



Çevresel inovasyon ve sağlık harcamalarının çevre kirliliği üzerindeki etkisi: Kantil panel yaklaşımı

Gizem Akbulut Yıldız^a, Barış Yıldız^{b*}, Osman Cenk Kanca^c, Ezginur Çınar^d

^aDoç. Dr., Gümüşhane Üniversitesi İ.İ.B.F., İktisat Bölümü, Gümüşhane, 29100, Türkiye. E-posta: gizem-akbulut@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/00000-0001-7492-2428>,

^bDoç. Dr., Gümüşhane Üniversitesi İ.İ.B.F., Maliye Bölümü, Gümüşhane, 29100, Türkiye. E-posta: barisyildiz61@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/00000-0001-6186-4038>

^c Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Dış Ticaret Bölümü, Erzurum, 25000, Türkiye. E-posta: osmancenkkanca@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/00000-0003-3381-381X>

^dArş. Gör., Gümüşhane Üniversitesi İ.İ.B.F., Maliye Bölümü, Gümüşhane, 29100, Türkiye. E-posta: ezginurcinar@gumushane.edu.tr ORCID: <https://orcid.org/00009-0004-2171-5803>

MAKALE BİLGİSİ

Geliş: 18.05.2025
Kabul: 28.09.2025
Çevrim içi kullanım
tarihi: 27.10.2025
Makale Türü: Araştırma
makalesi

Anahtar Kelimeler:

çevresel inovasyon,
sağlık harcamaları,
ekonomik büyüme,
çevre kirliliği.

ÖZ

Sağlık harcamaları ve çevresel inovasyon düzeyindeki farklılıklar hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler açısından çeşitli çevresel sonuçlar doğurabilmektedir. Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi noktasında bu faktörler oldukça ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmanın amacı çevresel inovasyon ve sağlık harcamalarının çevre kirliliği üzerindeki etkisini araştırmaktır. Ampirik analizde 2000-2021 dönemine ve 5 ülkeye (Çin, Hindistan, Rusya, Japonya ve ABD) ait panel veriler kullanılmıştır. Çevre kirliliğinin göstergesi olarak literatürde sıklıkla CO2 emisyonu verisi kullanılmasına rağmen çeşitli avantajlarından dolayı bu çalışmada “yük kapasite faktörü” verisi kullanılmıştır. Çevresel inovasyonu temsilen “çevreyi korumaya yönelik teknoloji patent sayıları” verisi, sağlık harcamaları (%GSYH) ve kontrol değişken olarak kişi başına GSYH verisi kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki eşbütünleşik ilişki Westerlund (2007) tarafından geliştirilen panel eşbütünleşme testi ile analiz edilmiştir. Ardından uzun dönem katsayılar geleneksel panel veri yöntemi Driscoll-Kraay Standart hatalar (DKSE) ve güncel bir yöntem olan Momentler Metodu Kantil Regresyon (MMQR) yöntemi ile tahmin edilmiştir. Her iki tahmin sonucu birbirine paralellik göstermektedir. Buna göre çevresel inovasyonun çevre kirliliğini arttırdığı, sağlık harcamalarının ise azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Kontrol değişken olarak modellere dahil edilen kişi başına GSYH ise çevre kirliliğini arttırdığı tespit edilmiştir. Son aşamada ilişkilerin yönü Kónya (2006) panel nedensellik testi ile tespit edilmiştir.

* Sorumlu yazar

Doi: : <https://doi.org/10.30855/gjeb.2025.11.3.003>

The impact of environmental innovation and health expenditures on environmental pollution: Quantile panel approach

ARTICLE INFO

Received:18.05.2025

Accepted:28.09.2025

Available online:27.10.2025

Article type: Research article

Keywords:

environmental innovation, health expenditures, economic growth, environmental pollution.

ABSTRACT

Differences in health expenditures and levels of environmental innovation can generate diverse environmental outcomes in both developed and developing economies. These factors play a critical role in achieving environmental sustainability. This study examines the impact of environmental innovation and health expenditures on environmental pollution using panel data for five major economies China, India, Russia, Japan, and the United States covering the period 2000–2021. While CO₂ emissions are typically used as a proxy for pollution, this study employs the load capacity factor because of its methodological advantages. Environmental innovation is measured by the number of patents related to environmentally friendly technologies, health expenditures are expressed as a percentage of GDP, and per capita GDP serves as a control variable. Cointegration among the variables is examined using Westerlund's (2007) panel cointegration test. Long-run coefficients are estimated through both the Driscoll–Kraay standard error approach and the Method of Moments Quantile Regression (MMQR). The results from both methods are consistent, showing that environmental innovation increases environmental pollution, whereas health expenditures mitigate it. Per capita GDP, by contrast, is found to increase environmental pollution. Finally, causality directions are analyzed through Kónya's (2006) panel causality test.

