

## Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Kantil Regresyon ile Modellenmesi: ABD Örneği

Sevda KUŞKAYA\*

### Öz

Çalışmada, yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyüme üzerindeki rolü, kantil regresyon (quantile regression) modeli ile araştırılmıştır. Çalışmanın örneklemini olarak enerji datalarına ulaşılabilirlik ve datalarının yüksek frekansa sahip olması nedeniyle ABD ekonomisi tercih edilmiştir. 1990:Q1-2020:Q2 döneminin dikkate alındığı çalışmada, GSYH bağımlı değişken, biokütle enerjisi üretimi, güneş enerjisi üretimi ve rüzgâr enerjisi üretimi bağımsız değişkenler olarak modele dahil edilmiştir. Kantil regresyon analizi neticesinde söz konusu yenilenebilir enerjilerin üretiminin, ekonomik büyüme üzerinde genel olarak pozitif bir etkiye sahip oldukları sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir Enerji, Ekonomik Büyüme, Regresyon Analizi, Kantil Regresyon, ABD.

### Modeling the Relationship between Renewable Energy and Economic Growth with Quantile Regression: Case of the USA

#### Abstract

This paper investigated the role of renewable energy generation on economic growth with the quantile regression model. The USA economy was chosen as the sample of the study due to the availability of energy data and the high frequency of these data. In the paper, considering the period 1990:Q1-2020:Q2, GDP was included in the model as a dependent variable, biomass energy generation, solar energy generation, and wind energy generation as independent variables. As a result of the quantile regression analysis, it was concluded that the generation of these renewable energies generally had a positive effect on economic growth.

**Keywords:** Renewable energy, Economic Growth, Regression Analysis, Quantile Regression, USA.



#### Özgün Araştırma Makalesi (Original Research Article)

Geliş/Received: 17.06.2021

Kabul/Accepted: 29.11.2021

DOI: <https://dx.doi.org/10.17336/igusbd.953467>

\* Doç. Dr., Erciyes Üniversitesi, Adalet Meslek Yüksekokulu, Hukuk Bölümü, Kayseri, Türkiye.

E-posta: [skuskaya@erciyes.edu.tr](mailto:skuskaya@erciyes.edu.tr) ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4527-5713>

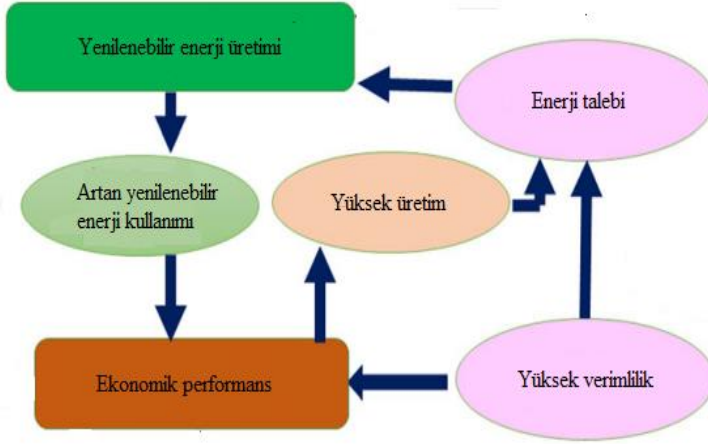
## Giriş

Teknolojik gelişme ve sanayileşmeye bağlı olarak enerji, üretim fonksiyonunda yer alan önemli faktörlerden biri haline gelmiştir. Üretim miktarındaki yükseliş, enerji ihtiyacında da bir artış meydana getirmiştir. Bu ihtiyaçların karşılanma faaliyetleri, çevre üzerinde birtakım olumsuz etkilere yol açmıştır. Özellikle son çeyrek asırda zararlı etkisini daha fazla göstermeye başlayan küresel ısınma ve iklim değişikliği en önemli çevre sorunlarının başında gelmektedir. Bahsedilen çevresel olumsuzluklarda dikkate alınarak; teknoloji, sanayileşme ve nüfus artışının beraberinde getirdiği artan enerji ihtiyacı, ülkeleri alternatif enerji kaynaklarını kullanmaya yönlendirmiştir. Yenilenebilir enerjinin, iklim değişikliğini azaltmada kilit rol oynayabileceği ve enerjinin karbonsuzlaştırılmasında (decarbonizing) etkili olabileceği yapılan araştırmalar ile desteklenmektedir (Singh vd., 2019).

Söz konusu durumlar, ülkelerin gelecek için daha çevreci, ekonomik, sürdürülebilir bir enerji arzına ulaşma hususundaki farkındalıklarını artırmıştır (Zahedi, 2011). Bunun yanı sıra, enerji güvenliğinin sağlanması, bir devletin hem ulusal çıkarları hem de ulusal güvenliği açısından önemli bir konuma sahiptir (Valodka ve Valodkiene, 2015). Özellikle enerji konusunda dışa bağımlı ülkelerde yenilenebilir enerji kaynakları (Acaravcı ve Erdoğan, 2017):

- Ülkelerin yeraltı kaynaklarının kullanımının cazip hale getirilmesi,
- Enerji ithalatının azaltılması yoluyla ödemeler dengesi açıklarının iyileştirilmesi,
- Üretim sürecinde enerji girdi maliyetlerinin düşürülmesi,
- Çevre dostu üretim yöntemlerinin teşvik edilmesi gibi nedenlerle önem arz etmektedir.

