



BULLETIN OF ECONOMIC THEORY AND ANALYSIS

Journal homepage: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

Doğrudan Yabancı Yatırımlar, CO2 Emisyonu ve Yenilenebilir Enerji Tüketimi Arasındaki İlişkinin Araştırılması: Türkiye'ye İlişkin Ampirik Kanıtlar

Seher SULUK  <https://orcid.org/0000-0002-3253-1098>

To cite this article: Suluk, S. (2023). Doğrudan Yabancı Yatırımlar, CO2 Emisyonu ve Yenilenebilir Enerji Tüketimi Arasındaki İlişkinin Araştırılması: Türkiye'ye İlişkin Ampirik Kanıtlar. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 8(2), 303-332.

Received: 21 Jan 2023

Accepted: 04 Aug 2023

Published online: 31 Dec 2023



©All right reserved



Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 8, Issue 2, pp. 303-332, 2023

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 21.01.2023 Accepted / Kabul: 04.08.2023

Doğrudan Yabancı Yatırımlar, CO₂ Emisyonu ve Yenilenebilir Enerji Tüketimi Arasındaki İlişkinin Araştırılması: Türkiye'ye İlişkin Ampirik Kanıtlar

Seher SULUK^a

^a Dr. Öğr. Üyesi, Adıyaman Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Adıyaman, TÜRKİYE.

<https://orcid.org/0000-0002-3253-1098>

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de doğrudan yabancı yatırımlar, CO₂ emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi ampirik olarak incelemektir. Bu amacı gerçekleştirmek için 1990-2019 dönemine ait yıllık veriler kullanılmış ve ekonometrik yöntem olarak Johansen eşbütünleşme analizi, Granger nedensellik analizi, en küçük kareler yöntemi ve Toda-Yamamoto nedensellik analizinden yararlanılmıştır. Uygulanan analizlerden elde edilen ampirik bulgular incelendiğinde, Johansen eşbütünleşme analizi sonucuna göre, değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmamaktadır. Granger nedensellik analizi bulgularına göre, doğrudan yabancı yatırımlar ile CO₂ emisyonu arasında çift yönlü, yenilenebilir enerji tüketiminden CO₂ emisyonuna doğru ise tek yönlü bir Granger nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. En küçük kareler yönteminden elde edilen sonuçlar, yenilenebilir enerji tüketiminde gerçekleşen %1'lik bir artışın CO₂ emisyonunu %0,41 azalttığını göstermiştir. Son olarak uygulanan Toda-Yamamoto nedensellik analizi sonucunda, yenilenebilir enerji tüketiminden CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Elde edilen Granger nedensellik ve Toda-Yamamoto nedensellik analizi sonuçlarının birbirlerini destekler nitelikte olup, kuvvetli hale geldiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler

CO₂ Emisyonu,
Doğrudan Yabancı Yatırımlar,
Yenilenebilir Enerji Tüketimi

JEL Kodu

C32, F64, Q56

İLETİŞİM Seher SULUK, ✉ ssuluk@adiyaman.edu.tr ☒ Adıyaman Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Adıyaman, TÜRKİYE.

Investigation of the Relationship among Foreign Direct Investments, CO₂ Emission and Renewable Energy Consumption: Empirical Evidence for Turkey

ABSTRACT

The aim of this study is to empirically examine the relationship among foreign direct investments, CO₂ emission and renewable energy consumption in Turkey. In order to achieve this purpose, annual data for the period 1990-2019 were used and Johansen cointegration analysis, Granger causality analysis, least squares method and Toda-Yamamoto causality analysis were used as econometric methods. When the empirical findings obtained from the applied analyzes are examined, according to the result of the Johansen cointegration analysis, there is no cointegration relationship among the variables. According to the Granger causality analysis findings, a bidirectional Granger causality relationship was found between foreign direct investments and CO₂ emission, and a unidirectional Granger causality relationship running from renewable energy consumption to CO₂ emission. The results from the least squares method show that a 1% increase in renewable energy consumption reduces CO₂ emission by 0.41%. Finally, as a result of the Toda-Yamamoto causality analysis applied, a unidirectional causality relationship running from renewable energy consumption to CO₂ emission was found. It is seen that the results of Granger causality and Toda-Yamamoto causality analysis support each other and become stronger.

Keywords

CO₂ Emission, Foreign Direct Investments, Renewable Energy Consumption

JEL Classification

C32, F64, Q56

1. Giriş

Ekonomik büyüme ve kalkınma sürecinde çok ciddi ve çeşitli çevresel sorunlar meydana gelmektedir. Nitekim özellikle iklim krizi ve küresel ısınma günümüzde tüm insanlığı ilgilendiren en acil ve önemli sorunlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Ortaya çıkan bu ve benzeri çevre sorunları ve çevre sorunlarının yarattığı olumsuz etkiler, konu ile ilgili araştırmaların yoğun bir şekilde artmasına da neden olmuştur.

Enerji, ülkelerin ekonomik kalkınmasında önemli bir unsur olsa da yenilenemez enerji kaynaklarının çevreyi kirletmesi sebebiyle, bu konuda önlemlerin alınması büyük önem arz etmektedir (Farhani, 2013: 25). Ülkelerin büyüme hırsları nedeniyle çevreye verebilecek zararların göz ardı edilmesi, geçmişten günümüze başta CO₂ emisyonu olmak üzere sera gazı emisyonlarını sürekli olarak artırmaktadır (Yılmaz & Karabiber, 2022: 200). Sera gazı emisyonlarının artması biyoçeşitliliğin azalmasına, buzulların erimesine, küresel ısınmanın ve iklim krizinin artmasına ve ayrıca insan sağlığını olumsuz etkilemesine vb. sorunlara yol açmaktadır. CO₂ emisyonundaki artış çevreye, insan sağlığına ve diğer tüm canlılara zarar verdiği bilinen bir gerçektir.

Son on yılda nüfus artışı, değişen yaşam tarzları, üretimdeki ilerlemeler ve ekonomik kalkınma nedeniyle küresel enerji talebi artmıştır (Amin vd., 2022: 1). Ekonomik faaliyetler arttıkça, ülkeler ekonomik büyüme sağladıkça, ticaret ve doğrudan yabancı yatırım ile enerji talepleri de orantılı olarak artma eğilimindedir (Wen vd., 2022: 02). Bu çerçevede, özellikle Sanayi Devrimi ile artan üretim ve tüketim faaliyetleri ekonomilerin büyüme sürecini hızlandırmıştır. Teknolojik gelişmelerin etkisi ile büyüyen enerji ihtiyacı, özellikle yatırımlar için önemli bir girdi olarak öne çıkmış ve ekonomik büyüme sürecine olumlu bir şekilde katkıda bulunmuştur (Başar vd., 2020: 1091). Ancak fosil yakıtlar, dünya çapında önemli bir sorun olan iklim değişikliğine sebep olan sera gazı emisyonlarının artmasına yol açmaktadır (Lyheang & Limmeechokchai, 2018: 401). Nitekim geçen yüzyılın ortalarından bu yana, iklimin enerji dengesindeki temel dengesizliğin bir sonucu olarak dünya üzerinde ısınma olmuştur. Bu durum, sera etkisinin insan eliyle güçlendirilmesinden kaynaklandığı söylenebilir (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2020: 5).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 2022 yılında yayınladığı bir raporunda ekosistem çöküşü, türlerin yok oluşu ve iklim tehlikeleri ile karakterize edilen dünyanın geleceğine dair karanlık bir tablo çizmektedir (Atwoli vd., 2022: 1). Toplumun sürdürülebilir ve sağlıklı gelişimi için yeni alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesi gerekmektedir (Wang & Huang, 2022: 2). Çevre sorunlarının daha ciddi ve görünür hale gelmesiyle, günümüz toplumunda çevre sorunları ile ilgili tartışmalar güçlü bir şekilde büyümektedir (Marker-Larsen, 2005: 1). Bu çerçevede, bu çalışma, 1990-2019 yıllarına ait yıllık verileri dikkate alarak Türkiye'de doğrudan yabancı yatırımlar, CO₂ emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi ampirik olarak analiz ederek konu ile ilgili bilimsel literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu değişkenler arasındaki bağlantıyı hem Türkiye özelinde hem de ele alınan dönem ve ayrıca çalışmada kullanılan metodolojilerle ampirik olarak analiz eden çalışmaların literatürde rastlanılmaması ve böylece özellikle iktisat alanyazınında bu boşluğu doldurması çalışmanın önemini oluşturmaktadır. Söz konusu değişkenler arasındaki ilişkinin tespiti, uygulanacak politikalar için fikir oluşturması da ayrı bir önem taşımaktadır. Bu bağlamda, girişten sonraki bölümde kavramsal ve teorik çerçeve ele alınacaktır. Bunu takiben literatüre değinilecektir. Daha sonra veri seti ve ekonometrik model açıklanacaktır. Ardından çalışmada kullanılacak metodoloji kısaca tanıtılacak ve ampirik bulgular sunulacaktır. Çalışma sonuç ve genel bir değerlendirmeye tamamlanacaktır.

