



Yenilenebilir Enerji Üretimini Etkileyen Faktörlerin Analizi: Türkiye Örneği
◆◆◆
Determinants of Renewable Energy Production: The Case of Turkey

Güntülü Özlem YÜKSEL*
Muharrem AFŞAR**

DOI: <https://doi.org/10.25204/iktisad.1347654>

Öz

Makale Bilgileri

Makale Türü:
Araştırma
Makalesi

Geliş Tarihi:
21.08.2023

Kabul Tarihi:
13.10.2023

© 2023 İKTİSAD
Tüm hakları
saklıdır.



Yaşanan iklim değişikliği sorunu, temiz enerji ve enerji verimliliğinin küresel düzeyde önemini arttırmıştır. Bu nedenle politika yapımcılar, bugün dünya için büyük bir tehdit oluşturan sera gazı salınımı sorunuyla mücadele etmek için yenilenebilir enerji uygulamasını ve üretimini geliştirmeyi kritik bir konu haline getirdiler. Bu çalışmada, 1990'dan 2021'e kadar Türkiye'de yenilenebilir enerji üretimini etkileyen faktörleri incelemek için Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (ARDL) Modeli kullanılmaktadır. Çalışmanın güvenilirliği için ayrıca Tam Modifiye Edilmiş Sıradan En Küçük Kare (FMOLS), Dinamik Sıradan En Küçük Kare (DOLS) ve Kanonik Eşbütünleşik Regresyon (CCR) tahmincileri ve göstergeler arasındaki nedensellik ilişkisini görmek için Toda-Yamamoto nedensellik yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın bulguları, ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji üretimi arasında pozitif bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Ayrıca, araştırma ve geliştirme faaliyetlerindeki artışın ve finansal gelişmişliğin yenilenebilir enerjiye geçiş üzerinde olumlu bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Son olarak çalışmada, doğrudan yabancı yatırım girişlerinin Türkiye'deki yenilenebilir enerjinin potansiyelini engellediği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji üretimi, Ar-Ge, doğrudan yabancı yatırım, ekonomik büyüme, finansal gelişme.

Abstract

Article Info

Paper Type:
Research Paper

Received:
21.08.2023

Accepted:
13.10.2023

© 2023 JEBUPOR
All rights
reserved.



The problem of climate change has increased the importance of clean energy and energy efficiency at the global level. Therefore, policymakers have made it a critical issue to improve renewable energy implementation and generation to combat the problem of greenhouse gas emissions, which pose a major threat to the world today. In this study, Autoregressive Distributed Lag (ARDL) Model is used to examine the factors affecting renewable energy generation in Turkey from 1990 to 2021. Fully Modified Ordinary Least Square (FMOLS), Dynamic Ordinary Least Square (DOLS) and Canonical Co-integration Regression (CCR) estimators are also used for the robustness of the study and Toda-Yamamoto causality method is used to see the causal relationship between the indicators. The findings of the study show that there is a positive correlation between economic growth and renewable energy production. Moreover, the increase in research and development activities and financial development are found to have a positive impact on the transition to renewable energy. Finally, the study finds that foreign direct investment inflows hinder the potential of Turkey's renewable energy sector.

Keywords: Renewable energy, financial development, R&D, FDI, economic growth.

Atf/ to Cite (APA): Yüksel, G. Ö. ve Afşar, M. (2023). Yenilenebilir enerji üretimini etkileyen faktörlerin analizi: Türkiye örneği. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 8(Özel Sayı), 182-201. <https://doi.org/10.25204/iktisad.1347654>

*ORCID Araş. Gör., Anadolu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, goyüksel@anadolu.edu.tr

**ORCID Prof. Dr., Anadolu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, mafsar@anadolu.edu.tr

Extended Abstract

Introduction and Research Questions & Purpose:

Population growth, economic competitiveness, and improvements in production have led to a continuous increase in demand for energy consumption. Renewable energy is a potential tool in the energy market to improve environmental quality because of environmental harm caused by the use of non-renewable energy. Using renewable energy sources contributes to reducing greenhouse gas emissions, a critical issue today. Renewable energy production is essential for creating a sustainable economic environment by promoting energy efficiency and reducing air pollution. Besides environmental concerns, the fact that Turkey is a country that heavily uses fossil fuels and imports energy makes the development of renewable energy supply an imperative factor. In this context, the main objective of this research is to assess the impact of financial development, economic growth, foreign direct investment, and technological advances on the development and diffusion of renewable energy production.

Literature Review:

The literature review aims to identify the key factors that have contributed to the growth of renewable energy production in Turkey. The literature review concluded that previous studies have predominantly examined the demand side of renewable energy, also the consumption side. On the other hand, it found that there are limited studies that have examined the factors affecting the production capacity of renewable energy in Turkey. A summary of the existing literature is highlighted: Shahbaz et al. (2013) for Malaysia, Abbasi and Riaz (2016) for Pakistan, Gökmenoğlu et al. (2021) for Turkey, Best (2017) for a sample of 137 developed and developing countries found a positive relationship between financial development and renewable energy. Fioriona (2013) for the US, Zafar et al. (2019), Shahzadi et al. (2022), and Ünlü et al. (2022) for G8 countries find a positive relationship between R&D expenditures and renewable energy. Many studies analyzed the relationship between economic growth and renewable energy, and studies have found that income is a factor that increases the development of renewable energy. Studies on the impact of foreign direct investment inflows on renewable energy production are limited. Among these studies, Kutan et al. (2018), Ergun et al. (2019), Kilicarslan et al. (2019), and Lin et al. (2016) found that it deters FDI inflows. As a result, the relationship between renewable energy use and carbon emissions is much more in the existing literature; however, the relationship with these variables is neglected in renewable energy production.

Methodology:

This study aims to assess the impact of financial development, economic growth, FDI, and technological progress on the development and advancement of renewable energy. The research hypothesis suggests that GDP, financial development, and technological progress improve renewable energy sources, while FDI inflows have a negative effect. The first step in the study was to plot the time series graphs of the variables to check for the presence of structural breaks. Therefore, structural break unit root tests are appropriated to account for the non-stationarity caused by the structural breaks in the data. ARDL, FMOLS, DOLS, and CCR techniques were utilized to analyze the factors affecting renewable energy production in Turkey in the period 1990-2021.

Results and conclusion:

According to the results of the study, income is a factor that encourages renewable energy production. Additionally, as investments in research and development increase, it leads to further improvements in the transition to renewable energy. Moreover, as Turkey's financial structure improves, it is expected that more funding and investment will be available for clean energy projects, leading to an increase in clean energy production in the country. Foreign direct investment, on the other hand, is a factor that hinders the development of renewable energy in Turkey. FMOLS, DOLS, and CCR cointegration tests yield similar and consistent results with the ARDL estimation result.

1. Giriş

Enerji sektörü hemen her ülke ekonomisi içinde önemli etkilere sahip ve bu yönü ile vazgeçilmez olarak ifade edilen bir yapı arz etmektedir. Günümüzde enerjinin hem bireylerin toplumsal yaşamında hem de şirketlerin üretim süreçlerinde temel bir bileşen olarak kullanılması, enerji kaynaklarına olan gereksinimin sürekli artmasına neden olmaktadır. Enerjinin arz ve talep yapılarında ortaya çıkan aksamalar ve yetersizlikler, ekonomik anlamda önemli olumsuzluklara neden olmaktadır. Bu bağlamda, enerji arzında yaşanacak bir yetersizlik, ülkede yaşayan bireylerin yaşam kalitesinde önemli bir düşüşün yanı sıra ülkenin üretim kapasitesinde de ciddi olumsuzluklar yaratmaktadır. Bu durum aynı zamanda, yatırımların azalmasına neden olacağı için ekonomik büyüme üzerinde de olumsuz bir etkiye sahip olmaktadır (Mikayilov vd., 2020: 1). Yaşanan iklim değişikliği sorunu ve doğal kaynakların yoğun ve etkin olmayan kullanımı gibi uygulamalar, enerji sektörünün ekonomik ve toplumsal yaşamdaki önemine daha çok dikkat çekilmesine neden olmaktadır. Bu ve benzeri gelişmeler, ekonomistler ve karar vericilerin enerji verimliliğini artırma ve yenilenebilir enerjinin küresel ölçekte büyümesini teşvik etmeye yönelik çabalarına neden olmaktadır (Mingxing vd., 2023: 1-2).

Yenilenebilir enerji kaynakları, kaynaklarını doğal çevreden türeten bir enerji biçimidir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının tükenmez ve sürdürülebilir olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir (Zhe vd., 2021: 2). Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, hava kirliliğinin azaltılmasını kolaylaştırmakta ve aynı zamanda fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak daha temiz enerjiye erişim sağlamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesi, hava kalitesini ve insan sağlığını iyileştirerek enerji maliyetlerinin düşmesine, çevre koşullarının iyileştirilmesine ve istihdam yaratılmasına yol açmaktadır (Kirikkaleli ve Adebayo, 2020: 2). Ayrıca, biyokütle, jeotermal, hidroelektrik, güneş ve rüzgâr gibi yerli temiz enerji kaynaklarının kullanılması yoluyla enerjinin ithalat maliyetlerinde iyileştirme gerçekleştirilebilmektedir (Adedoyin vd., 2021: 2).

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IREA)'na göre, yenilenebilir enerjinin 2050 yılına kadar dünya çapındaki küresel enerji arzının yaklaşık üçte ikisini oluşturacağı beklenmektedir. Bu alanda etkin kurumlardan Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) da sürdürülebilir kalkınma senaryosuna uygun olarak 2030 yılına kadar yenilenebilir kaynaklardan toplam enerjinin yarısını üretme hedefini karşılamak için yenilenebilir enerji üretiminin önemli ölçüde artırılması gerekliliğine dikkat çekmektedir. Ayrıca, sürdürülebilir kalkınma hedefleri (SDG'ler), yedinci hedef olarak herkes için modern, sürdürülebilir, güvenilir ve uygun fiyatlı enerjiye erişimi savunmaktadır. Bu durumda, nüfusun enerjiye erişimini artırmak için ekonomiler tarafından koordineli ve ilgili enerji politikalarının uygulanması gerekmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir ekonomik büyüme ve enerjiye güvenilir erişim sağlamak için ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine ve kullanılmasına öncelik vermesi hayati önem taşımaktadır (Iqbal vd., 2023).

