

AB Ülkelerinde CO2 Emisyonu ve Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Sağlık Harcamaları Üzerindeki Etkisi

Salih Yıldırım¹

Öz

İklim değişikliği ve çevresel bozulmanın başlıca sebebi CO2 emisyonudur. Büyük ölçüde enerji üretiminden kaynaklanan CO2 emisyonu, sürdürülebilir ekolojik yaşamı tehdit ederek insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. CO2 emisyonunun artışını önlemek ve insan sağlığını korumak amacıyla birçok Avrupa Birliği (AB) ülkesi yenilenebilir enerji kullanımını merkeze almaktadır. Çevre dostu olan yenilenebilir enerji, toplumsal sağlığın korunması ve yaşam beklentilerinin iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, 27 AB üyesi ülke için 2000-2020 döneminde CO2 emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketiminin sağlık harcamaları üzerindeki etkisini araştırmaktır. Bu doğrultuda bağımlı değişken kişi başına sağlık harcamaları, bağımsız değişkenler CO2 emisyonu, yenilenebilir enerji tüketimi ve ortalama yaşam beklentisi olarak seçilmiştir. Seçilen değişkenler panel sabit etkiler modeli Driscoll-Kraay tahmincisi ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, CO2 emisyonunun sağlık harcamaları üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı, yenilenebilir enerji tüketiminin sağlık harcamaları üzerinde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisini ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: CO2 emisyonu, Yenilenebilir enerji, Sağlık harcamaları, Sabit etkiler modeli, AB ekonomileri.

Jel kodları: I18, Q54, P18, C23.

The Impact of CO2 Emissions and Renewable Energy Consumption on Health Expenditures in EU Countries

Abstract

The main cause of climate change and environmental degradation is CO2 emissions. CO2 emissions, largely originating from energy production, threaten sustainable ecological life and negatively affect human health. In order to prevent the increase in CO2 emissions and protect human health, many European Union (EU) countries focus on the use of renewable energy. Renewable energy, being environmentally friendly, contributes to the protection of social health and the improvement of life expectancy. The aim of this study is to investigate the effects of CO2 emissions and renewable energy consumption on health expenditures for the period 2000-2020 for

¹ **Sorumlu yazar/Corresponding author:** Dr. Salih Yıldırım, Bursa Uludağ Üniversitesi, ssalihyildirim@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1237-8214

Atıf/Citation: Yıldırım, S. (2024).. AB ülkelerinde CO2 emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketiminin sağlık harcamaları üzerindeki etkisi Bursa Uludağ Journal of Economy and Society, 43(2), 146-157.

26 EU member states. In this direction, the dependent variable was selected as health expenditures per capita, and the independent variables were selected as CO2 emissions, renewable energy consumption and average life expectancy. The selected variables were analyzed with the panel fixed effects model Driscoll-Kraay estimator. The analysis results reveal a positive and statistically significant effect of CO2 emissions on health expenditures, and a negative and statistically significant effect of renewable energy consumption on health expenditures.

Keywords: CO2 emission, Renewable energy, Health expenditures, Fixed effects model, EU economies.

Jel codes: I18, Q54, P18, C23.

1. Giriş

Enerji, ekonomilerin sürdürülebilirliği için vazgeçilmez bir gereksinimdir. Küresel çapta enerji üretimi ağırlıklı olarak fosil yakıtlara dayalı bir biçimde gerçekleşmektedir. Fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan parçacıklar, metan, azot oksit, kükürt dioksit ve en önemli kirletici gaz olan karbondioksit (CO2) gazı ortaya çıkmaktadır (Dritsaki & Dritsaki, 2024). CO2 emisyonları, ekolojik bozulmayı hızlandırmakta ve küresel iklim değişikliğine yol açmaktadır (Danish vd., 2017). Ekolojik çevre ve iklim açısından enerji üretiminde yeşil dönüşümün gerçekleşmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, okyanus ve hidroelektrik enerjisi, jeotermal ve biyokütle enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi öne çıkmaktadır. Yenilenebilir enerjiler, çevredeki kirleticileri azaltma, enerji tasarrufu sağlama ve atıkWH maddelerin geri dönüşümünü kolaylaştırma yeteneğine sahip yenilikçi bir yaklaşımdır (Piran vd., 2023).

2018 yılında AB’de toplam enerji tüketiminde yenilenebilir kaynakların payı %18.9 olarak gerçekleşmiş ve bu payın AB Ulusal Yenilenebilir Enerji Aksiyon Planı çerçevesinde artırılması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda, başta enerji sektörü olmak üzere ekonominin çeşitli sektörlerinde yenilenebilir kaynaklardan enerji kullanımını artırmak, AB ülkelerinin temel çevresel hedefi olan karbon nötrlüğüne ulaşmayı amaçlayan entegre bir enerji sisteminin temel bir unsurudur (Stefko vd., 2021). Diğer yandan, Avrupa Yeşil Mutabakatı’nda çerçevesi çizilen yeşil büyüme stratejisi kapsamında Avrupa kıtasının 2050 yılında ilk karbon-nötr olması hedeflenmektedir (Baştürk, 2024). Belirlenen hedeflere ulaşılması noktasında çevresel kalitenin ve insan sağlığının iyileştirilmesine imkan veren yenilenebilir enerjiler önemli bir unsur olarak görülmektedir.

