



E7 Ülkelerinde Karbondioksit Emisyonu ile Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve İktisadi Büyüme Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Halime ARSLAN GÜRDAL*

ÖZ

Çevre kalitesinin sağlanması kapsamında yenilenebilir enerji tüketimine daha fazla önem verilmeye başlanmıştır. Özellikle gelişmiş ülkeler, karbon emisyonlarını azaltmak için bu konuda ekonomik ve politik yatırımlarına öncelik vermektedirler. Bu çalışmanın amacı gelişme hızının yüksek olduğu 7 ülke için karbondioksit emisyonları (CO₂) ile yenilenebilir enerji tüketimi (REN) ve iktisadi büyüme (GDP) arasındaki etkileşimi incelemektir. Bu amaçla çalışmada panel veri yaklaşımı kullanılmıştır. Kullanılan yıllık veriler Türkiye, Rusya, Meksika Hindistan, Endonezya, Çin ve Brezilya için 1992-2021 dönemini kapsamaktadır. Öncelikle değişkenlerin yatay kesit bağımlılığı varlığını tespit etmek için Pesaran (2004) testiyle sınamaları yapılmıştır. Yatay kesit bağımlılığının varlığı tespit edilmesiyle CADF ikinci nesil birim kök testi ve Westerlund ikinci nesil panel eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, ele alınan değişkenlerin E7 ülkelerinde uzun dönemde birlikte hareket etmediklerini göstermiştir. Bu sonuçlara ek olarak Dumitrescu-Hurlin nedensellik analizi ile yenilenebilir enerji tüketiminden karbondioksit emisyonuna doğru tek yönlü bir ilişkinin varlığı ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Karbon Emisyonu, İktisadi büyüme, Panel Veri Analizi

JEL Sınıflandırması: C23, O13, Q20

Examining the Relationship between Carbon Dioxide Emissions, Renewable Energy Consumption and Economic Growth in E7 Countries

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the interaction between renewable energy consumption (REN), economic growth (GDP) and carbon dioxide emissions (CO₂) for 7 countries with high development rates. For this purpose, panel data approach was used in the study. The annual data used covers the period 1992-2021 for Brazil, China, Indonesia, India, Mexico, Russia and Turkey. First of all, the variables were tested with the Pesaran (2004) test to determine the existence of cross-sectional dependence. By detecting the presence of cross-sectional dependence, CADF second generation unit root test and Westerlund second generation panel cointegration test were used. The findings showed that the variables considered did not move together in the long term in the E7 countries. He then examined the causal relationship between the variables. Dumitrescu-Hurlin causality analysis revealed the existence of a one-way relationship only from renewable energy consumption to carbon dioxide emissions.

Keywords: Renewable Energy, Carbon Emission, Economic growth, Panel Data Analysis

JEL Classification: C23, O13, Q20

Geliş Tarihi / Received: 17.11.2023 Kabul Tarihi / Accepted: 05.03.2024

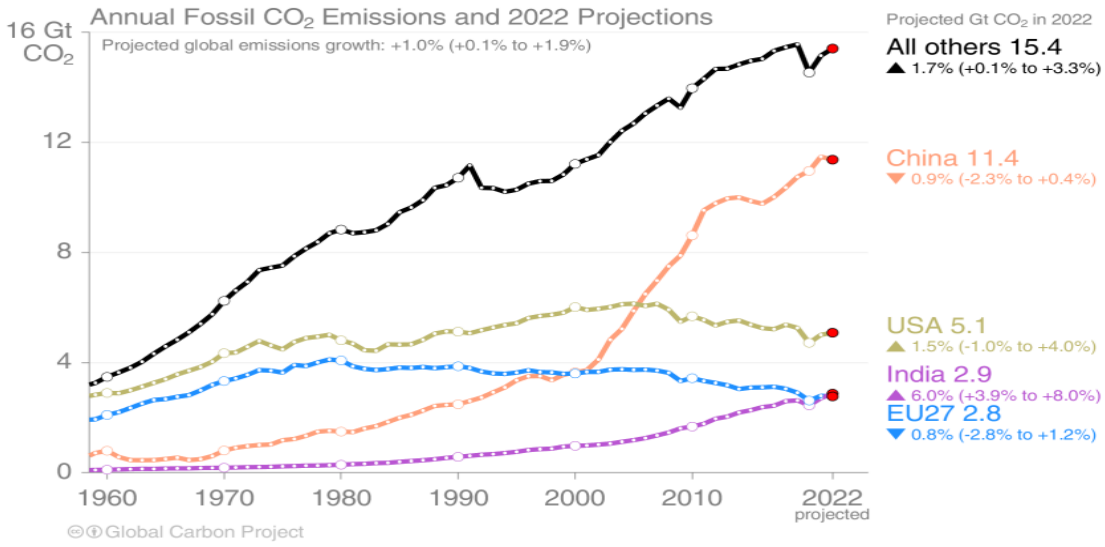
Bu eser Creative Commons Atf-Gayriticari 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.



* Arş. Gör.Dr., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, halime.arslangurdal@ogu.edu.tr, ORCID:0000-0003-0166-643X.

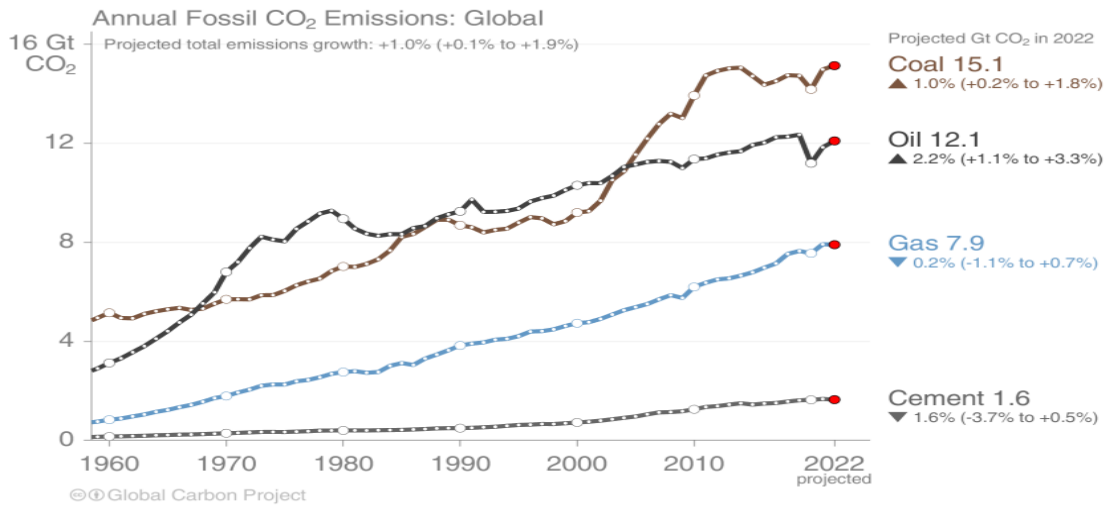
1. GİRİŞ

Sanayi devrimi ile birlikte hızla artan teknoloji kullanımı ve sanayileşme hızı çevreye salınan karbondioksit miktarında büyük artışa yol açmıştır. Özellikle gelişmiş ülkelerin yüksek sanayileşme oranına sahip olmasına ek olarak nüfus ve kentleşme oranlarının da fazla olması karbon salınımlarının da diğer ülkelere göre fazla olmasının ana nedenlerinden biridir. Nitekim Şekil 1’de görülen Küresel Karbon Projesi (GCP) 2022 verilerine göre, dünya genelinde toplam karbon salınımının %11,4’ü Çin, %5,1’i ABD, %2,9’u Hindistan tarafından salınan karbondioksit miktarlarından oluşmaktadır. Şekil 2’de de görüldüğü üzere aynı raporda küresel karbon emisyon miktarlarının %15,1’i kömür, %12,1’i petrol, %7,9’u gazlardan oluşmaktadır. Kömürün çoğunluğuna sahip olduğu fosil yakıt kaynaklı emisyonlar artışa devam ederken, petrol kaynaklı emisyonların esas olarak uluslararası havacılıktan kaynaklandığı belirtilmiştir (Küresel Karbon projesi-Global Carbon Project, 2022).