Yenilenebilir enerjiye verilen önem, bu alandaki kaynakların dünya çapında önemli ölçüde gelişmesini sevk etmiştir. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA), 2023 yenilenebilir enerji istatistikleri raporunda, 2012'den 2022'ye kadar yenilenebilir enerji kapasitesi ve yenilenebilir enerji üretiminin etkileyici rakamlara ulaştığını göstermektedir. Buna göre Dünyadaki toplam yenilenebilir enerji kapasitesi 2012 yılında 1.567.206 megawat (MW)'tan 2022 yılında 3.381.758 MW kapasiteye ulaşmıştır. Toplam yenilenebilir enerji üretimi, 2013 yılında 5.039.245 gigawat-saat (GWh)'den 2021 yılında 7.857.803 GWh'a yükselmiştir (IRENA, 2023). Ayrıca, toplam yenilenebilir enerji kapasitesinde ve üretiminde yıldan yıla istikrarlı bir artış olduğu gözlemlenmektedir. Ancak buna rağmen, yenilenebilir enerji kullanımına küresel katılım hala sınırlıdır. Dünyanın birincil enerji yakıtı petroldür ve ardından onu kömür ve doğalgaz gibi diğer fosil yakıtlar takip etmektedir. Bu üç kaynağın her biri 2021 yılında 100 exajoule'den fazla tüketim seviyesine sahipken, diğer yakıt türleri ise daha az tüketime sahip bulunmaktadır (BP, 2022).

Nüfusu 83 milyonu aşan bir ülke olan Türkiye, gelişmekte olan bir ekonomi sınıfında konumlanır. Ülkenin yüksek nüfusu enerjiye yönelik fazla talep yaratmaktadır. Bununla birlikte

Türkiye, enerji ihtiyaçlarında büyük oranda fosil yakıt kullanan bir ülkedir. Bu durum, ülke için önemli ekonomik ve çevresel zorluklar yaratmaktadır. Bu durumla ilgili temel sorunlardan biri, Türkiye'nin diğer ülkelerden enerji ithal etmesi ve böylece ülke için bir cari açık problemi yaratmasıdır. Ayrıca bu durumun ülkenin diğer ülkeler bağlamında siyasi bağımlılığına da neden olduğu konusunda tartışmalar bulunmaktadır. Öte yandan fosil yakıtların kullanımını aynı zamanda karbon salınımında sorunlu bir artışa yol açmakta ve bu da Türkiye'de sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Bu bağlamda, Türkiye'nin fosil yakıtlara olan bağımlılığını azaltmak için gerekli girişimlerin yapılması ve daha ileri adımlar atılması gereklilik arz etmektedir. Türkiye, dört mevsimin tamamını yaşayan ve yenilenebilir enerji için önemli bir potansiyele sahip bir ülkedir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması Türkiye'nin ekonomik kalkınmasına olumlu katkı sağlayacaktır. Bu kapsamda, araştırmanın ana teması finansal gelişmenin, ekonomik büyümenin, doğrudan yabancı yatırımların ve teknolojik ilerlemelerin yenilenebilir enerjinin gelişmesi ve yayılmasındaki etkisini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla, Türkiye için ARDL, FMOLS, DOLS ve CCR tekniği kullanarak 1990-2021 dönemi zaman serisi incelenmiştir. Araştırma sorusunun temel hipotezi, bu değişkenlerin Türkiye'de yenilenebilir enerji üretimini etkileyip etkilemediğidir. Araştırma hipotezi, yenilenebilir enerjinin ilerlemesinde GSYİH, finansal gelişme ve teknolojik ilerlemenin olumlu bir etkiye sahip olduğunu, doğrudan yabancı yatırım girişlerinin ise olumsuz bir etkiye sahip olduğunu öne sürmektedir. Bu değişkenler yenilenebilir enerji kullanımı ve CO2 emisyonları için önceki literatürde araştırılmış, ancak yenilenebilir enerji üretimi açısından göz ardı edilmiştir. Bu nedenle bu araştırmanın Türkiye'deki sürdürülebilir çevre uygulamalarına yeni bir bakış açısı kazandırdığı düşünülmektedir. Ayrıca bu araştırma, Türkiye'de temiz enerji üretiminde yenilenebilir ve alternatif enerjilerin önemine ilişkin literatürdeki boşluğu doldurmaktadır. Bununla birlikte, gelişmekte olan bir ülke olarak sınıflandırılan Türkiye, daha gelişmiş ekonomilere kıyasla sınırlı finansal kaynaklara sahiptir ve bu durumda, bu çalışmanın amacı, yabancı yatırımcılardan ek finansal sermayenin gelmesinin yenilenebilir enerjinin ilerlemesinde herhangi bir avantaj sağlayıp sağlayamayacağını araştırmaktır. Ek olarak, bu çalışma, Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (ARDL) ve Dinamik Sıradan En Küçük Kareler (DOLS), Tam Modifiye Edilmiş Sıradan En Küçük Kareler (FMOLS) ve Kanonik Eşbütünleşik Regresyon (CCR) yöntemlerini kullanması bakımından da bu tür araştırmalarda henüz kullanılmamış özgün bir çalışmadır. Bu çalışmanın bulguları, akademisyenler, ekonomistler ve politika yapıcılar için kanıtlar sağlayarak konunun daha derin bir şekilde anlaşılmasına katkıda bulunacaktır.

Çalışmanın ilerleyen aşamasında ilk olarak, yenilenebilir enerji üretimini etkileyen faktörler ele alınmakta, ardından ilgili literatür özetlenmektedir. Ardından veri seti ve model tanıtılmakta, modelin tahmin sonuçlarına yer verilmekte, sonuç bölümünde ise çalışmanın genel bir değerlendirilmesi yapılmaktadır.

2. Literatür Taraması

Finansal gelişme, mevcut ekonomi literatüründe çevre kalitesi üzerinde kilit bir faktör olarak dikkat çekmektedir. Bu bağlamda, çeşitli makaleler finansal gelişmenin yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisini araştırmıştır. Örneğin, Shahbaz vd. (2013), tarafından Malezya; Pakistan örneği için Abbasi ve Riaz (2016); Türkiye örneği için Gökmenoğlu vd. (2021); 184 ülkeden oluşan panel örneklem için Khan vd. (2021) vb. tarafından mevcut araştırmalar vardır. Best (2017), finansal sermayenin yenilenebilir enerji gibi sermaye yoğun enerji türlerini teşvik ettiğini bulmuştur. Çalışmada, 1998-2013 dönemi boyunca 137 ülke ele alınmış ve finansal sisteme erişilebilirliği yüksek ülkelerin sermaye yoğun enerji üretimine geçişlerinin daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Kim ve Park (2016), 2000 ve 2013 yılları arasında 30 ülkeden oluşan bir örneklem üzerinde finansal piyasa gelişimi ve yenilenebilir enerji büyümesi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmada, bu etkilerin genellikle iyi gelişmiş finansal piyasalara sahip ülkelerde daha büyük olduğunu tespit etmişlerdir. Lin vd. (2016) ise Johansen eş bütünleşme tekniği ve vektör hata düzeltme modelini (VECM) kullanarak 1980'den 2011'e kadar Çin'de yenilenebilir elektrik tüketimini etkileyen faktörleri araştırmış ve

finansal gelişmenin yenilenebilir elektrik tüketimini desteklediğini bulmuşlardır. Ji ve Zhang (2019), sermaye piyasasının bu bağlamda en önemli faktör olduğunu bilerek, finansal gelişmenin Çin’de yenilenebilir enerjinin büyümesi için çok önemli bir faktör olduğuna işaret ederek Kim ve Park (2016) çalışması için bu sonucu doğrulamışlardır. Le vd. (2020), bu ilişkiyi 2005-2014 dönemi için 55 ülkenin panel verilerini kullanarak incelemiş ve çalışmanın sonuçları Kim ve Park (2016) ile benzerlik göstermiştir. Ayrıca çalışma sonucunda, finansal gelişmenin yüksek gelirli ülkelerde yenilenebilir enerji sektörünün gelişimi için önemli olduğunu, düşük ve orta gelirli ülkeler için ise önemsiz olduğunu göstermişlerdir. Çalışmanın sonuçları, finansal gelişmenin yenilenebilir enerjiye olan talebi artırdığını göstermiştir. Belaid vd. (2021) ise MENA ülkeleri bağlamında yeşil enerji üretiminin artırılmasında finansal gelişmenin önemini doğrulamışlardır. Doğan ve Doğan (2021), Türkiye için yenilenebilir enerji üretiminde finansal gelişme, inovasyon, GSYH ve karbon emisyonlarının rolünü incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarında inovasyon ve finansal gelişmenin etkisinin yenilenebilir enerji üretimini artırdığını tespit etmişlerdir.

Ar-Ge harcamaları ile enerji alanında yapılan çalışmalarda, Ar-Ge çalışmalarının yenilenebilir enerji üretiminde geliştirilen teknikler aracılığıyla sera gazı emisyonlarını azalttığını belirten ampirik çalışmalar mevcuttur. ABD ve 1974-2009 dönemi için Liang ve Fiorino (2013) yaptığı çalışmada, yenilenebilir enerji alanındaki teknolojik yatırımların geliştirilmesinin sürdürülebilir bir ekonomiye geçişte önemli bir faktör olduğunu tespit etmişlerdir. Zafar vd. (2019), benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Shahzadi vd. (2022), 1995-2018 yılları arasında gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler üzerinde bir çalışma yapmışlar ve gelişmiş ülkeler için Ar-Ge harcamaları ile yenilenebilir enerji arasında tek taraflı bir nedensellik ilişkisi bulmuşlardır. Adedoyin vd. (2020), 1997-2015 döneminde 16 Avrupa ülkesinde Ar-Ge harcamalarının yenilenebilir enerjinin kullanımını kısa dönemde negatif, uzun dönemde pozitif etkilediğini bulmuşlardır. Ayrıca Dumitrescu ve Hurlin Panel Nedensellik testlerinden elde edilen sonuçlar, Ar-Ge çalışmaları ile yenilenebilir enerji arasında çift taraflı bir ilişki göstermektedir. Bu çalışma AB ülkelerinin, uygulanabilir enerji ve ekonomik kalkınma için sürdürülebilir güç kaynaklarında uzun vadeli ilerleme planını sürdürmek amacıyla araştırma ve geliştirme yatırımlarına daha fazla önem vermesi gerektiğini ifade eder. Ünlü vd. (2022), 1996-2018 döneminde G8 ülkelerinin finansal gelişmişlik ve Ar-Ge harcamalarının yenilenebilir enerji ile olan ilişkisini araştırmışlardır. Sonuçlar Ar-Ge harcamalarının yenilenebilir enerjiye olan talebi artırdığını bulmuşlardır.