Yenilenebilir enerji, sürdürülebilir kalkınmayla da yakın ilişkilidir. Sürdürülebilir kalkınma kavramının en kabul gören tanımlarından birisi Brundtland komisyonu raporunda yer almaktadır. Rapora göre sürdürülebilir kalkınma "Gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerinden ödün vermeden, bugünün ihtiyaçlarını karşılayan bir gelişmedir". Bu tanım, kuşaklar arası eşitliğin önemine de vurgu yapmaktadır. Gelecek nesiller için kaynakları koruma kavramı, sürdürülebilir kalkınma politikasını aynı zamanda çevresel bozulmanın dışsallıklarını içselleştirmeyi amaçlayan geleneksel çevre politikasından ayıran en önemli özelliklerden biridir. Sürdürülebilir kalkınmanın genel amacı, ekonominin ve çevrenin uzun vadeli istikrarının sağlanmasıdır. Belirlenen amaca yalnızca karar alma sürecinde; ekonomik, çevresel ve sosyal kaygıların bütünleştirilmesi ve bunların kabul edilmesi yoluyla ulaşılabilir (Emas, 2015). Özetle, sürdürülebilir kalkınma açısından yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi, bu alanda belirlenen amaçların gerçekleştirilmesinde kullanılacak temel araçlardan biri haline gelmiştir.



*Kaynak: Fatima vd. (2019).*

**Şema 1:** Yenilenebilir enerji üretimi ve ekonomik performans arasındaki bağlantı

Yenilenebilir enerji kaynaklarının belirtilen etkileri ve önemi göz önünde bulundurularak çalışmada yenilenebilir enerji üretimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki araştırılacaktır. Analizde yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi, 1990:Q1-2020:Q2 dönemi için ABD ekonomisi baz alınarak kantil regresyon modeli ile incelenecektir. Örneklem olarak ABD'nin tercih edilmesindeki temel neden, enerji verilerine ulaşılabilirlik ve bu ülkenin yüksek frekansa sahip enerji verilerine sahip olmasıdır. Bu makalenin cevaplamaya çalıştığı ana araştırma sorusu, yenilenebilir enerjinin, ekonomik büyümenin itici gücü olup olmadığıdır. Bu amaçla, biokütle enerji üretimi (biokütle), güneş enerji üretimi (güneş) ve rüzgâr enerji üretimi ve GSYH değişkenleri kantil regresyon ile modellenecektir.

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünden sonra enerjinin ekonomik büyüme üzerindeki rolünü inceleyen makale özetleri yer almaktadır. Üçüncü bölümde analizde kullanılan veri ve yöntem hakkında bilgi verilmektedir. Dördüncü bölümde analiz sonuçları değerlendirilmektedir. Son bölümde ise sonuç bölümü yer almaktadır.

### Literatür Özeti

Enerji üretimi ve/veya tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini araştıran literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bazılarını Tablo 1'de yer verilmiştir.

Yazar	Yer	Dönem	Yöntem	
Chandran vd. (2010)	Malezya	1971-2003	ARDL	
<b>Bulgular:</b> Elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemli ilişki tespit etmişlerdir.				
Zhang (2011)	Rusya	1970-2008	Durum uzayı modeli	
<b>Bulgular:</b> Rusya'nın enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik vardır				
Omri (2013)	14 MENA ülkesinde	1990-2011	GMM	
<b>Bulgular:</b> Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında iki yönlü pozitif ilişki vardır.				
Akay vd. (2015)	MENA ülkeleri	1988-2010	Panel VAR	
<b>Bulgular:</b> Yenilenebilir enerjide meydana gelecek bir şokun büyüme üzerindeki etkisinin pozitifidir.				

Çınar ve Yılmaz (2015)	8 gelişmekte olan ülke	1990-2013	Panel	
<b>Bulgular:</b> Sürdürülebilir büyümenin gerçekleşmesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli bir rolü vardır.				
Kyophilavong vd. (2015)	Tayland		Nedensellik testi	
<b>Bulgular:</b> Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik vardır.				
Aslan ve Ocal (2016)	AB'ye üye ülkeler	1990-2009	ARDL	
<b>Bulgular:</b> Tüm ülkelerde yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi pozitif etkilemektedir.				
Dogan (2016)	Türkiye	1988-2012	ARDL	
<b>Bulgular:</b> Yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik büyüme üzerinde kayda değer bir etkisi bulunmamıştır.				
Bakırtaş ve Çetin (2016)	G-20 Ülkeleri1	1992-2010	Panel eş bütünleşme	
<b>Bulgular:</b> Ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimini artırmaktadır.				
Bhattacharya vd. (2016)	38 ülke	1991-2012	Panel	
<b>Bulgular:</b> Yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkisi vardır.				
Özşahin vd. (2016)	BRICS-T Ülkeleri	2000-2013	Panel ARDL	
<b>Bulgular:</b> Yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik gelişmişlik arasında uzun dönemde pozitif yönlü bir ilişki vardır.				
Armeanu vd. (2017)	AB ülkeleri	2003-2014	Panel veri sabit etkili regresyon modelleri	
<b>Bulgular:</b> Yenilenebilir enerji tüketiminin artış ekonomik büyümeyi artıracaktır.				
Rafindadi ve Ozturk (2017)	Almanya	1971-2013	Bayer-Hanck kombine eşbütünleşme ve ARDL	
<b>Bulgular:</b> Yenilenebilir kaynakları ve ekonomik büyümeyi iki yönlü ilişki vardır.				
Alper (2018)	Türkiye	1990-2017	Bayer-Hanck eş bütünleşme testi ve Toda-Yamamoto nedensellik	
<b>Bulgular:</b> Ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji kullanımına doğru tek yönlü bir nedensellik vardır.				
Erdoğan vd. (2018)	Türkiye	1998-2015	Johansen Eşbütünleşme; VECM	
<b>Bulgular:</b> Ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji üretiminin uzun dönemde nedenidir.				
Ozcan ve Ozturk (2019)	17 Ülke	1990-2016	Bootstrap panel nedensellik testi	
<b>Bulgular:</b> Yenilenebilir enerji talebinden ekonomik büyümeye doğru giden nedensellik bulunamamıştır.				
Bulut ve Menegaki (2020)	10 ülke	1999-2015	Panel eşbütünleşme; nedensellik yöntemleri	
<b>Bulgular:</b> Güneş enerjisi ile GSYH arasında nedensellik bulunamamıştır.				

