

İNOVASYONUN YENİLENEBİLİR ENERJİ ÜRETİMİNE ETKİSİ: IEA ÜYESİ ÜLKELER ÜZERİNE PANEL VERİ ANALİZİ

Mustafa Necati ÇOBAN¹
Nalan KANGAL²
Fatih YETER³
İlhan EROĞLU⁴

ARTICLE INFO

Article history:

Received 10 Nov 2021

Accepted 1 Dec 2021

JEL classification:

Q2
O31
C23
K32

Keywords:

Renewable power generation
Innovation
Panel data analysis
IEA.

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Geliş Tarihi: 10 Kasım 2021

Kabul Tarihi: 1 Aralık 2021

JEL kodu:

Q2
O31
C23
K32

Anahtar kelimeler:

Yenilenebilir enerji üretimi
İnovasyon
Panel veri analizi
IEA.

ÖZET

Yenilenebilir enerji, fosil yakıtların çevreye verdiği zararların önemli boyutlara gelmesiyle beraber günden güne önemini artırmaktadır. Ülkeler, çevresel sürdürülebilirlik için yenilenebilir enerji üretimlerini artırma yoluna gitmektedirler. Yenilenebilir enerjinin kullanım alanları artsa da halen ülkeler için önemli bir maliyet içerdiği de bilinmektedir. Yenilenebilir enerjinin kullanımına yönelik maliyetlerin azaltılmasında inovasyonların etkisinin önemli olduğu bilinmekte ve inovasyonlar arttıkça yenilenebilir enerji üretiminin artacağı yönünde bir görüş birliği bulunmaktadır. Maliyetlerin azaltılması ile beraber inovasyonun ayrıca enerji verimliliğini artıracığı söylenebilir. İnovasyonların artması ve dolayısıyla yenilenebilir enerji üretiminin artmasının çevre kirliliğinin azaltılmasına önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada 21 IEA üyesi ülkede inovasyonun yenilenebilir enerji üretimi üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmaktadır. İnovasyon göstergesi olarak Küresel İnovasyon Endeksi kullanılmıştır. Bağımlı değişkenin yenilenebilir enerji üretimi (terawatt/saat) olduğu çalışmada ayrıca kişi başına düşen GSYİH ve karbon emisyonu gibi kontrol değişkenleri de dâhil edilmiştir. 21 IEA ülkesine ait 2009-2019 yılları arası verilerin kullanıldığı çalışmada dengeli panel veri analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda inovasyonun 21 IEA üyesi ülkede yenilenebilir enerji üretimini artırdığı bulgusuna ulaşılmıştır.

ABSTRACT

Renewable energy is increasing its importance day by day as the damage caused by fossil fuels to the environment has reached significant proportions. Countries are trying to increase the irreplaceable power generation for environmental sustainability. Although the usage areas of renewable energy are increasing, it is also known that it still has a significant cost for countries. It is known that the impact of innovations is important in reducing the costs of using renewable energy, and there is a consensus that renewable power generate will increase as innovations increase. It can be said that innovation will also increase energy efficiency, along with reducing costs. It is though tthat the increase in innovations and therefore the increase in renewable power generation will make a significant contribution to reducing environmental pollution.

In this study, it is aimed to investigate the effect of innovation on renewable power generation in 21 IEA member countries. The Global Innovation Index was used as an innovationindicator. In the study, wherethedependentvariable is renewable power generation (terawatt/hour), controlvariables such as GDP per capita and carbonemissions are also included. Balanced panel data analysis was conducted in the study, in which data from 21 IEA member countries between 2009 and 2019 were used. As a result of the analysis, it w as found that innovation increased renewable power generation in 21 IEA member countries.

¹ Doç. Dr., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, necati.coban@gop.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2839-4403

² Öğr. Gör., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Almus Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, nalankangal@gop.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9160-0797

³ Öğr. Gör., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Pazar Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, fatih.yeter@gop.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8769-9122

⁴ Prof. Dr., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, ilhan.eroglu@gop.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4711-1165

DOI: 10.53839/aifd.1021631

1.GİRİŞ

Küreselleşme; ulaşım, iletişim ve bilgi teknolojilerinde yaşanan hızlı teknolojik gelişmeler ve yeniliklerden oluşan bir grup faktörün belirleyici olduğu kavramdır. Teknoloji alanındaki gelişmeler ulaşım iletişim koşullarını iyileştirerek maliyetlerin düşmesine yol açmış, buna ek olarak bilgi toplama, analiz etme ve transfer etme olanakları artmış, firmaların küresel düzeyde koordine olmasına yol açmıştır. Böylece ülke ekonomileri hem birbirinin rakibi hem de birbirine bağlı olarak bir etkileşim içine girmiştir. Uluslararası rekabette üretimde çeşitlilik ve esnek yapı tarafların elini güçlendirecek ve ticarete bir adım öne çıkmak için avantaj sağlayacaktır (Özel, 1998: 12).

Küresel rekabet ortamı dünya genelinde ekonomik büyümeyi destekleyici sanayi üretimini artırmaktadır. Artan sanayi üretimi beraberinde geleneksel üretimde girdi olarak da kullanılan enerjiye olan ihtiyacının artmasına yol açmıştır. Buna ek olarak dünya nüfusunun artan bir seyir izlemesi beraberinde enerji tüketiminin artmasına yol açmaktadır. Enerji kalkınma ve sosyal refahın artırılmasında öneme sahipken, yenilenebilir enerji ise tehlikeli olan iklim değişikliği olmaksızın geleceğin şekillendirilmesinde önemli bir role sahiptir (Shahbazvd, 2015: 576).