GSYH ile yenilenebilir enerji arasındaki ilişkiyi analiz eden çok sayıda çalışma mevcuttur. Sekrafi ve Sghaier (2018), ekonomik gelişmenin yenilenebilir enerji kullanımını artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Jammazi ve Aloui (2015), Almanya, İtalya ve ABD’de yenilenebilir enerji kullanımı ile GSHY arasında pozitif ilişki tespit etmişlerdir. Çalışmalarında Kanada, Fransa, Japonya ve İngiltere’de yenilenebilir enerjinin GSYH tarafından uyarılmadığı görülmektedir. Liu ve Hao (2018) 17 gelişmekte olanın ülkenin GSYH’leri ile yenilenebilir enerji üretimi incelenmiş olup, incelenen ülkelerden Polonya hariç, diğer ele alınan 16 gelişmekte olan ülkenin yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik genişlemeden etkilenmediği tespit edilmiştir. Mezghani ve Ben Haddad (2017), Chien ve Hu (2007) ise yaptıkları çalışmalarda ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji üretimini artırdığını bulmuşlardır.

Doğrudan yabancı yatırım girişlerinin yenilenebilir enerjinin gelişimi üzerindeki etkisi literatürde yaygın olarak çalışılmamıştır. Doğrudan yabancı yatırım girişlerinin yenilenebilir enerjiye olan etkisini inceleyen sınırlı çalışmalar farklı sonuçlar elde etmiş ve bu konuda henüz bir fikir birliğine varılamamıştır. Bunlar arasında Kutun vd. (2018), yenilenebilir enerji tüketimindeki gelişmenin doğrudan yabancı yatırımlardan olumlu etkilendiğini iddia etmektedir. Ergun vd. (2019) 1990-2013 yılları için 21 Afrika ülkesinde "yenilenebilir enerji tüketiminin" GSYİH’nin negatif, DYY’nin ise pozitif yönde önemli bir belirleyicisi olduğunu ortaya koymuşlardır. Bhujabal vd. (2021) tarafından DYY’nin yenilenebilir enerji tüketimini teşvik etmesinin yanı sıra karbon emisyonlarını azaltma konusunda başarılı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bununla birlikte, Kilicarslan vd. (2019) BRCIS ve Türkiye ülke grubunu incelediği çalışmada doğrudan yabancı

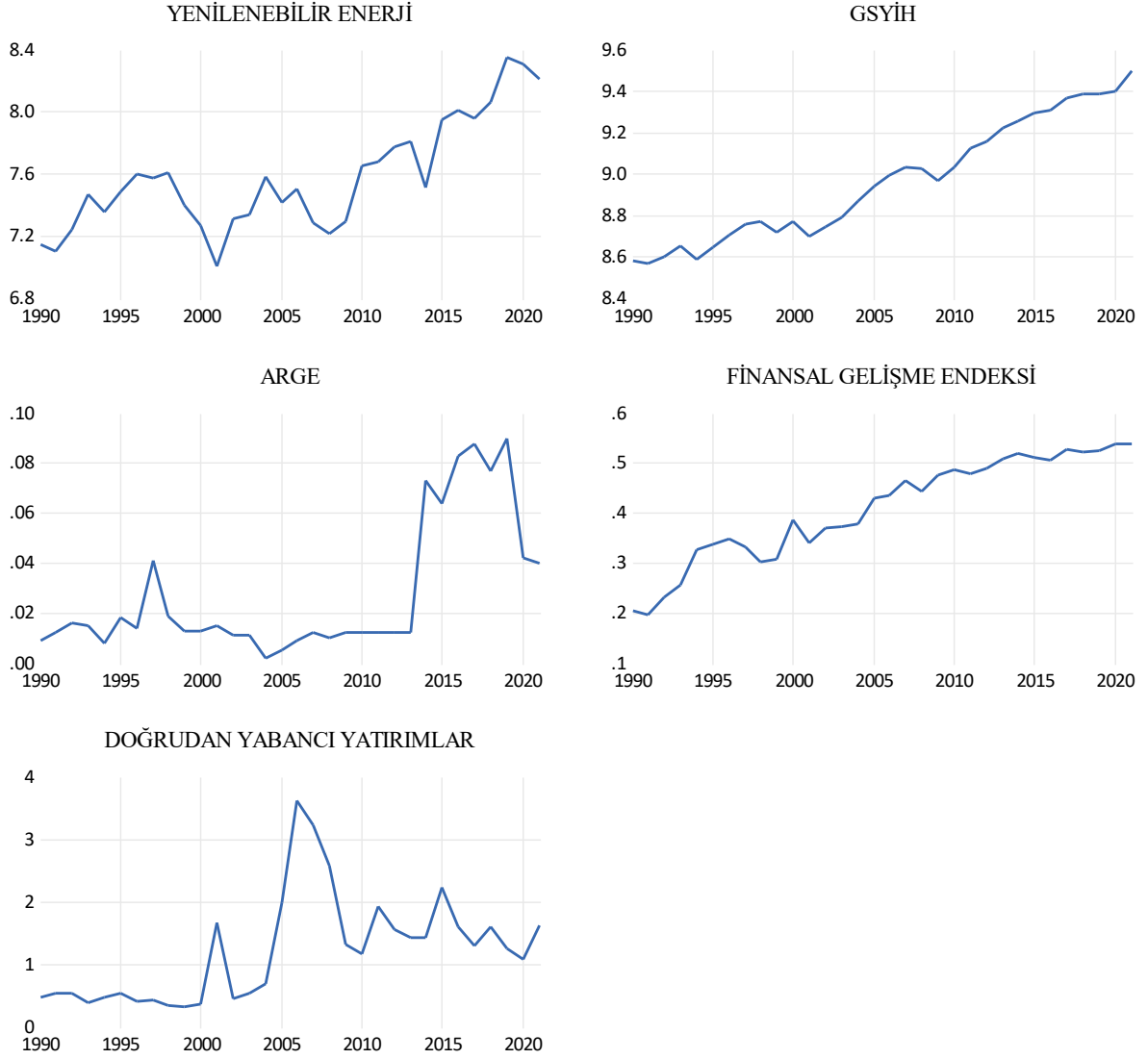
yatırımların yenilenebilir enerji üretimini caydırdığını göstermektedir. Lin vd. (2016), Kilicarslan vd. (2019) ile benzer, doğrudan yabancı yatırım, ticari açıklık ve geleneksel enerji kaynaklarının Çin’de yenilenebilir enerjinin toplam elektrik tüketimindeki payını zayıflattığını bulmuşlardır.

Türkiye ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmakta olup (Doğan ve Doğan, 2021; Kilicarslan vd., 2019) güncel verilerle yenilenebilir enerji üretimini etkileyen faktörler değerlendirilmemiştir. Dolayısıyla, bu makale ARDL modelini kullanarak bu boşluğu ele almaya çalışmaktadır. Ayrıca, bu çalışma aynı zamanda inceleme amacıyla DOLS, FMOLS ve CCR gibi diğer eş bütünleşme yöntemleri kullanmakta; yenilenebilir enerji üretimi ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü belirlemek için de Toda-Yamamoto nedensellik yönteminden yararlanmaktadır. Bugüne kadar, Türkiye’de ekonomik büyüme, finansal gelişme, doğrudan yabancı yatırım girdileri ve Ar-Ge harcamalarının yenilenebilir enerji kullanımı üzerindeki etkisini analiz etmek için bu ekonometrik uygulamayı kullanan çalışmaların yapılmadığı görülmektedir. Bu nedenle, bu araştırma bu boşluğu kapatmaya ve mevcut literatüre katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

3. Çalışmanın Metodolojisi

3.1. Veri Seti ve Tanımlar

Bu çalışma, araştırma gereklilikleri ve veri mevcudiyeti temelinde 1990’dan 2021’e kadar olan dönemde Türkiye’de yenilenebilir enerji üretimini etkileyen faktörleri ele almaktadır. Bu kapsamda, bağımlı değişken olarak yenilenebilir enerji üretimi milyar-kilowatt saat cinsinden ve kişi başı değerleriyle Ourworld in Data (OWID) kaynağından, bağımsız değişkenlerden doğrudan yabancı yatırımı göstermek için kullanılan GSYH’nin oranı olarak net girişler, ülkenin gelir seviyesini ölçen kişi başına reel GSYİH, araştırma ve geliştirme harcamalarının GSYH içindeki oranı Dünya Bankası’nın Dünya Kalkınma Göstergelerinden, finansal gelişmeyi gösteren finansal gelişme endeksi IMF’den alınmıştır. Çalışmada RD, FINDEV ve FDI değişkenleri oran cinsinden olduğu için logaritması alınmamış, standart hale getirmek amacıyla sadece RENEN ve GDPCAP değişkenleri logaritmik haliyle modelde yer almıştır. Tablo 1’de değişkenlerin tanımları yer alırken, Tablo 2 özet istatistik tablosunu sunmaktadır. Şekil 1, değişkenlerin zaman serisi özelliklerini gösteren bir grafik sunmaktadır. Modeli tahmin etmeden önce zaman değişkenlerinin zaman serisi grafiklerinin görsel olarak incelenmesi değişkenlerin birim kök mevcudiyetini ve yapısal kırılma içerip içermediği hakkında bilgi verir. Şekil 1, tüm değişkenlerin birim kök içerdiğine ve yapısal kırılmalara sahip olduğuna işaret etmektedir. Bu nedenle yanlış çıkarımlar yapmamak amacıyla, birim kök testleri yaparken değişkenlerdeki yapısal kırılmaların varlığı da dikkate alınmalıdır. Tablo 3, tüm değişkenler arasındaki korelasyon analizi sonuçlarını göstermektedir. Bulgulara göre öngörülen tüm değişkenler arasında pozitif bir korelasyon vardır. Bu durum yenilenebilir enerji üretiminin, doğrudan yabancı yatırım girişleri, Ar-ge harcamaları, finansal gelişme ve ekonomik büyümeyle ilgili güçlü bir ilişkinin bir kombinasyonu olduğunu ifade eder. Çalışmada, incelenen dönemde 2019’da yenilenebilir enerji üretiminin ve 2006’da sermaye girişinin en fazla olduğu dönem olmuş ve yapısal kırılma gerçekleşmiştir. Tahmin sonuçlarının yapısal kırılmalardan etkilenmemesi için bu tarihleri içeren dışsal kukla değişken kullanılmıştır.



