



Please Cite As: Koç, Ü. & Apaydın, Ş. (2020), "İktisadi Büyüme ve Rüzgar Enerjisi: Seçilmiş G-20 Ülkeleri İçin Bir Analiz", *Fiscaoeconomia*, 4(3), 595-612.

İktisadi Büyüme ve Rüzgar Enerjisi: Seçilmiş G-20 Ülkeleri İçin Bir Analiz

Economic Growth and Wind Energy: An Analysis for Selected G-20 Countries

Ümit KOÇ¹, Şükrü APAYDIN²

Abstract

In the last 200 years, mankind has made significant progress in many areas. Developments such as industrialization, technological progress, urbanization and increase in growth and development rates accompanied by rapid population growth have made the energy factor, which is extremely important in all areas of life, more evident. While fossil fuels are currently the main source of energy, the use of renewable energy sources is in an increasing trend due to the damage of the environment by fossil fuels and the depletion of fossil fuel resources. In this context, wind energy, which is an important source of renewable energy, has become more and more prominent. In this study, the relationship between wind energy and economic growth is analyzed using panel data method for the selected 15 G-20 countries between the period of 1991 and 2017. According to the findings, there is a positive relationship between wind energy and economic growth.

Article History:

Date submitted:

07.07.2020

Date accepted:

06.09.2020

Jel Codes:

O40, O13, Q42

Keywords:

*Economic growth,
Renewable energy,
Wind energy,
Panel data analysis*

¹ Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası, umitev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1853-5156>

² Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, sukruapaydin@nevsehir.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-4640-8135>

Öz

Son 200 yıllık tarih incelendiğinde insanoğlunun pek çok alanda ciddi bir ilerleme kaydettiği görülür. Hızlı nüfus artışının da eşlik ettiği sanayileşme, teknolojik ilerleme, kentleşme, büyüme ve kalkınma hızlarındaki artış gibi gelişmeler, hayatın her alanında son derece önemli bir yere sahip olan enerji faktörünün önemini daha belirgin hale getirmiştir. Hali hazırda temel enerji kaynağı fosil yakıtlar olmakla birlikte, bu kaynakların tükenir kaynaklar olması yanında çevreye verdiği zararlar nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının daha aktif kullanılması oldukça önem kazanmıştır. Bu çerçevede son dönemde önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisi gittikçe ön plana çıkmaya başlamıştır. Bu çalışmada rüzgâr enerjisi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki, seçilmiş 15 G-20 ülkesinin 1991-2017 dönemi verileri, panel veri yöntemi ile analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre rüzgâr enerjisi ile ekonomik büyüme arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunmaktadır.

1. Giriş

Sanayi devrimini takiben tüm dünyada pek çok alanda olduğu gibi, teknolojik gelişim ve iktisadi büyüme alanlarında da önemli sıçramalar yaşanmıştır. İnsanlığın kadim sorunu olan doğa karşısındaki güçsüzlüğü yerini yavaş yavaş onu kontrol etme ve ona hâkim olma fikrine bırakmıştır. İnsanlığın "herşeye karşı ve herşeye rağmen gelişimi" beraberinde doğanın geri dönülemez şekilde yok edilmesi ve doğal kaynakların da büyük bir hızla tüketilmesi sorunlarını gündeme taşımıştır. Bu noktada büyüme ve kalkınma hedeflerine ulaşmada anahtar konumda bulunan enerji konusu özellikle dikkat çekmektedir. Zira enerji sadece iktisadi büyüme bağlamında değil, sosyal ve beşerî ilerlemeler için de son derece önemlidir ve refah arttıkça enerji tüketimi artmaktadır (Koç, 2020a). Artan enerji talebi, bir yandan mevcut enerji kaynaklarından karşılanmaya devam ederken diğer yandan yenilenebilir enerji arzının da giderek artmasına yol açmaktadır.

Bu durum, dünya genelinde toplam enerji üretiminin özetlendiği Tablo 1'de de görülebilmektedir. Buna göre toplam enerji üretimi 2000 yılında 420 ExaJoul iken 2017 yılında 585 ExaJoul miktarına ulaşmıştır. Bir diğer deyişle 2000-2017 yılları arasında toplam enerji arzi yaklaşık olarak %39 oranında artmıştır. Kaynaklarına göre değerlendirildiğinde ise toplam enerji üretiminin ortalama olarak yaklaşık %80'i fosil ve nükleer yakıtlardan, geriye kalan kısım ise yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmıştır. Bununla birlikte, yenilenebilir kaynaklardan üretilen enerji kaynaklarının %48 civarında bir artış göstermiş olması dikkat çekicidir.

Tablo 1: Dünya Birincil ve Yenilenebilir Enerji Arzı (ExaJoul)

Yıl	Toplam Arz	Fosil Yakıtlar	Nükleer Yakıtlar	Yenilenebilir Kaynaklar
2000	420	336,8	28,3	54.7
2005	481	391,8	30,2	59.4
2010	539	441	30,1	68.2
2015	572	466	28,1	77.8
2016	576	467	28,5	80.6
2017	585	474	28,8	81.1

Kaynak: World Bioenergy Association (2019).

Öte yandan benzer bir artış eğilimi enerji tüketiminde de gözlenmektedir. Kaynaklarına göre dünya enerji tüketiminin gösterildiği Tablo 2 incelendiğinde bu durum rahatlıkla görülebilmektedir. 2000 yılında toplam 9357 MTOE olan dünya enerji tüketimi 2018 yılına gelindiğinde, yaklaşık % 48,2'lik bir artışla 13865 MTOE'ye ulaşmıştır. 2000-2018 döneminde yenilenebilir kaynaklardan üretilen enerjinin tüketimi iki kattan daha fazla artmış (yaklaşık 2,15 kat) ve 765 MTOE'den 1643 MTOE'ye çıkmıştır. Tüm dönem boyunca toplam fosil yakıt kaynaklı (kömür, petrol, doğal gaz) enerji tüketimi de yaklaşık % 45'lik bir artışla 8008 MTOE'den 11611 MTOE'ye çıkmıştır.

Tablo 2: Kaynağına göre Dünya Enerji Tüketimi (MTOE)

Yıl	Dünya Toplamı	Kömür	Petrol	Doğal Gaz	Nükleer	Yenilenebilir
2000	9357,0	2357,8	3587,0	2062,9	584,0	765,3
2001	9462,5	2396,9	3620,6	2091,6	600,5	752,9
2002	9676,5	2489,8	3650,8	2153,6	610,1	772,2
2003	10031,6	2709,1	3735,1	2212,8	597,7	776,8
2004	10524,1	2896,6	3879,2	2297,3	623,9	827,2
2005	10887,9	3108,6	3931,3	2359,9	626,6	861,7
2006	11205,8	3271,2	3983,0	2419,4	634,4	897,8
2007	11561,9	3454,2	4043,3	2518,4	621,5	924,5
2008	11705,1	3503,4	4027,6	2578,5	619,5	976,1
2009	11540,3	3450,6	3960,1	2526,0	610,8	992,7
2010	12099,9	3610,1	4086,3	2714,3	626,2	1063,0
2011	12403,7	3782,5	4128,7	2780,1	600,0	1112,3
2012	12575,5	3797,2	4179,5	2852,6	559,5	1186,8
2013	12819,4	3867,0	4229,7	2897,5	563,8	1261,4
2014	12939,8	3864,2	4263,4	2917,1	574,9	1320,1
2015	13045,6	3769,0	4342,6	2980,6	582,8	1370,6
2016	13228,6	3710,0	4421,6	3052,6	591,8	1452,5
2017	13474,6	3718,4	4477,0	3141,9	597,1	1540,1
2018	13864,9	3772,1	4529,3	3309,4	611,3	1642,8