2. Kavramsal ve Teorik Çerçeve

Özellikle küreselleşme sürecinin hızlanmasıyla birlikte doğrudan yabancı yatırımların da arttığı söylenebilir (Huang vd., 2022: 2). Doğrudan yabancı yatırım, “*bir ekonomide ikamet eden bir yatırımcının başka bir ekonomide ikamet eden bir işletme üzerinde kalıcı bir ilgi ve önemli derecede etki oluşturduğu bir sınır ötesi yatırım kategorisi*”dir (OECD, 2022a). Doğrudan yabancı yatırımlar, bir yandan ekonomik büyümeyi, istihdamı, ihracatı, geliri ve teknolojik gelişmeyi artırarak ülke ekonomisine önemli katkılarda bulunurken, diğer yandan iklim değişikliğine yol açan sera gazlarından biri olan CO₂ emisyonunu artırarak çevreyi, insan sağlığını ve diğer tüm canlıları tehdit etmeleri bakımından bazı ciddi dezavantajlara da sahiptir. Bununla birlikte, literatürde doğrudan yabancı yatırımların çevre üzerinde oluşturduğu etkiler iki farklı hipotez ile açıklanmaktadır. Söz konusu hipotezler; gelişmekte olan ülkelerde doğrudan yabancı yatırımların çevre dostu teknolojiler sağladığı dolayısıyla çevresel bozulmayı azalttığını savunan Kirlilik Hale Hipotezi ve çevre dostu olmayan yatırımların gireceği ve gelişmekte olan ülkelerde doğrudan yabancı yatırımların çevresel bozulmayı artıracığını savunan Kirlilik Sığınağı Hipotezidir (Kurt vd., 2019: 214-215; Yıldırım vd., 2017: 100; Akçay & Karasoy, 2018: 502).

Enerji, pek çok temel insan gereksiniminin karşılanmasında ve ayrıca ekonomik büyümeye ve kalkınmaya katkısı açısından önemli bir rol oynamaktadır (Kang vd., 2021). Bu bağlamda, dünyada ekonomik büyümeyi artırmaya bağlı olarak enerjiye olan ihtiyaç da artmaktadır. Fakat ekonomik büyümenin gerçekleştirilmesi ile birlikte ve ayrıca nüfusun ve tüketimin artmasına bağlı olarak artan fosil yakıt kullanımı, hem enerji rezervlerinin azalmasına ve fiyatlarının yükselmesine sebep olmakta hem de sera gazı emisyonlarının ve dolayısıyla küresel ısınmanın artması gibi sorunları ortaya çıkarmaktadır (Arı, 2021: 123). Dünyadaki birincil enerji üretiminin yaklaşık olarak %80’i petrol, kömür ve gaz gibi yenilenemez fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtların kullanımı ise iklimi olumsuz yönde etkileyen sera gazlarını artırmaktadır (<https://www.wwf.org.tr>). Nitekim 2019 yılında gerçekleşmiş olan 25. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Taraflar Konferansı (COP25) öncesinde Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından atmosferdeki ısıyı hapseden sera gazı seviyelerinin rekor seviyeye ulaştığını gösteren Sera Gazı Bülteni yayınlanmıştır (World Meteorological Organization, 2019). 2021 yılında 26. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı (COP26) gerçekleşmiş ve fosil yakıtlara ilişkin harekete geçileceği açık bir şekilde hedeflenmiştir. Küresel sera gazı emisyonlarındaki kesintilerin, yaşanabilir bir iklimi korumak için halen olması gereken yerden çok uzaktır (PwC, 2021;

<https://www.un.org>). 2022 yılında IPCC'nin yayınladığı bir raporda, antropojenik kaynaklı sera gazı emisyonlarındaki artışın 1990'dan beri devam ettiği; küresel net antropojenik sera gazı emisyonlarının 2019 yılında 2010'a göre yaklaşık %12 daha fazla iken 1990'dan %54 daha yüksek olduğu belirtilmiştir. 2019 yılı itibarıyla sera gazı emisyonları içerisinde en yüksek fosil yakıtlardan ve endüstriden kaynaklanan CO₂ emisyonu olmuştur (IPCC, 2022: 10). Fosil yakıtların kullanımı CO₂ emisyonunu artırmakta ve başta çevre kirliliği olmak üzere pek çok çevresel sorunu beraberinde getirmektedir (Ali vd., 2022: 2). Yenilenemez enerji kaynaklarının kullanımının sebep olduğu çevresel hasar toplulukları ve ülkeleri sağlık, sosyal ve ekonomik olarak olumsuz yönden etkilemektedir (Karamıklı & Şaşmaz, 2021: 294). Küresel çapta etkisi giderek daha da hissedilen insan kaynaklı iklim değişikliği günümüzde, ülkelerin enerjiyi üretme ve kullanma şeklinin sürdürülebilir olmadığı açık bir göstergesidir (WWF, 2011: 3). Bu yüzden kalkınmanın ve geleceğimizin sürdürülebilirliği için çevre dostu enerji kaynaklarının kullanılması önemlidir (Uslu & Apaydın, 2022: 211). Enerji ithalatçısı bir ülke olan Türkiye, enerji gereksiniminin yaklaşık olarak %73'ünü dışarıdan karşılamakta yani söz konusu bu ithalatlara bağımlıdır (Okumuş, 2020: 23). OECD ülkeleri arasında enerji ihtiyacı en çok artış gösteren ülke konumunda yer alan Türkiye, enerji bağımlılığının azaltılması ile enerji güvenliğinin artırılmasına yönelik enerji politikaların oluşturulması önemlidir (OECD, 2019: 20). Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasının gerekliliği üzerinde durulmaktadır. Doğal olarak yenilenebilir kaynaklardan gelen enerji olarak da ifade edilebilen yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre dostu kaynaklar olarak kabul edilmesinin yanı sıra bu kaynaklar enerji ithalatına bağımlılığın azaltılmasına da katkıda bulunabilmektedir (Europa-Kommissionen, t.y.: 4; OECD, 2022b: 158).

3. Literatür Taraması

Çevre sorunları konusunun giderek önemli hale gelmesiyle, çevre üzerine yapılan ampirik çalışmalar da gittikçe artmaktadır. Literatür incelendiğinde, genel olarak yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunun ekonomik büyüme ile birlikte ele alındığı görülmektedir. Ayrıca Kirlilik Sığınağı ve Kirlilik Hale hipotezlerinin ile Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerliliğini sınanan pek çok çalışma mevcuttur. Bununla birlikte doğrudan yabancı yatırımlar, CO₂ emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi analiz eden çalışmaların da literatürde mevcut olduğu görülmektedir. Türkiye özelinde söz konusu değişkenler arasındaki bağlantıyı analiz eden bu çalışma ise kullanılan yöntemler itibarıyla literatürde bulunan çalışmalardan farklılaşmaktadır. Bu bölümde konu ile ilgili yapılan bazı çalışmalar özetlenecektir.

Mert & Bölük (2016) dengesiz panel veri kullanarak 21 Kyoto ülkesinde doğrudan yabancı yatırımın ve yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla panel eşbütünleşme analizi kullanılarak Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi test edilmiştir. Panel nedensellik testinden elde edilen sonuçlara göre, değişkenlerden CO₂ emisyonuna, yenilenebilir enerji tüketimine, fosil yakıt enerji tüketimine ve doğrudan yabancı yatırımlara kadar önemli uzun vadeli nedenselliklerin olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte yazarlar, kirlilik hale hipotezinin geçerli olduğu ve ayrıca yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonunu azalttığı bulgusuna ulaşmışlardır.

Kılıçarslan & Dumrul (2017) yaptıkları çalışmalarında 1974-2013 yıllarına ait verileri baz alarak Johansen eşbütünleşme testi ile vektör hata düzeltme modeli yardımıyla Türkiye için doğrudan yabancı yatırımlar ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Ulaşılan ampirik bulgular, doğrudan yabancı yatırımların uzun vadede CO₂ emisyonlarını olumlu yönde etkilediğini göstermiştir.

Khandker vd. (2018) Bangladeş için doğrudan yabancı yatırımlar ve yenilenebilir enerji tüketimi verilerini dikkate alarak bu değişkenler arasındaki ilişkiyi ampirik olarak araştırmışlardır. Çalışma 1980-2015 dönemini kapsamaktadır. Ekonometrik analizden elde ettikleri ampirik bulgular şu şekildedir: uygulanan Johansen eşbütünleşme testi sonucuna göre, değişkenlerin uzun dönemde eşbütünleşik olduğu saptanmıştır. Granger nedensellik testinden elde edilen sonuç ise değişkenler arasında çift yönlü nedensellik bağının olduğunu göstermiştir. Ancak uygulanan vektör hata düzeltme modeli sonucunda değişkenler arasında kısa dönemde nedensellik ilişkisine ulaşılamamıştır.

Koengkan & Fuinhas (2018) 1980-2012 dönemini dikkate alarak panel veri analizi ile on Güney Amerika ülkesi için yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar, kısa vadede alternatif kaynakların tüketimi %1 arttığında, yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonunu %0,0420 oranında azalttığı sonucuna varmışlardır. Diğer bir ifade ile yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonunu azaltmada önemli bir rol oynadığı bulgusuna ulaşmışlardır.

Naz vd. (2018) yaptıkları çalışmalarında Pakistan için 1975-2016 yıllarına ait veri setini baz alarak yenilenebilir enerji tüketiminin, doğrudan yabancı yatırım girişlerinin ve kişi başına düşen GSYH'nin CO₂ emisyonu üzerindeki düzenleyici ve aracılık etkilerini araştırmışlardır.

Ulaşılan ampirik bulgulara göre, ekonomik büyümenin ve doğrudan yabancı yatırım girişlerinin CO₂ emisyonlarını artırdığı, yenilenebilir enerji tüketiminin ise CO₂ emisyonlarını önemli ölçüde azalttığı bulunmuştur. Çalışmada elde edilen bulgular, kirlilik cenneti hipotezini desteklediğini göstermiştir.

Hadi vd. (2018) doğrudan yabancı yatırımların çevre kalitesi üzerindeki etkisini Endonezya için analiz etmişlerdir. Çalışma 1990-2015 dönemini kapsamaktadır. Zaman serileri regresyon analizi bulgularına göre, doğrudan yabancı yatırımların varlığı CO₂ emisyonlarındaki artış üzerinde önemli ölçüde olumlu etkilere sahipken, yoksulluk ve nüfus artışı CO₂ emisyonu üzerinde olumsuz etkiye sahiptir.