Şekil 1. Zaman Serisi Grafiği

Tablo 1. Veri Seti ve Değişkenler

Değişken	Sembol	Tanımlar	Değişken Birimi	Kaynak
Yenilenebilir Enerji Üretimi	RENEN	Yenilenebilir enerjilerin kişi başına birincil üretimi	Milyar-kilowatt saat	Our World in Data OWID (2023)
Gayrisafi Yurtiçi Hasıla	GDPCAP	Kişi başı GSYİH	2015 sabit fiyatlarıyla US\$	WDI (2023)
Araştırma-Geliştirme	RD	Araştırma- Geliştirme Harcamaları	GSYH içindeki payı	WDI (2023)
Finansal gelişme	FINDEV	Finansal Gelişme Endeksi	0 ile 1 aralığında skor	IMF (2023)
Doğrudan Yabancı Yatırım	FDI	Net Sermaye Girişi	GSYH içindeki payı	WDI (2023)
Kukla Değişken	Dummy2, Dummy4	2006,2019 yılları	-	Yazar tarafından oluşturulmuştur

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

	LOGRENE	LOGGDPCAP	RD	FINDEV	FDI
Ortalama	7,578	8,964	0,027	0,409	1,217
Maksimum	8,350	9,498	0,09	0,539	3,623
Minimum	7,002	8,567	0,002	0,195	0,305
Stand. Sapma.	0,353	0,291	0,027	0,104	0,86
Jarque-Bera	2,305	2,583	9,617	2,325	6,457
Olasılık	0,315	0,274	0,023	0,312	0,396
Gözlem Sayısı	32	32	32	32	32

Tablo 3. Değişkenler Arasında Korelasyon

Korelasyon Olasılığı	RENE	GDPCAP	RD	FINDEV	FDI
RENE	1,000				

GDPCAP	0,827	1,000			
	0,000***	----			
RD	0,693	0,684	1,000		
	0,000***	0,000***	----		
FINDEV	0,07	0,935	0,543	1,000	
	0,000***	0,000***	0,001***	----	
FDI	0,146	0,531	0,122	0,578	1,000
	0,423	0,001***	0,505	0,000***	----

Not: Yıldız işareti ***, ** ve * %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

3.2. Teorik Çerçeve ve Ampirik Model Seçimi

Literatürde yenilenebilir enerji üretimi; ekonomik, teknik ve politik olarak geniş bir şekilde kategorize edilebilecek belirleyicilerden etkilenmektedir. Yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik belirleyicileri arasında GSYH büyümesi, işsizlik, DYY, devlet borcu, yurtiçi kredi arzı, enflasyon, cari işlemler dengesi ve CO2 salınımı yer alan faktörlerdendir. Yapılan çalışmaların genel bulgusu, GSYH büyümesinin yenilenebilir enerji üretimini teşvik ettiği yönündedir (Khoshnevis Yazdi ve Shakouri, 2017). Ayrıca yüksek düzeyde ekonomik büyüme yaşayan ülkelerin, alternatif enerji kaynaklarını kullanmaya daha meyilli oldukları ve yenilenebilir enerji üretim kapasitesini artırmayı amaçlayan politikalar uyguladıkları anlaşılmaktadır (Iqbal vd., 2023). Bu nedenle çalışmada gelirin işaretinin pozitif olması beklenmektedir.

Ar-Ge'ye yapılan harcamalar da yenilenebilir enerji üretimini teşvik eden teknik faktörler kategorisinde yer almaktadır. Bilindiği gibi, yenilenebilir enerjinin yaratılması, ekonomik ve rekabetçi bir enerji arzı sağlayan uygun teknolojilerin kullanılmasını gerektirir. Bu teknolojiler yenilenebilir enerji üretimini hızlandırır ve teşvik eder (Iqbal vd., 2023). Ayrıca, yetersiz Ar-Ge harcamaları yenilenebilir enerji kaynaklarının düşük kullanımına, bu da yüksek geliştirme masraflarına neden olarak yenilenebilir enerji üretimi uygulamalarını sekteye uğratmaktadır. Zhao vd. (2022) yaptıkları çalışmada, Ar-Ge girişimlerinin yetersizliği nedeniyle ortaya çıkan teknolojik engellerin, yenilenebilir enerji üretiminin düzenlenmesi üzerinde güçlü ve olumsuz etkilere sahip olduklarını ifade etmektedir. Ayrıca, yenilenebilir enerji projelerinin, yatırımcı şirketlerin önemli teknik yeterliliklere sahip olmalarını gerektiren karmaşık mühendislik süreçlerini gerektirdiği bilinmektedir (Ma vd., 2021: 1-2). Böyle bir yeterliliğin olmaması, ilgili şirketlerin pazar konumlarını

sürdüremelerini zorlu hale getirmektedir. Bu nedenle, şirketlerin bu zorluğun üstesinden gelmek için araştırma ve geliştirme çabalarını artırmaya öncelik vermeleri zorunlu hale gelmektedir. Ek olarak, teknolojik gelişmeler bu şirketlere maliyetlerini en aza indirme fırsatı sunmaktadır. Bu tür ilerlemelerin yalnızca maliyet düşürmeyi kolaylaştırmakla kalmayıp, aynı zamanda şirketlerin verimliliklerini artırmalarına da olanak sağlaması dikkat çekicidir ve bu durum rekabet avantajına yol açmaktadır. Ayrıca, teknolojik yeniliklerden yararlanarak şirketler üretim süreçlerini optimize edebilir ve karbon ayak izlerini azaltabilir, bu da çevre ve genel olarak toplum üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabilir (Xie, vd. 2020). Bu bağlamda, teknik gelişmenin yenilenebilir enerji projelerinin başarısı için kritik bir faktör olduğu ve yatırımcı şirketlerin teknolojik gelişmelerin sunduğu potansiyel fırsatlardan yararlanmak için Ar-Ge'ye önem vermesi, bir gereklilik olarak görülmektedir. Yeterli Ar-Ge harcamaları yenilenebilir enerji büyümesini teşvik eder; bu nedenle, yenilenebilir enerji üzerindeki beklenen işaretinin pozitif olduğunu varsayabiliriz.

Geleneksel fosil yakıtlı enerji kaynaklarından alternatif yenilenebilir enerji üretimine geçiş, karmaşık ve zorlu bir süreçtir. Yenilenebilir enerji üretimine geçiş sürecindeki önemli engellerin başında, yüksek maliyetler gelmektedir. Bu bağlamda bir ülkenin finansman, fiyat araştırması ve risk yönetimi gibi hizmetleri etkin şekilde yerine getirebilmesi sağlam ve güçlü bir finansal sisteme sahip olmayı gerektirmektedir (Mingxing vd., 2023: 2). Gelişmiş ve sağlam bir finansal sistemin önemi, kaynak sağlama rolünden gelmektedir. Çünkü yenilenebilir enerji ile ilgili projelerin sorunsuz bir şekilde yürütülmesi, enerji yatırımlarını finanse etmek için banka kredilerini içeren finansal sermayenin mevcudiyetini gerektirir. İkinci olarak, yeşil teknolojiye yapılan yatırımların uzun vadeli getirilerinin hem kamu hem de özel kuruluşlardan önemli sermaye harcamaları gerektirmesidir. Ayrıca, temiz enerji başlangıç maliyetlerinin fosil yakıt bazlı enerji kaynaklarından çok daha yüksek olduğu göz önüne alındığında, sermaye yoğun bir girişimdir. Öte yandan yenilenebilir enerji üretimi alanındaki projelerin desteklenmesini sağlamak ve kolaylaştırmak için kamu finansmanı büyük önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji üretim sektörünün gelişiminde vergi kredileri, sübvansiyonlar ve Ar-Ge yatırımları yoluyla kamu finansmanının etkili bir şekilde kanalize edilmesi, yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılmasını teşvik etmektedir (Iqbal vd., 2023). Bütün bu etkenlere baktığımızda finansal gelişmenin, yatırımların yenilenebilir enerji kaynaklarına uyarlanmasında önemli bir rol oynadığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle, finans sektörünün yenilenebilir enerji üretimini teşvik ettiğini ve çalışmada finansal gelişmenin işaretinin pozitif olduğunu tahmin edilmektedir.

Doğrudan yabancı yatırım (DYY), gelişmekte olan ülkelerin ihtiyaç duyduğu teknoloji, uzmanlık ve finansal kaynakları beraberinde getirdiği için ekonomik kalkınmayı yönlendiren çok önemli bir unsur olarak görülmektedir. Bununla birlikte, DYY'nin yenilenebilir enerji üzerindeki etkileri henüz tam olarak anlaşılabilir değildir. Bunun nedeni, DYY'deki artışın bazen ev sahibi ülkenin ekosistemi ve sosyal gelişimi üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmesidir (Çomuk vd., 2023). Bazı durumlarda, bu tür yatırımları çekme dürtüsü çevre standartlarında düşüşe neden olabilir, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki "kirlilik cennetlerine" neden olabilecek bir uçurum yaratır (Witskowska, 2011: 7). Bununla birlikte, yenilenebilir enerji üretimindeki önemli bir artış, DYY'nin gelişmekte olan ülkelere etkili bir şekilde sağlayabileceği temiz enerji teknolojilerine önemli yatırımlar gerektirmekte (Przychodzen ve Przychodzen, 2020: 3), sadece gerekli finansal sermayeyi değil, aynı zamanda bilgi birikimini, yönetim uzmanlığını, verimli bir çalışma kültürünü de beraberinde getirmektedir (Lee ve Hwang, 2014: 2). Sonuç olarak, DYY'nin yenilenebilir enerji gelişimi üzerindeki etkisi, koşullara bağlı olarak olumlu veya olumsuz olabilir.