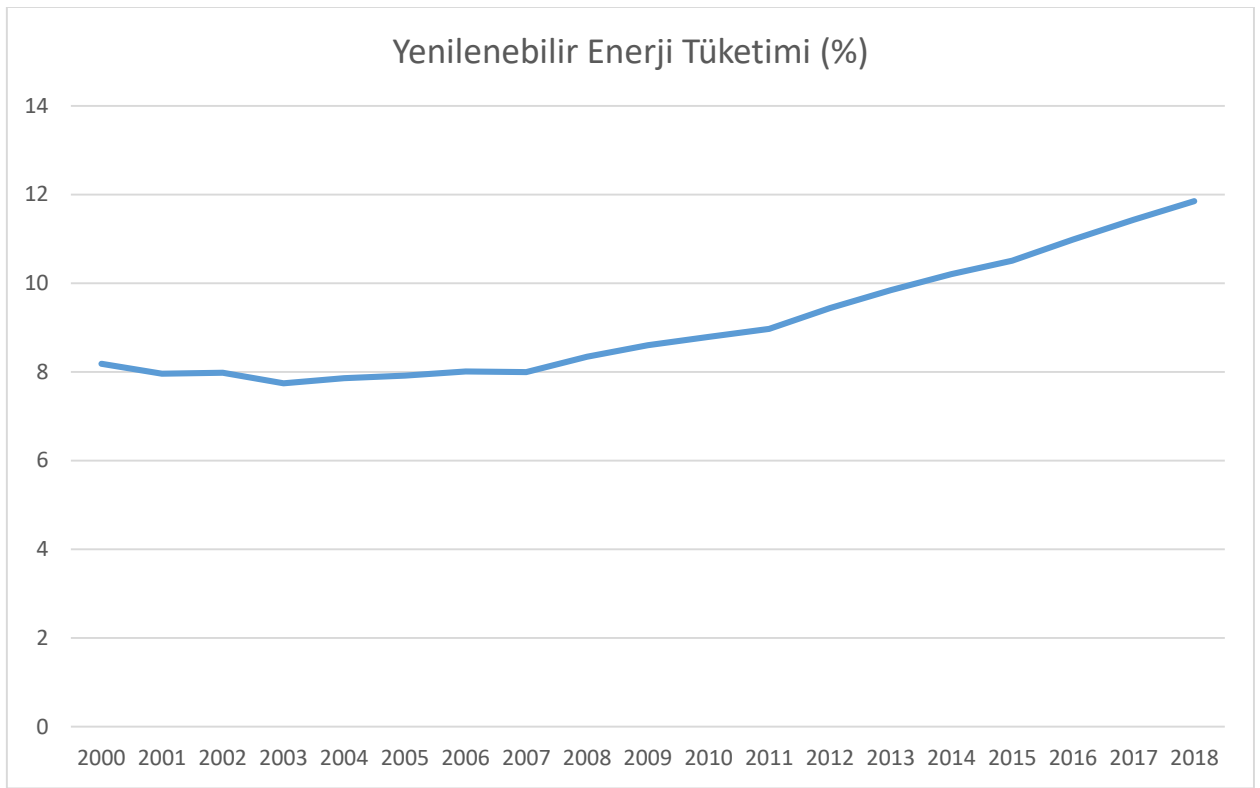
Not: MTOE: Milyon ton eşdeğer petrol.

Kaynak: BP Energy Outlook (2019) ve yazarların hesaplamaları.

Tablo 2'de dikkat çeken bir diğer husus, toplam tüketim içinde fosil yakıtların payında görece bir gerileme söz konusu iken yenilenebilir enerji tüketiminde artış gözlemlenmesidir. Zira 2000 yılında toplam tüketim içindeki fosil yakıtların payı yaklaşık % 85,6 iken bu oran 2018 yılında % 83,7'ye gerilemiştir. Buna karşılık yenilenebilir enerji tüketiminin toplam içindeki payı 2000 yılında yaklaşık % 8,18 iken, 2018 yılında yaklaşık olarak % 11,85'e çıkmıştır. Kuşkusuz bu artış

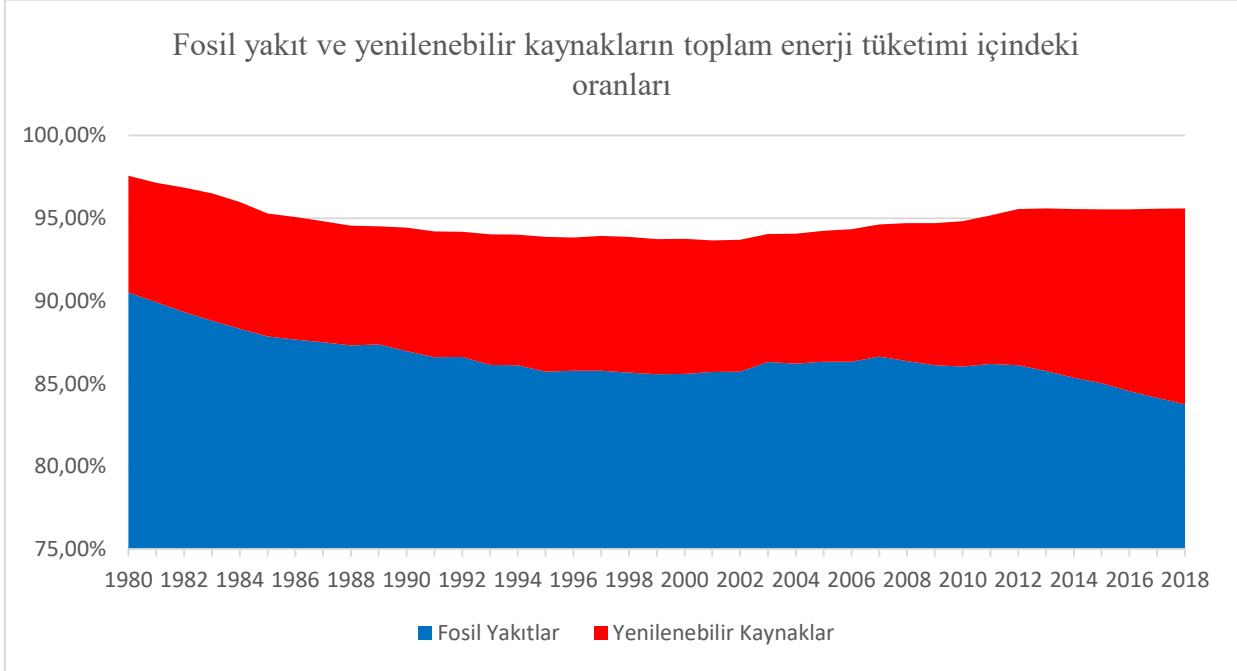
önemli bir boyutta değildir. Bununla birlikte, modern yaşamın ayrılmaz bir parçası olan geleneksel enerji kaynaklarının geri döndürülemez bir şekilde yok olmasına karşılık farklı çözüm arayışlarına bir yöneliş olarak değerlendirilebilir. Nitekim sivil toplum örgütlerinin artan baskılarının da etkisiyle Dünya Bankası ve OECD gibi kuruluşlar ekonomik büyümenin sürdürülebilir ve doğayla barışık olabilmesi için yeşil büyüme kavramını ortaya atmakta (World Bank, 2012; OECD, 2017) ve böylece, üretimde olduğu gibi tüketimde de yenilenebilir enerjinin önemi giderek daha belirgin hale gelmektedir. Bu durum Şekil 1 ve Şekil 2 üzerinden rahatlıkla görülebilmektedir. Buna göre yenilenebilir enerji tüketiminin özellikle 2006 yılından itibaren artış trendinde olması (Şekil 1) ve fosil yakıtlara göre toplam tüketim içindeki payının giderek yükselmesi söz konusudur (Şekil 2).