Şekil 1: Ünelere Göre Yıllık Karbondioksit Emisyon Miktarları

Kaynak: (Küresel Karbon projesi, 2022)



Şekil 2: Kaynaklarına Göre Yıllık Karbondioksit Emisyon Miktarları

Kaynak: (Küresel Karbon projesi, 2022)

Küresel karbon projesi raporları, karbon emisyonunun küresel boyutta en büyük nedeninin fosil yakıtlar olduğunu göstermiştir (International Energy Agency IEA, 2012). Bunun nedeni, fosil yakıtların yanma sırasında en önemli (dünyadaki sera gazlarının %76'sını oluşturur) kirletici gaz olan karbondioksiti açığa çıkarmasıdır. Bu nedenle enerji kullanımında fosil yakıtlar yerine yenilenebilir kaynakların kullanılması çevreye salınan karbon emisyon miktarında azalış meydana getirmesi beklenebilir (Menegaki, 2011; Farhani ve Shahbaz, 2014; Çoban ve Şahbaz Kılınc, 2015; Du vd., 2022; Mukhtarov vd., 2023; Kırıkkaleli vd., 2023; Karimi Alavijeh vd., 2023). Bundan dolayı tüm dünyada yenilenebilir enerji üretim ve tüketimine rağbet her geçen gün artmaktadır.

Uluslararası Enerji ajansında (IEA): toplam enerji kullanımının %45'lik kısmını Hidroelektrikten alan Norveç'in ilk sırada, toplam enerji tüketiminin %32,1'ini biyoyakıtlardan alan Brezilya'nın ikinci ve toplam tüketiminin %25'ini rüzgar ve güneş enerjisinden alan Yeni Zelanda'nın üçüncü olarak yenilenebilir enerjiyi oransal olarak en çok kullanan ülkeler olduğunu gösterilmiştir (International Energy Agency IEA;2022). Özellikle IMF verilerine göre kişi başına düşen milli geliri 99266\$ (World bank-2023) dünya dördüncüsü olan Norveç'in yenilenebilir enerji tüketiminde oransal olarak ilk sırada olması beklenen bir sonuç niteliğindedir.

Yukarıda verilen bilgiler kişi başına milli gelir ile yenilenebilir enerji, yenilenebilir enerji ile karbon emisyonu arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, iktisadi büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonu arasındaki ilişkinin saptanması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bu amaçla E7 ülkelerinin, 1992-2021 dönemine ait yıllık yenilenebilir enerji, iktisadi büyüme ve karbondioksit emisyonu verileri panel veri yöntemleri ile analiz edilerek aralarındaki ilişki saptanmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın bundan sonraki ikinci bölümü çalışılan konuya dair literatür taramasının yapıldığı bölümdür. Sonraki bölümde, veriler ve kullanılan yöntemler hakkında bilgiler sunulmuştur. Dördüncü bölümde ise ekonometrik bulgular verilmiş ve özetlenmiştir. Sonuç bölümüyle ise çalışma sona ermektedir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesiyle başlayan karbon emisyonunu azaltma çalışmaları Kyoto Protokolü ve Paris anlaşmaları ile küresel boyutta anlam kazanmıştır. Bu durum birçok araştırmacının bu konuyu kendilerine çalışma alanı olarak seçmesine yol açmıştır. Özellikle son zamanlarda, karbondioksit emisyonu ile iktisadi büyüme ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi incelemek büyük önem kazanmıştır. Çünkü yenilenebilir enerji kullanımı hem sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmada hem de çevre kalitesinin artırılması konusunda önemli olarak görülmektedir (Farhani ve Rejeb, 2012).

Enerji kullanımı ile GDP arasındaki ilişkiyi inceleyen ilk çalışma, Kraft ve Kraft 1978 tarafından yapılmıştır. Çalışmalarında 1947-1974 dönemi verileri için kişi başına düşen milli gelirden enerji tüketimine yönelik ilişkinin tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu Granger nedensellik testi ile saptamışlardır. Bu çalışmaya ek olarak enerji kullanımı, GDP ve CO₂ emisyonunu konu edinmiş bazı çalışmalar günümüzden geriye gidilerek aşağıda özetlenmiştir.

Kırıkkaleli vd. (2023) Portekiz'in 1990-2019 dönemi verileriyle, toplam enerji tüketimi, yenilenebilir enerji kullanımı, GSYH'nin CO₂ yoğunluğu ve GDP'nin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini panel veri analizi ile araştırmışlardır. GDP ve GSYH'nin CO₂ yoğunluğu değişkenlerinin CO₂ emisyonunu pozitif etkilediğini, yenilenebilir enerji kullanımının ise negatif etkilemekte olduğunu bunlara ek toplam enerji tüketiminin CO₂ emisyonunu etkilemediğini saptamışlardır.

Mukhtarov vd. (2023) Azerbaycan için 1993-2019 dönemi verileriyle ihracat, ithalat, kişi başına milli gelir ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbondioksit emisyonuna etkisini

araştırmışlardır. Bulgularında, yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonu üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu, ancak kişi başına milli gelirin ise olumlu bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuşlardır.

Karimi Alavijeh vd. (2023), 14 Avrupa birliği üyesi ülkenin 2000-2019 dönemi verileriyle yenilenebilir enerji tüketiminin, kurumsal kalitenin, teknolojik inovasyonun ve GDP'nin karbondioksit emisyonları üzerindeki rolünü araştırmayı hedeflemişlerdir. DOLS ve FMOLS yöntemleriyle yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonlarını önemli ölçüde azalttığını diğer değişkenlerin ise CO₂ emisyonlarını önemli ölçüde artırdığını saptamışlardır.

Du vd. (2022), Meksika, Endonezya, Nijerya ve Türkiye ülkelerinde (MINT) CO₂ emisyonları üzerinde ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırım, yüksek teknoloji endüstrisi ve yenilenebilir enerji tüketiminin değişkenlerinin etkisini araştırmışlardır. 1990-2018 yılları verileriyle yaptıkları panel veri analizi sonuçları: ekonomik büyüme, yüksek teknoloji endüstrisi ve doğrudan yabancı yatırımın CO₂ emisyonlarını artırdığını ancak yenilenebilir enerji tüketiminin ise CO₂ emisyonlarını azalttığını göstermişlerdir.