Khan & Ozturk (2019) çalışmalarında 1980-2014 dönemini dikkate alarak panel veri analizi ile 17 Asya ülkesi için doğrudan yabancı yatırımlar ve çevre kirliliği ilişkisini incelemişlerdir. Analizden elde edilen bulgulara göre, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu saptanmıştır. Aynı zamanda doğrudan yabancı yatırımların çevre kirliliği üzerinde önemli ölçüde olumlu bir etkiye sahip olduğu ve kirlilik cenneti hipotezini desteklediği bulgusuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte CO₂ emisyonu ile doğrudan yabancı yatırımlar arasında iki yönlü bağlantıların olduğu raporlanmıştır.

Kurt vd. (2019) 1974 ile 2014 yılları arasında doğrudan yabancı yatırımların CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini Türkiye bağlamında analiz etmişlerdir. Bu amacı gerçekleştirmek için ARDL sınır testi yöntemi kullanılmıştır. Yazarlar, kişi başına GSYH'nin CO₂ emisyonunu azalttığı, buna karşın enerji tüketiminin ve doğrudan yabancı yatırımların CO₂ emisyonunu artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Böylece çalışmada kirlilik sığmağı hipotezinin geçerliliğini destekleyen sonuçlar elde etmişlerdir.

Li & Vitenu-Sackey (2019) panel veri analizi ile CO₂ emisyonu, yenilenebilir enerji tüketimi ve doğrudan yabancı yatırımlar arasındaki ilişkiyi 15 Afrika ülkesi bağlamında 2000-2014 dönemini dikkate alarak ampirik olarak analiz etmişlerdir. Uzun dönemde yenilenebilir enerjinin CO₂ emisyonundan kaynaklanan kirliliği azaltma eğiliminde olduğu, buna karşın doğrudan yabancı yatırımların uzun vadede CO₂ emisyonunu artırdığı sonucuna varmışlardır.

Sarkodie vd. (2019) 47 Sahra Altı Afrika ülkesinde gelir, yenilenebilir enerji, doğrudan yabancı yatırım ve sera gazı emisyonuna ilişkin yönetimdeki büyümenin üzerindeki bireysel, birleşik ve etkileşimli ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışma 1990-2017 dönemini kapsamaktadır ve

yöntem olarak panel veri ile dinamik bir heterojen tahmin tekniği kullanmışlardır. Elde edilen bulgulara göre, yenilenebilir enerjinin payının %1 artmasının sera gazı emisyonlarını %35,32 azalttığı, buna karşın, gelir düzeyi, yönetim ve yenilenebilir enerji tüketiminin birleştirme etkisindeki %1'lik bir artış, iklim değişikliğini %0,79 oranında yoğunlaştırdığı saptanmıştır. Bununla birlikte, ölçek, kompozisyon ve teknik göstergelerin etkileşimli etkilerinin iklim değişikliğini kötüleştirdiği bulunmuştur. Ayrışma etkisine göre ise doğrudan yabancı yatırım, gelir düzeyi ve yönetim iklim değişikliğini şiddetlendirirken, yenilenebilir enerji tüketiminin iklim değişikliğini ve etkisini azalttığı bulgusuna ulaşmışlardır.

Emre Çağlar (2020) çalışmasında Danimarka, Finlandiya, Fransa, Hindistan, İtalya, Fas, Norveç, Portekiz ve İsveç olmak üzere dokuz ülkeyi ele alarak yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemez enerji tüketimi, doğrudan yabancı yatırım, ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi 1970-2014 dönemi için araştırmıştır. Çalışmada yöntem olarak bootstrap ARDL ve bootstrap ARDL yaklaşımına dayalı Granger nedensellik analizlerini kullanmıştır. Ampirik bulgular, değişkenler arasında sadece birkaç eşbütünleşme ilişkisinin varlığını göstermektedir. Bununla birlikte, bazı ülkelerde doğrudan yabancı yatırım, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemli ilişkiler bulunmuştur.

Eriandani vd. (2020) yaptıkları çalışmalarında 1980-2018 yıllarına ait verileri kullanarak 5 ASEAN ülkesi için panel Granger nedensellik analizi ile doğrudan yabancı yatırımın CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Buna göre, kirletici yoğun endüstrilerde doğrudan yabancı yatırımdan kişi başına CO₂ emisyonuna doğru uzanan bir nedensellik tespit etmişlerdir.

Khan vd. (2020) yenilenebilir enerji tüketimi, CO₂ emisyonu, doğrudan yabancı yatırım ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1980-2018 dönemini baz alarak 190 ülke için incelemişlerdir. Çalışmada statik ve dinamik modeller kullanılmıştır. CO₂ emisyonu, yenilenebilir enerji tüketimi, doğrudan yabancı yatırımlar ve ekonomik büyüme birbirini önemli ölçüde etkilediğini ve çevre kalitesi için yenilenebilir enerji faydalı bulunurken doğrudan yabancı yatırım girişlerini azalttığı bulunmuştur. Aynı zamanda, yenilenebilir enerjinin azalan bir etkiye sahip olduğu, doğrudan yabancı yatırımların ve CO₂ emisyonun ise ekonomik büyümeyi teşvik ettiği sonucuna ulaşılmıştır.

Widiastuti vd. (2020) 2005-2014 yıllarına ait verileri kullanarak 8 ASEAN ülkesinde yabancı yatırımın ve yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminin hava kalitesi üzerindeki etkisini panel regresyon modeli uygulayarak incelemişlerdir. Çalışmada yabancı yatırımların hava

kalitesini önemli ölçüde etkilediğini çünkü daha fazla yatırımın daha fazla ekonomik faaliyete yol açacağı, dolayısıyla enerji tüketimini ve CO₂ emisyon seviyesini artıracığı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte elde edilen diğer bir sonuç ise yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonunu azaltacağıdır.

Arı (2021) çalışmasında doğrudan yabancı yatırımların yenilenebilir enerji üzerindeki etkisini 1984-2019 dönemine ait verileri kullanarak Türkiye bağlamında incelemiştir. Yöntem olarak Johansen eşbütünleşme ile Hacker-Hatemi (2006) bootstrap nedensellik analizlerini kullanmıştır. Çalışmada elde ettiği ampirik bulgular, doğrudan yabancı yatırımlar ile yenilenebilir enerji arasında uzun dönem ilişkisinin mevcut olmadığını göstermiştir. Ayrıca doğrudan yabancı yatırımlar ve yenilenebilir enerji arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin bulunmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Huang vd. (2021) yenilenebilir enerji tüketen başlıca 48 ülkeden oluşan bir örneklem için yenilenebilir enerji ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışma 2000-2015 dönemini kapsamaktadır. GMM yöntemini kullanarak elde ettikleri ampirik bulgulara göre, yenilenebilir enerjinin CO₂ emisyonları üzerinde önemli bir olumsuz etkiye sahiptir.

Kang vd. (2021) 1990-2019 yıllarını baz alarak seçilmiş Güney Asya ülkelerinde kentsel nüfus, CO₂ emisyonu, ticaret açıklığı, gayri safi yurtiçi hâsıla, doğrudan yabancı yatırımlar ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Yöntem olarak FMOLS ve DOLS kullanılmıştır. Elde edilen ampirik bulgulara göre, doğrudan yabancı yatırımlar ile yenilenebilir enerji arasında önemli ve negatif bir ilişki bulunmuştur. Aynı zamanda GSYH ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında güçlü ve olumlu bir ilişki saptanmıştır.

Ampomah & Adu (2022) yaptıkları çalışmalarında 1990-2018 yıllarını kullanarak seçilmiş bazı Avrupa ülkelerinde yenilenebilir enerji, doğrudan yabancı yatırım, kentleşme ve ekonomik büyümenin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir. Ulaştıkları analiz sonuçlarına göre, doğrudan yabancı yatırım CO₂ emisyonunu artırmakta, kentleşme çevre kalitesini düşürmekte ve yenilenebilir enerji çevre kirliliğini en aza indirmektedir.

Mehmood (2022) Hindistan, Pakistan, Sri Lanka ve Bangladeş gibi seçilmiş Güney Asya ülkelerinde yenilenebilir enerjinin, ekonomik büyümenin, hükümet etkinliğinin ve doğrudan yabancı yatırımın CO₂ emisyonu üzerindeki etkilerini CS-ARDL kullanarak incelemiştir. Çalışma 1996-2019 dönemini kapsamaktadır. Yenilenebilir enerjide gerçekleşen %1'lik bir artışın, CO₂

emisyonunu %13,95 oranında ve ayrıca yönetimdeki %1'lik bir artışın, CO₂ emisyonunu %7,68 azaltacağı bulgusuna ulaşılmıştır.