**Not:** *ARDL:* Autoregressive Distributed Lag Bound Test; *GMM:* Generalized Method of Moments *VECM:* Vector Error Correction Model.

### Tablo 1: Literatür Özeti

Tablo 1'de yer alan araştırmalar uygulanan metodoloji açısından değerlendirildiğinde, makalelerde özellikle ARDL (Chandran vd., 2010; Aslan ve Ocal, 2016 Özşahin vd. (2016) Rafindadi ve Ozturk (2017)) ve panel veri analizi (Akay vd., 2015; Çınar ve Yılmaz, 2015; Bakırtaş ve Çetin, 2016; Bhattacharya vd., 2016; Armeanu vd., 2017; Ozcan ve Ozturk, 2019; Bulut ve Menegaki, 2020) yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir.

Nedensellik analizinin kullanıldığı çalışmalar dikkate alındığında, farklı sonuçların elde edildiği söylenebilir. Örneğin; Chandran vd. (2010), Omri (2013), Akay vd. (2015), Çınar ve Yılmaz (2015), Kyophilavong vd. (2015), Aslan ve Ocal (2016), Bakırtaş ve Çetin (2016), Bhattacharya vd. (2016), Özşahin vd. (2016), Armeanu vd. (2017), Rafindadi

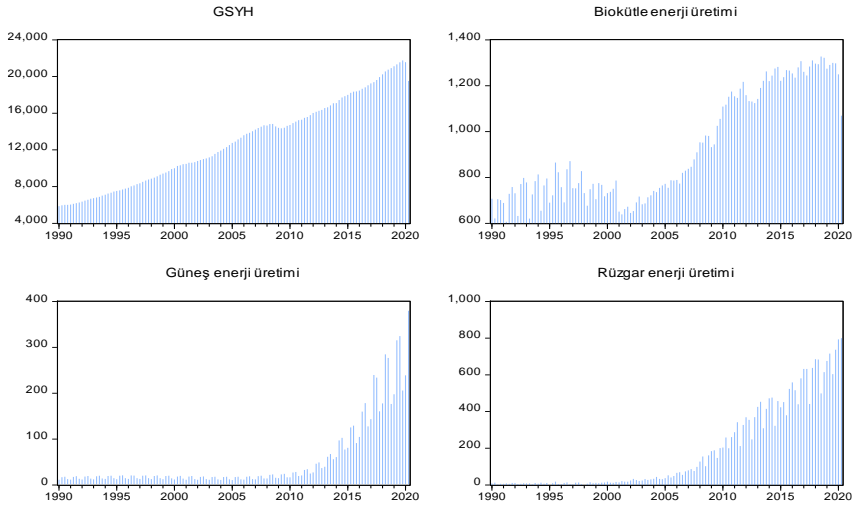
ve Ozturk, (2017), Alper (2018), Erdoğan vd. (2018), Ozcan ve Ozturk (2019) yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisinin olduğu sonucuna ulaşırken; Doğan, (2016), Bulut ve Menegaki (2020) değişkenler arasında nedensellik ilişkisi olmadığını belirtmişlerdir.

Tabloda yer alan çalışmalar örneklem seçimi konusunda ele alındığında, bazı çalışmalarda ülke grupları için araştırma yapılırken, (Omri, 2013; Akay vd., 2015; Çınar ve Yılmaz, 2015; Aslan ve Ocal, 2016; Bakırtaş ve Çetin, 2016; Bhattacharya vd., 2016; Özşahin vd., 2016; Armeanu vd., 2017; Ozcan ve Ozturk, 2019; Bulut ve Menegaki, 2020) bazı çalışmalarda ise ülke bazında (Chandran vd., 2010; Zhang, 2011; Kyophilavong vd., 2015; Doğan, 2016; Rafindadi ve Ozturk, 2017; Alper, 2018; Erdoğan vd., 2018) bu ilişki incelenmiştir.

Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak, bu çalışmada yenilenebilir enerji üretiminin değişen koşullu dağılımlarında GSYH üzerindeki etkilerini tespit etmek amacıyla, sonuç değişken dağılımlarının asimetrik özelliklerini incelemeye yardımcı olan (Yan vd., 2019) kantil regresyon modeli takip edilecektir.