Bu çalışmaların dışında, karbondioksit emisyonu ile yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişkiyi araştırmak için E7 ülkelerini örneklem olarak alan birkaç çalışma aşağıda özetlenmiştir: Hye vd. (2023), GDP, yenilenebilir enerji, kurumsal kalite, enerji verimliliği, küreselleşme verilerinin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini Momente dayalı Kantil Regresyon Yöntemi (MMQR) ile araştırmışlardır. 1995-2018 dönemi verilerine uygulanan yöntem bulguları yenilenebilir enerji tüketimi, enerji verimliliği ve küreselleşmenin CO₂ üzerinde azaltıcı etkisinin olduğunu GDP'nin ise artırıcı etkisi olduğunu göstermiştir.

Hussain vd. (2022), E7 ülkelerinin 1990-2016 dönemi verileriyle yenilenebilir enerji, ithalat, ihracat, çevre teknolojileri ve GDP değişkenlerinin CO₂ tüketimindeki etkilerini araştırmışlardır. Analiz sonucunda GDP ile ithalatın CO₂ emisyonunu artırdığını, Yenilenebilir enerji tüketimi ile ihracatın ise CO₂ emisyonunu azalttığını saptamışlardır. E7 ülkeleri için GDP ve yenilenebilir enerji kullanımının CO₂ emisyonu ile ilişkisini konu edinmiş çalışmalar genel olarak CO₂ emisyonu üzerinde GDP'nin artırıcı etkisi olduğunu, ancak yenilenebilir enerji kullanımının ise azaltıcı etkisi olduğunu göstermişlerdir (Nudrat vd., 2023; Yu vd., 2022; Hao ve Chen, 2022; Bekun vd. 2021; Gyamfi vd., 2020; Aydoğan ve Vardar, 2019)

Yukarıdaki örneklerde görüldüğü gibi CO₂ emisyonu üzerinde etkili olabileceği düşünülen yenilenebilir enerji, GDP değişkenlerine ek farklı değişkenler ele alınarak çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bunlarda genel olarak yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonu üzerinde azaltıcı etkisinin olduğunu, kişi başına milli gelirin ise artırıcı etkisi olduğunu saptamışlardır (Deka vd. 2023; Mehmood vd. 2023; Salahodjaev vd. 2022; Li vd. 2022; Jeon, 2022; Karaaslan, 2022; De Souza Mendonça, 2020; Vasylieva vd. 2019; Chen vd. 2019; Bilan vd.,2019).

E7 ülkeleri kolektif olarak dünyadaki CO₂ emisyonlarının yaklaşık %40'ından sorumludur; bu da yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin olmalarına rağmen hala fosil yakıtları fazla kullanıyor olmalarının yanı sıra büyük nüfusa ve hızlı sanayileşme hızına sahip olmalarının bir sonucudur. Bu nedenle, bu ülkelerin hala gelişme sürecinde olduğu göz önüne alındığında karbon emisyonlarını etkileyen faktörleri incelemek ve gerekli politikaları geliştirmek önem arz etmektedir. Bu çalışmada da E7 ülkeleri için karbon emisyonu ile iktisadi büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişki araştırılmak istenmiştir.

3. VERİLER VE YÖNTEM

3.1. Veri Seti

Çalışmada gelişme hızının yüksek olduğu ülkeler olarak bilinen (Emerging) 7 ülkenin (Türkiye, Rusya, Meksika Hindistan, Endonezya, Çin ve Brezilya) 1992-2021 yılları arasındaki karbondioksit emisyonu, yenilenebilir enerji tüketimi ve iktisadi büyüme verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Değişkenlerin logaritmaları ile kurulan model şu şekildedir:

$$lCO_{2it} = \alpha_{it} + \beta_1 lREC_{it} + \beta_2 lGDP_{it} + \varepsilon_{it}$$

Burada i çalışmadaki ülkeleri, t ise zamanı göstermektedir. lCO_2 ; kişi başına karbondioksit emisyonunun logaritması, $lREC$; kişi başına yenilenebilir enerji tüketiminin logaritması ve $lGDP$ kişi başı milli gelirin logaritmasını olarak tanımlanmaktadır. Bu değişkenlere ait bilgiler Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo1: Çalışmada Kullanılan Verilere Dair Bilgiler

Değişkenlerin adı	Kodu	Birimi	Veri kaynağı
Karbondioksit emisyonu	ICO ₂	Metrik ton	ABD Enerji İdaresi
Yenilenebilir enerji tüketimi	IREC	Katrilyon Kilovat Saat	ABD Enerji İdaresi
Kişi başına GSYH	IGDP	2015 Sabit Fiyatlarla \$	Dünya Bankası

3.2. Yöntem

Çalışmada, karbondioksit emisyonu ile yenilenebilir enerji tüketimi ve iktisadi büyüme değişkenleri arasındaki uzun dönemli ilişki ile nedensellik ilişkisi analiz edilmiştir. Öncelikle ele alınan değişkenlerde yatay kesit bağımlılığının olup olmadığı Pesaran CD_{LM2} testi ile araştırılmıştır. Bu testin ile değişkenlerin yatay kesit bağımlılığının olduğunun tespit edilmesiyle, birim kök ve eşbütünleşme testlerinde ikinci kuşak testler kullanılmıştır. Bunlar CADF birim kök testi ile Error-Correction tabanlı Westerlund (2007) eşbütünleşme testleridir. Eşbütünleşme testlerinin seçiminde göz önünde bulundurulması gereken bir diğer durum ise parametrelerin homojenliğidir. Parametrelerin homojenliği Pesaran ve Yamagata (2008) testi ile araştırılmıştır. Tüm bu analizlerin ardından değişkenler arasındaki nedenselliğin varlığı Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testi ile araştırılmıştır.

3.2.1. Yatay Kesit Bağımlılık Testleri

Hata terimlerinde yatay kesit bağımlılık (birimler arası korelasyon) durumunun var olmasına göre kullanılacak testlerin seçimi analizlerde büyük önem taşımaktadır. Birimler arası korelasyonun olması halinde birinci kuşak testlerin kullanılması zayıf sonuçların alınmasına neden olacaktır. Bu nedenle birim kök testleri ve eşbütünleşme analizleri yapılmadan önce hata terimleri arasında yatay kesit bağımlılığın test edilmesi daha sonra uygulanacak test ve tahmin yöntemlerine karar verilmesi daha doğru sonuçlar alınmasını sağlayacaktır.

Çalışmada yatay kesit bağımlılığının varlığını Pesaran tarafından geliştirilen test ile araştırılmıştır. Pesaran (2004) CD_{LM2} (Cross Sectionally Dependence Lagrange Multiplier) testi, CD_{LM2} testi, $T \rightarrow \infty$ ve $N \rightarrow \infty$ iken (zaman ve birim boyutunun büyük olduğu durumlarda) kullanılmaktadır (Pesaran, 2004). Bu testin istatistiği:

$$CD_{LM2} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}} \left[\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N T \hat{\rho}_{ij} \right]$$

şekindedir. $\hat{\rho}_{ij}$; EKK ile elde edilen kalıntıların basit korelasyon katsayısını vermektedir. Pesaran CD_{LM2} testi ile sınanacak hipotezler aşağıdaki gibi kurulmaktadır:

$$H_0: cov(uit, ujt) = 0; \text{ (Tüm birimler için yatay kesit bağımlılığı yoktur)}$$

$H_1: cov(u_{it}, u_{jt}) \neq 0$; (En az biri için yatay kesit bağımlılığı vardır)

3.2.2. Pesaran ve Yamagata (2008) Homojenlik Testi

Yatay kesit bağımlılık ile beraber modeldeki parametrelerin homojen veya heterojen olması kullanılacak eşbütünleşme testlerine ve tahmin yöntemlerine karar vermede önemli yer tutmaktadır. Bu nedenle kullanılacak yöntemlerin seçimi yapılmadan önce yatay kesit bağımlılığının yanı sıra homojenlik testlerinin yapılması gerekmektedir. Literatürde çeşitli homojenlik testleri bulunmaktadır. Bu çalışmada Pesaran ve Yamagata (2008) testi kullanılmıştır.