3.3. Ekonometrik Çerçeve

3.3.1. ARDL Sınır Testi Yaklaşımı

Bu çalışma, Türkiye'de yenilenebilir enerji üretiminin GSYİH, Ar-Ge yatırımları, finansal gelişme ve doğrudan yabancı yatırımın belirleyicilerini tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla, Denklem 1'de belirtilen uzun dönemli model oluşturulur:

$$RENEEN = F(GDPCAP, RD, FINDEV, FDI) \quad (1)$$

Modelde “GDPCAP” ekonomik büyümeyi, “RD” Ar-Ge yatırımlarını, “FINDEV” finansal gelişmeyi, “FDI” doğrudan yabancı yatırımları, “RENEEN” ise yenilenebilir enerji üretimini temsil etmektedir. Serilerin boyutlarındaki farklılıklar nedeniyle, bazı verilerin logaritmik bir dönüşümünü gerçekleştirmek gerekir. Sonuç olarak, Denklem (1) ‘deki seriye bazı değişkenlere logaritmik dönüşümün uygulanmasıyla Denklem (2) elde edilir:

$$\log RENEEN = \alpha_0 + \alpha_1 \log GDPCAP_t + \alpha_2 RD_t + \alpha_3 FINDEV_t + \alpha_4 FDI_t + \mu_t \quad (2)$$

Modelin ARDL formu, Denklem (3) şeklinde ifade edilir:

$$\begin{aligned} \Delta \log RENEEN_t = & \alpha_0 + \alpha_1 \sum_{i=0}^m \Delta \log RENEEN_{t-i} + \alpha_2 \sum_{i=0}^n \Delta \log GDPCAP_{t-i} + \\ & \alpha_3 \sum_{i=0}^p \Delta RD_{t-i} + \alpha_4 \sum_{i=0}^r \Delta FINDEV_{t-i} + \alpha_5 \sum_{i=0}^h \Delta FDI_{t-i} + \phi_1 \log RENEEN_{t-i} + \\ & \phi_2 \log GDPCAP_{t-i} + \phi_3 RD_{t-i} + \phi_4 FINDEV_{t-i} + \phi_5 FDI_{t-i} + \mu_t \end{aligned} \quad (3)$$

ARDL modeli, Engle ve Granger’ın (1987) yaklaşımının aksine, gecikmeli hata terimlerinin gecikmeli seviye değişkenlerinin doğrusal bir kombinasyonu ile değiştirildiği bir hata düzeltme formülasyonu kullanır. Bu model hem kısa hem de uzun vadeli tahminler için yalnızca tek bir eşitlik gerektirdiğinden diğer zaman serisi yöntemlerinden daha üstündür. Bununla birlikte, uzun vadeli tahminler yalnızca eşbütünleşme onaylanırsa anlamlıdır. Eşbütünleşmeyi doğrulamak için Pesaran vd. (2001), gecikmiş seviye değişkenlerinin ortaklığı için bir sınır F-testi önerir ve bu test için kritik değerler belirtilir. Değişkenler arasındaki eş bütünleşme ilişkisinin tespiti için F-istatistik değerine bakılır. Eğer üst sınır değerini aşarsa değişkenler arasında uzun vadede bir ilişkinin varlığına rastlanırken, üst sınır değerinin altında kalması değişkenler arasında uzun vadede bir ilişkinin olmadığını gösterir. Kısa vadede gerçekleşen ilişki Denklem 3’te yer alan ilk bileşen tarafından gösterilirken, uzun vadede gerçekleşen ilişki sonraki bileşen tarafından gösterilir. Bu yaklaşımın diğer bir avantajı da I (0) ve I (1) ‘in aynı modele dahil edilebilmesidir. Belirleyiciler arasındaki uzun vadeli eşbütünleşme korelasyonunu araştırmak için aşağıdaki hipotezler sınanmaktadır:

H_0 : Eşbütünleşme yoktur;

H_1 : Eşbütünleşme vardır.

Bu metodolojiye uygun olarak, herhangi bir bilgi kaybı olmadan kısa dönemli etkilerin tahmin edilmesini sağlamak için ARDL Modeline dayalı bir Hata Düzeltme Modeli (ECM) formüle edilmiştir.

$$\Delta \log RENEEN_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sum_{i=0}^m \Delta \log RENEEN_{t-i} + \alpha_2 \sum_{i=0}^n \Delta \log GDPCAP_{t-i} + \alpha_3 \sum_{i=0}^p \Delta RD_{t-i} + \alpha_4 \sum_{i=0}^r \Delta FINDEV_{t-i} + \alpha_5 \sum_{i=0}^h \Delta FDI_{t-i} + \sum_{i=0}^w \Delta \gamma ECT_{t-i} + \mu_t \quad (4)$$

$$ECT_{t-i} = \log RENEEN_{t-i} - \alpha_2 \sum_{i=0}^n \log GDPCAP_{t-i} + \alpha_3 \sum_{i=0}^p \Delta RD_{t-i} + \alpha_4 \sum_{i=0}^r \Delta FINDEV_{t-i} + \alpha_5 \sum_{i=0}^h \Delta FDI_{t-i} \quad (5)$$

Bu denklemler içinde, ECT_{t-i} parametresinin katsayısı olan γ , uzun vadede herhangi bir kısa vadeli dengesizliğin ne ölçüde ve hangi hızda düzeltilebileceğini gösterir. Bu katsayının negatif bir işaret taşıması ve istatistiksel olarak anlamlı olması gerekir.

3.3.2. DOLS, FMOLS, CCR

ARDL sınır testi yaklaşımından elden edilen uzun-dönem kasayı tahminlerinin sağlamlılık analizi için, Sıradan En Küçük Kare (OLS) yönteminin genişletilmiş bir versiyonu olan Dinamik Sıradan En Küçük Kare (DOLS) yöntemi kullanılmıştır. DOLS yaklaşımı, içsellik ve otokorelasyona toleranslı hataların kovaryans grafiğini kullanarak standart hataları hesaplamak için bağımsız göstergeleri, öncülerini ve erken fark ifadelerinin gecikmelerini dahil etmeyi içerir. Türkiye’de 1990’dan 2021’e kadar olan uzun vadeli katsayı değerlerinin DOLS modeli ile tahmini Denklem (6) kullanılarak elde edilir.

$$\begin{aligned} \Delta \log RENEN_t = & \alpha_0 + \alpha_1 \sum_{i=0}^m \Delta \log RENEN_{t-i} + \alpha_2 \sum_{i=0}^n \Delta \log GPCAP_{t-i} + \\ & \alpha_3 \sum_{i=0}^p \Delta RD_{t-i} + \alpha_4 \sum_{i=0}^r \Delta FINDEV_{t-i} + \alpha_5 \sum_{i=0}^h \Delta FDI_{t-i} + \phi_1 \log RENEN_{t-i} + \\ & \phi_2 \log GPCAP_{t-i} + \phi_3 RD_{t-i} + \phi_4 FINDEV_{t-i} + \phi_5 FDI_{t-i} + \mu_t \end{aligned} \quad (6)$$

DOLS yöntemine ek olarak iki ek yöntem, Tam Modifiye OLS (FMOLS) ve Kanonik Eşbütünleşik Regresyonu da (CCR) kullanılmıştır. Hansen ve Phillips (1990) tarafından geliştirilen FMOLS tekniği, açıklayıcı değişkenlerdeki otokorelasyon ve içsellik testi için en küçük kareler yöntemini değiştirmektedir. Park'ın (1992) geliştirmiş olduğu CCR yöntemi asimptotik olarak ki-kare testiyle tahmin edilir.

4. Ampirik Sonuçlar

4.1. Birim Kök Test Sonuçları

Birim kök testi sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur. Bu incelemede ADF ve PP birim kök testleri kullanılmıştır. ADF ve PP birim kök testi için verilen sonuçlar değişkenlerin hepsinin birinci farkta eş bütünleşmeye sahip olduğunu göstermektedir. Tablo 5'te verilen yapısal kırılmalı birim kök testi sonuçları hem GPCAP hem de RD'nin, birinci dereceden farklılığında sabit terimde bir kırılma ile durağanlık sergilediğini göstermektedir. Bu yapısal kırılmaların tarihi, Türkiye ve dünyada gerçekleşen ekonomik ve siyasi kargaşa dönemlerinin yanı sıra kriz sonrası dönemlerin tarihiyle de uyumludur.

Tablo 4. Birim Kök Test Sonuçları

ADF Test						
		Düzyen				
		GPCAP	RENE	FDI	FINDEV	RD
Sabit	t-İstatistik	0,571	-1,160	-2,199	-2,132	-1,745
	Olasılık	(0,9865)	(0,6784)	(0,2103)	(0,2342)	(0,3994)
Sabit+Trend	t-İstatistik	-2,524	-2,282	-2,501	-2,843	-2,196
	Olasılık	(0,3151)	(0,4305)	(0,3253)	(0,1935)	(0,4748)
Birinci farklar						
Sabit	t-İstatistik	-5,509	-6,402	-5,054	-6,835	-6,816
	Olasılık	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***
Sabit+Trend	t-İstatistik	-5,540	-6,301	-4,960	-7,118	-6,694
	Olasılık	0,000***	0,000***	0,002***	0,000***	0,000***
PP Test						
		Düzyen				
Sabit	t-İstatistik	1,941	-1,009	-2,071	-2,226	-1,797
	Olasılık	0,999	0,737	0,256	0,201	0,374
Sabit+Trend	t-İstatistik	-2,412	-2,268	-2,375	-2,587	-2,232
	Olasılık	0,366	0,437	0,384	0,288	0,456
Birinci farklar						
Sabit	t-İstatistik	-6,106	-7,009	-8,390	-6,895	-6,733
	Olasılık	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***
Sabit+Trend	t-İstatistik	-6,923	-7,116	-8,412	-8,057	-6,618
	Olasılık	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***

Not: *** ve **, * sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade eder.