Enerji ihtiyacının ve dolayısıyla kullanımının artması hem ekonomik olarak girdi maliyetlerinin ve enerjide dışa bağımlılığın artmasına hem de çevresel açıdan olumsuz sonuçlara sebep olmaktadır. Fosil yakıt kaynaklarının dünyada homojen olarak dağılmaması sebebiyle ülkeler arası zaman zaman siyasi krizlere de sebep olabilmektedir (Doğan ve Doğan, 2021: 785). Fosil yakıt rezervlerine sahip olmayan ülkeler için artan enerji fiyatları ithal girdi özelliğine sahip olduğu için ödemeler dengesi üzerinde bozucu etki yaratmaktadır. 1973 yılında yaşanan Petrol Krizi ile dünyada petrol fiyatlarının yükselmesi sonucunda üretim maliyetleri artmış, arz enflasyonu oluşmuş ve makroekonomik dengelerin bozulması sonucunda dünya ekonomisinde bir kırılma yaşanmıştır (Erdin ve Özkaya, 2019: 1). Bu gelişmeden sonra enerjide dışa bağımlılık

seviyesinin aşağı çekilmesi konusu gündeme gelmiştir. Özellikle 1970'li ve 1980'li yıllarda yaşanan petrol fiyatlarındaki yukarı yönlü sıçrayış Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) ülkelerinde yenilenebilir enerji alanında çeşitli politikaların geliştirilmesine yol açmıştır. Yenilenebilir enerjinin OECD toplam birincil enerji arzına katkısı 1970'li ve 1980'li yıllara göre pek değişmemiş olsa da bu yıllarda yaşanan petrol fiyatlarındaki ciddi artış yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişmesine ve gelecekteki enerji arzı ile ilgili zorluklara yönelik tedbirli olunmasına yardımcı olmuştur (Gan ve Smith, 2011: 4497). 1986 Çernobil ve 2011 yılında Fukuşima'daki nükleer santrallerinin zarar görmesi devamında nükleer enerjiye olan bakışı değiştirmiş ve birçok ülke nükleer enerjiden vazgeçme kararı almıştır (Bointner, 2019: 733).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve miktarının artırılması ile ülkeler bölgesel ve ulusal olarak avantaj elde edebilecektir (Przychodzen ve Przychodzen, 2019: 1). Söz konusu durumlara ek olarak gelişmekte olan ve yükselen ekonomilerin enerji temini noktasında sorumluluğu daha fazladır. Düşük karbonlu ve temiz enerji sistemlerinin kurulup geliştirilmesine ek olarak temel ve modern enerji hizmetlerinden mahrum olan milyarlarca insanın da ihtiyacını karşılamak 21. yy. itibariyle çözüm üretilmesi gereken bir husus olarak gündemdeki yerini korumaktadır (Shahbazvd, 2015: 576).

Çevre kirliliğine neden olmayan, bölgenin iklim yapısına uygun, doğanın kendi evrimi içinde var olan ve daha az sera gazı üreten yenilenebilir enerji kaynakları; başta güneş ve rüzgâr enerjisi olmak üzere jeotermal, hidrojen, hidrolik, deniz kökenli enerjidir (Oktit, 2000: 48; Erdin ve Özkaya, 2019: 1). Yenilenebilir enerji kaynakları için kullanılan teknolojiler kendi içinde üç gruba ayrılır. Hali hazırda kullanılan hidroelektrik ve jeotermal enerji gibi olgunluğa erişmiş birinci nesil teknolojiler, güneş ve rüzgâr enerjisi gibi hızlı gelişme gösteren ikinci nesil teknolojiler, yoğunlaştırılmış güneş enerjisi, okyanus enerjisi, gelişmiş jeotermal ve entegre biyo-enerji sistemleri gibi gelişim aşamasında olan üçüncü nesil teknolojilerdir

(Johnstone vd., 2010: 133). Bu sınıflamanın yanı sıra yenilenebilir enerji kaynaklarının rezervlerinin tükenmez oluşu ve bu kaynaklar ithal olmadığı için fiyat ve arz miktarı dalgalanmalarından etkilenmemeleri yenilenebilir enerji kaynaklarının ortak özellikleri olarak karşımıza çıkar. Yenilenebilir enerji kullanımındaki artış fosil yakıtların neden olduğu bütün negatif etkilerin azalmasına yol açacaktır (Hogg ve O'Regan; 2009: 41; OECD, 2012: 1). Bütün bu olumlu özelliklerinin yanında yenilenebilir enerji kaynakları da küresel ısınma sonucunda oluşan coğrafi ve iklimsel değişimlerden olumsuz bir şekilde etkilenmektedir (Cansın ve Sohtaoglu, 2009: 29; Teke, 2013: 55).

Yeniliğin yaratılması olarak karşımıza çıkan inovasyon; bilginin ekonomik, toplumsal, kültürel ve idari açıdan faydaya dönüştürülmesidir. Yeni bir ürünün icadı, üretimi ve ilk ticari başarısının gerçekleştirilmesiyle somut hale getirilmesi aşamaları inovasyonu oluşturmaktadır (Biçen, 2019: 183; Ünlükaplan, 2009: 236). Ekonomi literatüründe inovasyon kavramının üstlendiği rolü en iyi açıklayan ve yaptığı çalışmalarla ortaya koyduğu tespitlerle yenilik teorilerini büyük ölçüde etkilemeyi başaran Shumpeter'dir. Shumpeter inovasyonu; tüketicinin tanımadığı yeni bir malın veya mevcut bir malın daha kaliteli üretimi, bilimsel yöntemle geliştirilmiş yeni bir üretim metodunun uygulanması, yapılan yeniliğin ulusal veya sektörel olarak yeni bir piyasaya sunulması, yeni hammadde ve yarı mamul kaynaklarının elde edilmesi ve yeni bir organizasyonun gerçekleştirilmesi olmak üzere beş şekilde tanımlamıştır (Shumpeter, 1934: 66). İnsan ihtiyaçlarının karşılanması durumu inovasyon sürecini dinamik tutmaktadır. Shumpeter'e göre ekonomik olarak ilerleme, kalkınma ve verimliliğin lokomotifidir inovasyondur. Aynı zamanda rekabet alanında avantaj sağlayan inovasyon ekonominin küreselleşme ile yüzleşmesi anlamına da gelmektedir (Oğuztürk ve Özaslan, 2018: 82; Lopez, 2000: 10-11).