### Veri Seti ve Yöntem

Analizde 1990:Q1-2020:Q2 dönemi için ABD ekonomisine ait biokütle enerji üretimi<sup>1</sup> (biokütle/ katrilyon Btu), güneş enerji üretimi (güneş/ katrilyon Btu) ve rüzgâr enerji üretiminin (rüzgâr/ katrilyon Btu) ekonomik büyüme (GSYH) üzerindeki etkisi kantil regresyon modeli ile araştırılmıştır. Makalede kullanılan veriler, The U.S. Energy Information Administration (EIA, 2020) ve Economic Research at the St. Louis Fed (FRED, 2020) veri tabanlarından elde edilmiştir. Değişkenlerin analiz dönemindeki değişimleri Grafik1'de yer almaktadır.



**Grafik 1:** Değişkenlerin Değişimi (1990: Q1-2020: Q2 Dönemi)

<sup>1</sup> Çalışmada EIA (2020)'ya göre ABD'nin en fazla yenilenebilir enerji üretimine sahip; biokütle enerji üretimi, hidroelektrik enerji üretimi, güneş enerji üretimi ve rüzgâr enerji üretimi verileri analizde kullanılmıştır. Ancak yapılan kantil regresyon analizi neticesinde, katsayıları istatistikî olarak anlamlı olan değişkenlere (biokütle enerji üretimi, güneş enerji üretimi, rüzgâr enerji üretimi) yer verilerek analiz sonuçları yorumlanmıştır.

Grafik 1 incelendiğinde, enerji üretiminde özellikle son on beş yıllık periyotta önemli ölçüde artış yaşandığı görülmektedir. Değişkenlere ait önemli istatistiki göstergelere, tanımlayıcı istatistikler yardımıyla Tablo 2'de yer verilmektedir.

Tanımlayıcı İst.	GSYH	Biokütle	Güneş	Rüzgâr
Ortalama	12838.17	925.48	53.84	185.66
Medyan	12835.68	816.29	19.30	42.13
Maksimum	21747.39	1327.23	379.52	799.89
Minimum	5872.70	606.75	10.71	0.32
Std. Sapma	4647.51	235.71	77.16	232.39
Çarpıklık	0.18	0.45	2.28	1.09
Basıklık	1.87	1.58	7.58	2.86
Jarque-Bera	7.11	14.44	212.65	24.67
Olasılık	0.02	0.00	0.00	0.00
Gözlemler	122	122	122	122

**Tablo 2:** Tanımlayıcı İstatistikler Tablosu

Tablo 2'de değişkenlere ait; ortalama, medyan, minimum, maksimum, standart sapma, çarpıklık, basıklık, Jarque-Bera, olasılık ve gözlem değerleri yer almaktadır. Tablo 2 incelendiğinde; çarpıklık (Skewness)  $\neq 0$ , basıklık (Kurtosis)  $\neq 3$ , Jarque-Bera  $> 5.99$  ve  $\text{prob} < 0.05$  olduğu görülmektedir. Bu değerler, değişkenlerin normal bir dağılım göstermediği şeklinde yorumlanmaktadır. Analizde tercih edilen değişkenlerin normal dağılıma sahip olmamaları, analiz için kantil<sup>2</sup> regresyon modelinin uygun olduğu anlamına gelmektedir.

En küçük kareler (EKK) regresyon analizi tahminlerinde, verilerin normallik varsayımının karşılanmadığı durumlarda, kantil regresyon modelleri gibi alternatif regresyon modelleri uygulanabilmektedir (John ve Nduka, 2009). Koenker ve Basset (1978) tarafından sunulan ve Koenker ve Hallock (2001) tarafından ortaya konan kantil regresyonu tahmininde değişkenlerin normal dağılıma sahip olmaları koşulu ihmal edilmektedir. Kantil Regresyon modelinde, aşırı değerlerden etkilenen aritmetik ortalama yerine, tüm değerleri içine alan medyan hesaplamaları kullanılmaktadır.

Kantil regresyon modelleri hem zaman serisi hem de panel veri setleri için uygulanabilen bir yöntemdir (Koenker ve Xiao, 2006; Uyar vd., 2016; Çamurlu ve Erilli, 2019). Kantil regresyon modelleri EKK modelleri ile karşılaştırıldığında, daha esnek modellerdir. Çünkü, tahmin edilen hata teriminin dağılımı hakkında hiçbir varsayıma sahip değildir (Belaïd vd., 2020). EKK yönteminde, bağımlı değişkenin bağımsız değişkenlere verdiği yanıtın koşullu ortalamasına dayalı tahminler yapılmaktadır. Bununla birlikte kantil regresyon, koşullu medyan veya yanıt değişkeni farklı kantilleri tahmin etme imkânı tanımaktadır (Ong, vd., 2015). Ayrıca bu model, klasik ekonometrik varsayımların başarısız olduğu durumlarda bile sağlam sonuçlar sunabilmektedir (Halliru vd., 2020).

Klasik doğrusal regresyon modeline Denklem 1'de yer verilmiştir:

$$GSYH = \alpha_0 + \alpha_1 \text{biokütle} + \alpha_2 \text{güneş} + \alpha_3 \text{rüzgar} \quad (1)$$

<sup>2</sup> Kantil kavramı bölen olarak ifade edilmektedir ve bir serinin hangi değerden az veya fazla ya da hangi değerler arasında olduğunu göstermektedir (Koşan, 2014).