Kayani vd. (2023) çalışmalarında panel veri analizi yardımıyla Bahreyn, Bangladeş, Çad, Hindistan, Irak, Kırgızistan, Nepal, Oman, Pakistan ve Tacikistan olmak üzere en kirli on ülke için doğrudan yabancı yatırım, turizm, kentleşme ve ekonomik büyümenin CO₂ emisyonu üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada 2000-2019 dönemini incelemişlerdir. Analizden elde ettikleri bulgulara göre, yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonu üzerinde olumsuz ancak küçük bir etkisinin olduğu bulunmuştur. Gelişmekte olan ülkeler paneli için doğrudan yabancı yatırım, ekonomik büyüme, turizm ve kentleşme ile birlikte CO₂ emisyonu üzerinde olumlu ve önemli bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca şehirlerin genişlemesi doğaya ve ekolojik ayak izine zarar verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

4. Veri Seti ve Ekonometrik Model

Bu çalışma temel olarak 1990-2019 yıllarına ait verileri kullanarak Türkiye bağlamında doğrudan yabancı yatırımlar, CO₂ emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi ampirik olarak analiz etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada söz konusu dönem için yıllık veriler kullanılmış olup, verilerin hepsi Dünya Bankası (WDI) veri tabanından elde edilmiştir. Analizin 1990 yılından itibaren başlamasının nedeni Dünya Bankası veri tabanında CO₂ emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenleri bu yıldan itibaren mevcut olduğu içindir. Analizde kullanılan değişkenlerin hepsi logaritmiktir. Çalışmada Eviews programından yararlanılarak analiz gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada tahmin edilecek model CO₂ emisyonu, doğrudan yabancı yatırımlar ve yenilenebilir enerji tüketimi olmak üzere üç değişkenden oluşmaktadır. CO₂ emisyonu bağımlı değişken iken doğrudan yabancı yatırımlar ve yenilenebilir enerji tüketimi bağımsız değişkenlerdir. Çalışmada söz konusu değişkenler arasındaki bağlantıyı analiz etmek için kullanılan model aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$CO_2_t = f(FDI_t, REC_t)$$

Modelde CO₂ karbon emisyonunu, FDI doğrudan yabancı yatırım girişlerini ve REC yenilenebilir enerji tüketimini göstermektedir. Analizde kullanılan bağımlı değişken CO₂ emisyonudur. Ampirik literatürde CO₂ emisyonu değişkeni çevre kirliliğini temsil etmek amacıyla

yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca CO₂ emisyonu küresel ısınma ve iklim krizinin ana kaynağı olarak kabul edilmektedir. Analizde kullanılan bağımsız değişkenlerden doğrudan yabancı yatırımlar ele alınacak olursa, literatürde yapılan çalışmalarda CO₂ emisyonunu nasıl etkilediği; artırıyor mu ya da azaltıyor mu konusunda bir hemfikirlik mevcut değildir. Zira bazı çalışmalarda doğrudan yabancı yatırımların CO₂ emisyonlarını artırdığı yani çevreyi kirlettiği, bazı çalışmalarda ise doğrudan yabancı yatırımların CO₂ emisyonunu azaltarak çevresel kaliteye katkıda bulunduğu bulgusuna ulaştığı görülmektedir. Analizde yer alan diğer bağımsız değişken ise yenilenebilir enerji tüketimidir. Literatürde mevcut olan çalışmaların pek çoğunda yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonunu azalttığı yönünde raporlandığı söylenebilir.

Tablo 1

Modelde Kullanılan Değişkenler

Değişkenin Adı	Açıklama	Kaynak
CO2	Karbon emisyonu (kt)	Dünya Bankası
FDI	Doğrudan yabancı yatırım, net girişler (GSYH'nin yüzdesi)	Dünya Bankası
REC	Yenilenebilir enerji tüketimi (toplam nihai enerji tüketiminin yüzdesi)	Dünya Bankası

Türkiye için 1990-2019 yıllarına ait doğrudan yabancı yatırımlar, CO₂ emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi incelemek için kullanılan değişkenlerin adı, değişkenlerin açıklamaları ve kaynakları tablo 1'de sunulmuştur.

5. Metodoloji ve Ampirik Bulgular

Çalışmada öncelikle değişkenlere ait verilerin dağılımını incelemek amacıyla normallik testi yapılmıştır. Analize dâhil edilen değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri ve normallik testi sonuçları tablo 2'de verilmiştir. Tabloda yer alan Jarque-Bera testi sonucuna göre, çalışmada kullanılan değişkenlerin olasılık değerlerinin hepsi 0.05'ten daha büyüktür. Dolayısıyla değişkenlerin normal dağılıma sahip olduğu söylenebilir.

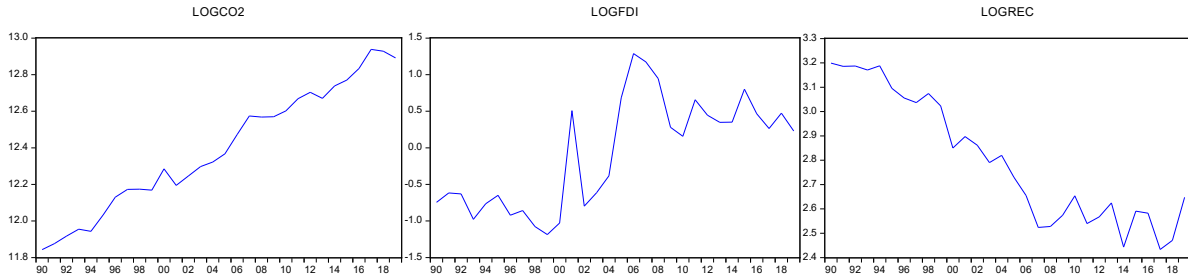
Tablo 2

Tanımlayıcı İstatistikler ve Normal Dağılım Testi Sonuçları

	CO2	FDI	REC
Ortalama	12.39517	-0.072617	2.800090
Medyan	12.34471	0.193691	2.760508
Maksimum	12.93820	1.287441	3.199113
Minimum	11.84367	-1.186135	2.433613

Standart Sapma	0.337556	0.750757	0.261381
Çarpıklık	-0.000692	0.090510	0.253027
Basıklık	1.792796	1.642689	1.595366
Jarque-Bera	1.821678	2.343825	2.786359
Olasılık	0.402187	0.309774	0.248285
Gözlem	30	30	30

Şekil 1'de çalışmada kullanılan değişkenlerin grafikleri verilmiştir. 1990-2019 yıllarına ait serilerin genel eğilimi incelendiğinde, CO₂ emisyonu değişkeninde 1990 yılından bu yana artan bir eğilim vardır. Doğrudan yabancı yatırım değişkenine baktığımızda özellikle 2002 yılından sonra büyük bir artış görülmekle birlikte 2006 yılından itibaren azaldığı ve dalgalı bir seyir izlediği söylenebilir. Yenilenebilir enerji tüketimi değişkeninde ise 1990 yılından itibaren bir azalış olduğu ve 2007 yılından itibaren dalgalı bir seyir izlediği görülmektedir.



Şekil 1: Veri Setindeki Değişkenlerin (CO₂, FDI ve REC) Grafikleri

Ekonometrik analize geçmeden önce ve analizde hangi yöntemin kullanılabileceğine karar verilebilmesi için öncelikle değişkenlerin birim kök içerip içermediğine bakılması diğer bir ifade ile değişkenler için durağanlık testi yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada, durağanlık sınaması için zaman serisi analizinde yaygın olarak kullanılan Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri uygulanmıştır. Sıfır hipotezi birim kökün varlığı yani serilerin durağan olmadığı anlamına gelirken, alternatif hipotez ise serilerin birim köke sahip olmadığı, diğer bir ifade ile serilerin durağan olduğu anlamına gelmektedir (Değer & Pata, 2017: 37).

Zaman serisi analizinde, serilerin durağanlığını tespit etmek, yani serilerin birim köke sahip olup olmadığını belirlemek için ADF ile PP yaygın olarak kullanılan birim kök testleridir. ADF birim kök testi, Dickey-Fuller (DF) birim kök testinin genişletilmiş versiyonu olarak karşımıza çıkmakta ve değişkenlerin durağanlığını sınamak için uygulanmaktadır. Nitekim söz konusu birim kök testi, Dickey ve Fuller'in 1979 yılında geliştirdiği birim kök testine bağımlı değişkenin

gecikmeli değerlerinin eklenmesi neticesinde ortaya çıkmıştır (Kılıç & Torun, 2018: 26). PP birim kök testi ise Phillips ve Perron (1988) tarafından geliştirilmiştir. Phillips ve Perron tarafından geliştirilen birim kök testi ile ADF birim kök testinin temel farkı, bağımlı değişken gecikmelerini test denklemlerine eklemenin yerine parametrik olmayan bir yaklaşımın kullanılmasıdır. Bunun nedeni PP birim kök testinde hata terimleri arasındaki otokorelasyonu gidermek içindir (Sivri, 2019: 2313).

Tablo 3

ADF ve PP Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	Sabitli		Kritik Değerler		
	ADF Test İstatistiği		1%	5%	10%
	t istatistiği	Olasılık değeri			
CO2	-0.737215	0.8216	-3.679322	-2.967767	-2.622989
D(CO2)	-5.721250	0.0001	-3.689194	-2.971853	-2.625121
FDI	-1.951136	0.3056	-3.679322	-2.967767	-2.622989
D(FDI)	-6.124599	0.0000	-3.689194	-2.971853	-2.625121
REC	-1.468096	0.5341	-3.699871	-2.976263	-2.627420
D(REC)	-5.755605	0.0001	-3.699871	-2.976263	-2.627420
Değişkenler	PP Test İstatistiği		Kritik Değerler		
	Ayarlanmış t-istatistiği	Olasılık değeri	1%	5%	10%
CO2	-0.896452	0.7749	-3.679322	-2.967767	-2.622989
D(CO2)	-8.311613	0.0000	-3.689194	-2.971853	-2.625121
FDI	-1.829721	0.3593	-3.679322	-2.967767	-2.622989
D(FDI)	-10.57457	0.0000	-3.689194	-2.971853	-2.625121
REC	-1.462564	0.5379	-3.679322	-2.967767	-2.622989
D(REC)	-5.946271	0.0000	-3.689194	-2.971853	-2.625121
Değişkenler	Sabitli ve Trendli		Kritik Değerler		
	ADF Test İstatistiği		1%	5%	10%
	t istatistiği	Olasılık değeri			
CO2	-3.463374	0.0626	-4.309824	-3.574244	-3.221728
D(CO2)	-5.617490	0.0005	-4.323979	-3.580622	-3.225334
FDI	-2.696099	0.2452	-4.309824	-3.574244	-3.221728
D(FDI)	-6.012436	0.0002	-4.323979	-3.580622	-3.225334
REC	-1.958200	0.5987	-4.309824	-3.574244	-3.221728
D(REC)	-5.938951	0.0002	-4.339330	-3.587527	-3.229230
Değişkenler	PP Test İstatistiği		Kritik Değerler		
	Ayarlanmış t-istatistiği	Olasılık değeri	1%	5%	10%
CO2	-3.173302	0.1094	-4.309824	-3.574244	-3.221728
D(CO2)	-8.126743	0.0000	-4.323979	-3.580622	-3.225334
FDI	-2.664500	0.2572	-4.309824	-3.574244	-3.221728
D(FDI)	-10.68140	0.0000	-4.323979	-3.580622	-3.225334
REC	-1.856002	0.6510	-4.309824	-3.574244	-3.221728
D(REC)	-6.401593	0.0001	-4.323979	-3.580622	-3.225334

Türkiye'nin 1990-2019 dönemine ait serilerin ADF ve PP birim kök testlerinden ulaşılan sonuçlar tablo 3'te verilmiştir. Değişkenlerin durağanlık seviyelerini tespit etmek amacıyla uygulanan ADF ve PP birim kök testi sonuçlarına göre, çalışmada analize dâhil edilen serilerin

düzey değerlerinde durağan olmadığı ancak bütün değişkenlerin birinci farkları alındığında durağanlaştıkları gözlenmiştir. Dolayısıyla analizde kullanılan değişkenlerin hepsi birinci farklarında yani $I(1)$ 'de durağan olduğu tespit edilmiştir. Bütün değişkenler $I(1)$ olduğu için değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin mevcut olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amacı gerçekleştirmek adına Johansen eşbütünleşme analizi yapılmıştır.