Sürdürülebilir ekolojik yaşam açısından en büyük tehdit, CO2 emisyonlarının yol açtığı çevresel bozulmadır. Çevresel bozulma, insanların yaşam kalitesi üzerinde zararlı etkisi olan en ciddi sorunlardan biridir ve kanser, kardiyovasküler, göğüs hastalıkları gibi birçok sağlık problemi ortaya çıkmaktadır (Liu & Zhong, 2022). Bu nedenle çevre kalitesinin bozulması, insan sağlığını olumsuz etkilemekte, toplumsal sağlığın korunması açısından sağlık hizmetlerine yönelik talebin artışına yol açmaktadır. Sağlık hizmetleri talebi, kişiler için daha yaşanabilir ve temiz bir çevre ilişkili olduğundan sağlık harcamaları da çevresel kalitenin önemli bir belirleyicisi olmaktadır (Alimi vd., 2020). Ayrıca sağlık harcamaları, çevresel kalitenin yanında ekonomik büyüme dinamikleri, nüfus ve enerji tüketimi ile ilişkilidir. Sağlık hizmetlerine yönelik harcamaların, ölüm oranlarının azaltılmasına ve yaşam beklentisinin artırılmasına katkıda bulunmaktadır.

Küresel ısınmanın, hava kirliliği (özellikle artan CO2 emisyonları) yoluyla toplum sağlığına zarar vermesi nedeniyle, birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülke karbon emisyonlarını azaltmak için çalışmaktadır (Yoro & Daramola, 2020). Çevresel kalitenin artırılması, fosil yakıtlarının çevreye verdiği zararların azaltılması, iklim değişikliğine yönelik sosyal bilincin oluşturulması ve çevre dostu enerji kaynaklarının kullanımının teşvik etmek amacıyla küresel çapta Paris iklim anlaşması devreye alınmıştır (WHO, 2018). AB, karbon emisyonlarını düşürmek ve iklim değişikliğiyle mücadele etmek

için 2016 yılında Paris iklim anlaşmasını onaylamıştır. Paris İklim Anlaşması'na göre, karbon emisyonlarının azaltılmasıyla ilgili olası çözümlerden biri yenilenebilir enerji kullanımını teşvik etmektedir. Yenilenebilir enerjiler, çevre kirliliğini azaltmak ve daha iyi bir insan sağlığı sağlamak için önemli ve alternatif bir enerji kaynağı sunmaktadır. Strand (2007), yenilenebilir enerjilerin sağlayacağı yararlarla ilgili olarak üç temel etkiyi vurgulamaktadır: çevresel kalitenin artırılması, enerji arzının güvenliği ve araştırma ve geliştirme odaklı yeşil enerji dönüşümlerine bağlı olarak enerji maliyetlerinin düşürülmesidir. Bu doğrultuda AB'de yenilenebilir enerjinin kullanımı ve yaygınlaştırılması aynı anda birkaç hedefi içeren stratejik konular arasında yer almaktadır. Bu nedenle iklim stratejik planı çerçevesinde AB'de yenilenebilir enerji tüketimi, CO2 emisyonu ve yaşam beklentisi ile sağlık harcamaları arasındaki ilişkinin araştırılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Söz konusu ilişki, AB ülkeleri için 2000-2020 arası dönemde daha önce bir araştırma problemi olarak ele alınmamıştır. Bu doğrultuda çalışmanın literatürdeki boşluğu dolduracağı düşünülmektedir.

CO2 emisyonunu ve küresel ısınmayı azaltmak için çevreyi iyileştirme potansiyeline sahip olan yenilenebilir enerji tüketimi, insan sağlığını olumlu etkileyeceği belirtilmektedir (Stefko vd. 2021; Koornneef vd. 2011; Pata, 2021). Bu bağlamda çalışmanın amacı, AB ülkelerinde CO2 emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketiminin sağlık harcamaları üzerindeki etkisini araştırmaktır. 2000-2020 dönemini kapsayan çalışmada, Driscoll-Kraay sabit etkiler panel regresyon modeli kullanılmıştır. Bu doğrultuda çalışmanın izleyen bölümünde literatür taramasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde veri seti ve yöntem açıklanmıştır. Dördüncü bölümde ampirik bulgular sunulmuştur. Beşinci bölümde sonuç ve değerlendirme ile çalışma sonlanmaktadır.

2. Literatür taraması

İklim ve enerji açısından CO2 emisyonu, yenilenebilir enerji, ortalama yaşam beklentisi ve sağlık harcamaları arasındaki ilişki son zamanlarda giderek ilgi görmektedir. Söz konusu ilişkiyi gelişmiş ülkeler ve özellikle AB ülkeleri kapsamında inceleyen ampirik çalışmalar oldukça sınırlıdır.

Jerrett vd. (2003), Kanada'nın Ontario eyaletine bağlı 49 şehrinde çevresel kirlilik ve sağlık harcamaları arasındaki ilişkiyi iki aşamalı regresyon analizine dayalı olarak araştırmıştır. Elde edilen sonuçlarda, daha yüksek çevresel kirlilik düzeyine sahip olan şehirlerin kişi başına sağlık harcamalarının yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Apergis vd. (2015), Sahra-altı 42 Afrika ülkesi özelinde CO2 emisyonu, yenilenebilir enerji tüketimi, kişi başına düşen gelir ve sağlık harcamaları arasındaki ilişkiyi 1995-2001 dönemi kapsayan verilerle incelemişlerdir. Panel eşbütünleşme analizinin yapıldığı çalışmada, uzun dönemde, yenilenebilir enerji tüketimi, CO2 emisyonu ve sağlık harcamaları arasında bir ilişki olduğu bulunmuştur.

Chaabouni ve Saidi (2017), 1995-2013 dönemi için düşük, orta ve üst orta gelirli 51 ülkenin verileri ile CO2 emisyonu, sağlık harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel Genelleştirilmiş Moment yöntemi (GMM) yöntemi ile analiz etmişlerdir. Ulaşılan sonuçlara göre düşük gelirli ülkeler hariç, diğer ülke gruplarında CO2 emisyonlarının sağlık harcamaları üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur.