Enerji kullanımıyla oluşan çevre kirliliğini minimize edebilmek, yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımını yaygınlaştırmak için,

enerji üretim maliyetlerinin düşürülebilmesi ve enerji verimliliğinin artırılması adınainovasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Teknolojik inovasyon yardımı ile yenilenebilir enerji kaynakları yenilenemeyen enerji kaynaklarına rakip olabilecek ve öngörülen avantajlarından yararlanılması söz konusu olacaktır (Bayer vd, 2013: 288).

Bu çalışmada Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency) üyesi 21 ülkede 2009-2019 yılları arasında inovasyon ve yenilenebilir enerji üretimi arasındaki ilişkinin araştırılması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda bağımlı değişken olarak yenilenebilir enerji üretimi (terawatt/saat) çalışmada yer almaktadır. İnovasyon göstergesi olarak ise Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü (World Intellectual Property Organization) tarafından yayınlanan Küresel İnovasyon Endeksi kullanılmıştır. 2009-2019 yılları arası veriler kullanılarak dengeli panel veri analizi yapılacaktır. Çalışmanın bundan sonraki kısmında literatür taraması bölümü bulunmaktadır. Sonrasında veri seti ve yöntem tanıtılacaktır. Veri seti ve yöntem tanıtıldıktan sonraki kısımda ekonometrik analiz ve analiz sonrasında elde edilen bulgular ifade edilecektir. Çalışmada son olarak ise sonuç bölümü yer almaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

İlgili literatür incelendiğinde inovasyon ve yenilenebilir enerji arasındaki ilişkinin çok sık araştırılmadığı gözlemlenmektedir. Son yıllarda iki değişken arasındaki ilişkinin araştırılmasına yönelik çalışmalarda artış olmakla beraber doğrudan bu iki değişken arasındaki ilişkinin araştırılmasına yönelik literatürde yeterli sayıda çalışmaya rastlanmadığı görülmektedir. Bundan dolayı literatür kısmında sadece inovasyon ve yenilenebilir enerji üretimi arasındaki ilişkiyi doğrudan inceleyen çalışmalara yer verilmemiş, literatüre dolaylı yünden katkı sağlayan çalışmalardan da bahsedilmiştir.

Johnstone vd. (2010), seçili 25 OECD ülkesini baz alarak yapmış oldukları çalışmada 1979-2003 döneminde yenilenebilir enerji politikalarının

inovasyon üzerindeki etkisi panel veri analizi ile araştırılmıştır. Yenilenebilir enerjinin üretiminde kullanılan patent başvurularında kamu politikalarının pozitif katkısı tespit edilmiştir. Ayrıca farklı yenilenebilir enerji kaynakları için farklı politika araçlarının gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Gan ve Smith (2011), OECD ülkeleri üzerine yaptıkları çalışmalarında Ar-Ge harcamalarının yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisini 1994-2003 dönemi verileri ile analize tabi tutmuştur. Panel regresyon analizi ile ülkeye özgü faktörler, GSYİH ve yenilenebilir enerji politikalarının yenilenebilir enerji üretimine üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir. Ar-Ge harcamalarının, enerji fiyatlarının ve CO2 emisyonlarının yenilenebilir enerji üretimi üzerinde anlamlı bir etkisi tespit edilememiştir. Söz konusu değişkenler yenilenebilir enerji arzını etkileyebilecek kadar büyük etkiye sahip olmamalarına karşın yenilenebilir enerji teşvik politikası geliştirmeyi amaçlayan ülkeler için yararlı politika çıkarımlarına yol açmaktadır.

Marques ve Fuinhas (2012), 23 Avrupa Birliği üye ülkesi üzerine yaptıkları çalışmada 1990-2007 dönemine ait verileri Panel Sabit Etkiler, (FE) Rassal Etkiler (RE) ve Panel Düzeltmiş Standart Hatalar (PCSE) ile analiz ederek yenilenebilir enerji kullanımına yönelik kamu politikalarının toplam enerji üretimine olan katkısını analiz etmiştir. Çalışmada kişi başına düşen CO2 emisyonu, enerjide dışa bağımlılık, elektrik üretiminde kullanılan kömür, doğalgaz ve nükleer enerjinin payı yenilenebilir enerjinin toplam enerji arzına olan katkısını azaltırken; kamunun yürütmüş olduğu teşvik ve sübvansiyonlar, kişi başına düşen enerji miktarı ve Ar-Ge harcamalarının yenilenebilir enerji politikası içindeki payı ise yenilenebilir enerjinin toplam enerji arzına olan katkısını artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Teke (2013), yapmış olduğu çalışma ile dünyadaki yenilenebilir enerji ve Ar-Ge yatırımlarını incelemiş ve Türkiye'nin yenilenebilir enerji ve Ar-Ge yatırımlarındaki mevcut durumunu diğer ülkelerle karşılaştırarak çözüm önerilerinde bulunmuştur.

Kim ve Kim (2015), çalışmalarında Ar-Ge faaliyetlerinin uluslararası ticaretin yanı sıra yenilenebilir enerji politikalarındaki önemi üzerinde durmuştur. Güneş enerjisi üreten 16 ve rüzgâr enerjisi üreten 14 ülkenin 1991-2008 yıllarına ait verileri kullanılarak dengesiz panel analizi yapılmıştır. Yoğunlaştırılmış Ar-Ge faaliyetlerinin dış ticarete olan pozitif katkısının yanı sıra özellikle rüzgâr enerjisi alanında yürütülen Ar-Ge faaliyetleri ile ihracat oranlarının da artacağı sonucu ön plana çıkmıştır.