Eşbütünleşme kavramı, seçilen zaman serileri arasında uzun vadede sistematik bir birlikte hareket olarak ifade edilebilir (Kulionis, 2013: 31). Modelde ikiden daha fazla değişkenin mevcut olması durumunda, birden fazla eşbütünleştirici vektörün bulunma ihtimali mevcuttur (Sevüktekin & Çınar, 2017: 580). Eşbütünleşmenin olmaması, değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin mevcut olmadığı anlamına gelmektedir (Vidyarthi, 2013: 281). Bu bağlamda, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin mevcut olup olmadığını belirleyebilmek için Johansen eşbütünleşme analizi yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Johansen eşbütünleşme analizinin yapılabilmesi için serilerin hepsi aynı dereceden ($I(1)$) entegre olmalıdır (Mert & Çağlar, 2019: 260).

Tablo 4

Johansen Eşbütünleşme Analizi Sonuçları

Eşbütünleşme sayısı	Özdeğer	İz Testi		
		İz istatistiği	Kritik değer	Olasılık değeri
Hiç	0.356133	17.90845	29.79707	0.5729
En fazla 1	0.204322	6.461606	15.59471	0.6409
En fazla 2	0.019765	0.519024	3.841465	0.4713
Eşbütünleşme sayısı	Özdeğer	Maksimum Özdeğer Testi		
		Maksimum öz istatistiği	Kritik değer	Olasılık değeri
Hiç	0.356133	11.44685	21.13162	0.6027
En fazla 1	0.204322	5.942582	14.26460	0.6206
En fazla 2	0.019765	0.519024	3.841465	0.4713

Uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi Johansen eşbütünleşme analizinin yapılabilmesi için gereklidir. Değişkenlerin düzey değerleri ile kurulan VAR modeli dikkate alınarak optimal gecikme uzunluğu FPE, AIC ve HQ bilgi kriterlerine göre 3 olarak belirlenmiştir. Johansen eşbütünleşme analizinden elde edilen sonuçlar tablo 4'te verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere hem iz testinin hem de maksimum özdeğer testinin olasılık değerleri 0.05'ten daha büyüktür. Bundan dolayı değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığından bahsedilememektedir. Diğer bir ifade ile analize dâhil olan değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki bulgusuna rastlanılmamıştır. Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olmadığı için hata düzeltme modeline geçilememiştir. Bu nedenle Granger nedensellik analizi yapılmıştır.

Tablo 5
Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Gecikme	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	54.20128	NA	3.34e-06	-4.096103	-3.949838*	-4.055535
1	59.00290	8.066725	4.71e-06	-3.760232	-3.175172	-3.597961
2	76.63748	25.39379*	2.45e-06*	-4.450999*	-3.427143	-4.167025*
3	82.85613	7.462374	3.37e-06	-4.228490	-2.765839	-3.822813
4	85.82939	2.854330	6.64e-06	-3.746351	-1.844905	-3.218971

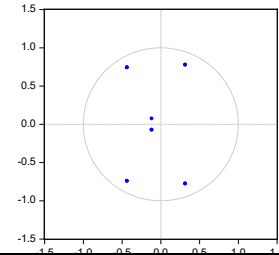
Granger nedensellik analizi için gecikme uzunluğunun yeni düzeylerinde değişkenlerin gecikme değerlerinin VAR analizi sonucunda 2 çıktığından optimal gecikme uzunluğu 2 olarak belirlenmiştir. Tablo 5 bu durumu göstermektedir.

Tahmin edilen VAR modelinin istikrarlı olabilmesi ve durağanlık sorununun olmaması için AR karakteristik polinomunun ters köklerinin hiçbirinin birim çemberin dışına çıkmaması, hepsinin birim çember içerisinde yer alması gerekmektedir ve ayrıca modül değerlerinin hepsi 1 değerinden daha küçük olmalıdır. AR karakteristik polinomunun ters köklerinin değerlerini ve dağılımlarını da gösteren tablo 6'dan görüldüğü üzere, AR karakteristik polinomunun ters köklerinin hepsi birim çemberin içerisinde yer almakta ve bununla beraber modül değerlerinin hiçbirisi referans aralığının dışında değildir, değerlerin hepsi 1'in altındadır. AR karakteristik polinomunun ters kökleri incelendikten sonra otokorelasyon ve değişen varyans sorunları test edilmelidir. Zira kurulan modelin sonuçları güvenilir olabilmesi için söz konusu sorunların olmaması gerekmektedir.

Tablo 6

Durağanlık ve Diagnostik Test Sonuçları

AR Karakteristik Polinomunun Ters Kökleri				
Kök		Modül		
-0.435265 – 0.741845i		0.860110		
-0.435265 + 0.741845i		0.860110		
0.316511 – 0.777675i		0.839618		
0.316511 + 0.777675i		0.839618		
-0.115506 – 0.073502i		0.136910		
-0.115506 + 0.073502i		0.136910		



Otokorelasyon Testi				
Gecikme	LRE istatistiği	Olasılık değeri	Rao F istatistiği	Olasılık değeri
1	4.805854	0.8509	0.517810	0.8520
2	6.286449	0.7109	0.690233	0.7130
3	3.468550	0.9428	0.367445	0.9433

Değişen Varyans Testi		
Ki-kare	df	Olasılık değeri
67.53618	72	0.6271

Normallik Testi		
Jarque-Bera	df	Olasılık değeri
10.76506	6	0.0959

Tablo 6'dan görüldüğü üzere, olasılık değerleri 0.05 değerinden büyük olduğundan kurulan modelde otokorelasyon ve değişen varyans sorunu mevcut değildir. Ayrıca yapılan Jarque-Bera testi sonucuna göre serilerin normal dağılım izlediği görülmektedir. Bu sonuçlar, modelde herhangi bir sorunun olmadığını, modelin istikrarlılık koşulunu sağladığını göstermektedir. Tahmin edilen modele ilişkin gerekli varsayımlar sınamaya tabi tutulmasının ardından Granger nedensellik analizi yapılmıştır.

Granger nedensellik analizinin ilk kez tanıtılmasından itibaren iki değişken arasındaki nedensel ilişkiyi araştırmak için kullanılan popüler yöntemlerden biri haline gelmiştir (Mortensen, 2014: 95). 1969 yılında Granger'in geliştirdiği Granger nedensellik analizi, zaman serilerinde değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini incelemek ve eğer bir nedensellik ilişkisi varsa bunun yönünü belirlemek için çok kullanılan bir yöntemdir. Granger nedensellik analizini uygulayabilmek için değişkenlerin hepsi durağan olmalıdır. Durağan olmayan serilerin ise farkları alınarak durağanlaştırılmasından sonra Granger nedensellik analizi gerçekleştirilmektedir. Granger nedensellik testinin denklemi aşağıdaki gibidir (Bayramoğlu vd., 2019: 2117; Granger, 1969: 431):

$$X_t = \sum_{j=1}^m a_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^m b_j Y_{t-j} + \varepsilon_t,$$

$$Y_t = \sum_{j=1}^m c_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^m d_j Y_{t-j} + \eta_t,$$

Tablo 7

Granger Nedensellik Analizi Sonuçları

Bağımlı Değişken: D(CO2)					
Değişkenler	Ki-kare	Olasılık değeri	df	Karar	Nedenselliğin yönü
D(FDI)	10.20757	0.0061	2	H ₀ Red	FDI → CO2
D(REC)	9.869293	0.0072	2	H ₀ Red	REC → CO2
Bağımlı Değişken: D(FDI)					
Değişkenler	Ki-kare	Olasılık değeri	df	Karar	Nedenselliğin yönü
D(CO2)	8.698964	0.0129	2	H ₀ Red	CO2 → FDI
D(REC)	0.592688	0.7435	2	H ₀ Reddedilemez	Nedensellik Yoktur
Bağımlı Değişken: D(REC)					
Değişkenler	Ki-kare	Olasılık değeri	df	Karar	Nedenselliğin yönü
D(CO2)	0.191069	0.9089	2	H ₀ Reddedilemez	Nedensellik yoktur
D(FDI)	5.868093	0.0532	2	H ₀ Reddedilemez	Nedensellik yoktur

Tablo 7’de Granger nedensellik analizinden elde edilen bulgular verilmiştir. Granger nedensellik analizinden ulaşılan bulgulara bakıldığında, doğrudan yabancı yatırımlar ile CO₂ emisyonu arasında çift yönlü, yenilenebilir enerji tüketiminden CO₂ emisyonuna doğru ise tek yönlü Granger nedensellik ilişkisi vardır. Ancak yenilenebilir enerji tüketimi ile doğrudan yabancı yatırımlar arasında herhangi bir Granger nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.