Raeissi vd. (2018), İran'da 2000-2015 dönemi arasında hava kirliliğinin kamu ve özel sektör sağlık harcamaları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. ARDL (Gecikmesi Dağıtılmış Otokoregresif Sınır Testi) analizinden elde edilen bulgularda, uzun dönemde hava kirliliğinin sağlık harcamaları üzerinde pozitif anlamlı bir etkiye sahip olduğu bulgulanmıştır. CO2 emisyonunda meydana gelecek %1'lik artış, kamu ve özel sektör sağlık harcamalarını sırasıyla %3.32 ve %1.16 oranında artırmaktadır.

Apergis vd. (2018), ABD’de 1966-2009 dönemi için CO2 emisyonun kişi başına sağlık harcamaları üzerindeki etkisini panel eşbütünleşme ve kantil regresyon yöntemleri ile incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, CO2 emisyonlarının sağlık hizmetleri üzerinde etkilidir ve kişi başına düşen CO2 emisyonunun, kişi başına sağlık harcamalarında eyaletten eyalete değişen oranlarda artışa neden olmaktadır.

Wang vd. (2019), Pakistan örnekleminde 1995-2017 dönemi için CO2 emisyonu, sağlık harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ARDL yöntemi ile analiz etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre, uzun dönemde CO2 emisyon düzeyi ve sağlık harcamaları arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur.

Alimi vd. (2019), 1995-2014 dönemini kapsayacak şekilde 15 ECOWAS ülkesi için CO2 emisyonu ve sağlık harcamaları arasındaki ilişkiyi panel GMM yöntemi ile incelemişlerdir. Ulaşılan bulgularda, CO2 emisyon salınım miktarının kamu ve ulusal sağlık harcamaları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı pozitif etkiye sahip olduğuna ulaşılmıştır. Ayrıca CO2 düzeyinin artmasıyla çevre kalitesinin bozulması, kamu ve ulusal sağlık harcamalarının GSYİH içindeki payını artırdığı tespit edilmiştir.

Usman vd. (2019), gelişmekte olan 13 ülke için 1994-2017 dönemi arasında CO2 emisyonun kişi başına kamu ve özel sağlık harcamaları üzerindeki etkisini panel eşbütünleşme ve nedensellik yöntemi ile araştırmışlardır. Ampirik bulgularda, uzun dönemde CO2 emisyonunun kamu kesiminin sağlık harcamaları üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisinin varlığı ortaya konulmuştur. Diğer yandan CO2 emisyonu ve özel kesimin sağlık harcamaları arasında negatif bir ilişki bulunmuştur.

Khan vd. (2019), ASEAN ülkelerinde 2007-2017 dönemi için ekolojik sürdürülebilirlik, lojistik performansı ve sağlık harcamaları arasındaki ilişkiyi yapısal denkleme dayalı model yoluyla tahmin etmişlerdir. Ulaşılan sonuçlarda, çevresel kaliteyi temsil eden ekolojik sürdürülebilirlikteki artışın sağlık harcamaları üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Bu doğrultuda çalışmada daha fazla çevresel sürdürülebilirliğin insan sağlığını ve ekonomik büyümeyi iyileştirebileceği ortaya konulmuştur.

Gündüz (2020), ABD’de 1970-2016 dönemi verileri özelinde çevresel bozulmanın sağlık harcamaları üzerindeki etkisini eşbütünleşme yöntemi ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, çevre kalitenin %1 oranında düşmesi uzun dönemde sağlık harcamalarının yaklaşık %2 oranında artırmaktadır. Çalışmada çevresel bozulmanın azaltılmasına yönelik uygulanacak politikaların, sağlık harcamalarının bütçe üzerindeki yükünün düşüreceği vurgulanmıştır.

Wu vd. (2020), Tayvan’da 1995-2016 dönemi için çevre kirliliği ve sağlık harcamaları arasında olası nedensellik ilişkisini wavelet analizi ile araştırmışlardır. Sonuçlara göre sağlık harcamalarından çevre kirliliğine doğru tek yönlü nedensellik bulunmuştur. Çalışmada, sağlık harcamalarındaki artışın, çevresel kaliteye yönelik talebin artışına yol açacağı belirtilmiştir.

Taghizadeh-Hesary ve Taghizadeh-Hesary (2020), Güney Doğu Asya’daki 10 ülke örnekleminde 2000-2016 dönemi için CO2 emisyonu ile sağlık harcamaları arasındaki ilişkiyi panel vektör hata düzeltme yöntemi (VECM) ve GMM yöntemi ile incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre, fosil yakıtların neden olduğu CO2 emisyonlarındaki artışlar, kişi başına sağlık harcamalarının artmasına neden olurken, yenilenebilir enerjinin kullanımı sağlıkta kişi başına harcamayı azaltmaktadır.

Pata (2021), Japonya ve ABD’de 1982-2016 dönemi için yenilenebilir enerji ve sağlık harcamalarının çevresel kalite üzerindeki etkisini ARDL yöntemi ile araştırmıştır. Elde edilen bulgularda uzun dönemde ABD ve Japonya için çevresel kalite ile yenilenebilir enerji ve sağlık harcamalarının eşbütünleşik olduğu bulunmuştur. Uzun dönemli tahminler, ABD’de yenilenebilir enerji ve sağlık harcamalarının çevresel kaliteyi artırdığını, Japonya’da ise yenilenebilir enerjinin çevresel kalite üzerinde pozitif ancak zayıf bir etkisi olduğunu göstermektedir. Ayrıca, ekonomik büyümenin her iki

ülkede de yenilenebilir enerji ve sağlık harcamaları ile telafi edilemeyen önemli çevresel bozulmaya neden olduğu tespit edilmiştir.