Şekil 1: Yenilenebilir kaynaklardan üretilmiş enerjiyi toplam tüketimi içindeki payı (%)



Kaynak: BP Energy Outlook (2019) ve yazarların hesaplamaları.

Şekil 2: Toplam enerji tüketiminde fosil ve yenilenebilir kaynakların payları (%)



Kaynak: BP Energy Outlook (2019) ve yazarların hesaplamaları.

Yenilenebilir enerji üretim ve tüketiminde gözlemlenen bu artışlar, geleneksel enerji kaynaklarının çevre üzerinde yarattığı olumsuz etkiler dikkate alınarak ekonomik büyüme ve kalkınmanın sürdürülebilirliği bağlamında ön plana çıkmaktadır. Zira çevre, her türlü ekonomik faaliyetin sürdürülebilmesi için temel oluşturmaktadır ve doğal kaynakların tükenmesi, iklim değişiklikleri ve hava kirliliği gibi çevresel bozulmalar, uzun dönemli büyüme hedeflerini olumsuz etkileyebilmektedir. Dahası, bu çevresel bozulmalar sadece gerçekleştiği bölge ile sınırlı kalmamakta, geçişkenlik ve hareketliliğin oldukça fazla olması nedeniyle farklı coğrafi bölgelere de sirayet etmektedir (OECD, 2019).

Yenilenemeyen enerjinin çevresel sorunları göz önüne alındığında, karar vericiler artan oranda yenilenebilir enerji üretimine ilgi göstermektedir. Yenilenebilir enerji zararlı emisyon yaymadığı için çevresel bozulmaya yol açmaz. Öte tandan yenilenebilir enerji "ikame etkisi" nedeniyle yani yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlar yerine kullanılmasıyla, fosil yakıtların vereceği zarar elimine edilerek çevresel zarar azaltılmış olur. Yenilenebilir enerji kaynakları tükenmez kaynaklardır ve fosil yakıtlar gibi elde etmek için madencilik faaliyetine ihtiyaç duymaz ki bu durum madencilik faaliyetinin doğaya vereceği zararın önlenmesi anlamına gelmektedir (Bilgili, Koçak, & Bulut, 2016; Majeed & Luni, 2019).

İklim değişikliğine karşı mücadelede, rüzgar da dahil olmak üzere yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımları sürekli artmaktadır. Rüzgar enerjisi dünyadaki en uygun (hidro-olmayan) yenilenebilir enerji kaynağıdır ve aynı zamanda son on yılda en yüksek mutlak artışa sahiptir. İklim değişikliğine karşı mücadelede önümüzdeki yıllarda rüzgar enerjisinin payı son derece belirleyici olacaktır. 2050 yılına kadar rüzgar enerjisinin payının en az 7 kat artması beklenmektedir (IRENA, 2019a; Quintana-Rojo, Callejas-Albinana, Tarancon, & Del-Rio, 2020).

Enerji tüketiminde artan oranda yenilenebilir kaynakların kullanılması ve bu kaynaklar içinde en yüksek paya sahip olması olgusundan hareketle, bu çalışmada rüzgâr enerjisi ile ekonomik

büyüme arasındaki ilişki araştırılmaktadır. Bu çerçevede G-20 ülkeleri arasında yer alan 15 ülkenin 1990-2017 yılları arasındaki verileri, panel veri yöntemi ile analiz edilmektedir. Çalışmamızın bir sonraki bölümünde rüzgâr enerjisinin gelişimine kısaca değinilmekte, üçüncü bölümde teorik çerçeve ortaya konulmaktadır. Dördüncü ve beşinci bölümlerde ekonometrik model ile veri seti ve deneysel analiz sonuçlarının ele alındığı çalışma, sonuç bölümü ile tamamlanmaktadır.

2. Yenilenebilir Bir Enerji Kaynağı Olarak Rüzgar

Kökünü tam olarak bilinmemekle birlikte, rüzgâr enerjisi insanoğlu tarafından bin yıldan fazla bir süredir faydalanılan bir kaynaktır. Örneğin Akdeniz havzasında yüzlerce yıldır yel değirmenlerinin işletilmesinde kullanılmış ve kullanımı günümüze kadar devam etmiştir (Musgrove, 1981). Profesyonel anlamda ilk rüzgâr elektrik sistemleri 1900'den önce inşa edilmekle birlikte, büyük ölçekli türbin inşa maliyetleri ve fiziksel zorluklar, tasarımların büyük ölçüde deneysel çalışmalar olarak kalmasına yol açmıştır. 1920 ve 1930'lu yıllarda ABD'de küçük ölçekli türbinler elektrik üretiminde kullanılmış ve bu ilk deneyimler 1950 ve 1960'lı yıllarda özellikle ABD ve Danimarka'da rüzgâr endüstrisi araştırmalarının artarak devam etmesine yol açmıştır (McDowall, Ekins, Radosevic, & Zhang, 2013; Taylor, Thornton, Nemet, & Colvin, 2006).