Yapılan Granger nedensellik analizinden sonra, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni nasıl ve ne kadar etkilediğini belirleyebilmek için en küçük kareler yönteminden yararlanılmıştır. En küçük kareler yöntemi, ana kütle regresyon modelinde bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasında ilişki kuran parametrelerin tahmin edilmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır (Şahin vd., 2021: 12).

Tablo 8’de bağımlı değişkenin CO₂ emisyonu olduğu en küçük kareler yönteminden elde edilen sonuçlar verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere belirlilik katsayısının (R²) 0.56 olması, doğrudan yabancı yatırımların ve yenilenebilir enerji tüketiminin %56 oranında CO₂ emisyonunu

açıkladığını göstermektedir. Modelin genel anlamlılığını tespit edebilmek için F istatistiği olasılık değerine bakılmalıdır. F istatistiği olasılık değerinin 0.05'ten küçük olduğu görülmektedir. Bu sonuç, modelin genel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Doğrudan yabancı yatırımların olasılık değeri istatistiki olarak anlamsız bulunduğu için yorumlanamamıştır. Buna karşın, yenilenebilir enerji tüketiminin olasılık değerine bakıldığında, değişkenin istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Buna göre, en küçük kareler yönteminden elde edilen sonuca göre, yenilenebilir enerji tüketiminde gerçekleşen %1'lik bir artış CO₂ emisyonunu %0,41 azaltmaktadır.

Tablo 8

En Küçük Kareler Tahmin Sonuçları

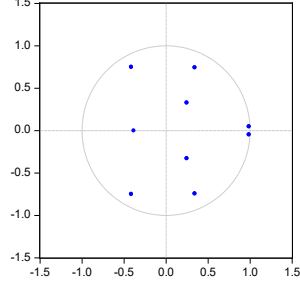
Değişkenler	Katsayı	Bağımlı Değişken: D(CO ₂)		
		Standart hata	t-İstatistiği	Olasılık değeri
D(FDI)	-0.021138	0.012404	-1.704094	0.1003
D(REC)	-0.410775	0.072941	-5.631602	0.0000
C	0.029023	0.006362	4.561865	0.0001
R Kare: 0.564414		F-İstatistiği: 16.84488		
Düzeltilmiş R kare: 0.530908		Olasılık değeri (F-İstatistiği): 0.000020		
Durbin Watson: 1.901284				

Granger nedensellik analizi ve en küçük kareler yönteminden sonra başka bir nedensellik yöntemi olan Toda ve Yamamoto tarafından geliştirilen Toda-Yamamoto nedensellik analizi uygulanmıştır. Bahsi geçen analizi uygulamak için Akaike bilgi kriterine göre uygun gecikme uzunluğu belirlenmiş ve 3 olarak alınmıştır.

Tablo 9

Durağanlık ve Diagnostik Test Sonuçları

AR Karakteristik Polinomunun Ters Kökleri				
Kök		Modül		
0.986020 – 0.047028i		0.987141		
0.986020 + 0.047028i		0.987141		
-0.414967 – 0.749272i		0.856508		
-0.414967 + 0.749272i		0.856508		
0.341715 – 0.742798i		0.817629		
0.341715 + 0.742798i		0.817629		
0.246591 – 0.328514i		0.410766		
0.246591 + 0.328514i		0.410766		
-0.385371		0.385371		



Otokorelasyon Testi				
Gecikme	LRE istatistiği	Olasılık değeri	Rao F istatistiği	Olasılık değeri
1	4.120536	0.9033	0.435823	0.9045
2	4.877552	0.8448	0.522007	0.8466
3	5.678734	0.7716	0.615407	0.7741
4	11.73435	0.2287	1.400096	0.2330

Değişen Varyans Testi		
Ki-kare	df	Olasılık değeri
115.7231	108	0.2882

Normallik Testi		
Jarque-Bera	df	Olasılık değeri
1.163446	6	0.9787

Toda-Yamamoto nedensellik analizini gerçekleştirmek için ilk olarak modelin istikrarlılık koşulunu sağlayıp sağlamadığına bakılmıştır. Tablo 9’da durağanlık ve diagnostik test sonuçları verilmiş ve modelde herhangi bir durağanlık, otokorelasyon ve değişen varyans sorunu ile karşılaşılmamıştır ve aynı zamanda değişkenlerin hepsinin normal dağıldığı tespit edilmiştir. Bu durum modelde herhangi bir yapısal sorunun olmadığını göstermektedir. Diğer bir ifadeyle tahmin edilen modelin kurulumunda herhangi bir hatanın mevcut olmadığı saptanmıştır. Dolayısıyla Toda-Yamamoto nedensellik analizine geçilebilir.

Toda-Yamamoto nedensellik yöntemi, serilerin kaçınıcı dereceden $I(0)$, $I(1)$ veya $I(2)$ durağan olduğu, eşbütünleşik olup olmadığı fark etmeksizin değişkenler arasında nedensellik ilişkisini belirlemek için analiz yapılmasına olanak sağlamaktadır. Söz konusu analizi uygulamadan önce birim kök testinin uygulanmasının temel amacı, değişkenlerin maksimum entegrasyon derecesinin belirlenmesi içindir (Sulaiman, 2014: 78; Wolde-Rufael, 2005: 896). Serilerin seviye değerleri kullanılarak gerçekleştirilen Toda-Yamamoto (1995) nedensellik

analizinde VAR($k+d_{max}$) değerine göre tahmin yapılmaktadır. Burada k optimal gecikme uzunluğu iken d_{max} değişkenlerin maksimum bütünleşme derecesidir. Optimal gecikme uzunluğu bilgi kriterleri yardımıyla belirlenirken, maksimum bütünleşme derecesi birim kök testleriyle tespit edilebilmektedir (Mert & Çağlar, 2019: 345; Aydın & Afsal, 2018: 235; Toda & Yamamoto, 1995). Değişkenlerin düzey değerleri ile kurulacak olan VAR modeli için serilerin gecikmesi belirlenirken otokorelasyon ve değişen varyans dikkate alınmalıdır. Seriler arasındaki bütünleşme derecelerinin yanlış belirlenmesinden kaynaklanabilecek olası problemlerin dikkate alınması için analiz gerçekleştirilirken serilerin düzey değerleri kullanılmaktadır (Güner & Azgün, 2019: 155). Aşağıda Toda-Yamamoto nedensellik analizinin denklemleri verilmiştir (Mert & Çağlar, 2019: 345):

$$y_t = \delta + \sum_{i=1}^{k+d_{max}} a_i y_{t-i} + \sum_{i=1}^{k+d_{max}} \theta_i x_{t-i} + e_{1t}$$

$$x_t = \delta + \sum_{i=1}^{k+d_{max}} \gamma_i x_{t-i} + \sum_{i=1}^{k+d_{max}} \theta_i y_{t-i} + e_{2t}$$

Tablo 10

Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi Sonuçları

Bağımlı Değişken: CO2					
Değişkenler	k = 3, d_{max} = 1 k + d_{max} = 4	Ki kare	Olasılık değeri	Karar	Nedenselliğin yönü
FDI	4	6.898825	0.0752	H ₀ Reddedilemez	Nedensellik yoktur
REC	4	9.710172	0.0212	H ₀ Red	REC → CO2
Bağımlı Değişken: FDI					
Değişkenler	k = 3, d_{max} = 1 k + d_{max} = 4	Ki kare	Olasılık değeri	Karar	Nedenselliğin yönü
CO2	4	6.385696	0.0943	H ₀ Reddedilemez	Nedensellik yoktur
REC	4	4.147871	0.2459	H ₀ Reddedilemez	Nedensellik yoktur
Bağımlı Değişken: REC					
Değişkenler	k = 3, d_{max} = 1 k + d_{max} = 4	Ki kare	Olasılık değeri	Karar	Nedenselliğin yönü
CO2	4	0.171712	0.9820	H ₀ Reddedilemez	Nedensellik yoktur
FDI	4	2.038680	0.5644	H ₀ Reddedilemez	Nedensellik yoktur

Değişkenler arasında nedensellik ilişkisini belirleyebilmek için Toda-Yamamoto nedensellik analizi de uygulanmıştır. Buna göre modelde değişkenlerin optimal gecikme uzunluğu 3 ve değişkenlerin en yüksek bütünleşme derecesi 1 olarak bulunmuştur. Buradan hareketle, Toda-Yamamoto nedensellik analizinin uygulanabilmesi için $k(3) + d_{max}(1) = 4$ olması gerektiği belirlenmiştir. Tablo 10'da Toda-Yamamoto nedensellik analizi sonuçları sunulmuştur.

Gerçekleştirilen Toda-Yamamoto nedensellik analizinin sonucunda, yenilenebilir enerji tüketiminden CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiş olup, bu sonuç Granger nedensellik analizinden elde edilen sonucu desteklemektedir. Diğer bir ifade ile Granger ve Toda-Yamamoto nedensellik analizlerinden elde edilen sonuçların birbirini desteklediği ve kuvvetli hale geldiği söylenebilir.

REC \longrightarrow CO₂

Çeşitli yöntemlerle uygulanan çalışmalarda yenilenebilir enerji tüketimi ile doğrudan yabancı yatırımlar arasında herhangi bir nedensellik ilişkinin olmaması sonucu literatürde yer alan Arı'nın (2021) çalışması ile örtüştüğü, bununla birlikte yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonunu azalttığına dair bulgular literatürde yer alan Mert ve Bölük (2016), Koengkan ve Fuinhas (2018), Naz vd. (2018), Widiastuti vd. (2020) ve Huang vd. (2021) ayrıca kısmen Sarkodie vd. (2019) ile paralellik gösterdiği söylenebilir.