Doğrusal regresyon modelinden hareketle, kantil regresyon ( $\tau$ ) modelini Denklem 2'de olduğu gibi tanımlamak mümkündür:

$$Q_{\tau}(GSYH) = \alpha_0(\tau) + \alpha_1(\tau)bioküle + \alpha_2(\tau)güneş + \alpha_3(\tau)rüzgar \quad (2)$$

Denklem 2'deki dönüşüm sayesinde  $\alpha$  katsayıları, kantile bağlı olarak değişen fonksiyonlar haline gelmiştir (Dye, 2020). Bu çalışmada, en düşük kantil 0,10 ve en yüksek kantil 0,90 olmak üzere, dokuz farklı kantil için uygulama yapılmıştır.

### Ampirik Bulgular

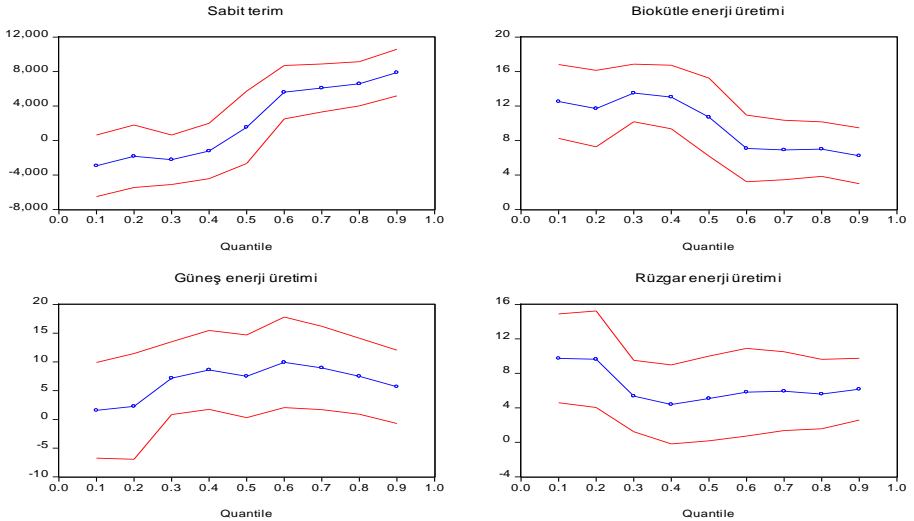
ABD ekonomisi için yenilenebilir enerji üretiminin, ekonomik büyüme üzerindeki etkisi Kantil regresyon modeli ile araştırılmaktadır. Analizde kullanılan değişkenlerin birbirlerini etkileme güçlerini belirlemek için yapılan korelasyon analizi sonuçları Tablo 3'te yer almaktadır. Analiz bulguları Eviews 9.0 programı kullanılarak elde edilmiştir.

	GSYH	Biokütle	Güneş	Rüzgâr
GSYH	1	0.8926	0.7288	0.8974
Biokütle	0.8926	1	0.6936	0.9103
Güneş	0.7288	0.6936	1	0.8525
Rüzgâr	0.8974	0.9103	0.8562	1

Tablo 3: Korelasyon Matrisi

Tablo 3'te yer alan korelasyon analizi sonuçlarına göre, 1990:Q1- 2020:Q2 döneminde analize dahil edilen değişkenlerin, birbirlerini etkileme güçlerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Bağımlı değişkenlerin, bootstrap güven aralıkları ile kantiller arasındaki katsayı farkları Grafik 2 yardımıyla görselleştirilmiştir.



Grafik 2: Kantil Regresyon Grafikleri

Grifik 2'ye göre bütün değişkenler güven aralığında yer almaktadır. Kantil regresyon analizi sonucu elde edilen bulgulara Tablo 4'te yer verilmiştir.

Bağımlı Değişken: GSYH									
Değişkenler	Kantiller								
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90
Biokütle	12.525* (2.185) [0.000]	11.705* (2.265) [0.000]	13.521* (1.705) [0.000]	13.049* (1.882) [0.000]	10.717* (2.313) [0.000]	7.083* (1.969) [0.000]	6.903* (1.763) [0.000]	7.002* (1.612) [0.000]	6.234* (1.652) [0.000]
Güneş	1.567 (4.243) [0.712]	2.259 (4.691) [0.630]	7.164** (3.232) [0.028]	8.592** (3.504) [0.015]	7.490** (3.672) [0.043]	9.922** (4.018) [0.015]	8.939** (3.699) [0.017]	7.495** (3.376) [0.028]	5.661*** (3.252) [0.084]
Rüzgâr	9.739* (2.628) [0.000]	9.641* (2.856) [0.001]	5.370** (2.110) [0.012]	4.392*** (2.339) [0.062]	5.081** (2.506) [0.044]	5.812** (2.598) [0.027]	5.933** (2.330) [0.012]	5.596* (2.054) [0.007]	6.169* (1.829) [0.001]
Sabit	-2931.75 (1819.35) [0.109]	-1824.82 (1848.322) [0.325]	-2226.62 (1465.70) [0.131]	-1210.49 (1641.79) [0.462]	1537.027 (2143.43) [0.474]	5613.381 (1580.63) [0.000]	6092.443 (1418.80) [0.000]	6581.641 (1307.19) [0.000]	7882.150 (1380.62) [0.000]

**Not:** Her bir hücredeki ilk satır tahmin edilen katsayıları, () içinde gösterilen ikinci satır standart hataları, [] içinde gösterilen üçüncü satır ilgili katsayıların olasılık değerlerini göstermektedir. \*, \*\*, \*\*\* ve \*\*\*\* sırasıyla %1, %5 ve %10'luk anlamlılığı gösterir.