Mert ve Çağlar (2016), Türkiye'nin 1970-2011 döneminde finansal gelişmenin yenilenebilir enerji üretimine etkisini analiz etmiştir. Analizde Hatemi-J yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarında finansal gelişmeye doğru nedensellik tespit edilememiştir. Buna karşın finansal gelişmedeki negatif şoklardan yenilenebilir enerji kaynaklarındaki negatif şoklara doğru bir nedensellik tespit edilmiştir.

Geng ve Ji (2016), gelişmiş ülkelere olan ABD, Fransa, Almanya, İtalya, Kanada, Japonya'nın 1980-2010 yılları arasındaki verilerini kullanarak inovasyonun yenilenebilir enerjinin gelişimi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmada panel eşbütünlük ve nedensellik analiz yöntemi kullanılmıştır. Uzun dönemde inovasyon ile yenilenebilir enerjinin gelişimi arasında pozitif, kısa dönemde ise negatif bir ilişkinin mevcut olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Jin vd (2018), Çin'de 1995-2012 dönemi için teknolojik inovasyon ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Dinamik bir panel veri modeli ile tahmin gerçekleştirilen çalışmada kısa vadede teknolojik inovasyonun enerji tüketiminde artışa yol açtığı tespit edilmiş ve enerji tüketiminin ise teknolojik inovasyon üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Przychodzen ve Przychodzen (2019), 27 Post-Sosyalist ülke üzerine yaptıkları incelemede yenilenebilir enerjinin belirleyicilerinin analiz etmiş ve çalışmalarında 1990-2014 yıllarına ait verileri panel en küçük kareler yöntemini kullanarak bir takım bulgular elde etmişlerdir. Çalışmada yenilenebilir enerjinin üretimi miktarını

büyüme, işsizlik, hükümet borcu, CO2 emisyonu ve Kyoto protokolü pozitif olarak etkilerken; rekabet sıralaması, doğal kaynak kiralaları, kömür kiralaları ve kişi başına düşen CO2 emisyonu miktarı ise negatif etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Bamati ve Raoofi (2020), 25 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke için yapılan çalışmada yenilenebilir enerji üretiminde etkin rol oynayan değişkenleri 1990-2015 dönemini baz alarak ve panel genişletilmiş en küçük kareler yöntemini kullanarak analiz etmiştir. Kişi başına düşen gelir ve petrol fiyatları enerji üretimini pozitif yönde etkilerken, gelişmiş ülkelerde CO2 emisyonu enerji üretiminin negatif olarak gelişmekte olan ülkelerde ise pozitif etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Hillevd (2020), 194 ülkede yürütülen farklı destek politikalarının yenilenebilir enerji çeşitlerinden güneş ve rüzgâr enerjisi teknolojilerine etkisini analiz etmiştir. 1990-2016 yılları verileri kullanılarak yapılan çalışmada yenilenebilir enerji alanında yürütülen destek politikaları ve kamu Ar-Ge programları patent faaliyetlerini devamında da patent alma oranı artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Li vd. (2020), OECD ülkelerinde 1990-2017 yılları arası için yenilenebilir enerji tüketiminin belirleyicilerini araştırmışlardır. Yenilenebilir enerji tüketiminin belirleyicilerini tespit etme amacıyla panel eşbütüneşme analizi yapılan çalışmada gelir, beşeri sermaye, enerji verimliliği, enerji fiyatları ve eko-inovasyonun yenilenebilir enerji tüketimini açıklamada önemli faktörler olduğu bulgusu elde edilmiştir.

Yılmaz (2021), G7 ülkelerinin 1980-2018 döneminde finansal gelişme, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki asimetric etkileşimi Hatemi-J testi ile test edilmiştir. Finansal gelişmeden yenilenebilir enerji tüketimine ve yenilenebilir enerji tüketiminden finansal gelişmeye doğru bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Yenilenebilir enerji tüketiminden büyümeye doğru bir nedensellik ve büyümenin yenilenebilir enerjinin tüketiminin Granger nedeni olduğu tespit edilmiştir.

Kılınç ve Kılınç (2021), seçili 24 ülkeyi baz aldıkları çalışmalarında 2003-2019 dönemi verileri ile

enerji alanındaki Ar-Ge harcamalarının ve inovasyonun yenilenebilir enerji üretimine olan etkilerini açığa çıkarmışlardır. Çalışmada gecikmesi dağıtılmış oto regresif model (ARDL) ve Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) nedensellik testi kullanılmıştır. Panel ARDL analizi sonucunda uzun dönemde Ar-Ge ve demonstrasyon harcamaları ile inovasyonun göstergesi olan patent başvuru sayısı ile yenilenebilir enerji üretimini arasında pozitif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) nedensellik testine sonucunda ise Avusturya, Fransa, Macaristan, Japonya, Güney Kore, Norveç, Portekiz, İspanya ve ABD’de enerji Ar-Ge harcamalarından yenilenebilir enerji üretimine doğru nedenselliğin olduğu ülkelerdir. Patent başvurularından yenilenebilir enerji üretimine doğru nedenselliğin olduğu ülkeler ise Avusturya, Finlandiya, Fransa, Almanya, İrlanda, Hollanda, Norveç, Slovakya, İsveç ve İsviçre olduğu sonucu elde edilmiştir.

Doğan ve Doğan (2021), Türkiye’nin 1968-2015 dönemi verileri baz alınarak finansal gelişmişlik ve inovasyonun yenilenebilir enerji üzerine etkisi analiz etmiştir. Analizde gecikmesi dağıtılmış oto regresif (ARDL) Sınır Testi yaklaşımı kullanılmıştır. Çalışmada finansal gelişmişlik, inovasyon ve GSYİH ile yenilenebilir enerji arasında pozitif ilişki; CO2 emisyonu ile yenilenebilir enerji arasında negatif bir ilişki tespit edilmiştir.