Tablo 5. Lee ve Strazicich Yapısal Kırılmalı Birim Kök Test Sonuçları

Düzye	İki kırılmalı				
	Test İst.	Gecikme	Birinci Kırılma Tarihi	İkinci Kırılma Tarihi	Kritik deęer (%5)
GDPCAP	-2,960	0	2000	2003	-3,563
RENEN	-4,286*	3	2000	2014	-3,563
FDI	-4,768*	1	2000	2003	-3,563
FINDEV	-3,586*	2	2010	2014	-3,563
RD	-3,337	2	2016	2018	-3,563
Birinci farklar	İki kırılmalı				
	Test İst.	Gecikme	Birinci Kırılma Tarihi	İkinci Kırılma Tarihi	Kritik deęer (%5)
GDPCAP	-3,831*	5	2001	2010	-3,63
RENEN	-	-	-	-	-
FDI	-	-	-	-	-
FINDEV	-	-	-	-	-
RD	-5,672*	0	2000	2002	-3,563

Not: * %5 anlamlılık düzeyinde değişkenin durağanlığını ifade eder.

4.2. Eşbütünleşme Sonucu

Sınır Testi, değişkenler arasında sürekli bir ilişkinin varlığına ilişkin tahmin sağlar. Hesaplanan F istatistiği üst kritik eşiği aşarsa, değişkenler arasında eş bütünleşme olduğunu gösterir. Tabloda yer alan F istatistiği (27,510>5,840), Türkiye için yenilenebilir enerji kaynakları ile finansal gelişme, ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırım ve teknolojik ilerleme arasındaki uzun süreli bir ilişkinin varlığını doğrulamaktadır.

Tablo 6. Sınır Testi Sonuçları

ARDL Sınır Testi	ARDL Sınır Testi		
	Alt Sınır I (0)	Üst Sınır I (1)	Kritik deęer
F-istatistik=27.510	2,525	3,560	10%
	3,058	4,223	5%
	4,280	5,840	1%

4.3. ARDL Tahmin Sonuçları

Tablo 7, yenilenebilir enerji üretimini etkileyen faktörlerin uzun dönem katsayılarını rapor etmektedir. Ekonomik büyüme açısından sonuçlar, gelirin yenilenebilir enerji üretimi üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, gelirdeki artışın Türkiye’de yenilenebilir enerjiye geçişi teşvik etmesi beklenmektedir. Gelirdeki %1’lik bir artış, %1 anlamlılık düzeyinde yenilenebilir enerjiye geçişte %1,058’lik bir iyileşmeye yol açmaktadır.

Araştırma ve geliştirmeye yapılan yatırımlar daha fazla yenilenebilir enerji üretimini teşvik etmektedir. Ar-Ge’de meydana gelecek bir puanlık daha fazla harcama, yenilenebilir enerjiye geçişte %3,971’lik bir katkı sağlamaktadır. Ar-Ge yatırımı temiz enerji sektöründe eko-inovasyonu teşvik etmekte ve bu da yenilenebilir enerjinin maliyetini düşürmektedir. Bu yatırım, yeşil enerji kaynaklarının maliyetini düşüren ve karbon kirlenici kaynakların kullanımını caydıran yeşil enerji kaynakları için daha fazla teknoloji kullanımını gerektirir.

Bu çalışmanın üçüncü sonucu, sürdürülebilir enerji kaynaklarının üretimi üzerinde finansal gelişmenin olumlu ve önemli bir etkisini göstermektedir. Dolayısıyla, elde ettiğimiz sonuç, finansal sektördeki bir puanlık fazla gelişimin Türkiye’de daha fazla temiz enerjinin teşvik edilmesi üzerinde %2,499’lik etkisi olduğunu göstermektedir. Bu durumda, uzun vadede finansal gelişmenin Türkiye için yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji arasında ikame yarattığı görülmektedir.

Doğrudan yabancı yatırımlar, yenilenebilir enerjinin gelişimi üzerinde negatif ve anlamlı bir etki yaratmaktadır. Net yabancı girişlerinin GDP içindeki payındaki 1 puanlık artış, yenilenebilir enerji üretimini %0,262'lük bir oranda engellemektedir.

ARDL testinin kısa dönem tahmin sonuçları, finansal gelişme, ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırımlar ve Ar-Ge yatırımları arasındaki uzun dönem tahmin sonuçlarından elde edilen ile aynı ve tutarlı sonuçlar vermektedir. Buna göre, yenilenebilir enerjiyi kısa vadede teşvik eden birincil faktörlerin finansal gelişme, ekonomik büyüme ve teknolojik ilerlemedeki değişimler olduğunu anlamlılık düzeyinde ortaya koymaktadır. Yenilenebilir enerji üretimi, yabancı sermaye girişlerinden olumsuz yönde etkilenmektedir. ARDL kısa vade tahmin sonuçları ve Hata Düzeltme Modeli, Tablo 7'de sunulmaktadır.

Hata düzeltme terimi (cointeq) anlamlı ve negatiftir. Modelin uzun dönem dengesine uyum sağlama oranı 1,80'dir. Dolayısıyla, sisteme dışsal bir şok uygulandığında, model dengesizlik durumunu yılda 1,80'lik bir düzeltme oranıyla düzeltmektedir; dengeye doğru hızlı bir uyuma sahiptir. Narayan ve Smyth (2006), hata düzeltme teriminin katsayısı -1 ile -2 arasında değiştiğinde dengeye dönmek için monoton bir yaklaşımdan ziyade, hızlı bir uyum yakaladığını ifade eder.

Tablo 7. ARDL (2,2,3,3,2) Modeline İlişkin Uzun Dönem Katsayılar

Bağımlı Değişken: Yenilenebilir Enerji Üretimi				
Değişken	Katsayı	Standart Sapma	t-İstatistiği	Olasılık
FINDEV	2,499	0,681	3,666	0,001***
GDPCAP	1,058	0,501	2,108	0,046**
FDI	-0,262	0,042	-6,097	0,000***
RD	3,971	1,266	3,135	0,004***
Sabit	-0,045	0,017	-2,548	0,017**

Not: *** ve **, * sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade eder.

Tablo 8. ARDL (2,2,3,3,2) Modeline İlişkin Kısa Dönem Katsayılar

Değişken	Katsayı	Standart Sapma	t-İstatistiği	Olasılık
D(RENENERGY(-1))	0,370	0,065	5,668	0,000***
D(FINDEV)	1,024	0,384	2,664	0,018**
D(FINDEV(-1))	-1,274	0,520	-2,448	0,028**
D(GDPCAP)	2,469	0,208	1,181	0,000***
D(GDPCAP(-1))	0,928	0,308	3,012	0,009***
D(GDPCAP(-2))	1,424	0,249	5,720	0,000***
D(FDI)	-0,164	0,022	-7,232	0,000***
D(FDI(-1))	0,151	0,018	8,025	0,000***
D(FDI(-2))	0,066	0,015	4,154	0,001***
D(RD)	-3,934	0,563	-6,982	0,000***
D(RD(-1))	-6,230	0,784	-7,939	0,000***
DUMMY2	0,363	0,055	6,521	0,000***
DUMMY4	0,473	0,063	7,439	0,000***
COINTEQ*	-1,809	0,112	-1,602	0,000***

Not: *** ve **, * sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade eder.

4.4. Tanısal ve Yapısal İstikrarlılık Testleri

Tablo 9, otokorelasyon, değişen varyans, normallik ve model oluşturma hatasını değerlendirmek için yapılan tanısal testlerin bulgularını sunmaktadır. Sonuçlar, modelin herhangi bir otokorelasyon belirtisi taşımadığını, değişen varyans sorunu göstermediğini ve model oluşturma hatasının olmadığını doğrulamaktadır. Değişkenlerin hata terimleri, normal bir dağılıma uygun oldukları Jarqua-Bera testi sonucu tarafından doğrulanmıştır. Bununla birlikte, ARDL modelinin test sonuçlarının yapısal istikrarlılığını doğrulamak için incelenen CUSUM ve CUSUMSQ grafikleri tahmin sonuçlarındaki uzun vadeli katsayıların istikrarlı ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 9. Tanısal Test Sonuçları

Tanısal Testler	Olasılık
Ramsey Reset Testi	0,339
Jarque-Bera Normallik Testi	0,385
Breusch Godfrey Otokorelasyon Testi	0,913
White Testi	0,966
CUSUM	İstikrarlı
CUSUM-Square	İstikrarlı

5. Sağlamlık Analizi

Seriler arasında uzun vadeli katsayıların dirençliliğini belirlemek için FMOLS, DOLS ve CCR metodolojileri kullanılmıştır. Tablo 10'a göre, eşbütünleşme testlerinde kullanılan değişkenler hem anlam hem de sembol yönelimi bakımından ARDL sonuçlarıyla uyum içindedir.

FMOLS modelinde, ekonomik büyümedeki %1'lik bir artış yenilenebilir enerji ortalamasını %2,994 artırırken, finansal gelişmedeki 1 puanlık artış yenilenebilir enerji üretimi ortalamasını %1,287 oranında artırmaktadır. Bu değerler anlamlıdır ve Tablo 7'de gösterildiği gibi ARDL çıktıları desteklemektedir. Bununla birlikte, Ar-Ge yatırımlarındaki 1 puanlık artış yenilenebilir enerji üretiminin ortalamasını %0,014 artırırken, katsayının değeri ARDL tahminin aksine bu değişken için anlamsızdır. Buna karşılık, doğrudan yabancı yatırımlardaki 1 puanlık bir artış yenilenebilir enerji üretimi ortalamasında %0,336'lık bir düşüşe yol açmaktadır. Doğrudan yabancı yatırımların da yenilenebilir enerji üzerindeki etkisi ARDL sonuçlarına benzer şekilde anlamlıdır.

DOLS modelinde, GDPCAP'taki %1'lik artış ve FINDEV ve RD'daki 1 puanlık artış yenilenebilir enerji üretiminde ortalama %3,025, %2,664 ve %1,296'lık bir artış sağlamaktadır. GDPCAP ve RD değerleri anlamlıyken, FINDEV değeri anlamsızdır, anlamlılık açısından Tablo 7'deki ARDL sonuçları RD değişkeni haricinde desteklenmektedir. Bununla birlikte, FDI'daki 1 puanlık artış yenilenebilir enerji üretiminde ortalama olarak sırasıyla %0,388'lik bir düşüşe yol açmaktadır. Burada, FDI katsayısı ARDL sonuçlarına benzer şekilde anlamlıdır.

CCR sonuçları da benzer bir örüntü göstermektedir. CCR modelinde, GDPCAP'taki %1'lik artış ve FINDEV ve RD'daki 1 puanlık bir artış yenilenebilir enerji üretimini ortalama %4,703, %4,563 ve %3,398 oranında artırmaktadır. Buna karşılık, FDI'daki 1 puanlık bir artış yenilenebilir enerji üretiminde ortalama olarak %0,542'lik bir düşüşe yol açmaktadır.