**Tablo 4:** Kantil Regresyon Sonuçları

Tablo 4'te yer alan kantil regresyon sonuçlarına göre analizde bağımsız değişkenler olarak yer alan biokütle enerji üretimi, güneş enerji üretimi ve rüzgâr enerji üretimi genel olarak GSYH üzerinde olumlu etkilere sahiptir. Kantil regresyon sonucu elde edilen analiz bulgularını aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

- Biokütle enerji üretiminin bütün kantillerde etkisi istatistiki olarak anlamlıdır.
- Biokütle enerji üretiminin GSYH üzerindeki en büyük etkisi sırasıyla; 30<sup>th</sup>, 40<sup>th</sup> ve 10<sup>th</sup> kantillerde gerçekleşmiştir.
- Biokütle enerjisi üretimi düşük kantillerde ekonomik büyümeyi daha çok etkilemektedir (özellikle 10<sup>th</sup> kantilde). 50<sup>th</sup> kantilden sonra bu etki azalmaktadır. Bu durum ekonomik büyüme arttıkça, biokütle enerjisi üretiminin, GSYH üzerindeki etkisinin daha düşük olduğu şeklinde yorumlanmıştır.
- Güneş enerji üretiminin etkisi; 10<sup>th</sup>, 20<sup>th</sup> ve 90<sup>th</sup> kantillerde istatistiki olarak anlamsız iken, diğer kantillerde istatistiki olarak anlamlı hale gelmiştir.
- Genel olarak güneş enerjisi üretiminin, GSYH üzerindeki pozitif yansımaları yüksek kantillerde daha belirgindir. Bu durum ekonomik büyüme arttıkça, güneş enerjisi üretiminin ekonomik büyümeye katkısının arttığını göstermektedir.
- Güneş enerji üretiminin GSYH üzerindeki en büyük etkisi sırasıyla; 60<sup>th</sup>, 70<sup>th</sup> ve 40<sup>th</sup> kantillerde gerçekleşmiştir.
- Rüzgâr enerjisi üretiminin etkisi 40<sup>th</sup> kantil hariç, diğer kantillerde istatistiki olarak anlamlıdır.
- Rüzgâr enerji üretiminin GSYH üzerindeki en büyük etkisi sırasıyla; 10<sup>th</sup>, 20<sup>th</sup> ve 90<sup>th</sup> kantillerde gerçekleşmiştir.
- Rüzgâr enerji üretiminin düşük kantillerde, ekonomik büyüme üzerindeki etkisi daha fazladır (özellikle 10<sup>th</sup> ve 20<sup>th</sup> kantillerde). Başka bir ifadeyle, ekonomik büyüme arttıkça, rüzgâr enerji üretiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi daha anlamlı hale gelmiştir.



## Sonuç

Teknolojik gelişme, sanayileşme ve nüfus artışı ülkelerin enerji ihtiyacının artmasına yol açmaktadır. Enerji ihtiyacının karşılanmasının da zaman içerisinde çevre üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu ortaya çıkmıştır. Bu olumsuz etkilerin azaltılmasında, yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi çözüm yollarından biri olarak görülmektedir. Böylece çevre dostu olarak kabul edilen yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik etkilerinin belirlenmesi önem kazanmaktadır. En temel ekonomik göstergelerden birisi ise ekonomik büyümedir. Bu doğrultuda çalışmada, yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi 1990:Q1-2020:Q2 dönemi dikkate alınarak ABD ekonomisi için araştırılmıştır.

Kantil regresyon sonuçlarına göre; biokütle enerji üretimi, güneş enerji üretimi ve rüzgâr enerji üretimi ekonomik büyümeyi artırıcı etkilere sahiptir. Analizde elde edilen bulgular, yenilenebilir enerjinin ekonomik büyümeyi artırdığı sonuncuna ulaşan (Omri, 2013; Çınar, 2015; Çınar ve Yılmaz, 2015; Kyophilavong vd., 2015; Aslan ve Ocal, 2016; Bhattacharya vd., 2016; Özşahin vd., 2016; Armeanu vd., 2017; Rafindadi ve Ozturk, 2017; Alper, 2018; Erdoğan vd., 2018) çalışmalarla desteklenmektedir.

Bu makalenin bulgularının önemli politika çıkarımları bulunmaktadır. Uygulanan politikalar yenilenebilir enerjiyi, geleneksel enerjinin (fosil yakıtların) yerini alacak şekilde teşvik etmelidir. Özellikle stratejik önem sahip bir varlık olan petrolde dışa bağımlılığı en aza indirmeyi amaçlayan ülkeler, geleneksel enerji yerine yenilenebilir enerjinin kullanımını destekleyerek, CO<sub>2</sub> emisyonlarını da azaltma yönünde stratejiler geliştirmelidir. Bu bağlamda, çevre dostu ve ekonomik olarak faydalı enerji politikaları geliştirilirken, politikacıların çevresel ve ekonomik etkileri eşanlı olarak dikkate almaları önem arz etmektedir.

Gelecekteki araştırmalar için farklı ülke ve ülke grupları üzerinde enerji üretimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin araştırılması mevcut literatür için faydalı olacaktır.