Zheng vd. (2021), Çin’de 2005-2017 dönemi arasında 30 ili kapsayan çalışmada yenilenebilir enerji teknolojik inovasyonunun yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir. Mekansal ve mekansal olmayan ekonometrik modellerin tercih edildiği çalışmada yenilenebilir enerji teknolojik inovasyonundaki artışların yenilenebilir enerji üretiminde artışa yol açtığı sonucu elde edilmiştir.

3. VERİ SETİ VE YÖNTEM

Çalışmada 21 IEA üyesi ülkeye ait 2009-2019 dönemini kapsayan veriler kullanılarak dengeli panel veri analizi yapılmıştır. Veri aralığının tespit edilmesinde çalışmadaki değişkenler için ilgili yıllarda verilerin mevcut olması etkili olmuştur. Çalışmada kullanılan değişkenlerin belirlenmesi

aşamasında literatürdeki benzer çalışmalardan faydalanılmıştır. 9 IEA ülkesine ait veriler mevcut olmadığı için IEA ülkelerinin tamamı çalışmaya dâhil edilmemiş, 21 IEA üyesi ülke (Almanya, ABD, Avustralya, Avusturya, Belçika, Birleşik Krallık, Çekya, Finlandiya, Fransa, Güney Kore, Hollanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, Japonya, Kanada, Macaristan, Norveç, Polonya, Yeni Zelanda) analize dâhil edilmiştir.

Çalışmada bağımlı değişken olarak yenilenebilir enerji üretimi (terawatt/saat) yer almaktadır. Bu değişkene dair veriler BP (British Petroleum) şirketinin yıllık olarak yayınlanan Dünya Enerji İstatistik Görünümü (Statistical Review of World Energy) raporundan elde edilmiştir. Bağımsız değişken olarak inovasyon göstergesi olarak

seçilen Küresel İnovasyon Endeksi ise Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü (WIPO) tarafından yıllık olarak yayımlanmaktadır. Küresel İnovasyon Endeksi'nde ülkeler 0 ile 100 arası puanlandırılmaktadır. Puanlar 100'e yaklaştıkça ülkelerin inovasyon düzeyleri artmakta, 0'a yaklaştıkça ise inovasyon düzeyleri düşmektedir.

Kontrol değişkenlerinden karbon emisyonu(milyon ton) verilerine BP şirketinin Dünya Enerji İstatistik Görünümü (Statistical Review of World Energy) raporundan ulaşılmıştır. Kişi başına düşen GSYİH(cari USD) verileri ise Dünya Bankası veritabanından elde edilmiştir.

Çalışmada bulunan bağımlı değişken, bağımsız değişkenler ve bu değişkenlerin bütününe ait bilgiler Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Çalışmada Yer Alan Değişkenlere Dair Bilgiler

Değişkenin Adı	Değişkenin Kısaltması
Yenilenebilir Enerji Üretimi (terawatt/saat)	REN
Küresel İnovasyon Endeksi	INNV
Kişi Başına Düşen GSYİH (cari USD)	GDPPC
Karbon Emisyonu (milyon ton)	CO ₂

Çalışma kapsamında ortaya konulan temel hipotez aşağıdaki gibidir:

H₀= İnovasyonun artmasının yenilenebilir enerji üretiminin artmasında etkisi yoktur.

H₁= İnovasyonun artmasının yenilenebilir enerji üretiminin artmasında etkisi vardır.

Çalışmada ifade edilen model aşağıdaki denklemde yer almaktadır:

$$REN_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 INNV_{it} + \alpha_2 GDPPC_{it} + \alpha_3 CO_{2it} + \alpha_i + \lambda t + \epsilon_{it}$$

REN_{it} yenilenebilir enerji üretimini(terawatt saat), INNV_{it} Küresel İnovasyon Endeksi'ni, GDPPC_{it} kişi başına düşen GSYİH'yı (cari USD), CO_{2it} karbon emisyonunu (milyon ton), α₀ sabit parametreyi, α_i birim etkiyi, λt zaman etkisini ve ε_{it} ise hata terimini temsil etmektedir.

Tablo 2'de çalışmada bulunan değişkenlerin özet istatistikleri yer almaktadır. Değişkenlerin gözlem sayısı, minimum, maksimum, standart sapma ve ortalama değerleri görülmektedir.

Tablo 2. Değişkenlere Dair Özet İstatistikler

Değişken	Gözlem Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
REN	231	42.8974	73.23014	1.2	489.8
INNV	231	52.14706	7.546102	31.5	68.4
CO ₂	231	533.4485	1081.252	33.6	5485.7
GDPPC	231	44077.86	18697.41	11526.06	102913.5

4. EKONOMETRİK ANALİZ

Çalışma kapsamında ilk olarak klasik modelin varlığı araştırılmıştır. Sonrasında ise sabit etkiler ve tesadüfi etkiler modeli arasında tercih yapmak amacıyla Hausmanspesifikasyon testi gerçekleştirilmiştir. Bunların dışında değişen varyans ve otokorelasyon sınamaları yapılmış olup

nihai olarak da uygun dirençli tahminci ile model tahmin edilmiştir.

Tablo 3’de modelin spesifikasyonuna yönelik testlere (F testi, Hausman testi, değişen varyans testi, otokorelasyon testi ve birimler arası korelasyon testi) dair bulgular yer almaktadır.