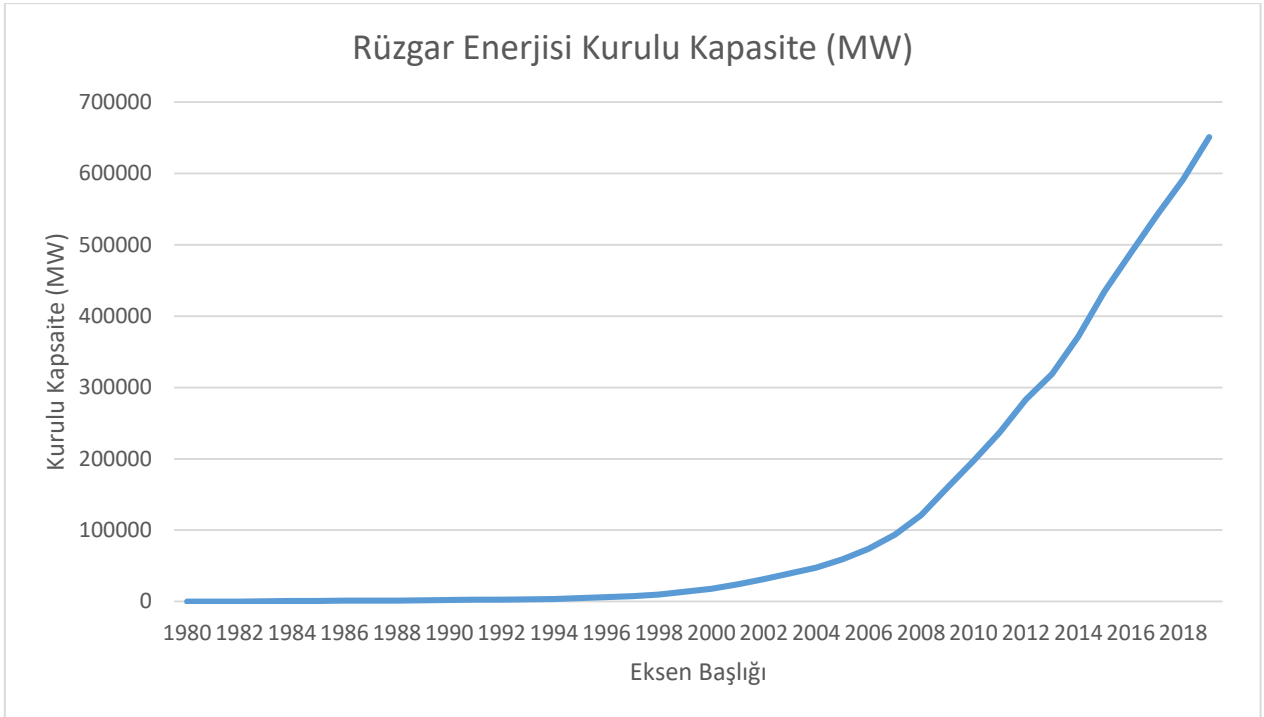
1970'li yıllarda yaşanan enerji krizleri, rüzgâr da dahil olmak üzere Avrupa ve ABD'de enerji teknolojileri alanında AR-GE faaliyetlerinin önemli boyutlara ulaşmasına neden olmuştur. Hükümetlerin sağladığı teşvikler, o güne kadar elde edilen bilgi ve deneyimlerin yanı sıra havacılık, güç elektroniği, tarım makineleri, gemi yapımı gibi mevcut endüstrilerden yararlanarak çeşitli türbin tasarımlarının geliştirilmesini sağlamıştır. 1980'lerin başında ABD'de ciddi vergi teşviklerinin de etkisiyle rüzgâr enerjisi alanında önemli bir büyüme yaşanmıştır. 1990'ların başında Çernobil olayı ve asit yağmuru krizinden sonra rüzgâr enerjisine ilgi daha da artmaya başlamıştır. Rüzgâr enerjisi teknolojileri üretilen enerjinin dağıtımı ve sürekliliği konusunda kendini kanıtlamış ve birçok ülke çeşitli teşvikler yanında çeşitli düzenlemeleri de devreye almıştır. Bu düzenleme ve teşvikler henüz olgunlaşmakta olan rüzgâr endüstrinin güç ve deneyim kazanmasını sağlayacak rekabet ve maliyet avantajları üzerine yoğunlaşmış ve Almanya, Danimarka ve İspanya gibi ülkelerde yatırımcıları çok az riske maruz bırakan bu destekler ile rüzgâr enerjisi istikrarlı bir biçimde büyümüştür. Bu sayede kazanılan deneyimin yanı sıra teknolojiler gelişmiş, maliyetler düşmüş ve endüstriye destek olacak şekilde rüzgâr enerjisi politikacılar tarafından çok daha fazla destek görmeye başlamıştır. 2000'li yıllara gelindiğinde Almanya, İspanya ve Danimarka pazarlarında rüzgârın düşük karbon seçeneği için ciddi bir potansiyel olduğu ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu durum büyük enerji şirketlerinin rüzgâr konusundaki araştırma geliştirme faaliyetlerini ve yatırımlarını artırmalarına neden olmuştur (Siemens, Enron vb.). Bu yıllarda rüzgâr endüstrisi ilk aşamada teknoloji transferi yoluyla, sonrasında ortak girişimler ve kalkınma finansmanı destekleriyle Çin'de de gelişmeye başlamıştır. İzleyen yıllarda korumacı pazar desteklerinin de artmasıyla ulusal üreticilerin üretimlerini büyük oranlarda artırdıkları gözlemlenmiş ve Çin rüzgâr endüstrisinde oldukça iddialı bir konuma gelmiştir (McDowall, Ekins, Radosevic, & Zhang, 2013).

Rüzgâr yakıt fiyatlarındaki dalgalanmalardan etkilenmeyen tükenmez bir enerji kaynağıdır. Bu özellik, ülkelerin enerji güvenliğine katkıda bulunabilecek önemli bir avantaj sağlamaktadır. Rüzgâr enerjisi, elektrik tedarik portföylerini çeşitlendirecek alternatif kaynaklar arasında yer almaktadır, ki bu, nispeten daha istikrarlı enerji fiyatlarına yol açabilme ve uzun vadede nihai

kullanıcılar için daha ucuz elektrik kullanımı olanağı sunabilme anlamına gelebilmektedir. Son 20 yılda rüzgâr enerjisi maliyetleri önemli ölçüde azalırken, bu maliyet düşüşü, esas olarak türbin tasarımındaki teknolojik ilerlemelerden kaynaklanmaktadır, çünkü daha büyük, daha verimli rüzgâr türbinleri rüzgâr enerjisi maliyetleri üzerinde aşağı yönlü baskı yaratmaktadır (Bird, et al., 2005; Loomis, Hayden, Noll, & Payne, 2016).

Şekil 3, 1980-2019 döneminde dünya genelindeki kurulu rüzgâr enerjisi kapasitesini göstermektedir. 1980 yılında dünyadaki toplam kurulu rüzgar enerjisi kapasitesi 8 MW iken, 1985 yılında 995 MW'a, 1995 yılında 1943 MW'a 2000 yılında 18039 MW'a ulaşmıştır. Toplam kurulu kapasite 2010 yılında 197026 MW, 2019 yılında ise 650758 MW olmuştur. Kurulu kapasite 2000 yılından bu yana yaklaşık 36 kat artmıştır.

Şekil 3: Dünyadaki Toplam Rüzgâr Enerjisi Kurulu Kapasitesi (MW)



Kaynak: Dünya Rüzgar Enerjisi Birliği (<https://wwindea.org/blog/2020/04/16/world-wind-capacity-at-650-gw/>)

Ülkelere göre kurulu rüzgâr enerjisi kapasitesi ise Tablo 3'te özetlenmiştir. 2015 yılından bu yana, dünyada rüzgâr enerjisinde en çok kurulu güce sahip ülke Çin Halk Cumhuriyeti'dir. Çin dünyadaki kurulu rüzgâr enerjisi gücünün %36'sına sahiptir. 2019 yılı rakamlarına göre toplam 105433 MW güc ile ABD, Çin'in ardından ikinci sıradadır.

Tablo 3: Ülkelere göre Rüzgâr enerjisi kurulu kapasitesi (MW)

(MW)	2019	2018	2017	2016	2015
Çin	237029	209529	188390	168730	148000
ABD	105433	96363	88775	82033	73867
Almanya	61357	59313	56190	50019	45192
Hindistan	37529	35129	32789	28279	24759
İspanya	25808	23494	23026	23020	22987
İngiltere	23515	20743	17852	14512	13614
Fransa	16646	15313	13760	12065	10293
Brezilya	15452	14707	12763	11898	11205
Kanada	13413	12816	12239	9257	8958
İtalya	10512	9958	9700	6493	6029
İsveç	8985	7406	6721	6493	6029
Türkiye	8056	7369	6872	6106	4718

Kaynak: Dünya Rüzgâr Enerjisi Birliği

Yukarıda ifade edildiği gibi, daha önce rüzgar enerjisi üretim maliyetleri oldukça yüksek iken gelinen noktada, teknolojidaki yenilikler ve artan verimliliğin sonucu olarak, birim maliyetler önemli ölçüde düşmüştür. Rüzgâr enerjisi üretim komplekslerinin özellikle ilk yatırım maliyetleri görece olarak yüksek olmakla birlikte, enerji bağımlılığına ve fosil yakıt fiyatlarındaki dalgalanmalara karşı önemli bir bariyer olmanın yanı sıra istikrarlı ve bağımsız bir enerji kaynağı ve enerji piyasasının oynaklığına karşı basit ama etkili bir sigorta olması bu maliyeti daha katlanılabilir hale getirmektedir (Marinescu, 2017).