6. Sonuç

Modele dâhil edilen değişkenler ve kullanılan yöntemler nedeniyle literatürde mevcut olan çalışmalardan bu yönleriyle farklılaşan bu çalışmada, Türkiye özelinde doğrudan yabancı yatırımlar, CO₂ emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketimi ilişkisi zaman serisi analizi yardımıyla ampirik olarak araştırılmıştır. Çalışma 1990-2019 dönemini kapsamaktadır. Çalışmada öncelikle serilerin birim kök içerip içermediğini belirlemek, yani serilerin durağanlık sınaması amacıyla uygulanan ADF ve PP birim kök testleri sonucunda değişkenlerin hepsinin 1. dereceden entegre olduğu bulunmuştur. Daha sonra değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin mevcut olup olmadığı Johansen eşbütünleşme analiziyle incelenmiş ve değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki bulunamamıştır. Ardından değişkenler arasında bir nedensellik ilişkisinin var olup olmadığı ve bir nedensellik ilişkisi varsa söz konusu nedensellik ilişkisinin yönü hem Granger hem de Toda-Yamamoto nedensellik yaklaşımlarıyla belirlenmiştir. Granger nedensellik analizinin sonucu, doğrudan yabancı yatırımlar ile CO₂ emisyonu arasında çift yönlü, yenilenebilir enerji tüketiminden CO₂ emisyonuna doğru ise tek yönlü Granger nedensellik ilişkisinin varlığını göstermiştir. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni nasıl ve ne yönde etkilediğini belirleyebilmek amacıyla ise en küçük kareler yöntemi uygulanmıştır. Söz konusu yöntemden ulaşılan bulgular, yenilenebilir enerji tüketiminde gerçekleşen %1'lik bir artışın CO₂ emisyonunu %0,41 azalttığını göstermiştir. Buna karşın, doğrudan yabancı yatırımların olasılık değeri istatistiki

olarak anlamsız olduğu için yorumlanamamıştır. Son olarak uygulanan Toda-Yamamoto nedensellik analizinden elde edilen sonuca göre, yenilenebilir enerji tüketiminden CO₂ emisyonuna doğru giden tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Granger ve Toda-Yamamoto nedensellik analizi sonuçlarının birbirlerini desteklediği ve kuvvetli hale geldiği görülmektedir. Uygulanan ekonometrik analiz sonucunda ulaşılan ampirik bulgular göstermektedir ki, Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketiminin artması CO₂ emisyonunu azaltacaktır. İklim krizi ve küresel ısınma diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye'nin de en önemli sorunları arasındadır. Bu nedenle, Türkiye'nin fosil yakıt enerji kaynaklarını terk ederek yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla önem vermesi ve buna yönelik etkili politikaların geliştirilip uygulanması oldukça önemlidir. Enerji bakımından büyük ölçüde dışa bağımlı bir ülke olan Türkiye, yenilenebilir enerji potansiyelinden daha fazla, etkin ve verimli bir şekilde yararlanması için gerekli adımların atılması gerekmektedir. Tüm canlıların geleceği için doğal çevrenin göz önünde bulundurulması ve çevre dostu enerji kaynaklarının kullanılmasının artırılması önem taşımaktadır.

Kaynakça

- Akçay, S., & Karasoy, A. (2018). Doğrudan yabancı yatırımlar ve karbondioksit emisyonu ilişkisi: Türkiye örneği. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 73(2), 501-526.
- Ali, N., Phoungthong, K., Techato, K., Ali, W., Abbas, S., Dhanraj, J. A., & Khan, A. (2022). FDI, green innovation and environmental quality nexus: new insights from BRICS economies. *Sustainability*, 14(4), 2181.
- Amin, S. B., Amin, Y. N., Khandaker, M. K., Khan, F., & Rahman, F. M. (2022). Unfolding FDI, renewable energy consumption, and income inequality nexus: heterogeneous panel analysis. *Energies*, 15(14), 5160.
- Ampomah, A. B., & Adu, B. E. (2022). The impact of renewable energy consumption, international investment, urbanization, economic growth on carbon dioxide emission. *Environmental Sciences: Open Access*, 1(1), 1003, 1-12.
- Arı, A. (2021). Yenilenebilir enerji ve doğrudan yabancı yatırımlar: Türkiye örneği. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 23(40), 122-131.
- Atwoli, L., Erhabor G. E., Gbakima, A. A., Haileamlak, A., Ntumba, J-M. K., Kigera, J., Laybourn-Langton, L., Mash, B., Muhia, J., Mulaudzi, F. M., Ofori-Adjei, D., Okonofua, F., Rashidian, A., El-Adawy. M., Sidibe, S., Snouber, A., Tumwine, J., Yassien, M. S., Yonga, P., Zakhama, L., & Zielinski, C. (2022). COP27 climate change conference: urgent action needed for Africa and the world. *Rev Panam Salud Publica*, 46.
- Aydın, B., & Afsal, M. Ş. (2018). Türkiye’de ikiz açık hipotezi: Toda-Yamamoto nedensellik yaklaşımı. *Uluslararası Ekonomi, İşletme ve Politika Dergisi*, 2(2), 231-240.
- Başar, S., Tosun, B., & Bartık, A. (2020). Türkiye’de büyüme ve sektörel bazda elektrik tüketimi arasındaki ilişki. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 34(3), 1089-1109.
- Bayramoğlu, M. F., Tay Bayramoğlu, A., & Ergün, M. A. (2019). Döviz kuru ve petrol fiyatları arasındaki ilişkinin ortalamada ve varyansta nedensellik testi ile analizi. *BMIJ*, 7(5), 2112-2123.
- Değer, M. K., & Pata, U. K. (2017). Türkiye’de dış ticaret ve karbondioksit salınımı arasındaki ilişkilerin simetrik ve asimetrik nedensellik testleriyle analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 18(1), 31-44.
- Emre Çağlar, A. (2020). The importance of renewable energy consumption and FDI inflows in reducing environmental degradation: bootstrap ARDL bound test in selected 9 countries. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121663. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121663>
- Eriandani, R., Anam, S., Prastiwi, D., & Triani, N. N. A. (2020). The impact of foreign direct investment on CO₂ emissions in ASEAN countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(5), 584-592.
- Europa-Kommissionen. (t.y.). Energi for fremtiden: vedvarende energikilder.
- Farhani, S. (2013). Renewable energy consumption, economic growth and CO₂ emissions: evidence from selected MENA countries. *Energy Economics Letters*, 1(2), 24-41.
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438.

- Güner, B., & Azgün, S. (2019). Türkiye'de birincil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi: dinamik bir analiz. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 46, 139-169.
- Hadi, S., Retno, S., & Yuliani, S. (2018). The impact of foreign direct investment to the quality of the environment in Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 73, 10025. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187310025>
- Huang, Y., Kuldasheva, Z., & Salahodjaev, R. (2021). Renewable energy and CO₂ emissions: empirical evidence from major energy-consuming countries. *Energies*, 14(22), 7504.
- Huang, Y., Chen, F., Wei, H., Xiang, J., Xu, Z., & Akram, R. (2022). The impacts of FDI inflows on carbon emissions: economic development and regulatory quality as moderators. *Frontiers in Energy Research*, 9, 1-11.
- IPCC. (2022). Climate change 2022: mitigation of climate change. Working group III contribution to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Summary for policymakers.
- Kang, X., Khan, F. U., Ullah, R., Arif, M., Rehman, S. U., & Ullah, F. (2021). Does foreign direct investment influence renewable energy consumption? Empirical evidence from South Asian countries. *Energies*, 14(12), 3470. <https://doi.org/10.3390/en14123470>
- Karamıklı, A., & Şaşmaz, M. Ü. (2021). Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme ve sağlık harcamaları üzerindeki etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 46, 293-304.
- Kayani, U. N., Sadiq, M., Aysan, A. F., Haider, S. A., & Nasim, I. (2023). The impact of investment, economic growth, renewable energy, urbanisation, and tourism on carbon emissions: global evidence. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(1), 403-412.
- Khan, M. A., & Ozturk, I. (2019). Examining foreign direct investment and environmental pollution linkage in Asia. *Environmental Science and Pollution Research*. 10.1007/s11356-019-07387-x
- Khan, H., Khan, I, Kim Oanh, L. T., & Lin, Z. (2020). The dynamic interrelationship of environmental factors and foreign direct investment: dynamic panel data analysis and new evidence from the globe. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2020/2812489>
- Khandker, L. L., Amin, S. B., & Khan, F. (2018). Renewable energy consumption and foreign direct investment: reports from Bangladesh. *Journal of Accounting, Finance and Economics*, 8(3), 72-87.
- Kılıç, F., & Torun, M. (2018). Bireysel kredilerin enflasyon üzerindeki etkisi: Türkiye örneği. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 16(1), 18-40.
- Kılıçarslan, Z., & Dumrul, Y. (2017). Foreign direct investments and CO₂ emissions relationship: the case of Turkey. *Business and Economics Research Journal*, 8(4), 647-660.
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet. (2020). Informationsmateriale. Borgertinget på Klimaområdet.