Stefko vd. (2021), 27 AB ülkesinde 2010-2019 dönemi için seçilen sektörlerde (ulaşım, elektrik, ısıtma ve soğutma) yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile AB'de seçilen hastalık gruplarının (kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve böbrek hastalıkları, sindirim hastalıkları, kas-iskelet sistemi hastalıkları, neoplazmlar, duyu organı hastalıkları, cilt ve deri altı hastalıkları) yaygınlığı arasındaki ilişkiyi panel regresyon yöntemi ile araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlarda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile hastalıkların yaygınlığı arasında pozitif ve anlamlı ilişki olduğunu ortaya konulmuştur.

Dritsaki ve Dritsaki (2024), G7 ülkelerinde 2000-2018 dönemi için kişi başına CO2 emisyonu, ekonomik büyüme ve kişi başına düşen sağlık harcamaları arasındaki ilişkileri panel eşbütünlük yöntemi ile analiz etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre CO2 emisyonu, ekonomik büyüme ve kişi başına düşen sağlık harcamaları arasında uzun dönemli bir ilişki mevcuttur. Ayrıca nedensellik testi sonuçlarında kişi başına CO2 emisyonundan sağlık harcamalarına tek taraflı bir nedensellik olduğunu ortaya koymuştur.

Literatürde yapılan çalışmalardan farklı olarak bu çalışma; AB ülkeleri için CO2 emisyonu, yenilenebilir enerji tüketimi ve yaşam beklentisi değişkenlerini kullanarak söz konusu değişkenlerin sağlık harcamaları üzerindeki olası etkisini incelemektedir.

3. Veri seti ve yöntem

Bu çalışmada CO2 emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketiminin sağlık harcamaları üzerindeki etkisi AB ülkeleri² kapsamında araştırılmaktadır. Söz konusu ülkelere ait seçilen kişi başına sağlık harcamaları, CO2 emisyonu, yenilenebilir enerji tüketimi ve yaşam beklentisi değişkenleri Tablo 1'de sunulmaktadır. 2000-2020 dönemine ait yıllık ve panel verilerinden oluşan çalışmanın veri seti Dünya Bankası (World Bank) veri tabanından temin edilmiştir.

Tablo 1: Model için kullanılan değişkenler

Değişkenler	Birim	Kod
Kişi Başına Sağlık Harcamaları	Dolar	lnPHE
CO2 Emisyonu	Kiloton	lnCO2
Yenilenebilir Enerji Tüketimi	Toplam Enerji Tüketimindeki Payı (%)	lnREC
Yaşam Beklentisi	Puan	lnLET

* Tüm değişkenlerinin doğal logaritması hesaplanarak modele dahil edilmiştir.

Tablo 2'de ise değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler yer almaktadır. Buna göre AB ülkelerinde kişi başına sağlık harcamaları ortalaması 7.469 dolar olduğu görülmektedir. CO2 emisyonu ülkeler arasında farklılık göstermektedir ve azaltma hedefi olmasına rağmen ortalaması yüksektir. AB Ulusal

² Örneklem kapsamında incelenen AB ülkeleri Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Almanya, Danimarka, İspanya, Estonya, Finlandiya, Fransa, Yunanistan, Kıbrıs, Hırvatistan, Macaristan, İrlanda, İtalya, Litvanya, Lüksemburg, Letonya, Malta, Hollanda, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya, İsveç'tir.

Yenilenebilir Enerji Aksiyon Planı çerçevesinde ortalaması yaklaşık %17 civarında olan yenilenebilir enerji tüketiminin artırılması hedeflenmektedir. Yüksek sağlık harcamaları, yaşam beklentisi değişkeninin ortalamasının yüksek olmasında payı büyüktür.

Tablo 2: Tanımlayıcı istatistikler

Değişkenler	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
lnPHE	7.469	0.957	4.248	8.945
lnCO2	10.893	1.345	7.209	13.650
lnREC	17.508	11.837	0	57.48
lnLET	4.35	0.043	4.252	4.42

Çalışmada panel regresyon analizi uygulanmıştır. Panel veri, belirli bir zaman dönemine ait yatay kesit ve zaman serisi gözlemlerini birlikte kullanılmasını içermektedir. Panel veri analizleri ağırlıklı olarak sabit etkiler (fixed effects) veya rassal etkiler (random effects) modeli yardımı ile yapılabilmektedir (Tatoğlu, 2013). Sabit veya rassal etkiler modelleri kullanılmadığı durumlarda klasik model (havuzlanmış en küçük kareler) devreye girmektedir.

Sabit etkiler modelinde (FEM), yatay kesit ve zaman serisi gözlemlerine ait eğim katsayıları sabittir. Kesme terimi, birim etkinin varlığından dolayı zaman boyunca sabitken yatay kesit birime göre değişmektedir. Yani birim sayısı arttıkça kesme terimde artmakta ve birimler arası farklılıklar kesme terimindeki farklılıklar ile ifade edilmektedir (Greene, 2003). Bu modelde yatay kesit birimlere ait gözlenemeyen etkileri (heterojenliği) sabit bir parametre olarak ele alınmaktadır.

Rassal etkiler modelinde (REM), yatay kesit birimlerine ait gözlemler rassal olarak seçildiğinden birimler arasındaki farklılıklar ve zaman etkileri hata terimine yüklenerek rassal olduğu kabul edilir (Baltagi, 2005). Bu yönüyle hata terimi, zamana göre birimler arasındaki farklılıkları göstermektedir. Modelde yatay kesit birimlerine ait gözlenemeyen etkiyi (heterojenliği) sabit etkiler modelinden farklı olarak hata teriminin bir bileşeni olarak ele alınmaktadır.