Pesaran ve Yamagata, 1970’de Swamy tarafından geliştirilmiş homojenlik testini (N sabit T sonsuza giderken $k(N-1)$ serbestlik dereceli ki-kare olarak asimptotik dağılan) temel alarak küçük örneklem ve büyük örneklemle çalışabilen asimptotik olarak normal dağılıma sahip iki homojenlik testi geliştirmişlerdir (Pesaran ve Yamagata 2008:56). Bunlar:

$$\hat{\Delta} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}S^2 - k}{\sqrt{2k}} \right) \text{ (Küçük örneklem için Delta testi)}$$
$$\hat{\Delta}_{adj} = \sqrt{\frac{N(T+1)}{T-k-1}} \left(\frac{N^{-1}S^2 - k}{\sqrt{2k}} \right) \text{ (Büyük örneklem için Delta adj testi)}$$

Testleridir. Her iki test için de sınanacak olan sıfır hipotezi:

$H_0: \beta_i = \beta$ (Bütün paneller için eğim katsayısı homojendir)

$H_1: \beta_i \neq \beta_j$ (Bazı paneller için eğim katsayısı heterojendir)

Yukarıda verilen eşitliklerle hesaplanan test istatistiği kritik değerden büyükse, parametrelerin homojen olduğunu söyleyen sıfır hipotezi reddedilir.

3.2.3. CADF Birim Kök Testi

Pesaran (2007), Augmented Dickey Fuller regresyonunun gecikmeli yatay kesit ortalamaları ile regresyonunun birinci farkını alarak yatay kesit sorununu ortadan kaldırmaktadır. Dolayısıyla test adını, yatay kesit genişletilmiş Dickey Fuller “CADF” olarak almaktadır. CADF testinin hem $T > N$ hem de $N > T$ iken geçerli olduğu yapılan Monte Carlo simülasyonları ile saptanmıştır. CADF regresyonu,

$$\Delta Y_{it} = \alpha_i + \rho_i \bar{Y}_{i,t-1} + d_0 \bar{Y}_{t-1} + d_1 \Delta \bar{Y}_t + \varepsilon_{it}$$

şekindedir. Burada $\alpha_i = (1 - \phi_i)\mu_i$, $\rho_i = -(1 - \phi_i)$, $\Delta Y_{it} = Y_{it} - Y_{it-1}$ ve $u_{it} = \gamma_i f_t + \varepsilon_{it}$ dir. CADF panel birim kök test istatistiği: (Pesaran, 2007:269):

$$t_i^*(N, T) = \begin{cases} K_1, & t_i(N, T) \leq K_1 \\ t_i(N, T), & K_1 < t_i(N, T) < K_2 \\ K_2, & K_2 \leq t_i(N, T) \end{cases}$$

şeklinde hesaplanmaktadır Bu testle sınanacak hipotezler şu şekilde kurulur:

$H_0: \rho_i = 0$, tüm i ’ler için (Seride birim kök vardır, durağan değildir)

$H_1: En az bir \rho_i \neq 0$ (En az bir birim için seride birim kök yoktur, durağandır)

3.2.4. Westerlund Eşbütünleşme Testi

Westerlund testi birimler arası korelasyonun varlığında da kullanılabilir. Serilerde yatay kesit bağımlılığı bulunuyorsa bootstrap adımı ile dirençli kritik değerler elde edilirken, yatay kesit bağımlılığının olmadığı durumlarda standart normal dağılımı kullanılmaktadır. Westerlund testi diğer eşbütünleşme testleri gibi serilerin birinci dereceden durağan olması durumunda kullanılmaktadır.

Westerlund (2007) dört tane panel eşbütünleşme testi önermiştir. Bunların iki tanesi hata düzeltme temelli panel istatistiği (P_τ ve P_α) iken ve iki tanesi grup istatistiği (G_τ ve G_α) şeklindedir.

Hata düzeltme temelli panel eşbütünleşme modeli şu şekildedir:

$$\Delta Y_{it} = \delta'_i d_t + \alpha_i Y_{it-1} + \lambda'_i X_{it-1} + \sum_{j=1}^{p_i} \varphi_{ij} \Delta Y_{it-j} + \sum_{j=0}^{p_i} \gamma_{ij} \Delta X_{it-j} + e_{it}$$

Burada d ; deterministik bileşenler (sabit ve trend) vektörü, λ_i ; uzun dönem, γ_i ve φ_i ; kısa dönem parametrelerdir. G_α ve G_τ istatistikleri şu şekilde hesaplanır:

$$G_\alpha = \sum_{i=1}^N L_{i11}^{-2} L_{i12}$$

$$G_\tau = \sum_{i=1}^N \hat{\sigma}^{-1} L_{i11}^{-1/2} L_{i12}$$

Tüm panele ait bilgileri veren P_α ve P_τ istatistikleri ise şu şekildedir:

$$P_\alpha = \left(\sum_{i=1}^N L_{i11} \right)^{-1} \sum_{i=1}^N L_{i12}$$

$$P_\tau = \hat{\sigma}^{-1} \left(\sum_{i=1}^N L_{i11} \right)^{-1/2} \sum_{i=1}^N L_{i12}$$

Her dört istatistiğe göre de hipotezler şu şekilde genellenebilir:

H_0 : Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmamaktadır.

H_1 : Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmaktadır.

Westerlund (2007) çalışmasında kritik değerleri vermiştir. Birimler arası korelasyonun olması halinde bootstrap ile dirençli kritik değerler elde etmiştir. Westerlund'un yaptığı simülasyonlar bu testin, kalıntı temelli testlerden daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir (Westerlund, 2007). Dört istatistiği temel alan Westerlund testi oldukça esnek. Ayrıca hata düzeltme modelinde kısa ve uzun dönem parametrelerde heterojenliğe ve farklı uzunluktaki serilere (dengesiz panel) imkân vermektedir.

3.2.5. Dumitrescu-Hurlin Nedensellik Testi

Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin varlığını araştırmak için nedensellik analizleri kullanılır. İki değişken arasında bir nedensellik ilişkisi varsa bunun yönünü de tayin eder ve bir değişkenden diğerine tek yönlü nedensellik ilişkisi olabileceği gibi, çift yönlü nedensellik ilişkisi de olabilir.

