Panel Veri Analizi. *Uluslararası Ekonomi İşletme ve Politika Dergisi*, 8 (1), 124-138.

- Kapçak, S., & İşleyen, Ş (2024). The Relationship Between Renewable Energy, Agriculture And Carbon Emissions: The Case of Turkey. *Border Crossing*, 14 (1), 45-58.
- Koçak, E. (2024). Yenilenebilir Enerjinin Ekolojik Ayak İzi Üzerine Etkisi: Türkiye Örneği. *Politik Ekonomik Kuram*, 8 (1), 256-265.
- Li, R., Wang, X., & Wang, Q. (2022). Does Renewable Energy Reduce Ecological Footprint at the Expense of Economic Growth? An Empirical Analysis of 120 Countries. *Journal of Cleaner Production*, 346, 131207.
- Mengi, A., & Algan, N. (2003). Küreselleşme ve Yerelleşme Çağında Bölgesel Sürdürülebilir Gelişme: AB ve Türkiye Örneği. Ankara: Siyasal Kitabevi
- Ng, S. & Perron, P. (2001). Lag Length Selection and the Construction of Unit Root Tests with Good Size and Power. *Econometrica*, 69, 1529-1554.
- Souza, E. S., Freire, F. D. S., & Pires, J. (2018). Determinants of CO2 Emissions in the MERCOSUR: The Role of Economic Growth, and Renewable and Non-Renewable Energy. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 20769-20781.
- Tafti, M. A. D., & Mottaghitalab, A. (2017). Renewable Energy Consumption and Its Impact on Economic Growth of OPEC Members. *International Journal of Chemoinformatics and Chemical Engineering*, 6 (1), 39-47.
- Tekbaş, M., & Tutumlu, H. (2023). Ekonomik Büyüme, Ekonomik Karmaşıklık, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve CO2 Emisyonu İlişkisi: Türkiye Örneği. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 11 (2), 124-141.
- Tiwari, A. K., Apergis, N., & Olayeni, O. R. (2015). Renewable and Non-Renewable Energy Production and Economic Growth in Sub-Saharan Africa: A Hidden Cointegration Analysis. *Applied Economics*, 47 (9), 861-882.
- Torun, M., & Yağış, O. (2023). Enerji Tüketimi, Çevre Kalitesi ve Finansal Gelişme Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Panel Eşanlı Denklemler Sistemi Analizi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 21, 767-788.
- Uçar, M., & Çoban, S. (2023). Ulaştırma Sektöründeki Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Çevresel Kalite İlişkisi. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 13 (1), 485-506.
- Uyanık, N. (2017). Uygulamalı Çevre Etkinliklerinin Ortaokul Öğrencilerinin Çevresel Tutum, Çevresel Davranış ve Çevre Sorunlarına İlişkin Görüşlerine Etkisi. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Sakarya: Sakarya Üniversitesi/ Eğitim Bilimleri Enstitüsü.