Bu doğrultuda panel regresyon modeli şu şekilde yazılabilir:

$$\ln PHE_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln CO2_{it} + \beta_2 REC_{it} + \beta_3 \ln LET_{it} + u_{it} \quad (1)$$
$$i = 1, 2, \dots, N \quad t = 1, 2, \dots$$

Modelde bağımlı değişken $\ln PHE_{it}$, kesme terimi β_0 , bağımsız değişkenler sırasıyla $\ln CO2_{it}$, REC_{it} ve $\ln LET_{it}$ yer almaktadır. Ayrıca, i alt indisi ülkeleri, t alt indisi zamanı ve u_{it} hata terimini göstermektedir. Hata terimi sıfır ortalama ve sabit varyansla tüm zaman ve tüm birimler için özdeş bağımsız normal dağıldığı varsayılmaktadır (Tatoğlu, 2013). Hata teriminin (u_{it}) bileşimi ise şu şekildedir:

$$u_{it} = \mu_i + \gamma_t + \delta_{it}$$

Burada μ_i gözlenemeyen birim etkileri, γ_t gözlenemeyen zaman etkileri ve δ_{it} diğer gözlenemeyen etkileri içeren stokastik hata terimini göstermektedir. Öte yandan modelin hata terimi (u_{it}) aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$u_{it} = \gamma_t + \delta_{it} \text{ (Tek yönlü rassal etkiler)} \quad (2)$$

$$u_{it} = \mu_i + \delta_{it} \text{ (Tek yönlü sabit etkiler)} \quad (3)$$

$$u_{it} = \mu_i + \gamma_t + \delta_{it} \text{ (Çift yönlü etkiler)} \quad (4)$$

(3) ve (4) no'lu eşitlik gözlenemeyen birim veya zaman etkilerine ait hata teriminin etkide bulunduğu tek yönlü hata bileşenli regresyon modellerini temsil etmektedir (Baltagi, 2005).

4. Ampirik bulgular

Panel veri ile regresyon tahmini yapılmadan önce yapılması gereken iş, optimal regresyon modelinin seçilmesidir. Bu bağlamda, tek yönlü hata bileşenli regresyon modeli ya da çift yönlü hata bileşenli regresyon modeli arasından hangisinin seçileceğine karar verilmelidir. Karar için ilk olarak sabit birim etkili model ile başlanılmıştır. Modelde sabit etkiler altında zaman ve birim etkilerin varlığının sınanması amacıyla F Testi uygulanmıştır. Daha sonra, rassal etkiler altında zaman ve birim etkilerin varlığının sınanması amacıyla Breusch-Pagan LM Testine geçilmiştir. Söz konusu testlere ilişkin hipotezler şu şekildedir:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{i-1} = 0$ (Sabit etkiler yoktur, birim etkiler sıfıra eşittir)

$H_1: \mu_1 \neq 0$ (Sabit etkiler vardır, birim etkiler sıfıra eşit değildir)

$H_0: \gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_{t-1} = 0$ (Rassal etkiler yoktur - birim etkinin varyansı sıfıra eşittir)

$H_1: \gamma_1 \neq 0$ (Rassal etkiler vardır - birim etkinin varyansı sıfıra eşit değildir)

H_0 hipotezi sabit ve rassal etkilerin olmadığını, H_1 hipotezi ise söz konusu etkilerin var olduğunu ifade etmektedir. F ve Breusch-Pagan LM testine ilişkin sonuçlar Tablo 3'de sunulmuştur.

Tablo 3: F ve Breusch-Pagan lm testi istatistiği sonuçları

F testi (Sabit etkilerin tespiti)			Breusch-Pagan lm testi (Rassal etkilerin tespiti)	
Model	Sonuç	Karar	Sonuç	Karar
(y=lnPHE)	57.47 (0.0000)	H_0 red edilir. Birim etkisi vardır. Zaman etkisi yoktur.	2452.83 (0.0000)	H_0 red edilir. Birim Etkisi vardır. Zaman etkisi yoktur.

* Olasılık değeri (p-value) parantez içinde gösterilmiştir. Test istatistikleri F dağılımı tablosu ve X^2 (chi2) tablosu ile karşılaştırılarak karar verilmiştir.

Sabit etkilerin varlığının tespit edilmesi amacıyla yapılan F testi tablo sonuçlarına göre H_0 hipotezi reddedilmiştir. Buna göre, modelde sabit etkiler altında birim etkisi olup, zaman etkisi yoktur. Rassal etkilerin varlığının tespit edilmesinde kullanılan Breusch-Pagan LM testi sonuçlarına göre H_0 hipotezi reddedilmiştir. Dolayısıyla, model için rassal etkiler altında birim etkisi olmakla birlikte zaman etkisinin olmadığına karar verilmiştir.

Bu çerçevede tek yönlü hata bileşenli regresyon modeline karar verildikten sonra tahmin yöntemine geçilmiştir. Pratik olarak modelde kesit boyutundaki birim etki modelin açıklayıcı değişkenleri ile korelasyona sahip değilse rassal etkiler, korelasyon mevcutsa sabit etkiler tahmin yöntemi tercih edilmektedir (Greene, 2003). Ancak bu sonuçlar formel olmadığından optimal tahmin yönteminin belirlenmesinde Hausman Testine başvurulmaktadır. Hausman testi için oluşturulan hipotezler ise şu şekildedir:

$H_0: E(u_{it}|X_{it}) = 0$ (Açıklayıcı değişkenler ve birim etki arasında korelasyon yoktur)

$H_1: E(u_{it}|X_{it}) \neq 0$ (Açıklayıcı değişkenler ve birim etki arasında korelasyon vardır)

Hausman testi sonucunda H_0 hipotezi reddedilmesi durumunda sabit etkiler, H_0 hipotezinin reddedilememesi durumunda rassal etkiler tahmin yöntemi kullanılmaktadır. Hausman testi sonucu Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4: Hausman testi sonuçları

Hausman testi	Sonuç
Model (y=lnPHE)	46.57 (0.0000)

* Olasılık değeri (p-value) parantez içinde gösterilmiştir. Test istatistiği modeldeki parametre sayısına eşit (3) serbestlik dereceli X^2 (chi2) tablosu ile karşılaştırılarak test edilmektedir. %5 anlamlılık düzeyine göre sonuç anlamlıdır.