Granger nedensellik testinin panel veri modelleri için genişletilmiş hali Dumitrescu-Hurlin nedensellik testidir (Öztürk, 2018:6). Heterojen bir test olan Dumitrescu-Hurlin testi yatay kesit bağımlılığının olduğu durumlarda bootstrap yöntemiyle kullanılabilir. Bu test hem $N > T$ iken hem de $T > N$ iken kullanılabilir. Test istatistikleri: $W_{N,T}^{HNC}$, $Z_{N,T}^{HNC}$ ve Z_N^{HNC} şeklinde üç adet test ile hesaplanır ve bu testlerin sonuçları kritik değerlerden büyük çıkarsa Granger nedeni değildir şeklindeki sıfır hipotezi reddedilir.

$$W_{N,T}^{HNC} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N W_{i,T}$$

$$Z_{N,T}^{HNC} = \sqrt{\frac{N}{2k}} (W_{N,T}^{HNC} - k) \quad T, N \rightarrow \infty N(0,1)$$

$$Z_N^{HNC} = \frac{\sqrt{N}(W_{N,T}^{HNC} - N^{-1} \sum_{i=1}^N E W_{i,T})}{\sqrt{N^{-1} \sum_{i=1}^N Var W_{i,T}}} \quad N \rightarrow \infty N(0,1)$$

4. AMPİRİK BULGULAR

Bu kısımda yapılan analizlerin sonuçlarına yer verilmiştir. Karbondioksit emisyonu, yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başına milli gelir değişkenlerinin yatay kesit bağımlılığı, birim kök analizi, homojenlik ve eşbütünlük testleri ile nedensellik testleri ile elde edilen analiz bulguları yer almaktadır.

4.1. Yatay Kesit Bağımlılık Testi Sonuçları

Panel veri çalışmalarında kullanılacak birim kök ve eşbütünlük testlerinin seçimine geçilmeden önce yatay kesit bağımlılığının tespiti büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle bu testlerin seçimine karar verilmesi için öncelikle birimler arasında korelasyonun varlığı araştırılmıştır. Pesaran 2004 testinin sonuçları Tablo 2’de verilmiştir:

Tablo 2: Yatay kesit bağımlılığı testi bulguları

Değişken adı	CD test	Prob. değeri
ICO ₂	15,78	0,000
IREC	13,5	0,000
IGDP	24,03	0,0001

Yatay kesit bağımlılığı test bulgularını gösteren Tablo 2 incelendiğinde, tüm değişkenlerin olasılık değerleri %1’den küçük olduğu için yatay kesit bağımlılığı yoktur şeklinde kurulan temel hipotez reddedilmektedir ve değişkenlerin yatay kesit bağımlılığı sorununu barındırdığı görülmektedir (p< 0.01). Bu nedenle ikinci kuşak birim kök ve eşbütünlük testlerinin kullanılması gerekmektedir.

4.2. Homojenlik Testi Sonuçları

Çalışmada kurulan modelin katsayılarının homojenliğini sınamak için Pesaran-Yamagata homojenlik testi kullanılmıştır. Bu testte kullanılan iki delta testinin test istatistikleri ve olasılık değerleri Tablo 3 de verilmiştir.

Tablo 3: Homojenlik Testi Bulguları

Değişken adı	Test istatistiği	Olasılık değeri
$\hat{\Delta}$	11,174	0,000
$\hat{\Delta}_{adj}$	12,003	0,000

Tablo 3 incelendiğinde, olasılık değerlerinin her ikisinin de 0.01 seviyesinin altında olması (%99 güven düzeyinde) bütün paneller için eğim katsayısı homojendir şeklinde kurulan temel hipotezi güçlü bir biçimde reddetmektedir. Yani, en az bir panel için eğim katsayılarının heterojen olduğu tespit edilmiştir. Eğim katsayılarının heterojen olarak bulunması eşbütünlük testi

seçiminde önem arz etmektedir. Burada eğim katsayılarının heterojen bulunması nedeniyle Westerlund eşbütünleşme testi kullanılmıştır.

4.3. Birim Kök Testi Sonuçları

Çalışmada kullanılan değişkenlerin yatay kesit bağımlılığını barındırdığı Pesaran CD testi ile gösterilmiştir. Bu nedenle ikinci kuşak birim kök testlerinin uygulanması gerekmektedir. Bu nedenle serilere Pesaran tarafından geliştirilen CADF heterojen birim kök testi uygulanmıştır. Bu testte kullanılacak gecikme uzunluğu birinci kuşak birim kök testleri ile belirlenebileceği için burada Im-Pesaran-Shin (IPS) panel birim kök testi sonuçları da çalışmaya dahil edilmiştir. Birim kök testlerinde kullanılacak uygun gecikme sayısının belirlenmesinde Akaike bilgi kriterine bakılmıştır.

Birim kök testinde hipotezler şu şekilde kurulmuştur:

H_0 : Seride birim kök vardır, durağan değildir.

H_1 : En az bir birim için seride birim kök yoktur, durağandır.

Tablo 4: Panel Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	Test	Düzye seviyesinde	1.Fark seviyesinde
ICO ₂	IPS	1,0455 (0,852)	-8,054 (0,000)
	CADF	-2,123 (0,702)	-4,926 (0,000)
IREC	IPS	1,1061 (0,866)	-14,301 (0,000)
	CADF	-2,433 (0,363)	-4,401 (0,000)
IGDP	IPS	0,686 (0,754)	-6,814 (0,000)
	CADF	-2,064 (0,758)	-3,898 (0,000)

Not: Parantez içindeki değerler olasılık değerleridir.

Yukarıdaki tablo incelendiğinde IPS testi (birinci kuşak birim kök testi) ve CADF testi (ikinci kuşak birim kök testi) sonuçlarının tüm değişkenlerin düzey seviyesinde durağan olmadığını göstermektedir. Bu bulgu tüm değişkenlerin birim köke sahip olduğunu ifade etmektedir. Fakat bu değişkenlerin birinci farkları alındığında hem IPS hem CADF testi sonuçlarına göre %99 güven düzeyinde durağan oldukları görülmektedir (p-değerleri < 0,01). Dolayısıyla bütün değişkenlerin I(1) olduğu saptanmıştır.

4.4. Eşbütünleşme Testi Sonuçları

CADF birim kök testi bulguları, tüm değişkenlerin düzeyde durağan değilken birinci farkları alındığında durağan hale geldiklerini göstermiştir. Dolayısıyla tüm değişkenlerin birinci farkları durağan olduğu (I(1)) durumda aralarındaki ilişkinin varlığı eşbütünleşme testleri ile araştırılır. Diğer taraftan Pesaran vd. 2007 testi ile değişkenlerin heterojen olduğu belirlenmişti. Bu nedenle çalışmada, kullanılan değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığını sınamak için 2. Kuşak testlerden heterojenliğe izin veren Westerlund (2007) panel eşbütünleşme testi kullanılmıştır. E7 ülkeleri için elde edilen eşbütünleşme testi bulguları Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5: Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Test Adı	Test İstatistiği	Olasılık Değeri(p)
G_τ	-0,861	0,906
G_α	-2,562	0,943
P_τ	-2,632	0,454
P_α	-2,552	0,489

Not: Temel hipotez eşbütünleşme yoktur şeklindedir.