## KAYNAKÇA

ACARAVCI, A. ve ERDOĞAN, S. (2018). Yenilenebilir Enerji, Çevre ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Seçilmiş Ülkeler için Ampirik Bir Analiz. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 13(1), s. 53-64.

AKAY, E.Ç., ABDIEVA, R. ve OSKONBAEVA, Z. (2015). Yenilenebilir Enerji Tüketimi, İktisadi Büyüme ve Karbondioksit Emisyonu Arasındaki Nedensel İlişki: Orta Doğu ve Kuzey Afrika Ülkeleri Örneği. *International Conference on Eurasian Economies*, 2015.

ALPER, F.Ö. (2018). Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: 1990-2017 Türkiye Örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2), s. 223-242.

ARMEANU, D. S., G. VINTILA ve GHERGHINA, S. C. (2017). Does Renewable Energy Drive Sustainable Economic Growth? Multivariate Panel Data Evidence For EU-28 Countries. *Energies*, 10:381.

ASLAN, A. ve OCAI, O. (2016). The Role Of Renewable Energy Consumption In Economic Growth: Evidence from Asymmetric Causality. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 60, s.953-959.

BAKIRTAŞ, İ. ve ÇETİN, M. (2016). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: G-20 Ülkeleri. *Sosyoekonomi*, 24 (28), s. 131-146.

- BHATTACHARYA, M., PARAMATI, S.R., OZTURK, I. ve BHATTACHARYA, S. (2016). The Effect Of Renewable Energy Consumption On Economic Growth: Evidence From Top 38 Countries. *Applied Energy*, 162(15), s. 733-741.
- BELAİD F, YOUSSEF A.B. ve LAZARIC, N. (2020). Scrutinizing the Direct Rebound Effect for French Households Using Quantile Regression and Data from An Original Survey. *Ecological Economics* 176, s. 106755.
- BULUT, Ü. ve MENEGAKI, A. (2020). Solar Energy-Economic Growth Nexus İn Top 10 Countries with The Highest Installed Capacity. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 15(5), s. 297-310.
- CHANDRAN, V.G.R., SHARMA, S. ve MADHAVAN, K. (2010). Electricity Consumption–Growth Nexus: The Case Of Malaysia, *Energy Policy*, 38 (1), s. 606-612.
- ÇAMURLU, S. ve ERİLLİ, N.A. (2019). Kantil Regresyon Analizinde Bootstrap Tahmini. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 35 (2), s. 16-25.
- ÇINAR, S. ve YILMAZER, M. (2015). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belirleyicileri ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Gelişmekte Olan Ülkeler Örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 30 (1), s. 55-78.
- DOĞAN, E. (2016). Analyzing The Linkage Between Renewable And Non-Renewable Energy Consumption And Economic Growth By Considering Structural Break İn Time-Series Data. *Renewable Energy*, 99(Supplement C), s. 1126-1136.
- DYE, S. (2020). Quantile Regression, <https://towardsdatascience.com/quantile-regression-ff2343c4a03> (Erişim Tarihi 02.10.2020).
- EIA, Energy Information Administration (2020), Renewable Energy Data. <https://www.eia.gov/>(Erişim Tarihi:02.10.2020).
- EMAS, R. (2015). The Concept Of Sustainable Development: Definition and Defining Principles. Brief for GSDR 2015.
- ERDOĞAN, S., DÜCAN, E., ŞENTÜRK, M. ve ŞENTÜRK, A. (2018). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Üretimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi Üzerine Ampirik Bulgular. *Ömer Halis Demir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(2), s.233-246.
- FATİMA, N. Li, Y., AHMAD, M., JABEEN, G. ve LI, X. (2019). Analyzing long-term empirical interactions between renewable energy generation, energy use, human capital, and economic performance in Pakistan. *Energy, Sustainability and Society*, 42, s. 1-14.
- FRED, Federal Reserve Economic Data (2020). Gross Domestic Product (GDP). <https://fred.stlouisfed.org/> (Erişim Tarihi:02.10.2020)
- HALLIRU, A.M., LOGANATHAN, N., HASSAN, A.A.G., MARDANI, A. ve KAMYAB, H. (2020). Re-examining the environmental Kuznets curve hypothesis in the Economic Community of West African States: A panel quantile regression approach. *Journal of Cleaner Production*, 276, s. 124247.
- JOHN, O.O. ve NDUKA, E.C. (2009). Quantile Regression Analysis as A Robust Alternative to Ordinary Least Squares. *Scientia Africana* 8(2), s. 61-65.
- KOENKER, R. ve BASSETT, G. (1978). Regression Quantiles. *Econometrica* 46(1), s. 33-50.
- KOENKER, R. ve HALLOCK, K.F. (2001). Quantile Regression. *Journal of Economic Perspectives*, 15 (4), s. 143–156.
- KOENKER, R. ve XIAO, Z. (2006). Quantile autoregression. *Journal of the American Statistical Association*, 101(475), s. 980-1006.
- KOŞAN, N.İ. (2014). OECD Ülkelerinde Dış Ticaret Hadlerini Etkileyen Değişkenlerin Panel Kantil Regresyon Modelleri ile İncelenmesi (Doktora Tezi), Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul: 67.