Tablo 4’e göre Hausman testi sonucunda H_0 hipotezi reddedilmektedir. Açıklayıcı (bağımsız) değişkenler ile birim etki arasında korelasyon mevcuttur, başka bir deyişle rassal etkiler tahmincisi tutarsızdır. Böylelikle, rassal etkiler tahmin yöntemi geçerli olmayıp sabit etkiler tahmin yönteminin optimal olduğuna karar verilmiştir. Optimal tahmin yöntemi belirlendikten sonra yapılması gereken iş; modelde heterokedastisite, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon (yatay kesit bağımlılığı) problemlerinin olup olmadığının sınanmasıdır. Bu amaçla Değiştirilmiş Wald Testi, Baltagi-Wu Testi (LBI) ve Pesaran Testi uygulanmıştır (Baltagi, 2005; Baltagi & Wu, 1999; Pesaran, 2004). Söz konusu testlere ilişkin sonuçlar Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5: D. wald, Baltagi-Wu ve Breusch-Pagan lm testi sonuçları

D. Wald testi (Heteroskedastisite testi)	Baltagi-WU testi (Otokorelasyon testi)	Pesaran testi (Birimler arası korelasyon testi)
1510.25 (0.0000)	0.5433 (0.0000)	2452.83 (0.0000)

* Olasılık değeri (p-value) parantez içinde gösterilmiştir.

Tablo 5’e göre, tüm testler için H_0 hipotezi reddedilmektedir. D. Wald testi sonucunda varyansın birimlere göre değiştiği görülmekte ve birimlere göre heteroskedastisite olduğu anlaşılmaktadır. Baltagi-WU testi sonucunda bulunan kritik değer 2’den küçük olduğundan modelde otokorelasyon problemi bulunmaktadır. Pesaran testi sonucunda ise birimler arası korelasyon (yatay kesit bağımlılığı) olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla, optimal olarak seçilen sabit etkiler modeli altında değişen varyans (heteroskedastisite), otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığı problemleri gözlenmektedir.

İşleme tek yönlü hata bileşenli regresyon modelinin tahmini ile devam edilmiştir. Sabit etkiler modeli (FEM) Driscoll-Kraay tahmincisi, ele alınan zaman periyodunda (T) ve birim boyutunda (N) değişen varyans, dönemsel ve uzlamsal korelasyonun üstesinden gelebilen dirençli standart hatalar üreten bir tahminci özelliği taşımaktadır (Tatoğlu, 2013:260). Bu sebeple, optimal tahminci olarak FEM Driscoll-Kraay seçilmiştir. FEM Driscoll-Kraay standart hatalar tahmincisine ilişkin bulgular Tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo 6: FEM driscoll-kraay standart hatalar tahmincisi sonuçları

Bağımsız değişkenler	Katsayı (β)	Standart hata (u_{it})	t-istatistiği	Olasılık değerleri (p)
$\ln CO2_{it}$	1.069	0.040	6.72	0.015*
$\ln REC_{it}$	-0.025	0.091	2.19	0.040*
$\ln LET_{it}$	1.769	2.365	7.48	0.000**
Kesme terim (β_0)	-8.163	1.391	-5.86	0.000**
R^2	0.67			
F testi	29.38			
Gözlem sayısı (N)	546			

** $p < 0,01$ ve * $p < 0,05$ sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tablo 6'ya göre, CO2 emisyonu %5 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır ($\beta_1 = 1.069$, $p = 0.015$) ve kişi başına sağlık harcamalarını pozitif etkilemektedir. CO2 emisyonundaki %1'lik artışın kişi başına sağlık harcamalarını yaklaşık %1.07 artırdığı görülmektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi %5 istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde ($\beta_2 = -0.025$, $p = 0.040$) kişi başına sağlık harcamalarını negatif etkilemektedir. Yenilenebilir enerji tüketimindeki %1'lik artış, kişi başına sağlık harcamalarını yaklaşık %-0.03 azaltmaktadır. Kontrol değişken olarak seçilen ortalama yaşam beklentisi %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır ($\beta_3 = 1.769$, $p = 0.000$) kişi başına sağlık harcamalarını pozitif olarak etkilemektedir. Ortalama yaşam beklentisindeki %1'lik artış, kişi başına sağlık harcamalarını yaklaşık %1.77 artırmaktadır. Modelin kesme terimi istatistiksel olarak anlamlıdır ($\beta_0 = -8.163$, $p = 0.000$). Modelin genel uyumu iyiliğinin ölçüsü R^2 değeri ise yaklaşık %67 bulunmuştur.

5. Sonuç ve öneriler

İklim değişikliği ve sağlık açısından önemli risklerden birisi CO2 emisyonudur. Bu emisyonun büyük ölçüde temiz olmayan enerji üretiminden kaynaklandığı bilinmektedir. Buna bağlı olarak CO2 emisyonundaki artışlar, çevresel bozulmaya yol açarak insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Sağlık problemlerinde yaşanan artışlara bağlı olarak nüfusun sağlık durumunun kötüleşmesi, sağlık harcamalarını artıracaktır. Dolayısıyla çevresel kalite, sağlık harcamalarının temel bir belirleyicisi olmaktadır. Bu konuda AB'nin enerji üretiminde yeşil dönüşüm ve temiz enerjiye geçişi desteklemesi çevresel kalitenin artırılması ve sağlık harcamalarını azaltacağı belirtilebilir.