Tablo 5 incelendiğinde, her dört test istatistiğın olasılık değerlerine göre eşbütünleşme yoktur şeklinde kurulan temel hipotezin %99 güven düzeyinde reddedilemediği görülmektedir (p değerleri > 0.01) . Dolayısıyla, E7 ülkeleri için ele alınan değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkiden bahsedilememektedir. Bu nedenle uzun dönemli model tahmininin yapılması uygun görülmemiştir.

4.5. Nedensellik Testi Sonuçları

Westerlund eşbütünleşme testi sonuçları ele alınan değişkenlerin uzun dönemde aralarında ilişki olmadığını göstermiştir. Bu nedenle, değişkenlerin katsayılarının tahmin edilmesi yerine aralarındaki nedensellik ilişkisi araştırılmıştır. Bunun için Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testi kullanılmıştır. Testin sonuçları Tablo 6’da özetlenmiştir.

Tablo 6: Nedensellik Testi Sonuçları

Nedenselliğın Yönü	$W_{N,T}^{HNC}$	$Z_{N,T}^{HNC}$	Z_N^{HNC}
$GDP \rightarrow CO_2$	1,3 (---)	0,56 (0,57)	0,34 (0,73)
$CO_2 \rightarrow GDP$	1,81 (---)	1,51 (0,13)	1,16 (0,25)
$CO_2 \rightarrow REC$	1,08 (---)	0,16 (0,88)	-0,01 (0,99)
$REC \rightarrow CO_2$	2,22 (---)	2,28 (0,02)**	1,82 (0,07)***
$REC \rightarrow GDP$	1,79 (---)	1,48 (0,14)	1,13 (0,26)
$GDP \rightarrow REC$	0,82 (---)	-0,33 (0,74)	-0,43 (0,67)

Not: Temel hipotez Granger nedeni değildir şeklindedir. Parantez içerisindeki değerler p değerlerini göstermektedir. *0,01; **0,05; ***0,1 anlamlılığı göstermektedir

Tablo 6’da yer alan Dumitrescu-Hurlin Nedensellik Testi sonuçları incelendiğinde, ele alınan değişkenlerden sadece yenilenebilir enerji tüketiminden karbondioksit emisyonuna doğru olan temel hipotezin reddedildiği görülmektedir. Yani yenilenebilir enerji tüketimi, karbondioksit emisyonunun en az bir panelinin nedenidir ($REC \rightarrow CO_2$). Dolayısıyla E7 ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi karbondioksit emisyonunu etkilemektedir denilebilir. Ancak karbondioksit emisyonundan yenilenebilir enerji tüketimine doğru bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Bununla birlikte diğer değişkenler arasında da herhangi bir nedensellik ilişkisi saptanamamıştır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada gelişme hızı yüksek olan 7 ülkenin (Türkiye, Rusya, Meksika Hindistan, Endonezya, Çin ve Brezilya) 1992-2021 dönemine ait yıllık verileri kullanılarak karbondioksit emisyonu ile yenilenebilir enerji tüketimi ve iktisadi büyüme verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bu amaçla uzun dönemli ilişki için eşbütünleşme testleri ve nedensellik ilişkisi için panel nedensellik testleri kullanılmıştır. Öncelikle yatay kesit bağımlılığının varlığı araştırılmıştır. Değişkenlerde yatay kesit sorununun olması nedeniyle ikinci kuşak birim kök ve eşbütünleşme testleri kullanılmıştır. CADF birim kök testi sonuçlarının tüm değişkenlerin I(1) olduğunu göstermesi nedeniyle değişkenlerin uzun dönemli ilişkileri incelenmiştir. Westerlund eşbütünleşme testi ise ele alınan örneklem için değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket etmediklerini göstermiştir. Bu sonuçların neticesine ek olarak değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin varlığı araştırılmıştır. Nedensellik bulguları ise yenilenebilir enerji tüketiminden karbondioksit emisyonuna doğru tek yönlü bir ilişki olduğunu yani karbondioksit emisyonunun sadece yenilenebilir enerji tüketiminden etkilendiğini göstermiştir. Diğer değişkenlerin hiçbirinin

birbirinin nedeni olmadığı sonucu görülmüştür. Bu durumun değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin bulunmamasını da destekler nitelikte olduğu görülmektedir.

Bu araştırmada kişi başına milli gelir ile karbondioksit emisyonu arasında gerek uzun dönemli bir ilişki gerekse nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Kişi başına milli geliri yüksek olan ülkelerde özellikle sanayileşmeden kaynaklı karbondioksit emisyonunun daha yüksek olduğu görülmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde ise sanayi oranının daha düşük olması nedeniyle karbondioksit emisyonu da daha düşük olmaktadır. Dolayısıyla kişi başına milli gelir ile karbondioksit emisyonu arasında olması beklenen ilişki gelişmekte olan ülkelerde görülmeyebilir. Nitekim E7 ülkeleri de gelişme hızı yüksek olsa da gelişmekte olan ülkeler olduğu için çalışma bulgularında bu durum görülmüştür.

İkinci olarak çalışmada, yenilenebilir enerji tüketimi ile iktisadi büyüme arasında da gerek uzun dönem gerekse nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Bu durum nötralite hipotezi (Yansızlık) ile doğru orantılı bir sonuçtur (Fatai v.d., 1995; Cheng, 1995; Jobert ve Karanfil, 2007). Yansızlık hipotezi, iktisadi büyüme ile enerji tüketimi arasında bir ilişki olmadığını ifade ettiği için yenilenebilir enerji tüketiminden kaynaklı karbondioksit emisyonlarının ekonomik büyüme ile ilişkilendirilmesine imkân vermemektedir.

Üçüncü olarak çalışmada sadece yenilenebilir enerjiden karbondioksit emisyonuna doğru bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Bu durumun ilk olarak, literatür taramada incelenen çalışmalarda da görüldüğü gibi, enerji kullanımında yenilenebilir enerjinin tercih edilmesinin karbondioksit emisyonu üzerinde azaltıcı etkisinin olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Nudrat vd., 2023; Yu vd., 2022; Hao ve Chen, 2022; Bekun vd. 2021; Gyamfi vd., 2020; Aydoğan ve Vardar, 2019). İkinci olarak ise toplam enerji tüketiminin %32,1'ini biyoyakıtlardan alan ve yenilenebilir enerjiyi oransal olarak en çok kullanan ikinci ülke olan Brezilya'nın E7 ülkeleri içerisinde olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir (International Energy Agency IEA;2022).

Yenilenebilir enerji sektöründe yatırım yapan kurumların yatırımlarının sürdürülebilir olması ve yatırımcının gelecek beklentilerini daha net bir şekilde belirleyebilmesi için siyasi istikrar ve kamu politikaları olmalıdır. Ayrıca yenilenebilir enerji hakkında yazılı, görsel ve sosyal medya yoluyla daha fazla bilgilendirme yapılarak farkındalık artırılmalı ve yenilenebilir enerji ile ilgili bilinçlendirme yapılmalıdır. Enerji sektörünün değişen durumuna göre yatırım, araştırma ve geliştirme politikaları sürekli güncellenmeli, bilim ve teknoloji hedefleri uzun dönemli bir şekilde belirlenmelidir.