Tablo 3. Spesifikasyon Testi Sonuçları

(F Testi, Hausman Testi, Değişen Varyans, Otokorelasyon ve Birimler Arası Korelasyon Testleri)

F Testi	
F İstatistiği	34.23
Olasılık Değeri	0.00
Hausman Testi	
Ki kare İstatistiği	238.53
Olasılık Değeri	0.0000
Değiştirilmiş Wald Testi	
Ki kare istatistiği	15153.07
Olasılık Değeri	0.0000
Bhargava, Franzini ve Narendranathan’ın Durbin Watson Testi ve Baltagi-Wu Yerel En İyi Değişmez Testi	
Bhargava, Franzini ve Narendranathan’ın Durbin-Watson Test İstatistiği Değeri	0.90499768
Baltagi-Wu Test İstatistiği Değeri	1.2773955
Pesaran CD Testi	
İstatistik Değeri	14.065
Olasılık Değeri	0.0000

Klasik modelin geçerli olup olmadığını test etme amacıyla F testi yapılmıştır. Bu teste dair elde edilen F istatistik değeri ve olasılık değeri Tablo 3’de yer almaktadır. Tablo 3’deki bulgulara bakıldığında birim etkilerin sıfıra eşit olduğu H0 hipotezinin reddedildiği görülmektedir. Birim etkilerin var olduğu tespit edilmiştir. Klasik model geçerli değildir. Sabit etkiler modeli ve tesadüfi etkiler modeli arasından hangisinin etkin olduğunu

tespit etme amacıyla Hausman testi yapılmıştır. Tablo 3’deki Hausman spesifikasyon testi bulgularına göre H0 hipotezinin reddedildiği bilgisine ulaşılmıştır. Sabit etkiler modelinin geçerli olduğu bulgusu elde edilmiştir. Ki kare istatistik değeri ise 238.53’tür. Sabit etkiler modelinin etkin olduğu tespit edildikten sonra modelde değişen varyans sınaması yapılmıştır. Değişen varyans sınaması için sabit etkiler

modelinin etkin olduğu durumlarda uygulanabilen Değiştirilmiş Wald testi uygulanmıştır. Değiştirilmiş Wald testine dair bulgular incelendiğinde varyansın birimlere göre değiştiği bulgusuna ulaşıldığı görülmektedir. H0 hipotezi kabul edilmiştir. Modelde değişen varyans bulgusuna rastlanmıştır. Otokorelasyonun varlığını test etme amacıyla Bhargava, Franzini ve Narendranathan'ın Durbin-Watson testi ve BaltagiWu'nun Yerel En İyi Değişmez testi uygulanmıştır. Sabit etkiler modelinin etkin olduğu durumlarda otokorelasyonu test etme amacıyla bu test kullanılabilir. Tablo 3'de Bhargava, Franzini ve Narendranathan'ın Durbin Watson testi ve Baltagi-Wu'nun Yerel En İyi Değişmez testine dair bulguların olduğu gözlemlenmektedir. Her iki test istatistiği değerinin de 2'den küçük olduğu gözlemlenmektedir. Bu bulgulara göre model için otokorelasyonun ciddi olduğu söylenebilir. Otokorelasyon bulgusuna rastlanmıştır. Modelde birimler arası korelasyonu sınaama amacıyla Pesaran CD testi uygulanmıştır. Pesaran CD testi sabit etkiler modelinin etkin olduğu durumlarda ve T'nin küçük ve N'nin büyük

olduğu durumlarda kullanılabilir. Tablo 3'de Pesaran CD testine dair bulgular yer almaktadır. Model için birimler arası korelasyonsuzluğu belirten H0 hipotezi reddedilmektedir ve birimler arasında korelasyon olduğu sonucu elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında ilk olarak klasik modelin geçerli olmadığı tespit edilmiş, sonrasında Hausman testi ile sabit etkiler modelinin etkin olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Sonrasında da değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon sınamaları yapılmıştır. Değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyonun var olduğu tespit edilen çalışmada model her üç istatistiksel sorunun varlığında da uygulanabilen Driscoll ve Kraay dirençli tahmincisiyle tahmin edilmiştir.

Tablo 4'de Driscoll ve Kraay dirençli tahmincisine dair bulgular görülmektedir. Tahmin edilen modelin R2 değeri 0.5742'dir. Bu değer, bağımsız değişkenlerin modelde bulunan bağımlı değişkeni açıklama gücünü belirtmektedir.

Tablo 4. Tahmin Sonuçları

Bağımsız Değişkenler	Katsayı	Driscoll/Kraay Standart Hata	Olasılık Değeri
INNV	0.940563	0.1519807	0.000***
CO ₂	-0.4940893	0.087095	0.000***
GDPPC	0.0005318	0.0004462	0.261
R ² = 0.5742			
***: %1 Anlamlılık Düzeyi **: %5 Anlamlılık Düzeyi *: %10 Anlamlılık Düzeyi			

INNV değişkeninin katsayısına bakıldığında aradaki ilişkinin pozitif yönlü olduğu görülmektedir. Elde edilen bulgu aynı zamanda istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde anlamlıdır. İnovasyon endeksindeki bir birimlik artış yenilenebilir enerji üretimini 0.940563 birim artırmaktadır. Analize konu olan ülkelerde inovasyon arttıkça yenilenebilir enerji üretimi artmaktadır.

CO2 değişkeni ile REN değişkeni arasındaki ilişki incelendiğinde bu değişkenler arasında beklendiği gibi ters yönlü bir ilişki olduğu gözlemlenmektedir. 21 IEA üyesi ülkede karbon emisyon düzeyi arttıkça yenilenebilir enerji üretimi azalmaktadır. Elde edilen sonuç aynı zamanda istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde anlamlıdır.

Kişi başına düşen GSYİH ile Küresel İnovasyon Endeksi arasındaki ilişki analiz edildiğinde aradaki

ilişkinin pozitif yönlü olduğu görülmektedir. Fakat ulaşılan bu bulgu, istatistiksel olarak anlamsızdır.