Tablo 10. FMOLS, DOLS ve CCR Modellerinin Sonuçları

FMOLS				
Değişken	Katsayı	Standart Sapma	t-İstatistiği	Olasılık
FINDEV	1,287	0,572	2,247	0,034**
GDPCAP	2,994	0,338	8,844	0,000***
RD	0,014	0,880	0,016	0,987
FDI	-0,336	0,026	-1,264	0,000***
C	-0,089	0,019	-4,657	0,000***
DUMMY2	0,027	0,082	-0,337	0,738
DUMMY4	0,770	0,091	8,454	0,000***
DOLS				
FINDEV	2,664	1,908	1,396	0,205
GDPCAP	3,025	1,030	2,934	0,000***
RD	1,296	2,713	4,777	0,002***
FDI	-0,388	0,079	-4,898	0,001***
C	-0,155	0,086	-1,787	0,117***
DUMMY2	0,701	0,111	6,298	0,000***
DUMMY4	0,244	0,101	2,401	0,047***
CCR				
FIN_DEV	4,563	1,254	3,637	0,001***
GDPCAP	4,703	0,633	7,425	0,000****
RD	3,398	1,808	1,879	0,074*
FDI	-0,542	0,042	-1,288	0,000***
C	-0,060	0,072	-0,826	0,418
DUMMY2	0,195	0,113	1,718	0,100
DUMMY4	1,147	0,163	7,016	0,000****

Not: *** ve **, * sırasıyla %1,%5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade eder.

6. Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi

Tablo 11, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki nedensel ilişkiyi Toda-Yamamoto (1995) analizine dayanarak göstermektedir. F istatistiğinin p-değeri %10 istatistiksel anlamlılıktan büyük olduğu için Ar-Ge gelişimi yenilenebilir enerji üretiminin artmasına neden olur ancak yenilenebilir enerji Ar-Ge gelişimine neden olmamaktadır. Dolayısıyla, teknolojik ilerlemelerden yenilenebilir enerji üretimine doğru tek yönlü bir nedensellik vardır. Benzer şekilde ekonomik büyümeden finansal gelişmişliğe, finansal gelişmeden doğrudan yabancı yatırıma, ekonomik büyümeden doğrudan yabancı yatırım girişlerine, finansal gelişmeden yenilenebilir enerji üretimine, finansal gelişmeden doğrudan yabancı yatırımlara tek yönlü nedensellik vardır.

Tablo 11. Toda-Yamamoto Nedensellik Sonuçları

Sfır Hipotezi:	F-İstatistik	Olasılık Değeri
LOGGDPCAP \neq > LOGRENERGYCAPITA	4,40381	0,1106
LOGRENERGYCAPITA \neq > LOGGDPCAP	1,40032	0,4965
RESEARCHANDDEVELOPMENT \neq > LOGRENERGYCAPITA	16,4604	0,0003***
LOGRENERGYCAPITA \neq > RESEARCHANDDEVELOPMENT	0,81633	0,8163
FINDEVIN \neq > LOGRENERGYCAPITA	5,04879	0,0801*
LOGRENERGYCAPITA \neq > FINDEVIN	3,60116	0,1652
FDINFLOFGDP \neq > LOGRENERGYCAPITA	3,23535	0,1984
LOGRENERGYCAPITA \neq > FDINFLOFGDP	1,21470	0,5448
RESEARCHANDDEVELOPMENT \neq > LOGGDPCAP	3,32597	0,1896
LOGGDPCAP \neq > RESEARCHANDDEVELOPMENT	1,37974	0,5016
FINDEVIN \neq > LOGGDPCAP	2,74371	0,2536
LOGGDPCAP \neq > FINDEVIN	10,8552	0,0044**
FDINFLOFGDP \neq > LOGGDPCAP	2,97202	0,2263
LOGGDPCAP \neq > FDINFLOFGDP	14,5810	0,0007***
FINDEVIN \neq > RESEARCHANDDEVELOPMENT	2,27119	0,3212
RESEARCHANDDEVELOPMENT \neq > FINDEVIN	2,36177	0,3070
FDINFLOFGDP \neq > RESEARCHANDDEVELOPMENT	0,37664	0,8283
RESEARCHANDDEVELOPMENT \neq > FDINFLOFGDP	0,25953	0,8783
FDINFLOFGDP \neq > FINDEVIN	0,29277	0,4971
FINDEVIN \neq > FDINFLOFGDP	17,9495	0,0001***

Not: *** ve **, * sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade eder.

7. Sonuç

Bu çalışma; teknolojik ilerlemeler, ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırım girişleri ve finansal gelişmenin 1990-2021 döneminde yenilenebilir enerji üretimine olan etkilerini bulmayı amaçlamaktadır. ARDL yaklaşımı analizine dayanarak aşağıdaki genellemeleri yapabiliriz: F sınır testi açısından, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca diğer eş bütünleşme testlerinden olan FMOLS, DOLS ve CCR modelleri de bu ilişkiyi doğrulamıştır. Bulgular bize ekonomik büyümedeki artışın, Türkiye'nin yenilenebilir enerji üretiminde pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum da istikrarlı ve güçlü GSYİH sahip olmanın Türkiye için, yenilenebilir enerjiye geçişte gerekli yatırım için yeterli ekonomik katkıyı sağlayabildiğini ifade etmektedir. Grossman ve Krueger'e (1995) göre, ekonomik kalkınmanın ilerleyen aşamalarında toplumlar çevresel kalite konusunda çok daha bilinçli hale gelmektedir. Ekonomik büyüme düzeyi yüksek olan uluslar daha temiz bir çevre talep etmektedir. Sonuç olarak, ekonomik kalkınmanın artmasıyla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi de artmaktadır. Türkiye'nin ekonomisinde ekonomik iyileşmenin yenilenebilir enerjinin yayılımında olumlu bir rolü olduğu görülmektedir.

İkinci olarak, teknolojik ilerlemelerin yenilenebilir enerji üretiminin geliştirilmesini teşvik ederek çevresel kalitede iyileştirme yarattığı tespit edilmiştir. Araştırma ve geliştirmeye yapılan harcamaların artması yenilenebilir enerji üretimini teşvik etmektedir. Yenilenebilir enerji üretim kapasitesinin artırılmasında Ar-Ge harcamalarının artırılması hedeflere ulaşma konusunda kolaylık sağlayacaktır. Bununla birlikte, enerji dönüşümünü destekleyen yatırımları desteklemek için büyük enerji projelerinin uygulanmasını teşvik eden bir altyapı inşa etmek önemlidir, bu kapsamda politika yapıcılar çevre dostu projelerin finansmanını kolaylaştırmak için yeni finansal mekanizmalar getirmelidirler.

Üçüncü olarak, finansal gelişmişlikle ilgili olarak sonuçlarımız yenilenebilir enerjinin yayılması üzerinde olumlu olarak anlamlıdır. Çalışmada incelenen dönem aralığı için Türkiye'de, finansal sistemin bir bütün olarak yeşil enerjiye geçişi kolaylaştırdığı ve pozitif belirleyicisi olduğu görülmektedir. Ampirik sonuçlar, yeşil projelerde yatırımcıları teşvik etmek için yeterince iyi yapılandırılmış bir finansal sistem kanalının önemini altını çizmektedir. Çünkü, finansman sıkıntısı, temiz enerji sektörüne yatırım yapılmasının önünde bir engeldir ve finansal kaynakları daha fazla

kullanılabilir hale getirmek, firmaların temiz enerji sektörüne daha fazla yatırım yapması anlamına gelmektedir (Khan ve Yang vd., 2021: 485).

Dördüncüsü çalışmada, doğrudan yabancı yatırım (DYY) girişlerinin yenilenebilir enerjiye geçiş üzerinde olumsuz bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. DYY girdilerindeki artış, yenilenebilir enerji kaynaklarının üretiminde açıkça bir engel teşkil etmektedir. Doğrudan yabancı yatırımların yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi için gerekli finansmanı sağlayabilme avantajı olsa da mevcut analiz Türkiye’deki DYY’nin yenilenebilir enerji sektörüne kayan bir sektör girişi olmadığını göstermektedir. Bu olumsuz ilişki, politika yapıcıların DYY’yi yenilenemeyen enerji kaynaklarından yenilenebilir enerji sektörüne yönlendirecek ve böylece bu alana yatırım çekecek uygun teşvik politikaları oluşturma ihtiyacının altını çizmektedir (Kilicarslan, 2019: 296). Ayrıca bu sonuç, Türkiye’nin DYY girişi arttıkça, yenilenebilir enerji ile ilgili farklı yetkinlikler, uzmanlıklar ve teknolojiler kazanacağını ve böylece ilerlemesini artırdığını öne süren “teknolojik transfer hipotezinin” (Ankrah ve Lin, 2020: 5) gerçekleşmediği anlamına gelmektedir.

Sonuç olarak Türkiye’deki politika yapıcıların, teknolojik yeniliklerin yol açtığı enerji verimliliği artışlarına ulaşmak için araştırma ve geliştirme yatırımlarını teşvik etmesi önerilmektedir. Ayrıca, Türkiye’de yenilenebilir enerjinin ilerlemesi için gerekli teknolojik yayılma etkilerini tetikleyebilecek uygun bir finansman sisteminin kurulması çok önemlidir. Bu yaklaşım benimsenerek ekonomik ve çevresel hedefler etkin bir şekilde dengelenebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarını arttırılarak enerji çeşitliliği arttırabilir; böylece gelecek nesiller için daha sürdürülebilir bir gelecek yaratılabilir.