Panel veri yöntemleri kullanılarak yapılan bu çalışma, E7 ülkelerinin 1991-2021 dönemi verileri için saptanmıştır. Farklı ülkelerle, başka zaman dilimleri alınarak veya bu değişkenlere ek değişkenler eklenerek yapılacak yeni çalışmalar, araştırmacılara ve politika yapıcılara yeni bilgiler sağlamaları konusunda yardımcı olacaktır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Yazarların Makaleye Katkı Oranları

Çalışmanın tamamı yazar tarafından oluşturulmuştur.

Çıkar Beyanı

Yazarlar açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Acaravcı, A. ve Erdoğan, S. (2018). Yenilenebilir enerji, çevre ve ekonomik büyüme ilişkisi: seçilmiş ülkeler için ampirik bir analiz. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 13 (1) , 53-64. DOI:10.17153/oguibf.359419. Erişim tarihi: 22.09.2023
- Akay, E. Ç., Abdieva, R. & Oskonbaeva, Z. (2015). Yenilenebilir enerji tüketimi, iktisadi büyüme ve karbondioksit emisyonu arasındaki nedensel ilişki: Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkeleri örneği. *International Conference On Eurasian Economies*. 628-636.
- Aydoğan, B. & Vardar, G. (2020). Evaluating the role of renewable energy, economic growth and agriculture on co2 emission in E7 countries. *International Journal of Sustainable Energy*, 39(4), 335-348. DOI:10.1080/14786451.2019.1686380 Erişim tarihi: 24.09.2023
- Banday, U. J., & Aneja, R. (2020). Renewable and non-renewable energy consumption, economic growth and carbon emission in BRICS: evidence from bootstrap panel causality. *International Journal of Energy Sector Management*, 14(1), 248-260.
- Bekun, F. V., Adedoyin, F. F., Etokakpan, M. U., & Gyamfi, B. A. (2022). Exploring the tourism-CO2 emissions-real income nexus in E7 countries: accounting for the role of institutional quality. *Journal of Policy Research in Tourism, Leisure and Events*, 14(1), 1-19.
- Bilan, Y., Streimikiene, D., Vasylieva, T., Lyulyov, O., Pimonenko, T., & Pavlyk, A. (2019). Linking between renewable energy, CO2 emissions, and economic growth: challenges for candidates and potential candidates for the eu membership. *Sustainability*, 11(6), 1528.
- Chen, Y., Wang, Z., & Zhong, Z. (2019). CO2 emissions, economic growth, renewable and non-renewable energy production and foreign trade in China. *Renewable Energy*, 131, 208-216.
- Cheng, B. 1995. "An investigation of cointegration and causality between energy consumption and economic growth". *Energy Dev*, 21, p.73–84.
- Çoban, O. ve Şahbaz Kılınç, N. (2015). Yenilenebilir Enerji Tüketimi Karbon ve Emisyonu İlişkisi: TR Örneği. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(38), 195-208.
- De Souza Mendonça, A. K., Barni, G. D. A. C., Moro, M. F., Bornia, A. C., Kupek, E., & Fernandes, L. (2020). Hierarchical modeling of the 50 largest economies to verify the impact of GDP, population and renewable energy generation in CO2 emissions. *Sustainable Production and Consumption*, 22, 58-67.
- Deka, A., Ozdeser, H. & Seraj, M. (2023). The effect of GDP, renewable energy and total energy supply on carbon emissions in the EU-27: new evidence from panel GMM. *Environmental Science Pollution Research*, 30, 28206-28216 <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24188-x>
- Du, L., Jiang, H., Adebayo, T. S., Awosusi, Ab. A. & Razaq, A. (2022). Asymmetric effects of high-tech industry and renewable energy on consumption-based carbon emissions in MINT countries. *Renewable Energy*, 196, 1269-1280.
- Farhani, S. & Rejeb, J. B. (2012). Energy consumption, economic growth and CO2 emissions: evidence from panel data for MENA Region. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2 (2) , 71-81. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeeep/issue/31900/350669>. Erişim tarihi:24.09.2023.
- Farhani, S. & Shahbaz, M. (2014). What role of renewable and non-renewable electricity consumption and output is needed to initially mitigate CO2 emissions in MENA region?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, 40(C) 80-90.
- Fatai K, Oxley L, Scrimgeour, F. 2002. "Energy consumption and employment in New Zealand: searching for causality". Paper presented at NZAE conference, Wellington
- Gyamfi, B. A., Bein, M. A., & Bekun, F. V. (2020). Investigating the nexus between hydroelectricity energy, renewable energy, nonrenewable energy consumption on output: evidence from E7 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 25327-25339.
- Jeon, H. (2022). CO2 emissions, renewable energy and economic growth in the US. *The Electricity Journal*, 35(7), 107170.
- Jobert, T. ve Karanfil, F. 2007. "Sectoral energy consumption by source and economic growth in Turkey". *Energy Policy*, 35, p.5447–5456
- Hao, Y., & Chen, P. (2023). Do renewable energy consumption and green innovation help to curb CO2 emissions? Evidence from E7 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(8), 21115-21131.

- Hoyos, R. E. D., ve Sarafidis, V. (2006). Testing for cross-sectional dependence in panel data models. *The Stata Journal*, 6(4), 482-496.
- Hussain, M., Mir, G. M., Usman, M., Ye, C., & Mansoor, S. (2022). Analysing the role of environment-related technologies and carbon emissions in emerging economies: a step towards sustainable development. *Environmental Technology*, 43(3), 367-375.
- Hye, Q. M. A., Ul-Haq, J., Visas, H., & Rehan, R. (2023). The role of eco-innovation, renewable energy consumption, economic risks, globalization, and economic growth in achieving sustainable environment in emerging market economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(40), 92469-92481.
- Karaaslan, A., & Çamkaya, S. (2022). The relationship between CO2 emissions, economic growth, health expenditure, and renewable and non-renewable energy consumption: Empirical evidence from Turkey. *Renewable Energy*, 190, 457-466.
- Karimi Alavijeh, N., Ahmadi Shadmehri, M., Nazeer, N., [Zangoei, S.](#) & Dehdar, F. (2023). The role of renewable energy consumption on environmental degradation in EU countries: do institutional quality, technological innovation, and GDP matter?. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 44607–44624 <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25428-4>
- Kirikaleli, D., Awosusi, A.A. & Adebayo, T.S. (2023). Enhancing environmental quality in Portugal: can CO2 intensity of GDP and renewable energy consumption be the solution?. *Environmental Science Pollution Research*, 30, 53796–53806 <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26191-2>.
- Kraft, J. & Kraft, A., (1978). On the relationship between energy and GNP. *J Energy Dev*, 3, 401–403.
- Li, B., & Haneklaus, N. (2022). Reducing CO2 emissions in G7 countries: The role of clean energy consumption, trade openness and urbanization. *Energy Reports*, 8, 704-713.
- Mehmood, U., Tariq, S., Haq, Z.u. *et al.* (2023). Evaluating the role of renewable energy and technology innovations in lowering CO₂ emission: a wavelet coherence approach. *Environ Sci Pollut Researsch*, 30, 44914–44927 <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25379-w>.
- Menegaki, Angeliki N., (2011). Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence for neutrality hypothesis. *Energy Economics*, Elsevier, 33(2), 257-263.
- Mukhtarov S, Aliyev F, Aliyev J, Ajayi R. (2023). Renewable Energy Consumption and Carbon Emissions: Evidence from an Oil-Rich Economy. *Sustainability*. 15(1):134. <https://doi.org/10.3390/su15010134>.
- Nudrat, S., Amin, A. & Jalil, S. (2023). International Trade and Consumption-Based CO2 Emission: A Cross Country Analysis. *Journal of Business and Management Research*, 2(2), 681–705. Retrieved from <https://jbm.com.pk/index.php/Journal/article/view/62>
- Öztürk, E. (2018). Elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi: üst orta gelir grubu ülkeler panel veri analizi. *Uluslararası İşletme, Ekonomi ve Yönetim Perspektifleri Dergisi*. 2, 1, 1-10.
- Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. Cambridge: University of Cambridge Working Paper.
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22, 265–312.
- Pesaran, M. H. & Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142, 50–93.
- Pesaran, M. H., Ullah, A. & Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted lm test of error cross-section independence. *Econometrics Journal*, 11, 105-127.
- Salahodjaev, R., Sharipov, K., Rakhmanov, N. *et al.* Tourism, renewable energy and CO2 emissions: evidence from Europe and Central Asia. *Environ Dev Sustain*, 24, 13282–13293 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01993-x>
- Sancar Özkök, C. ve Atay Polat M (2018). CO2 emisyonu- enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi: G7 ülkeleri üzerine ekonometrik bir analiz. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 21, 33 - 46. 10.18092/ulikidince.263545.
- Vasylieva, T., Lyulyov, O., Bilan, Y., & Streimikiene, D. (2019). Sustainable economic development and greenhouse gas emissions: The dynamic impact of renewable energy consumption, GDP, and corruption. *Energies*, 12(17), 3289.
- Westerlund J. & Edgerton D.L. (2007). A panel bootstrap cointegration test. *Economics Letters*, Volume 97 (3), 185-190.