Bu çerçevede coğrafi koşulların uygunluğu çerçevesinde rüzgar enerjisinin ciddi bir kaynak olduğu ve bu kaynağın değerlendirilmesinin tüm insanlık için ciddi bir fayda sağlayacağı açıktır. Tablo 3'te yer alan ülke sıralaması rüzgar enerjisinin ekonomik gelişim için de ciddi bir potansiyel taşıdığına dair izler içermektedir. Tablodan da görülebileceği gibi, dünyanın gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri rüzgâr enerjisi kapasitelerini sürekli olarak artırmaktadır.

3. Teorik Çerçeve

Enerji tüketimi çevresel kaliteyi etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Hali hazırda talep edilen enerjinin büyük bir bölümü yenilenemeyen enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Yenilenemeyen enerji kullanımının çevresel bozulmaya yol açan olumsuz etkileri vardır. Ekonomik kalkınma ve büyüme için gerekli enerji fosil yakıtlara dayanmakta ve bu enerji kaynaklarının kullanımı karbon salınımının artmasına yol açmakta ve çevresel bozulmaya neden olmaktadır. Bu bozulmanın büyüklüğü, enerjinin nasıl çıkarıldığı ve işlendiğinin yanı sıra nasıl kullanıldığına da bağlıdır. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde büyümenin sağlanmasında artan enerji talebi ve enerjinin sürdürülebilir bir biçimde kullanılabilirliği giderek küresel bir sorun haline gelmektedir. Özellikle, fosil yakıtların değişken fiyatları ve enerji kaynaklarının tükenmesi nedeniyle sürdürülebilir ve güvenli enerji sağlanması küresel

düzye de çözüm beklemektedir. Bu bağlamda, enerji üretimi için fosil yakıt ithalatına bağımlılığın azaltılması ve yerli yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması daha da önem kazanmaktadır (Majeed & Luni, 2019).

Bu çerçevede Leloux, Harkema ve Popescu (2015), 2020 yılının sonuna kadar yenilenebilir küçük ölçekli enerji kaynaklarının (örn. rüzgâr ve güneş enerjisi) AB'nin toplam elektrik tüketiminin yaklaşık %17'sini oluşturmasının beklendiğini ifade etmektedir. Tüm ulusal enerji politikalarının hedefi, ekonomi ve toplum için rekabetçi, güvenli ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının devamlılığını sağlamaktır. Yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ile uyumu yanında fosil yakıt bağımlılığı ve dolayısıyla ithalatını azaltma, karbon emisyon oranlarını düşürme ve ekonomiye daha yeşil iş olanakları sağlama potansiyeline sahiptir. Bu bağlamda yenilenebilir enerji sürdürülebilir ve rekabetçi enerji arzı hedeflerini karşılamak için son derece kritik ve önemlidir. Bir bütün olarak ele alındığında yenilenebilir enerji ulusal rekabet gücünün artmasına, istihdam ve ekonomik büyümeye ciddi bir katkı sunabilmektedir (Leloux, Harkema, & Popescu, 2015).

Yenilenebilir kaynaklar enerjinin sürdürülebilirliğini sağlamak ve tüketilen fosil yakıtların aksine yenilenebilmekte ve enerji güvenliği için bir sigorta konumunda bulunmaktadır (Prandecki, 2014; Tsoutsos, Frantzeskaki, & Gekas, 2005; Majeed & Luni, 2019). Ayrıca, yenilenebilir enerji doğası gereği merkezi değildir ve farklı coğrafyalarda kurulabilmektedir. Bir başka ifade ile yayılıma uygundur. Bu nedenle özellikle kırsal bölgelerde istihdama ciddi bir katkı sağlama potansiyeline sahiptir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının farklı yerleşkelerde kurulabilme esnekliğinin olması (yenilenebilir kaynak koşullarına uygun olarak) tesislerin bakım maliyetlerinin de daha düşük olmasına yol açmaktadır (IRENA, 2019b).

Fosil yakıt ithalatına bağımlılık ticaret dengesini etkilerken, bir yandan da makroekonomik istikrarsızlığa yol açabilecek şekilde kırılganlığı artırmaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerjiden faydalanmak ekonominin dış ekonomik şoklara karşı kırılganlığını da azaltıcı bir etkiye sahiptir. Yenilenebilir enerji, merkezi olmayan yapısı nedeniyle farklı coğrafi bölgelerde istihdam fırsatlarını arttırırken, o bölgedeki toplam geliri dolayısıyla toplam talebi de arttırabilmektedir (IRENA, 2016).

Yenilenebilir enerji kaynağı olarak rüzgârın da ekonomiye pek çok etkisi vardır. Rüzgâr enerjisi gelişimi, istihdam ve geliri pozitif olarak etkilemekte, bu etki sadece tesislerin kuruluş aşamasıyla sınırlı kalmamaktadır. Bunun yanı sıra tesisin operasyonel süreci de aynı şekilde istihdam ve geliri pozitif etkilemektedir. Rüzgâr enerjisi inşaatı ve işletme harcamaları, yerel ekonomideki diğer endüstriler tarafından üretilen veya satılan mal ve hizmetler (örn. çakıl, beton, araç, yakıt, donanım ve sarf malzemeleri) için dolaylı talep oluşturabilmekte ve bu sektörlerde de istihdam ve gelirin artmasına katkıda bulunabilmektedir. Rüzgâr türbinleri sahipleri tarafından yerel toprak sahiplerine yapılan kira ödemeleri yerel gelire katkıda bulunurken, rüzgâr türbinleri diğer arazi veya diğer kaynak kullanımlarının ve/veya yaratılan ekonomik değerin yerini alması halinde, bu ödemelerin yerel ekonomi üzerindeki net etkisi, ödemelerin brüt miktarından daha az olabilmektedir. Örneğin, rüzgâr türbinleri işgal ettiği yer nedeniyle tarımsal üretimi ve böylece tarımdan elde edilen geliri azaltabilecektir. Bir araştırmaya göre, rüzgâr türbinleri kurulu kapasitedeki MW başına ortalama 0.74 dönüm araziye kalıcı olarak ve 1.74 dönümlük araziye ise geçici olarak devre dışı bırakılmaktadır. Öte yandan genel olarak bakıldığında arazi sahipleri rüzgâr türbinlerinin kuruluşlarını kabul etmektedirler ve bu da rüzgâr türbininden elde edilen gelirin daha yüksek olduğuna işaret



Koç, Ü. & Apaydın, Ş. (2020), "İktisadi Büyüme ve Rüzgar Enerjisi: Seçilmiş G-20 Ülkeleri İçin Bir Analiz", Fiscoeconomia, 4(3), 595-612.

etmektedir (Brown, Pender, Wiser, Lant, & Hoen, 2012; Denholm, Hand, Jackson, & Ong, 2009).

Rüzgar türbinlerinin sahipliği aynı bölgede yerleşik kişilere aitse, sahiplerinin kazandığı karlar bölge sakinlerinin gelirine de katkıda bulunur. Bu etki hem bu yatırımların fırsat maliyetine hem de elde edilen kar seviyesine bağlıdır. Emlak, çevre vb. vergiler de dahil olmak üzere rüzgâr enerjisi operatörleri tarafından yapılan harç ve vergi ödemeleri hem merkezi hem de yerel yönetim gelirlerinin artmasına katkıda bulunabilmektedir. Gerek yerel idare ve yerel halkın elde ettiği bu ek gelir kaynakları gerekse inşaat veya işletme faaliyetlerine katılan işçiler tarafından yerel ekonomideki mal ve hizmetlere yapılan harcamalar, çarpan etkisiyle yerel ekonomiyi büyütebilecektir. Bir bölgedeki rüzgâr enerjisi gelişimi, yakın bölgelerde de etki yaratabilecek; komşu bölgeler de artan mal talebini karşılayacak tedarikçiler arasına girme, işgücünü karşılamak üzere göçe konu olma gibi çeşitli yollarla, komşu bölgelerdeki kişilerin de istihdamını ve gelirini etkileyebilecektir. Bu durum bir bölgeyi kapsamaktan öte komple bir ekonomik büyüme yaratma potansiyeli oluşturabilecektir (Brown, Pender, Wiser, Lant, & Hoen, 2012).

Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki aynı şekilde yenilenebilir enerji kaynakları ile büyüme arasında da geçerlidir. Bunun yanısıra kullanılan teknoloji, üretim sırasında yaratılan katma değer, ek istihdam, bir kaynak olarak enerjinin bölgesel olarak ucuzlaması gibi doğrudan ve dolaylı etkilerle rüzgâr enerjisinin ekonomik büyüme üzerinde etkisi olduğu değerlendirilmektedir.

4. Deneysel Literatür ve Ekonometrik Model

Yenilenebilir enerji ve sürdürülebilir kalkınma pek çok açıdan etkileşim içindedir ve bu nedenle de hemen hemen tüm ülkelerde yenilenebilir enerji altyapıları sürdürülebilir kalkınmanın tam da merkezinde yer almaktadır (Stiglitz, 2002). Yenilenebilir enerjinin diğer sosyo-ekonomik parametrelerle uyumlu olması için; uygun kaynak yönetimi ile çevresel sürdürülebilirlik; altyapı ve hizmet geliştirme olanaklarını ekonomik açıdan daha dezavantajlı durumda olan kırsal kesimler lehine kullanmak suretiyle sağlanabilecek ekonomik sürdürülebilirlik; toplumdaki dezavantajlı düşük gelirli grupları, kadınları ve çocukları öncelleyen destekler ve yasal düzenlemeler yoluyla sosyal sürdürülebilirlik; tüm bunların zaman içinde sürdürülmesini veya artırılmasını sağlayacak idari ve yönetsel sürdürülebilirlik hususları da ele alınması gereken konular arasındadır (Bugaje, 2006; İnglesi-Lotz, 2016).

Pek çok ampirik çalışmada ve çeşitli raporlarda enerji ile ekonomik büyüme arasında oldukça sıkı bir bağ olduğu ifade edilmektedir (Energy Information Administration-EIA, 2013). Enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki 1970'lerde yaşanan iki büyük petrol krizi ve küresel büyüme oranlarındaki keskin düşüşler sonrasında Kraft ve Kraft'ın (1978) çalışması ile birlikte ampirik olarak iktisatçıların gündemine girmiştir. Enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi konu eden çalışmalar arasında Akarca ve Long (1979), Stern (2000), Stern ve Cleveland (2004), Glosh (2002), Yoo (2005), Yoo ve Kwak (2010), Shahbaz, Tang ve Shabbir (2011), Apergis ve Payne (2011) Koç (2020b), Llop (2020) gibi çalışmaları saymak mümkündür.

Fang (2011) tarafından yapılan çalışmada yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki ele alınmıştır. Çin için 1978 ve 2008 yıllarında arasındaki dönemi kapsayan analizde enerji ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Türkiye için 1990 ile 2012 yıllarını kapsayan çalışmada Doğan (2015) tarafından hem yenilenebilir hem de yenilebilir olmayan

enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki bağ araştırılmış, enerji ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Avrupa birliği ülkeleri için yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme ilişkisinin panel veri yöntemi ile irdelendiği Menegaki (2011) çalışmasında, yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Benzer şekilde Soytaş ve Sarı (2003) ile Narayan ve Prasad (2008) çalışmalarında da enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında anlamlı bir ilişki elde edilememiştir.

Apergis ve Payne (2010) tarafından yapılan çalışmada, yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki 1985 ile 2005 yılları arasında 20 OECD ülkesi için panel veri yöntemi ile analiz edilmiştir. Analiz bulguları yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında pozitif yönlü bir bağ olduğu yönündedir. Sadorsky (2009) ise makalesinde yükselen ekonomiler için enerji tüketimi ve milli gelir arasındaki bağı sorgulamıştır. Panel veri analizi ile yapılan çalışmada kişi başına tüketilen yenilenebilir enerji ile kişi başı reel milli gelir arasında pozitif bir ilişki olduğu bulgulanmıştır. OECD ülkeleri için yaptıkları çalışmada Ohler ve Fetters (2014) panel veri analizi ile 1990 ile 2008 yılları arasında enerji ile ekonomik büyüme arasındaki aynı yönlü bir bağ olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Yine OECD ülkelerini kapsayan ve 1990 ile 2010 yılları arasındaki veri setini kullanarak yaptıkları çalışmada Inglesi-Lotz (2016), yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi test etmişlerdir. Çalışmadaki bulgular yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmadaki ekonometrik modelde rüzgâr enerjisi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki araştırılmaktadır. Çalışmanın amacına uygun şekilde ekonomik büyümenin bağımsız değişken olarak yer aldığı denklem Bilgili ve Öztürk (2015) takip edilerek aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$GSYIH_{it} = f(Sermaye_{it}, Istihdam_{it}, Ruzgar_{it}) \quad (1)$$

(1) numaralı denklemde $GSYIH_{it}$, $Sermaye_{it}$, $Istihdam_{it}$, $Ruzgar_{it}$ sırasıyla (i) ülkesi için (t) zamanında reel gayrisafi yurt içi hasılayı, sermaye stoğunu, istihdam düzeyini, rüzgâr enerjisi üretimini göstermektedir. (1) numaralı denklemden yola çıkarak indirgenmiş form denklemi ise aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$GSYIH_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Sermaye_{it} + \alpha_2 Istihdam_{it} + \alpha_3 Ruzgar_{it} + u_{it} \quad (2)$$

u_{it} hata terimi, (3) numaralı denklemdeki gibi tanımlanmaktadır:

$$u_{it} = \mu_i + v_{it} \quad (3)$$

(3) numaralı denklemde zamana göre sabit ancak kesite göre farklı olan bireysel etkiyi μ göstermektedir. Zamana ve kesite göre ortaya çıkan değişiklikleri ise v kapsamaktadır. Bu şekilde hata terimine sahip panel veri modelleri tek taraflı hata bileşenli regresyon modeli olarak adlandırılmaktadır (Baltagi, 2005; Koç & Şahin, 2015).

5. Veri Seti ve Deneysel Analiz

Deneysel çalışmada seçilmiş 15 G-20 ülkesine ait 1991-2017 yılları arasındaki veri seti kullanılmakta ve kapsanan ülkeler Tablo 4'te yer almaktadır. Yıllık bazda toplam 405 gözlem ile yapılan analizde, büyüme, sermaye stoğu ve istihdam verisi PENN World Table serisinden, rüzgâr enerjisi verisi BP (2019)'dan alınmıştır.

Tablo 4: Deneysel çalışmada yer alan ülkeler

Ülke	Ülke	Ülke	Ülke	Ülke
Arjantin	Avustralya	Brezilya	Kanada	Fransa
Almanya	Endonezya	İtalya	Japonya	Meksika
Güney Kore	Güney Afrika	Türkiye	İngiltere	ABD

Modelde yer alan değişkenlere ilişkin tanımlayıcı bilgiler Tablo 5’te verilmektedir. Tüm değişkenlerin logaritmik formları kullanılmış, gayrisafi yurt içi hasıla ve sermaye stoğu verileri milyon ABD Doları cinsinden, istihdam milyon kişi, rüzgâr enerjisi ise Terawatt-saat cinsinden ifade edilmektedir.