Kaynaklar

- Abbasi, F ve Riaz, K. (2016). CO2 emissions and financial development in an emerging economy: an augmented VAR approach. *Energy Policy*, (90), 102–114. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.017>
- Adedoyin, F. F., Ozturk, I., Agboola, M. O., Agboola, P. O. ve Bekun, F. V. (2021). The implications of renewable and non-renewable energy generating in Sub-Saharan Africa: the role of economic policy uncertainties. *Energy Policy*, 150, 112115. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112115>
- Adedoyin, F.F., Bekun, F.V. ve Alola, A.A. (2020). Growth impact of transition from non-renewable to renewable energy in the EU: The role of research and development expenditure. *Renew. Energy*, 159, 1139–1145. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.06.015>
- Ankrah, I. ve Lin, B. (2020). Renewable energy development in Ghana: Beyond potentials and commitment. *Energy*, 198, 117356. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117356>
- Belaid, F., Elsayed, A. H. ve Omri, A. (2021). Key drivers of renewable energy deployment in the MENA region: empirical evidence using panel quantile regression. *Structural Change and Economic Dynamics*, (57), 225–238. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2021.03.011>
- Best, R. (2017). Switching towards coal or renewable energy? The effects of financial capital on energy transitions. *Energy Econ*, (63), 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.01.019>
- Bhujabal, P., Sethi, N. ve Padhan, P.C. (2021). ICT, foreign direct investment and environmental pollution in major Asia Pacific countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 42649–42669. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13619-w>
- British Petroleum (BP). (2022). Statistical review of world energy. London: British Petroleum.
- Chien, T. ve Hu, J. L. (2007). Renewable energy and macroeconomic efficiency of OECD and non-OECD economies. *Energy Policy*, 35(7), 3606–3615. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.033>
- Çomuk, P., Akkaya, B., Ercoşkun, S. ve Apostu, S. (2023). The foreign direct investments, economic growth, renewable energy and carbon (CO2) emissions nexus: an empirical analysis for Turkey and European Union Countries. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03382-y>

- Doğan, E. ve Doğan, B. Ö. (2021). Finansal gelişme ve inovasyon, Türkiye’de yenilenebilir enerji üretimini artırıyor mu?. *Turkish Studies-Economics, Finance, Politics*, 16(2), 783-797. <https://doi.org/10.47644/TurkishStudies.47359>
- Engle, R. F. ve Granger, C. W. (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 55, 251–276.
- Ergun, S. J., Owusu, P. A. ve Rivas, M. F. (2019). Determinants of renewable energy consumption in Africa. *Environmental Science and Pollution Research*, 26,15390-15405. <https://doi.org/10.2307/1913236>.
- Gökmenoğlu, K. K., Taşpınar, N. ve Rahman, M.M. (2021). Military expenditure, financial development and environmental degradation in Turkey: a comparison of CO2 emissions and ecological footprint. *Int J Finance Econ* (26), 986–997.<https://doi.org/10.1002/ijfe.1831>
- Grossman, G. M. ve Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377. <http://dx.doi.org/10.2307/2118443>
- Hansen, B.E. ve Phillips, P.C. (1990). Estimation and inference in models of cointegration: A simulation study. *Advances in Econometrics*, 8, 225–248.
- Iqbal, S., Wang, Y., Ali, S., Haider, M. M. ve Amin, N. (2023). Shifting to a green economy: Asymmetric macroeconomic determinants of renewable energy production in Pakistan. *Renewable Energy*, 202, 234-241. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.11.071>
- IRENA. (2023). Renewable energy statistics 2023. *Abu Dhabi.: International Renewable Energy Agency*. <https://www.irena.org/Publications/2023/Jul/Renewable-energy-statistics-2023>
- Jammazi, R. ve Aloui, C. (2015). On the interplay between energy consumption, economic growth and CO2 emission nexus in the GCC countries: a comparative analysis through wavelet approaches. *Renew. Sustain. Energy Rev*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.0>
- Ji, Q. ve Zhang, D. (2019). How much does financial development contribute to renewable energy growth and upgrading of energy structure in China? *Energy Policy*, 128, 114-124. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.047>.
- Khan, A., Yang, C.H., Hussain, J. ve Kui, Z. (2021). Impact of technological innovation, financial development and foreign direct investment on renewable energy, non-renewable energy and the environment in belt & Road Initiative countries. *Renewable Energy*, 171, 479-491. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.075>
- Khan, S., Khan, M. K. ve Muhammad, B. (2021). Impact of financial development and energy consumption on environmental degradation in 184 countries using a dynamic panel model. *Environ Sci Pollut Res* 28, 9542-9557. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11239-4>
- Khoshnevis Yazdi, S. ve Shakouri, B. (2017). Renewable energy, nonrenewable energy consumption, and economic growth. *Energy Sources B Energy Econ. Plann.*, 12(12), 1038-1045. <https://doi.org/10.1080/15567249.2017.1316795>
- Kilicarslan, Z. (2019). The Relationship between Foreign Direct Investment and Renewable Energy Production: Evidence from Brazil, Russia, India, China, South Africa and Turkey. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(4), 291-297. <https://doi.org/10.32479/ijeep.7879>
- Kim, J ve Park, K. (2016). Financial development and deployment of renewable energy technologies. *Energy Econ* 59, 238-250. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.08.012>.
- Kirikaleli, D. ve Adebayo, T.S. (2020). Do renewable energy consumption and financial development matter for environmental sustainability? New global evidence. *Sustainable Development*, 29(4), 583-594. <https://doi.org/10.1002/sd.2159>
- Kutan, A.M., Paramati, S.R., Ummalla, M. ve Zakari, A. (2018). Financing Renewable Energy Projects in Major Emerging Market Economies: Evidence in the Perspective of Sustainable Economic Development. *Emerging Markets Finance and Trade*, 54, 1761-1777. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2017.1363036>
- Le, T. H., Nguyen, C. P. ve Park, D. (2020). Financing renewable energy development: insights from 55 countries. *Energy Research & Social Science*, 68,101537. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101537>.

- Lee, K. ve Hwang, S. (2014). Regional heterogeneity and location choice of FDI in Korea via agglomeration and linkage relationships. *Journal of the Asia Pacific Economy*, 19, 464- 487. <https://doi.org/10.1080/13547860.2014.908535>
- Liang, J. ve Fiorino, D.J. (2013). The implications of policy stability for renewable energy innovation in the United States. *Policy Stud. J.* 41, 97–118. <https://doi.org/10.1111/psj.12004>
- Lin, B., Omoju, O.E. ve Okonkwo, J.U. (2016). Factors influencing renewable electricity consumption in China. *RenewSust Energ Rev* (55),687–696. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.003>.
- Liu, Y. ve Hao, Y. (2018). The dynamic links between CO2 emissions, energy consumption and economic development in the countries along “the Belt and Road”. *Sci. Total Environ.* 645, 674–683. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.062>.
- Ma, R., Cai, H., Ji, Q. ve Zhai, P. (2021). The impact of feed-in tariff degression on R&D investment in renewable energy: the case of the solar PV industry. *Energy Pol.* 151112209, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112209>
- Mezghani, I. ve Ben Haddad, H. (2017). Energy consumption and economic growth: an empirical study of the electricity consumption in Saudi Arabia. *Renew. Sustain. Energy Rev.* <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.058>.
- Mikayilov, J. I., Mukhtarov, S., Dincer, H., Yuksel, S. ve Aydın, R. (2020). Elasticity analysis of fossil energy sources for sustainable economies: A case of gasoline consumption in Turkey. *Energies*, 13(3), 731. <https://doi.org/10.3390/en13030731>
- Mingxing, L., Ashraf, M.S., Zhiqiang, M., Ashraf, R.U, Usman, M. ve Khan, I. (2023). Adaptation to globalization in renewable energy sources: Environmental implications of financial development and human capital in China. *Environ. Sci.*, 1-13. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1060559>.
- Narayan, P. K. ve Smyth, R. (2006). What determines migration flows from low-income to high-income countries? An empirical investigation Fiji-US migration 1972-2001. *Contemporary Economic Policy*, (24:2), 332-342. <https://doi.org/10.1093/cep/byj019>
- Park, J. (1992). Canonical cointegrating regressions. *Econom. J. Economet. Soc.*, 60,119–143. <https://doi.org/10.2307/2951679>
- Pesaran, M. H., Shin, Y. ve Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289–326.
- Przychodzeń, W. ve Przychodzen, J. (2020). Determinants of renewable energy production in transition economies: A panel data approach. *Energy*, 191, 116583, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116583>
- Sekrafi, H. ve Sghaier, A. (2018). Examining the relationship between corruption, economic growth, environmental degradation, and energy consumption: a panel analysis in MENA region. *J. Knowl. Econ.* 9, 963–979. <https://doi.org/10.1007/s13132-016-0384-6>.
- Shahbaz, M., Solarin, S.A., Mahmood, H. ve Arouri, M. (2013). Does financial development reduce CO2 emissions in Malaysian economy? A time series analysis. *Econ Model* 35:145–152., 145-152. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.06.037>.
- Shahzadi, I., Yaseen, M.R., Khan, M.T.I., Makhdam, M.S.A. ve Ali, Q. (2022). The nexus between research and development, renewable energy and environmental quality: Evidence from developed and developing countries. *Renew. Energy*, 190, 1089–1099. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.10.050>
- Toda, H. Y. ve 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)
- Ünlü, U., Yıldırım, F., Kuloğlu, A., Ersoy, E. ve Çetenak, E.H. (2022). Nexus between renewable energy, credit gap risk, financial development and R&D expenditure: Panel ARDL Approach. *Sustainability*, 14, No:23. <https://doi.org/10.3390/su142316232>.

- Witskowska, J. (2011). Foreign direct investment and sustainable development in the New EU Member States: Environmental aspects. *Comparative Economic Research, Central and Eastern Europe*, 14(3), 5–23. <https://doi.org/10.2478/v10103-011-0016-0>.
- Xie, F., Liu, Y., Guan, F. ve Wang, N. (2020). How to coordinate the relationship between renewable energy consumption and green economic development: from the perspective of technological advancement. *Environ. Sci. Eur.* 32 (1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00350-5>
- Zafar, M.W., Shahbaz, M., Hou, F. ve Sinha, A. (2019). From nonrenewable to renewable energy and its impact on economic growth: The role of research & development expenditures in Asia-Pacific Economic Cooperation countries. *J. Clean. Prod.*, 212, 1166–1178. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.081>
- Zhao, J., Patwary, A. K., Qayyum, A., Alharthi, M., Bashir, F., Mohsin, M. ve Abbas, Q. (2022). The determinants of renewable energy sources for the fueling of green and sustainable economy. *Energy*, 238, 122029. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122029>
- Zhe, L., Yüksel, S., Dinçer, H., Mukhtarov, S. ve Azizov, M. (2021). The positive influences of renewable energy consumption on financial development and economic growth. *Sage Open*, 11(3), 21582440211040133. <https://doi.org/10.1177/21582440211040133>