Yu, Y., Radulescu, M., Ifelunini, A. I., Ogwu, S. O., Onwe, J. C., & Jahanger, A. (2022). Achieving carbon neutrality pledge through clean energy transition: Linking the role of green innovation and environmental policy in E7 countries. *Energies*, 15(17), 6456.

https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/22/files/GCP_CarbonBudget_2022.pdf
13.11.2023).

(Erişim tarihi:

Extended Summary

Examining The Relationship Between Carbon Dioxide Emissions, Renewable Energy Consumption And Economic Growth In E7 Countries

The rapidly increasing use of technology and the pace of industrialization with the industrial revolution have led to a large increase in the amount of carbon dioxide released into the environment. In addition to the high industrialization rates of developed countries, their high population and urbanization rates are one of the main reasons why their carbon emissions are higher than other countries. As a matter of fact, according to the Global Carbon Project (GCP) 2022 data, 11.4% of the total carbon emissions worldwide consist of carbon dioxide released by China, 5.1% by the USA, and 2.9% by India. In the same report, 15.1% of global carbon emissions consist of coal, 12.1% of oil and 7.9% of gases. While emissions from fossil fuels, of which coal is the majority, continue to increase, it has been stated that emissions from oil are mainly caused by international aviation (Global Carbon Project, 2022).

Global carbon project reports have shown that the biggest cause of carbon emissions globally is fossil fuels. Using renewable resources instead of fossil fuels in energy use will reduce the amount of carbon emissions released into the environment. For this reason, the demand for renewable energy production and consumption is increasing day by day all over the world. Figures from the International Energy agency (IEA): Norway comes first with 45% of its total energy use from Hydroelectricity, Brazil is second with 32.1% of its total energy consumption from biofuels, and 25% of its total consumption comes from wind and solar energy. The field showed that New Zealand is the third country that uses renewable energy proportionally the most. It is an expected result that Norway, which ranks fourth in the world with a per capita national income of 99266 dollars (World Bank-2023), according to IMF data, will be first in renewable energy consumption proportionally.

The information provided above shows that there is a relationship between national income per capita and renewable energy, and between renewable energy and carbon emissions. Therefore, the purpose of this study is to determine the relationship between economic growth, renewable energy consumption and carbon dioxide emissions. For this purpose, the annual renewable energy, economic growth and carbon dioxide emission data of the E7 countries for the period 1992-2021 were analyzed with panel data methods and the relationship between them was tried to be determined.

In this study, using annual data for the period 1992-2021, the relationship between carbon dioxide emissions, renewable energy consumption and economic growth data of 7 countries (Brazil, China, Indonesia, India, Mexico, Russia and Turkey), known as Emerging countries, was investigated. The model established with the logarithms of these variables is as follows: $lCO2_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 lREC_{it} + \beta_2 lGDP_{it} + \varepsilon_{it}$. Here; $i=1, \dots, N$ the countries considered, $t=1, \dots, T$ time, $lCO2$; logarithm of carbon dioxide emissions per capita, $lREC$; logarithm of energy consumption per capita and $lGDP$; logarithm of real GDP per capita. Carbon dioxide emissions (Metric tons) and renewable energy consumption (Quadrillion Kilowatt Hours) data were obtained from the US Energy Administration and GDP per capita (2015 constant prices \$) data were obtained from the World Bank.

In the study, the long-term relationship between renewable energy consumption, economic growth and CO2 emissions and the causality relationship between these variables were analyzed using the panel data method. Here, in the first place, the existence of cross-sectional dependence in the variables was investigated with the Pesaran 2004 test. Since the results of these tests revealed the existence of cross-sectional dependence between units, second generation tests were used in panel unit root and panel cointegration tests. These are the CADF unit root test and Error-Correction based Westerlund (2007) cointegration tests. Another situation that should be

taken into consideration in cointegration analysis is the homogeneity of the parameters. Whether the parameters were homogeneous or heterogeneous was investigated with the Pesaran-Yamagata (2008) test. Finally, whether there was a causality relationship between the variables used in the study was investigated with the Dumitrescu-Hurlin causality test.

Pesaran (2004) test results showed that the main hypothesis stating that there is no cross-sectional dependence was rejected at the 1% significance level in all variables. Therefore, since the variables considered have the problem of cross-sectional dependency, the use of second-generation unit root and cointegration tests will ensure more accurate results. According to the results of delta homogeneity tests developed by Pesaran et al. (2008), the basic hypothesis that the slope coefficient is homogeneous for all panels is strongly rejected. That is, the slope coefficients for at least one panel were found to be heterogeneous. The fact that the slope coefficients are heterogeneous is important in choosing the cointegration test. Here, Westerlund cointegration test was used because the slope coefficients were found to be heterogeneous. And according to the results of the CADF test, which is the second generation unit root test, all variables considered are not stationary at the level level. In other words, all variables have unit roots at the level level. However, when the first differences of the series are examined, it is seen that all variables do not have unit roots at the 99% confidence level according to both IPS and CADF test results (p -values < 0.01). Therefore, all series were found to be first order stationary. The results of Westerlund cointegration test, it was decided that there was no cointegration between the units forming the panel. Therefore, it can be said that the variables considered for E7 countries do not move together in the long run. When the results of the Dumitrescu-Hurlin causality test are examined, it is seen that there is a one-way causality relationship from renewable energy consumption to carbon dioxide emissions (REC \rightarrow CO₂). However, no causal relationship could be detected between other variables.

These findings, obtained using panel data methods, were determined for the variables and sample considered. New studies to be conducted in different countries, taking different time periods or adding additional variables to these variables will help both researchers and environmental scientists to provide new information.