AB ülkeleri, CO2 emisyonunu azaltmayı ve Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesinde 2050 yılında karbon-nötr iklime ulaşmayı hedeflemektedir. Bu noktada temiz enerjiye yönelerek yenilenebilir enerjiye öncelik verilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında başlıca güneş, rüzgar, okyanus ve hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle enerjisi yer almaktadır. Enerji üretiminde yenilenebilir enerjilere geçişin gerçekleşmesi çevredeki kirleticileri azaltma, enerji tasarrufu sağlama ve atık maddelerin geri dönüşümünü kolaylaştıracaktır. Bu noktada yenilenebilir enerjiler, çevreyi ve halk sağlığını iyileştirmek için önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji tüketiminin desteklenmesiyle toplumun yaşam kalitesini ve ortalama yaşam beklentilerini artırmak mümkündür.

Bu çalışmada AB ülkeleri için 2000-2020 döneminde CO2 emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketiminin sağlık harcamaları üzerindeki etkisi panel sabit etkiler ile incelenmiştir. Tahmin edilen modelde CO2 emisyonundaki artışlar kişi başına sağlık harcamalarını artırırken, yenilenebilir enerji tüketimi bu

harcamaları azaltmaktadır. Kontrol değişken olarak modelde yer alan ortalama yaşam beklentisi, kişi başına sağlık harcamaları üzerinde pozitif ve anlamlı bulunmuştur. Elde edilen bulgular literatürde Wu vd. (2021), Taghizadeh-Hesary ve Taghizadeh-Hesary (2020) ve Alimi vd. (2019) tarafından yapılan çalışmaların bulgularıyla örtüşmektedir. Buna göre CO2 emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketiminin sağlık harcamaları üzerinde sırasıyla pozitif ve negatif olarak etkili olduğu belirtilmektedir. Ulaşılan bulgular, AB’de yenilenebilir enerji tüketiminin kullanımı ve yaygınlaştırılması konusunda stratejik önemini destekler niteliktedir. Ayrıca Strand’ın (2007) belirttiği üzere, ulaşılan bulgular, çevresel kalitenin artırılması, enerji arzının güvenliği ve araştırma ve geliştirme odaklı yeşil enerji dönüşümlerine bağlı olarak enerji maliyetlerinin düşürülmesini destekleyecektir.

AB’nin iklim hedeflerine ulaşması ve özellikle sanayi sektörünün karbon azaltma hedefleri ile uyumlu olması için yeşil enerjiye geçişin hızlandırılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji, AB’nin karbonsuzlaşma hedeflerine ulaşabilmesini ve enerji maliyetlerinin düşürülmesini sağlayacaktır. AB ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketiminin artırılması ve temiz enerji teknolojilerine ağırlık verilmesi, CO2 emisyonunu azaltarak çevresel kalitenin artışı destekleyecektir. Bunun sonucunda insan sağlığı ve nüfusun yaşam beklentilerinde meydana gelen iyileşmeler, kişi başı sağlık harcamalarının daha sınırlı bir şekilde artışına katkıda bulunacaktır.

Kaynakça

- Alimi, O. Y., Ajide, K. B., & Isola, W. A. (2020). Environmental quality and health expenditure in ECOWAS. *Environment, Development and Sustainability*, 22, 5105–5127. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00416-2>
- Apergis, N., Ben Jebli, M., & Ben Youssef, S. (2015). Does renewable energy consumption and health expenditures decrease carbon dioxide emissions? Evidence for sub-Saharan Africa countries. In *MPRA Paper*. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.05.043>
- Apergis, N., Ben Jebli, M., & Ben Youssef, S. (2018). Does renewable energy consumption and health expenditures decrease carbon dioxide emissions? Evidence for sub-Saharan Africa countries. *Renewable Energy*, 127, 1011–1016. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.05.043>
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data* (Third Edit). John Wiley.
- Baltagi, B. H., & Wu, P. X. (1999). Unequally spaced panel data regressions with AR(1) disturbances. *Econometric Theory*, 15(6), 814–823. <https://doi.org/10.1017/s0266466699156020>
- Baştürk, M. F. (2024). Yeşil Tahviller ve Yenilenebilir Enerji Üretimi İlişkisi: AB Örneği Meryem. *Verimlilik Dergisi*, 58(3), 325–336.
- Chaabouni, S., & Saidi, K. (2017). The dynamic links between carbon dioxide (CO2) emissions, health spending and GDP growth: A case study for 51 countries. *Environmental Research*, 158, 137–144. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.05.041>
- Danish, Zhang, B., Wang, B., & Wang, Z. (2017). Role of renewable energy and non-renewable energy consumption on EKC: Evidence from Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, 156, 855–864. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.203>
- Dritsaki, M., & Dritsaki, C. (2024). The Relationship Between Health Expenditure, CO2 Emissions, and Economic Growth in G7: Evidence from Heterogeneous Panel Data. *Journal of the Knowledge Economy*, 15, 4886–4911. <https://doi.org/10.1007/s13132-023-01349-y>
- Greene, W. H. (2003). *Econometric Analysis* (Fifth Edit). Prentice Hall.
- Gündüz, M. (2020). Healthcare expenditure and carbon footprint in the USA: evidence from hidden cointegration approach. *European Journal of Health Economics*, 801–811. <https://doi.org/10.1007/s10198-020-01174-z>