5. SONUÇ

Tüm insanlığa enerji sağlama ihtiyacının yanı sıra, başta ulaşım olmak üzere ekonominin yeni sektörlerinin dijitalleşmesi ve elektrifikasyonu, modern enerji endüstrisinin gelişimi için önemli belirleyicilerdendir. Yenilenebilir enerji endüstrisi ve dijitalleşme, fosil yakıtların terk edilebilmesi yolunda önemli aşamalarıdır. Gelecekte karbondan arındırılmış güç sisteminin kesintisiz çalışmasını sürdürülebilmek için inovatif teknolojilerde önemli sıçramaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Dudin vd., 2019: 1705).

Günümüzde karada konumlanan rüzgar santralleri gibi en gelişmiş yenilenebilir enerji teknolojileri bile geleneksel fosil yakıt teknolojilerine göre hala çok maliyetli olduğundan dolayı, inovasyonun yenilenebilir enerji teknolojilerinin maliyetlerini düşürmek için önemli bir anahtar olduğu göz ardı edilmemelidir (IEA, 2011).

Birçok ulusal inovasyon politikası ve uluslararası girişim, yenilenebilir enerji teknolojilerine odaklanmayı içermektedir. Ayrıca yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması, iklim değişikliğine neden olan sera gazlarını azaltmak için çoğu ulusal stratejinin bir parçasıdır (Noailly ve Shestalova, 2013). Artan inovasyon düzeyi ile beraber karbon emisyonlarının azaltılması ve kişi başına düşen GSYİH'in artması, yenilenebilir enerjinin gelişimini teşvik etmektedir (Geng ve Ji, 2016: 230).

Çalışma kapsamında 2009-2019 dönemine ait veriler kullanılarak 21 IEA ülkesinde inovasyonun yenilenebilir enerji üretimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda dengeli panel veri analizi yapılmış, sabit etkiler tahmincisiyle model tahmin edilmiştir. Tahmin edilen modelde bağımlı değişken olarak yenilenebilir enerji üretimi yer almış, inovasyon göstergesi olarak ise İnovasyon Endeksi kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca kişi başına düşen GSYİH ve CO2 gibi kontrol değişkenleri de analize dâhil edilmiştir.

Çalışma kapsamında ulaşılan bulguların beklenen yönde olduğu görülmektedir. 21 IEA ülkesinde Küresel İnovasyon Endeksi'ndeki artışların bu ülkelerde yenilenebilir enerji üretimini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Ulaşılan bulgu, aynı zamanda istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde anlamlıdır. Ulaşılan sonuçlar aynı zamanda literatürdeki benzer çalışmalarda (Geng ve Ji, 2016; Jinvd, 2018; Livd, 2020, Kılınç ve Kılınç, 2021; Zhengvd, 2021) elde edilen bulgularla da örtüşmektedir.

Kontrol değişkenlerinden karbon emisyonu ile yenilenebilir enerji üretimi arasındaki ilişki analiz edildiğinde 21 IEA ülkesinde karbon emisyon düzeyi arttıkça yenilenebilir enerji üretiminin azaldığı bulgusuna ulaşılmıştır. Ulaşılan bulgu aynı zamanda istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde anlamlıdır. Bulgular, literatürdeki benzer çalışmalarda varılan sonuçlarla uyumludur (Marques ve Fuinhas, 2012; Khanvd, 2019; Bamati ve Raoofi, 2020).

Kişi başına düşen GSYİH ile yenilenebilir enerji üretimi arasındaki ilişki incelendiğinde katsayının yönünün beklendiği gibi pozitif olduğu görülmektedir. Fakat ulaşılan bulgu istatistiksel olarak anlamsızdır.

Çalışma sonuçlarının da gösterdiği gibi inovasyon, yenilenebilir enerji üretiminin artırılması için büyük önem arz etmektedir. Ülkeler fosil yakıt tüketiminden vazgeçmeli, doğaya ve çevreye saygılı yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmelidir. Önemli bir maliyete sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyetlerini düşürmek ve böylelikle daha çok yenilenebilir enerji üretimi için de inovasyonlara ağırlık verilmelidir. İnovasyonların artırılmasıyla beraber ülkeler enerji verimliliğini aynı zamanda artıracaklardır. Ülkeler inovasyonu gündemine alarak yenilenebilir enerji üretimlerini artırmalı, böylelikle yenilenebilir enerji üretimlerini artırmalarıyla beraber küresel bir tehdit olan iklim değişikliğine yönelik de tedbir de almış olmalıdırlar.

KAYNAKÇA

Bayer, P., Dolan, L. ve Urpelainen, J. (2013). "Global Patterns of Renewable Energy Innovation", 1990-2009", *Energy for Sustainable Development*, 17(3): 288-295.

Bamati, N. ve Raoofi, A. (2020). "Development Level and the Impact of Technological Factor on Renewable Energy Production", *Renewable Energy*, 151: 946-955.

Biçen, Ö. F., (2019). "Ar-Ge ve Yüksek Teknolojili Ürün İhracatı İlişkisi: Düşük ve Orta Gelir Düzeyinde Yer Alan Ülkelere Yönelik Bir İnceleme", *Verimlilik Dergisi*, 3: 181-200.

Bointner, R. (2014). "Innovation in the Energy Sector: Lessons Learnt from R&D Expenditures and Patents in Selected IEA Countries", *Energy Policy*, 73: 733-747.

BP (2020). "Statistical Review of World Energy, 69th Edition, <https://www.bp.com/content/dam/bp/businesssites/en/global/corporate/pdfs/energyeconomics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>, E. t. 01.11.2021.

Cansın, Y. ve Sohtaoğlu, N. H. (2009). "OECD/IEA Ülkelerinin AR-GE Harcamalarındaki Eğilimler Kapsamında Yenilenebilir Enerji Teknolojilerindeki Gelişmelerin İncelenmesi", *V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Diyarbakır.

Doğan, E. ve Doğan, B. Ö. (2021). "Finansal Gelişme ve İnovasyon, Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Üretimini Artırıyor Mu?", *Turkish Studies - Economy*, 16(2): 783-797.