Tablo 5: Tanımlayıcı istatistikler

Değişkenler	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maximum
GSYİH	14,27482	0,866992	12,25161	16,70191
Sermaye	3,457148	0,766707	2,037602	5,039783
İstihdam	15,48631	1,037911	13,1151	17,92514
Rüzgâr	-2,4492	5,448829	-13,8155	5,548575

Kullanılan veri setindeki değişkenlere ilişkin birim kök testleri Tablo 6’da yer almaktadır. Levin-Lin-Chu testinin kullanıldığı birim kök analizinde “Değişken birim kök içermektedir, durağan değildir” hipotezi reddedilmektedir. Bir başka ifade ile kullanılan veri setindeki değişkenler birim kök içermemekte, yani düzeyde durağandır.

Tablo 6: Birim kök test sonuçları

Değişkenler	Birim Kök Testi	Test İstatistiği	P Değeri
GSYİH	Levin-Lin-Chu	-3.6458	0.0001
Sermaye	Levin-Lin-Chu	-2.0935	0.0182
İstihdam	Levin-Lin-Chu	-1.5786	0.0572
Rüzgâr	Levin-Lin-Chu	-5.6774	0.0000

Veri seti üzerinde (2) numaralı denklem için sabit etkiler ve tesadüfü etkiler yöntemleri uygulanmış, elde edilen sonuçlar Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7: Panel veri analizi sonuçları

	Sabit Etkiler Yöntemi	Tesadüfi Etkiler Yöntemi
	GSYİH	GSYİH
Sermaye	0.322*** (22.05)	0.364*** (25.50)
İstihdam	0.785*** (13.09)	0.566*** (13.86)
Rüzgar	0.0102*** (7.21)	0.0115*** (7.84)
Sabit	6.600*** (35.77)	6.707*** (35.64)
Gözlem sayısı	405	405

Parentez içindeki değerleri *t* istatistikleridir

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Tablo 7’de verilen sonuçlar çerçevesinde gayrisafi yurtiçi hasıla ile sermaye stoğu, istihdam ve rüzgâr enerjisi arasındaki ilişki hem sabit etkiler hem de tesadüfi etkiler modellerinde istatistiki olarak anlamlıdır.

Tablo 8’de verilen Hausman sonuçları çerçevesinde ise sabit etkiler modeli reddedilmediğinden çalışmada yapılacak değerlendirmelerde sabit etkiler sonuçları dikkate alınmaktadır. Sabit etkiler yönteminde rüzgar enerjisinin gayrisafi yurtiçi hasıla üzerindeki etkisinin sermaye stoğu ve istihdama göre çok daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum beklentilere uygun bir sonuçtur. Sermaye stoğu ve istihdam, üretim sürecinin iki temel girdisidir ve çok doğal olarak bu iki faktörün etkisinin de enerji girdisinden daha yüksek olması beklenmektedir. Bu analizde enerji etkisinin büyüklüğünden ziyade, bu etkinin istatistiki olarak anlamlı olması çok daha fazla önem taşımaktadır. Buradaki bulgular çerçevesinde uzun dönemde enerjinin de üretim sürecinde bir faktör olarak değerlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bulunan sonuçlar Sadorsky (2009), Apergis ve Payne (2010) ve Koç (2020b) çalışmaları ile de uyumluluk göstermektedir.

Tablo 8: Hausman test sonuçları

	(b)	(B)	(b-B)	$\sqrt{\text{diag}(V_b - V_B)}$
	Sabit etkiler	Tesadüfi etkiler	Fark	S.E.
Sermaye	0.3219796	0.364065	-.0420854	.0030663
Istihdam	0.7850247	0.5664639	.2185608	.0439002
Rüzgar	0.0102288	0.0115013	-.0012725	

b = Ho ve Ha altında tutarlı; panel regresyondan elde edilmiş
B = Ha altında tutarsız, Ho altında etkili; panel regresyondan elde edilmiş

Chi2(4) = 10.26
Prob>chi2 = 0.0165

Elde edilen bulgulara göre, sermaye stoğunda %10'luk bir artış gayrisafi yurtiçi hasıla üzerinde %3.2'lik bir artışa yol açacaktır. Benzer şekilde istihdam seviyesinde gerçekleşecek %10'luk bir artış gayrisafi yurtiçi hasıla üzerinde %7,85'lik bir artış gerçekleştirmektedir. Tablodan görüleceği üzere rüzgâr enerjisi üretimindeki %10'luk bir artışın büyüme üzerindeki etkisi %0,1 (binde bir) seviyesindedir. Bu etki düzeyini değerlendirirken rüzgâr enerjisinin toplam enerji arzı içindeki payını da göz önünde bulundurmak daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

6. Sonuç

Emek ve sermaye gibi temel üretim faktörlerinin yanı sıra enerji faktörü de üretim sürecinin vazgeçilmez unsurlarından birisidir. Bununla birlikte enerji sadece üretim sürecinin önemli bir girdisi olarak değil, refah düzeyinin bir göstergesi olarak tüketim sürecinin bir çıktısı olmak bakımından da son derece önem arz etmektedir. Ne var ki, enerji ve diğer doğal kaynakların son 200 yıldır büyük bir hızla tüketilmesi ve çevresel zararların geri dönülemez noktalara çok yaklaşmış hatta bazı alanlarda kritik eşiği aşmış olması nedeniyle, tüm dünyada büyüme ve kalkınmanın sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarına giderek daha fazla önem verilmeye başlanmıştır. Bu çerçevede yenilenebilir enerji kaynaklarının büyüme, kalkınma, istihdam gibi ekonomik etkilerinin yanı sıra çevresel etkileri de teorik ve ampirik araştırmalara konu olmuştur.

Öte yandan yenilenebilir enerji alanında önemli bir kaynak olarak rüzgâr enerjisi dikkat çekmektedir. Bu çalışmada rüzgâr enerjisi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki, seçilmiş 15 adet G-20 ülkesine ilişkin 1991-2017 yılları arasındaki veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan çalışmada rüzgâr enerjisi üretimi ile ekonomik büyüme arasında pozitif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Sadece bugünü değil geleceğimizi ilgilendiren bir konu olarak enerji ve enerji ekonomisi bu yüzyılda da önemini korumaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tüm dünya genelinde yapılan/yapılacak düzenlemelerle birlikte daha çok kullanılmaya başlamasıyla, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji ilişkisi her alt yenilenebilir kaynak için daha belirgin hale gelecektir. Ülkelerin kendilerine has durumlarını da dikkate alınarak yapılacak deneysel çalışmalar, en az toplu değerlendirmeler kadar önemlidir. Bu çerçevede ülke bazlı hatta ülke içinde bölgesel bazlı çalışmaların ciddi bir katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hem ekonomik büyümeyi artırmaları hem ülkelerin enerji arz sürekliliğini desteklemeleri ve enerji güvenliğine katkı sağlamaları, hem de bölgesel kalkınmaya olumlu etkileri nedenleriyle daha fazla ve daha programlı bir şekilde teşvik edilmeli ve yaygınlaştırılmalıdır.