- Jerrett, M., Eyles, J., Dufournaud, C., & Birch, S. (2003). Environmental influences on healthcare expenditures: An exploratory analysis from Ontario, Canada. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 57(5), 334–338. <https://doi.org/10.1136/jech.57.5.334>
- Khan, S. A. R., Zhang, Y., Kumar, A., Zavadskas, E., & Streimikiene, D. (2019). Measuring the impact of renewable energy, public health expenditure, logistics, and environmental performance on sustainable economic growth. *Sustainable Development*, 28, 833–843. <https://doi.org/10.1002/sd.2034>
- Koornneef, J., Harmelen, T. van, Horssen, A. van, & Ramirez, A. (2011). Carbon Dioxide Capture and Air Quality. In *Chemistry, Emission Control, Radioactive Pollution and Indoor Air Quality*. <https://doi.org/10.5772/18075>
- Liu, H., & Zhong, K. (2022). Relationship between health spending, life expectancy and renewable energy in China: A new evidence from the VECM approach. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/doi:10.3389/fpubh.2022.993546>
- Pata, U. K. (2021). Do renewable energy and health expenditures improve load capacity factor in the USA and Japan? A new approach to environmental issues. *European Journal of Health Economics*, 22, 1427–1439. <https://doi.org/10.1007/s10198-021-01321-0>
- Pesaran, M. H. (2004). General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. In *Cambridge Working Papers in Economics* (0435).
- Piran, M., Sharifi, A., & Safari, M. M. (2023). Exploring the Roles of Education, Renewable Energy, and Global Warming on Health Expenditures. *Sustainability*, 15, 1–11. <https://doi.org/10.3390/su151914352>
- Raeissi, P., Harati-Khalilabad, T., Rezapour, A., Hashemi, S. Y., Mousavi, A., & Khodabakhshzadeh, S. (2018). Effects of air pollution on public and private health expenditures in Iran: A time series study (1972–2014). *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 51, 140–147. <https://doi.org/10.3961/jpmph.17.153>
- Stefko, R., Gavurova, B., Kelemen, M., Rigelsky, M., & Ivankova, V. (2021). Relationships between renewable energy and the prevalence of morbidity in the countries of the european union: A panel regression approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12), 1–18. <https://doi.org/10.3390/ijerph18126548>
- Strand, J. (2007). Energy efficiency and renewable energy supply for the g-7 countries, with emphasis on Germany. In *Critical issues in Environmental taxation: International and Comparative Perspectives: Volume VI* (Working Paper). <https://doi.org/10.5089/9781451868623.001>
- Taghizadeh-Hesary, F., & Taghizadeh-Hesary, F. (2020). The impacts of air pollution on health and economy in Southeast Asia. *Energies*, 13, 1–15. <https://doi.org/10.3390/en13071812>
- Tatoğlu, F. Y. (2013). *Panel Veri Ekonometrisi* (2.Baskı). Beta Yayınevi.
- Usman, M., Ma, Z., Wasif Zafar, M., Haseeb, A., & Umair Ashraf, R. (2019). Are air pollution, economic and non-economic factors associated with per capita health expenditures? Evidence from emerging economies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(1967), 1–22. <https://doi.org/10.3390/ijerph16111967>
- Wu, C. F., Li, F., Hsueh, H. P., Wang, C. M., Lin, M. C., & Chang, T. (2020). A dynamic relationship between environmental degradation, healthcare expenditure and economic growth in wavelet analysis: Empirical evidence from Taiwan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph17041386>
- Yoro, K. O., & Daramola, M. O. (2020). CO2 emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect. In *Advances in Carbon Capture: Methods, Technologies and Applications* (pp. 3–28). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819657-1.00001-3>
- World Health Organization, (2018). *Achieving Health Bbenefit from Carbon Reductions*. Available Online: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289060196> (Erişim Tarihi: 10 Eylül 2024).

Summary

The aim of this study is to investigate the impact of CO₂ emissions and renewable energy consumption on health expenditures in EU countries. The biggest threat to sustainable ecological life is the environmental degradation caused by CO₂ emissions. The deterioration of environmental quality negatively affects human health, leading to an increase in the demand for health services in order to protect human health. Since the demand for health services is associated with a more livable and cleaner environment for individuals, health expenditures are also an important determinant of environmental quality. Therefore, the main risk for climate change and health is CO₂ emissions. Renewable energies (such as solar energy, wind energy, ocean and hydroelectric energy, geothermal and biomass energy) offer an important and alternative energy source to reduce environmental pollution and ensure better human health.

The impact of CO₂ emissions and renewable energy consumption on health expenditures is analyzed using a panel fixed effects Driscoll-Kraay estimator. The Driscoll-Kraay estimator is a robust standard error estimator that overcomes time period and unit size variance, periodic and spatial correlation. The sample selected in the study, which covers the period 2000-2020 and is based on annual data, is 27 EU member states: Austria, Belgium, Bulgaria, Czech Republic, Czech Republic, Cyprus, Denmark, Germany, Denmark, Estonia, Finland, France, Greece, Croatia, Hungary, Ireland, Italy, Lithuania, Luxembourg, Latvia, Malta, Netherlands, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Sweden.

According to the fixed effects model estimation, it was found that a 1% increase in CO₂ emissions by 1.07% while renewable energy consumption decreased per capita health expenditures -0.03%. While average life expectancy, which is included in the model as a control variable in the model, has a positive and significant effect on per capita health expenditures. The specification test results show that both models are generally significant and the selected variables are appropriate.

Within the scope of the green growth strategy outlined in the European Green Deal, the EU countries are targeted to be the first carbon-neutral country in 2050. Renewable energies, which enable the improvement of environmental quality and human health, are seen as an important element in achieving these targets. It can also be stated that these targets will provide direct social and economic benefits for sustainable development. The main benefits of renewable energies are improved environmental quality, security of energy supply and lower energy costs due to research and development-oriented green energy transitions. The transition to green energy needs to be accelerated for the EU to meet its climate targets. Renewable energy will enable the EU to achieve its decarbonization targets and reduce energy costs. Increasing the consumption of renewable energy and focusing on clean energy technologies in EU countries will support the improvement of environmental quality by reducing CO₂ emissions. The resulting improvements in human health and life expectancy of the population will contribute to a more limited increase in private health expenditure.