Dudin, M. N., Frolova, E. E., Protopopova, O.V., Mamedov, A.A. ve Odintsov, S.V. (2019). "Study of innovative technologies in the energy industry: nontraditional and renewable energy sources", *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 6(4): 1704-1713

Erdin, C., ve Özkaya, G., (2019). "Turkey's 2023 Energy Strategies and Investment Opportunities for Renewable Energy Sources: Site Selection Based on Electre", *Sustainability*, 11(2136): 1-23.

Hogg, K. ve O'Regan, R. (2009). "Renewable Energy Support Mechanisms: An Overview", <http://www.globelawandbusiness.com/RN/sample.pdf>, (Erişim Tarihi: 20.10.2021)

Hille, E., Althammer, W. ve Diederich, H. (2020). "Environmental Regulation and Innovation in Renewable Energy Technologies: Does the Policy Instrument Matter?", *Technological Forecasting and Social Change*, 153(119921): 1-22.

International Energy Agency (IEA) (2011). "Projected costs of generating electricity", 2011 Edition, Paris.

Jin, L.; Duan, K. ve Tang, X. (2018). "What Is the Relationship between Technological Innovation and Energy Consumption? Empirical Analysis Based on Provincial Panel Data from China", *Sustainability*, 10, 145, <https://doi.org/10.3390/su10010145>.

Johnstone, N., Haščič, I., ve Popp, D. (2010). "Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts", *Environmental and Resource Economics*, 45(1): 133-155.

Gan, J. ve Smith, C. T. (2011). "Drivers for Renewable Energy: A Comparison among OECD Countries", *Biomass and Bioenergy*, 35(11): 4497-4503.

Geng, J. B. ve Ji, Q. (2016). "Technological Innovation and Renewable Energy Development: Evidence Based on Patent Counts", *International Journal of Global Environmental Issues*, 15(3): 217-234.

Khan, M.W.A.; Panigrahi, S.K.; Almuniri, K.S.N.; Soomro, M.I.; Mirjat, N.H. ve Alqaydi, E.S. (2019). "Investigating the Dynamic Impact of CO2 Emissions and Economic Growth on Renewable Energy Production: Evidence from FMOLS and DOLS Tests", *Processes*, 7, 496. <https://doi.org/10.3390/pr7080496>.

Kılınç, E. C., ve Kılınç, N. (2021). "Ar-Ge ve İnovasyonun Yenilenebilir Enerji Üretimi Üzerindeki Etkisi: Panel Veri Analizi", *Alanya Akademik Bakış Dergisi*, 5 (2): 1087-1105.

Kim, K. ve Kim, Y. (2015). "Role of policy in innovation and international trade of renewable energy technology: Empirical study of solar PV and wind power technology", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44(2005): 717-727.

Li, J., Zhang, X., Ali, S. ve Khan, Z. (2020). "Eco-innovation and energy productivity: New determinants of renewable energy consumption", *Journal of Environmental Management*, 271, 111028.

Lopez, M. R. (2000). "Innovation, Competitiveness and Development: Searching for the Linkage to Economic Development", IKE Internal Seminar, Aalborg University, Denmark.

Marques, A. C. ve Fuinhas, J. A. (2012). "Are Public Policies Towards Renewables Successful? Evidence from European countries", *Renewable Energy*, 44: 109-118.

Mert, M. ve Çağlar, A. E. (2016). "Yenilenebilir Kaynaklı Enerji ve Finansal Gelişme: Asimetrik Nedensellik Uygulaması", IMUCO 2016, 916.

Noailly, J. ve Shestalova, V. (2013). "Knowledge spillovers from renewable energy Technologies", CPB Discussion Paper, CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis.

OECD (2012). "Linking Renewable Energy To Rural Development", Executive Summary Brief For Policy Makers (Erişim Tarihi: 01.10.2021)

Oktit, Ş. (2000). "Fotovoltaik Güneş Pilleri ve Güç Sistemleri Dünyü, Bugünü, Yarını", Türkiye'de 8. Enerji Kongresi, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Gelişimi, Cilt II, Ankara, 47-62.

Oğuztürk, B. S. ve Özaslan, A. (2018). "Kalkınma ve İnovasyon İlişkisi: Türkiye, Almanya, İngiltere, Çin,

Güney Kore, Japonya ve Singapur Üzerine Bir Araştırma", *Süleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics & Administrative Sciences*, 23(1): 79-96.

Özel, M. (1998). "Küresel Rekabet", İstanbul: İz Yayıncılık.

Przychodzen, W. ve Przychodzen, J. (2019). "Determinants of Renewable Energy Production in Transition Economies: A Panel Data Approach", *Energy*, 191, 116583: 1-28.

Shahbaz, M., Loganathan, N., Zeshan, M. and Zaman, K. (2015). "Does renewable energy consumption add in economic growth? An application of autoregressive distributed lag model in Pakistan", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44 (2015): 576-585.

Shumpeter, J. (1961). "Theory of Economic Development", 3rd Edition, Oxford University Press: New York.

Teke, O. (2013). "Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji AR-GE Stratejilerinin Değerlendirilmesi", *Mühendis ve Makina*, 54(640): 54-62.

Ünlükaplan, İ. (2009). "Avrupa Birliği Üyesi Ülkelerde İktisadi Kalkınma, Rekabetçilik ve İnovasyon İlişkilerinin Kanonik Korelasyon Analizi ile Belirlenmesi", *Maliye Dergisi*, 157: 235-250.

Yılmaz, T. (2021). "Yenilenebilir Enerji Tüketimi Finansal Gelişme İlişkisi: Gelişmiş Ülkeler Üzerine Bir Araştırma", *Mehmet Akif Ersoy İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2): 1064-1081.

Zheng, S., Yang, J. ve Yu, S. (2021). "How Renewable Energy Technological Innovation Promotes Renewable Power Generation: Evidence from China's provincial panel data", *Renewable Energy*, 177, 1394-1407.