Kaynakça

- Akarca, A. T., & Long, T. V. (1979). Energy and employment: A time series analysis of the causal relationship. *Resources and Energy*, 2, 151–162.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, 38, 656–660.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2011). A dynamic panel study of economic development and the electricity consumption-growth nexus. *Energy Economics*, 33(5), 770-781.
- Baltagi, H. (2005). *Econometric Analysis for Panel Data İngiltere*, 3. Baskı, (Üçüncü Baskı b.). İngiltere: John Wiley & Sons.
- Bilgili, F., & Öztürk, İ. (2015). Biomass energy and economic growth nexus in G7 countries: Evidence from dynamic panel data. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 132–138.
- Bilgili, F., Koçak, E., & Bulut, U. (2016). The dynamic impact of renewable energy consumption on CO2 emissions: A revisited Environmental Kuznets Curve Approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 838-845.
- Bird, L., Bolinger, M., Gagliano, T., Wiser, R., Brown, M., & Parsons, B. (2005). Policies and Market Factors Driving wind Power Development in the United States. *Energy Policy*, 33, 1397–407.
- BP Energy Outlook. (2019). *Statistical Review of World Energy*. BP: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html> adresinden alındı
- Brown, J. P., Pender, J., Wiser, R., Lant, E., & Hoen, B. (2012). Ex post analysis of economic impacts from wind power development in U.S. counties. *Energy Economics*, 1743–1754, 1743–1754.
- Bugaje, I. M. (2006). Renewable energy for sustainable development in Africa: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10(6), 603-612.
- Denholm, P., Hand, M., Jackson, M., & Ong, S. (2009). Land-use requirements of modern wind power plants in the United States. *National Renewable Energy Laboratory, NREL/TP-6A2-45834*.
- Doğan, E. (2015). The relationship between economic growth and electricity consumption from renewable and non-renewable sources: A study of Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 534-546.
- Energy Information Administration. (2013). *Annual Energy Outlook 2013 with projections to 2040*. Washington D.C.: (EIA).



Koç, Ü. & Apaydın, Ş. (2020), "İktisadi Büyüme ve Rüzgar Enerjisi: Seçilmiş G-20 Ülkeleri İçin Bir Analiz", *Fiscaoeconomia*, 4(3), 595-612.

- Fang, Y. (2011). Economic welfare impacts from renewable energy consumption: The China experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 5120-5128.
- Ghosh, S. (2002). Electricity consumption and economic growth in India, *Energy Policy*. *Energy Policy*, 30, 125-129.
- Inglesi-Lotz, R. (2016). The impact of renewable energy consumption to economic growth: A panel data application. *Energy Economics*, 53, 58–63.
- IRENA. (2016). *Renewable energy benefits: Measuring the economics*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- IRENA. (2019a). *Global energy transformation: A roadmap to 2050 (2019 edition)*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- IRENA. (2019b). *Renewable energy and Jobs: Annual review 2019*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- Koç, Ü. (2020a). Sektörel Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi*, 55(1), 508-521.
- Koç, Ü. (2020b). The Relationship Between Biomass and GDP: A Panel Data Analysis. Ş. Apaydın, & A. Güngör içinde, *New Perspectives and Studies In Economics And Administrative Sciences* (s. 21-34). Ankara: Siyasal.
- Koç, Ü., & Şahin, H. (2015). Parasal Aktarım Mekanizması: Firma Bilanço Kanalı ve Türkiye. *Ege Academic Review*, 15(1), 19-26.
- Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *Journal of Energy and Development*, 3, 401–403.
- Leloux, M., Harkema, S., & Popescu, F. (2015). Accelerating The Adoption Process of Renewable Energy Sources Among SME's. *Annals of Faculty of Economics, University of Oradea, Faculty of Economics*, 1(1), 247-255.
- Llop, M. (2020). Energy import costs in a flexible input-output price model. *Resource and Energy Economics*, 59, 1-9.
- Loomis, D. G., Hayden, J., Noll, S., & Payne, J. E. (2016). Economic Impact of Wind Energy Development in Illinois. *Journal of Business Valuation and Economic Loss Analysis, De Gruyter*, 11(1), 3-23.
- Majeed, M. T., & Luni, T. (2019). Renewable Energy, Water, and Environmental Degradation: A Global Panel Data Approach. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*, 13(3), 749-778.
- Marinescu, N. (2017). Wind Energy In The Eu: How Does Romania Fare? *Annals - Economy Series, Constantin Brancusi University, Faculty of Economics*, 3, 83-87.
- McDowall, W., Ekins, P., Radosevic, S., & Zhang, L. (2013). The development of wind power in China, Europe and the USA: how have policies and innovation system activities co-evolved? *Technology Analysis & Strategic Management*, 25(2), 163–185.



Koç, Ü. & Apaydın, Ş. (2020), "İktisadi Büyüme ve Rüzgar Enerjisi: Seçilmiş G-20 Ülkeleri İçin Bir Analiz", *Fiscaeconomia*, 4(3), 595-612.

- Menegaki, A. N. (2011). Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence for neutrality hypothesis. *Energy Economics*, 33(2), 257-263.
- Musgrove, P. J. (1981). Wind Energy. *Journal of the Royal Society of Arts*, 129(5301), 553-567.
- Narayan, P. K., & Prasad, A. (2008). Electricity consumption-real GDP causality nexus: Evidence from a bootstrapped causality test for 30 OECD countries. *Energy Policy*, 36, 910–918.
- OECD. (2017). *Green Growth Studies: Green Growth Indicators 2017*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2019). *Economic Policy Reforms 2019: Going for Growth*. Paris: OECD Publishing.
- Ohler, A., & Fetters, I. (2014). The causal relationship between renewable electricity generation and GDP growth: A study of energy sources. *Energy Economics*, 43, 125–139.
- Prandecki, K. (2014). Theoretical aspects of sustainable energy. *Energy and Environmental Engineering*, 2(4) , 83-90.
- Quintana-Rojo, C., Callejas-Albinana , F., Tarancon, M., & Del-Rio, P. (2020). Assessing the feasibility of deployment policies in wind energy systems. A sensitivity analysis on a multiequational econometric framework. *Energy Economics*, 86.
- Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption and income in emerging economies. *Energy Policy*, 37, 4021–4028.
- Shahbaz , M., Tang, C. F., & Shabbir, M. S. (2011). Electricity consumption and economic growth nexus in Portugal using cointegration and causality approaches. *Energy Policy*, 39, 3529–3536.
- Soytas, U., & Sari, R. (2003). Energy consumption and GDP: Causality relationship in G-7 and emerging markets. *Energy Economics*, 25, 33–37.
- Stern, D. I. (2000). A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macroeconomy. *Energy Economics*, 22, 267–283.
- Stern, D. I., & Cleveland, C. J. (2004). Energy and Economic Growth. *Rensselaer Working Papers in Economics 0410*.
- Stiglitz, J. E. (2002). *Globalization and Its Discontents*. Penguin Books Ltd.: London, UK.
- Taylor, M., Thornton, D., Nemet, G., & Colvin, M. (2006). *Government actions and innovation in environmental technology for power production: The cases of selective catalytic reduction and wind power in California. Report for the California Energy Commission*. Berkeley: University of California.
- Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N., & Gekas, V. (2005). Environmental impacts from the solar energy technologies. *Energy Policy*, 33(3), 289-296.
- World Bank. (2012). *Inclusive Green Growth: The Pathway to Sustainable Development*. Washington: World Bank.



Koç, Ü. & Apaydın, Ş. (2020), "İktisadi Büyüme ve Rüzgar Enerjisi: Seçilmiş G-20 Ülkeleri İçin Bir Analiz", *Fiscaoeconomia*, 4(3), 595-612.

World Bioenergy Association. (2019). *Global Bioenergy Statistics 2019*. World Bioenergy Association.

Yoo, S. (2005). Electricity consumption and economic growth: evidence from Korea. *Energy Policy*, 33, 1627–1632.

Yoo, S. H., & Kwak, S. Y. (2010). Electricity consumption and economic growth in seven South American countries. *Energy Policy*, 38(1), 181-188.