- Koengkan, M. D. C., & Fuinhas, J. A. (2018). The impact of renewable energy consumption on carbon dioxide emissions – the case of South American countries. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 7(2), 280-293.
- Kulionis, V. (2013). The relationship between renewable energy consumption, CO₂ emissions and economic growth in Denmark. Lund University.
- Kurt, Ü., Kılıç, C., & Özekicioğlu, H. (2019). Doğrudan yabancı yatırımların Co2 emisyonu üzerindeki etkisi: Türkiye için Ardl sınır testi yaklaşımı. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 22(1), 213-224.
- Li, J. H., & Vitenu-Sackey, P. A. (2019). The impact of renewable energy consumption and FDI on carbon emission: an empirical analysis for 15 African countries using panel cointegration regression model. *International Journal of Management Sciences and Business Research*, 8(7), 14-22.
- Lyheang, C., & Limmeechokchai, B. (2018). The role of renewable energy in CO₂ mitigation from power sector in Cambodia. *International Energy Journal*, 18, 401-408.
- Marker-Larsen, S. (2005). Miljøproblemer og ressourceallokering. Copenhagen Business School, Working Paper 5-2005.
- Mehmood, U. (2022). Renewable energy and foreign direct investment: does the governance matter for CO₂ emissions? Application of CS-ARDL. *Environ Sci Pollut Res Int.*, 29(13), 19816-19822.
- 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*, 23(21), 21669-21681. 10.1007/s11356-016-7413-7
- Mert, M., & Çağlar, A. E. (2019). *Eviews ve Gauss uygulamalı zaman serileri analizi*. Detay Yayıncılık.
- Mortensen, P. B. (2014). Granger kausalitet. *Politica*, 46. årg. nr. 1, 95-113.
- Naz, S., Sultan, R., Zaman, K., Aldakhil, A. M., Nassani, A. A., & Abro, M. M. Q. (2019). Moderating and mediating role of renewable energy consumption, FDI inflows, and economic growth on carbon dioxide emissions: evidence from robust least square estimator. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 2806-2819. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3837-6>
- OECD. (2019). OECD çevresel performans incelemeleri: Türkiye 2019.
- OECD. (2022a). Foreign direct investment (FDI). Erişim adresi: https://www.oecd-ilibrary.org/finance-and-investment/foreign-direct-investment-fdi/indicator-group/english_9a523b18-en (Erişim tarihi: 05.12.2022).
- OECD. (2022b). FDI qualities policy toolkit. OECD Publishing.
- Okumuş, İ. (2020). Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimi, tarım ve CO₂ emisyonu ilişkisi. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 6(1), 21-34.
- PwC. (2021). COP26’ dan öne çıkan başlıklar.

- Sarkodie, S. A., Adams, S., & Leirvik, T. (2020). Foreign direct investment and renewable energy in climate change mitigation: does governance matter?. *Journal of Cleaner Production*, 263, 121262. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121262>
- Sevüktekin, M., & Çınar, M. (2017). *Ekonometrik zaman serileri analizi: Eviews uygulamalı*. Dora Yayınevi.
- Sivri, U. (2019). Türkiye ekonomisinde farklı enflasyon rejimlerinin tespit edilmesine yönelik ekonometrik bir analiz. *Business & Management Studies: An International Journal*, 7(5), 2308-2324.
- Sulaiman, C. (2014). The causality between energy consumption, CO₂ emissions and economic growth in Nigeria: an application of Toda and Yamamoto procedure. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 8(8), 75-81.
- Şahin, A., Aktaş E., & Tüzün Rad, S. (2021). Türkiye'de kırdan kente göç-işsizlik: Todaro paradoksu. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 27(1), 9-14.
- Toda, H. Y., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66, 225-250. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01616-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01616-8)
- United Nations. (t.y.). COP26: Together for our planet. Erişim adresi: <https://www.un.org/en/climatechange/cop26> (Erişim tarihi: 12.10.2022).
- Uslu, H., & Apaydın, F. (2022). Bölgesel iktisadi büyüme ve enerji tüketiminin çevresel etkileri. İktisadi büyümenin dinamikleri (içinde). Y. Muratoğlu (editör). Nobel Yayınları.
- Vidyarthi, H. (2013). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in India. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 10(4), 278-287.
- Wang, Y., & Huang, Y. (2022). Impact of foreign direct investment on the carbon dioxide emissions of East Asian countries based on a panel ARDL method. *Frontiers in Environmental Science*, 10:937837.
- Wen, Y., Onwe, J. C., Haseeb, M., Saini, S., Matuka, A., & Sahoo, D. (2022). Role of technological innovation, renewable and non-renewable energy, and economic growth on environmental quality. Evidence from African countries. *Frontiers in Energy Research*, 10:958839.
- Widiastuti, T., Wisudanto, Mawardi, I., Sukmaningrum, P. S., Ningsih, S., Mustofa, M. U. A., & Ardiantono, D. S. (2020). Do foreign investments and renewable energy consumption affect the air quality? Case study of ASEAN countries. *Journal of Security and Sustainability Issues*, 9(3), 1057-1063.
- Wolde-Rufael, Y. (2005). Energy demand and economic growth: the African experience. *Journal of Policy Modeling*, 27, 891-903.
- World Bank. (2022). <https://data.worldbank.org>
- World Meteorological Organization. (2019). UN climate change conference (COP25). Erişim adresi: <https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate/cop25> (Erişim tarihi: 21.12.2022).
- WWF. (2011). Yenilenebilir enerji geleceği ve Türkiye.
- WWF. (t.y.). İklim ve enerji. Erişim adresi: https://www.wwf.org.tr/calismalarimiz/iklim_ve_enerji/ (Erişim tarihi: 14.10.2022).

- Yıldırım, M., Destek, M. A., & Özsoy, F. N. (2017). Doğrudan yabancı yatırımlar ve kirlilik sığınağı hipotezi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(2), 99-111.
- Yılmaz, M., & Karabiber, B. (2022). Türkiye’de ihracat, doğrudan yabancı yatırımlar, ekonomik büyüme ve karbon emisyonu ilişkisi. *Business and Economics Research Journal*, 13(2), 199-220.

EXTENDED ABSTRACT

Energy plays a significant role in meeting many basic human needs and also in terms of contributing to economic growth and development. In particular, with the Industrial Revolution, the need for energy has increased. In this regard, the use of fossil fuel energy sources raises problems like increase in greenhouse gas emissions and accordingly, global warming and climate crisis. It is a known fact that rise in CO₂ emissions due to anthropogenic activities lead to environmental pollution, harm the environment and threatens human health and all other living things. For this reason, it is emphasized that countries should turn to environmentally friendly energy sources.

The use of non-renewable fossil fuel energy sources such as coal and oil negatively affects the environment, human health and all other living things in many aspects. The increase in CO₂ emissions, especially due to anthropogenic activities, lead to disruption of the balance in the ecosystem, destruction of the environment and climate crisis worldwide. Increasing pollution of the environment poses a great danger to the natural environment and all living things. In this context, it can be said that economic growth and development are among the most basic goals of all countries. Foreign direct investment is one of the driving forces of economic growth and development. With the spread of globalization, there has been an increase in foreign direct investments and has played an important role in the economic growth of countries. Foreign direct investments can make significant contributions to the country's economy by increasing economic growth, employment, exports and technological development. However, foreign direct investments can also adversely affect the environment. In this context, one of the factors that cause environmental pollution is the use of fossil fuels. For this reason, the idea that emphasis should be placed on the use of renewable energy sources has started to gain wide currency.

As environmental problems become more serious and visible around the world, discussions about environmental problems and its consequences are growing strongly today. In this study, by using annual data for the period 1990-2019, the relationship among foreign direct investments, CO₂ emissions and renewable energy consumption in Turkey has been empirically analyzed. In the literature, although many studies have been carried out focusing on economic growth and also focusing on the relationship among foreign direct investments, CO₂ emissions and renewable energy consumption, this study which investigates the connection among the variables in question

in Turkey differs from the studies in the literature in terms of the methods used. In the study, after explaining the conceptual and theoretical framework, a comprehensive literature review on the subject was conducted. Later, the dataset and econometric model was explained. Afterwards, the methods used in the study were introduced, then econometric application was made and the results were presented. Finally, the study was completed with a conclusion, an overall assessment and suggestions. The methods used in the study are ADF and PP unit root tests, Johansen cointegration analysis, Granger causality analysis, least squares method and Toda-Yamamoto causality analysis. In the model, the dependent variable is CO₂ emissions and the independent variables are foreign direct investments and renewable energy consumption.

In the study, the first stage of the econometric analysis is the unit root test to determine whether the series are stationary or not. Accordingly, Augmented Dickey-Fuller (ADF) and Phillips-Perron (PP) unit root tests, which are widely used in time series analysis were performed. The results of both unit root tests confirm that all variables included in the model are not stationary at level, but they are integrated in the first order. Before the analysis, stationarity and diagnostic tests were applied in order to determine whether the established model is stable or not. Within this context, first of all, all the inverse root of the AR characteristic polynomial lie inside the unit circle and also the modulus values are less than 1. Besides, it is revealed that there are no autocorrelation and heteroskedasticity problems in the estimated model. In addition, according to the results of the Jarque-Bera test, all series show normal distribution. In accordance with these findings, it has been determined that the estimated model is stable and reliable. Since all variables are integrated in the first order, Johansen cointegration analysis was performed to determine whether there is a long-run relationship among the variables in the model. However, no long-run relationship was found. Afterwards, Granger causality analysis was applied to determine whether there is a causality relationship among the variables and, if any, its direction. According to the findings obtained from the Granger causality analysis, there is a bidirectional Granger causality relationship between foreign direct investments and CO₂ emissions, and a unidirectional Granger causality relationship running from renewable energy consumption to CO₂ emissions. The findings obtained from the least squares method suggest that a 1% increase in renewable energy consumption reduces CO₂ emissions by 0.41%. On the other hand, since the probability value of foreign direct investments was found to be statistically insignificant, it could not be interpreted. Finally, Toda-Yamamoto causality analysis was performed. According to findings of the applied Toda-Yamamoto causality

analysis, there is a unidirectional causality running from renewable energy consumption to CO₂ emissions. When the obtained Granger causality analysis and Toda-Yamamoto causality analysis are evaluated together, it can be said that the results obtained from these two analyzes support each other and become stronger. In other words, the results obtained are robust.

Environmental problems such as environmental pollution, depletion of natural resources, climate crisis and global warming and their consequences are among the most important problems both in Turkey and the whole world. In the study, when the empirical findings obtained from the econometric analysis are evaluated in general, the increase in renewable energy consumption in Turkey will reduce CO₂ emissions. For this reason, it is very important for Turkey to abandon fossil fuels and give more importance to renewable energy sources. It is of vital significance for Turkey to develop and implement policies for this purpose for the sustainability of our lives and the environment.