- KYOPHILAVONG, P., SHAHBAZ, M., ANWAR, S. ve MASOOD, S. (2015). The Energy-Growth Nexus İn Thailand: Does Trade Openness Boost Up Energy Consumption? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 46, s. 265-274.
- ONG, B., LEE, T.M., LI, G. ve CHUEN, D.L.K. (2015). Evaluating the Potential of Alternative Cryptocurrencies. In D. L. K. Chuen (Ed.), *Handbook of Digital Currency: Bitcoin, Innovation, Financial Instruments, and Big Data* (ss. 81–135). Elsevier Inc.
- OMRI, A. (2013). CO2 Emissions, Energy Consumption And Economic Growth Nexus in MENA Countries: Evidence from Imultaneous Equations Models. *Energy Economics*, 40, s. 657–664.
- OZCAN, B. ve OZTURK, I. (2019). Renewable Energy Consumption-Economic Growth Nexus in Emerging Countries: A Bootstrap Panel Causality Test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104, s. 30–37.
- ÖZŞAHİN, Ş., MUCUK, M. ve GERÇEKER, M. (2016). Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: BRICS-T Ülkeleri Üzerine Panel ARDL Analizi. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4(4), s. 111-130.
- RAFINDADI, A. A. ve OZTURK, I. (2017). Impacts of Renewable Energy Consumption on The German Economic Growth: Evidence From Combined Cointegration Test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, s. 1130-1141.
- SINGH, N., NYUUR, R. ve RICHMOND, B. (2019). Renewable Energy Development as a Driver of Economic Growth: Evidence from Multivariate Panel Data Analysis. *Sustainability*, 11(8), s. 2418.
- UYAR, U., KANGALLI UYAR, S. ve GÖKÇE, A. (2016). Gösterge Faiz Oranı Dalganmaları Ve Bist Endeksleri Arasındaki İlişkinin Eşanlı Kantil Regresyon İle Analizi. *Ege Akademik Bakış*, 16(4), s. 587- 598.
- VALODKA, I. ve VALODKIENE, G. (2015). The Impact of Renewable Energy on the Economy of Lithuania. *Procedia -Social and Behavioral Sciences*, 213, s.123 – 128.
- YAN, D., KONG, Y., REN., X., SHI, Y. ve CHIANG, S.W. (2019). The determinants of urban sustainability in Chinese resource-based cities: A panel quantile regression approach. *Science of The Total Environment*, 686, s. 1210-1219.
- ZAHEDI, A. (2011). A Review Of Drivers, Benefits, And Challenges in Integrating Renewable Energy Sources into Electricity Grid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, s. 4775– 4779.
- ZHANG, Y.J. (2011). Interpreting The Dynamic Nexus Between Energy Consumption And Economic Growth: Empirical Evidence From Russia. *Energy Policy*, 39, s. 2265–2272.

## Summary

*Meeting energy demand and ensuring energy security are among the main national interests of a state. Therefore, goals and policies in the field of energy have important cases. Sustainable development comes to the fore in the determination and implementation of the stated goals and policies. In this context, considering the relationship between energy sources and the environment, it can be seen that the importance of renewable energy sources has been increasing. Due to this increasing importance, determining the effects of renewable energy sources on the economy as well as the environment has been an important research topic. Therefore, this paper aims to investigate the role of renewable energy generation on economic growth with a quantile regression model.*

*This paper investigated the effects of biomass energy generation, solar energy generation, and wind energy generation on economic growth (GDP) for the period 1990:Q1-2020:Q2 in the USA using a quantile regression model. In the least squares (OLS) regression*

*analysis estimations, alternative regression models such as quantile regression models can be applied in cases where the normality assumption of the data is not met. In the quantile regression estimation presented by Koenker and Basset (1978) and presented by Koenker and Hallock (2001), the condition of the variables to have a normal distribution is neglected. In the Quantile Regression model, instead of the arithmetic mean affected by extreme values, median calculations that include all values are used.*

*It is possible to summarize the quantile regression analysis results as follows:*

- *The effect of biomass energy generation on all quantiles is statistically significant.*
- *Biomass energy generation had the biggest impact on the GDP at the 30<sup>th</sup>, 40<sup>th</sup> and 10<sup>th</sup> quantiles, respectively. Biomass energy generation affects economic growth more in low quantiles (especially in the 10<sup>th</sup> quantile). This effect decreases after the 50<sup>th</sup> quantile. This means that as economic growth increases, biomass energy generation becomes less efficient.*
- *While the effect of solar energy generation was statistically insignificant in 10<sup>th</sup>, 20<sup>th</sup>, and 90<sup>th</sup> quantiles, it became statistically significant in other quantiles.*
- *In general, the positive effect of solar energy generation on the GDP increased as the quantile degree increased. This shows that as the economy increases, solar energy generation increases economic growth.*
- *The biggest impact of solar energy generation on the GDP was realized in the 60<sup>th</sup>, 70<sup>th</sup> and 40<sup>th</sup> quantiles, respectively.*
- *The effect of wind power generation is statistically significant in other quantiles, except for the 40<sup>th</sup> quantile.*
- *The biggest impact of wind power generation on the GDP was at the 10<sup>th</sup>, 20<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> quantiles, respectively. Wind power generation has a greater impact on economic growth in low quantiles (especially in 10<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> quantiles). In other words, as economic growth increases, the effect of wind power generation becomes more meaningful.*

*Briefly, according to the quantile regression results; biomass energy generation, solar energy generation, and wind energy generation have increasing effects on economic growth. This result is pointed out that countries should support renewable energy generation while making their energy policies.*

*Researching the relationship between energy and economic growth with different countries or country groups and different methods is recommended as a research topic for future studies.*