1. Giriş

Kirlilik, bir “dışsal maliyet (external cost)” olarak ekonomi ve topluma hasar maliyetleri yüklemiş ve nihayetinde çıktıyı, emek ve sermaye üretkenliğini azaltmıştır. Sanayi Devrimi'nden sonra durum daha da kötüleşmiş ve bu da dünya çapında kirlilik emisyonunu, özellikle karbon ve sera gazı emisyonunu daha da arttırmıştır (Behera ve Sethi, 2022, s. 52940). Çevre kirliliği, sürdürülebilir büyüme için en önemli faktörlerden olup insanların yaşam standartlarını ciddi şekilde etkilemektedir. Çevresel risklerin ve çevre kirliliği seviyelerinin yönetimi, ülkenin gelişmişlik seviyeleri, coğrafi konumu ve uygulanan politikalar nedeniyle ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir (Sun, Wang, Wang ve Zhang, 2019, s. 485; Başar ve Tosun, 2021, s. 36877; Wang, Rauf, Öztürk, Wu, Zhao ve Du, 2024, s. 120045). Gerek çevre ekonomisi gerekse sürdürülebilir kalkınma açısından çevresel inovasyon¹ konusu oldukça önemlidir. Nitekim UNDP tarafından sunulan sürdürülebilir kalkınma hedefleri² arasında inovasyon temelli sıfır karbonlu enerji sistemleri konusu yer almaktadır. İlk kez Schumpeter (1934) tarafından yapılan çalışma ile “inovasyon” kavramı literatüre kazandırılmıştır. Ancak burada geleneksel inovasyon ile çevresel inovasyon kavramları arasında bir farklılık olduğunu ifade etmek gerekir. Schumpeter (1934) çalışmasında tanımlanan inovasyon kavramı daha çok fayda-maliyet dengesi üzerinden açıklanmakta olup çıktı üzerinde olumlu bir etkisi olduğu belirtilmiştir. Ancak konu çevre bağlamında ele alındığında literatürde iki farklı bakış açısı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi çevresel inovasyon sonucu ortaya çıkan verimlilik etkisi bir zaman sonra tüketimi arttırarak çevre kirliliğinin artmasına sebep olabilir. Kemp ve Pearson (2007)'a göre daha az çevre dostu olan bir teknolojinin kullanılması

¹ Çevresel inovasyon, yeşil inovasyon, ekolojik inovasyon, yeşil teknolojik inovasyon terimleri literatürde çoğunlukla birbirinin yerine kullanılmaktadır. Bu çalışmada literatürde sıklıkla kullanılan çevresel inovasyon terimi tercih edilmiştir.

² UNDP bünyesinde 2024 yılında yayınlanan sürdürülebilir kalkınma hedefleri raporunda bu konuya ilişkin detaylı bilgiler yer almaktadır. İlgili rapor için bkz. Sachs, J.D., Lafortune, G. & Fuller, G. (2024). The SDGs and the UN Summit of the Future. Sustainable Development Report 2024. Paris: SDSN, Dublin: Dublin University Press. doi:10.25546/108572, <https://s3.amazonaws.com/sustainabledevelopment.report/2024/sustainable-development-report-2024.pdf>

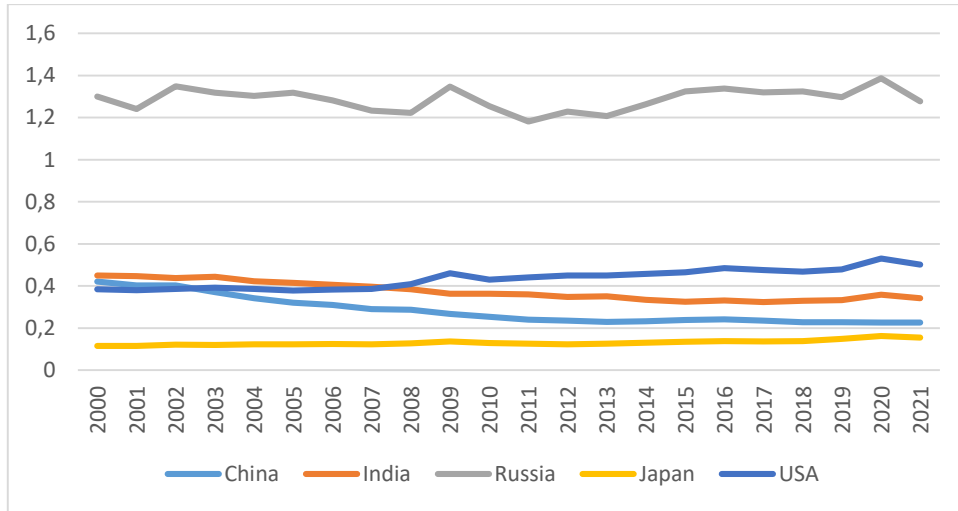
durumunda, çevresel zararın azalması muhtemeldir, ancak aşırı kapasite veya kullanımı durumunda çevresel zarar artabilir, çünkü her teknoloji üretim zincirinde ve kullanım sırasında bir miktar çevresel zarara neden olur. Maliyet tasarrufu sağlayan yenilikler genellikle artan harcamalar yoluyla çevre kirliliğini arttırabilir. Buna “(rebound effect) geri tepme etkisi³” adı verilmektedir. İkinci bakış açısı Porter (1991) tarafından geliştirilmiştir. Kemp ve Pearson (2007) görüşünün aksine Porter ve Van der Linde (1995)’ye göre çevre kirliliğinin genellikle bir kaynak israfı olduğunu ve kirliliğin azaltılmasının kaynakların kullanılması sonucu verimlilikte bir iyileşmeye yol açabileceğini öne sürmüşlerdir. Dolayısıyla Porter (1991) yaklaşımı eleştirel “geri tepme etkisi” hipotezinin aksine çevresel inovasyon ve çevre kirliliği bağlantısına iyimser bir bakış açısı kazandırmıştır.

Sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin bir diğer konusu sağlık hizmetlerinin iyileştirilmesine yöneliktir. Çevresel inovasyon ve sağlık harcamaları genellikle çevresel politikaların tamamlayıcı öğeleri olarak görülmektedir. Sağlık sektörü her ülke için büyük bir enerji tüketicisidir. Örneğin, yoğun bakım üniteleri günün 24 saati çalışır durumdadır, ameliyathaneler ise kısa sürede ihtiyaç duyulması halinde hazır bekletilir. Manyetik rezonans görüntüleme, manyetik rezonans tomografi ve bilgisayarlı tomografi taramaları için kullanılan makineler gibi uzman tıbbi ekipmanların tümü yüksek miktarda enerji tüketir. Bu sektördeki doğrudan ve dolaylı enerji kullanımının karakterizasyonu, daha verimli enerji ve CO2 emisyonu azaltma politikalarının tasarlanması için kritik öneme sahiptir (Apergis, Bhattacharya ve Hadhri, 2020, ss. 8145-8146).

Bu çalışmada atmosfere en fazla CO2 emisyonu salınımı yapan ilk 5 ülke (Çin, Hindistan, ABD, Rusya ve Japonya) ele alınmıştır. Bu ülkeler kirlilik yaratan emisyonları azaltmaları gerektiğini bilmelerine rağmen halen daha çevre kirliliği yaratmaya devam etmektedir. Bu noktada çevre kirliliğinin azaltılmasında 2000-2021 dönemi için çevresel inovasyon ve sağlık harcamalarının rolü araştırılmıştır.

Grafik 1, seçilmiş ülkelerin yük kapasite faktörü (LCF) değerlerinin 2000-2021 yılları arasındaki seyrini göstermektedir. Bu gösterge Siche, Pereira, Agostinho ve Ortega (2010) tarafından geliştirilmiştir. LCF, Biyokapasitenin ekolojik ayak izi verisine oranlanmasıyla elde edilir. LCF değerleri, ülkelerin daha düşük karbon salımıyla üretim yapma kapasitesini ya da karbon yoğunluğunu azaltma başarısını yansıtmaktadır. Bu bağlamda grafik, çevre dostu ekonomik faaliyetlerin zaman içindeki gelişimini göstermesi açısından önemlidir. Grafiğe göre Rusya, tüm dönem boyunca en yüksek LCF değerlerine sahip ülke olarak öne çıkmaktadır. 2000 yılında yaklaşık 1,3 seviyelerinde başlayan değer, zaman içinde dalgalanmakla birlikte 2021 yılında yaklaşık 1,27 olarak gerçekleşmiştir. Hindistan, ABD ve Çin yaklaşık olarak aynı bant aralığında ilerlemektedir. Japonya, en düşük LCF değerine sahip ülkedir (0,15–0,2 bandı). Japonya açısından oldukça şaşırtıcı bir durumdur. Japonya'nın umut verici enerji dönüşümü hedefleri olmakla birlikte Japonya'daki çevresel sorunlar şimdiden ülke ekonomisi ve sağlığı üzerinde bir baskı yaratmaktadır. Buna ek olarak, Japonya'nın iklim hedefleri oldukça yüksektir ve bu hedeflerin uygulanabilirliği sorgulanacak kadar az ilerleme kaydedilmiştir (Koons, 2024).

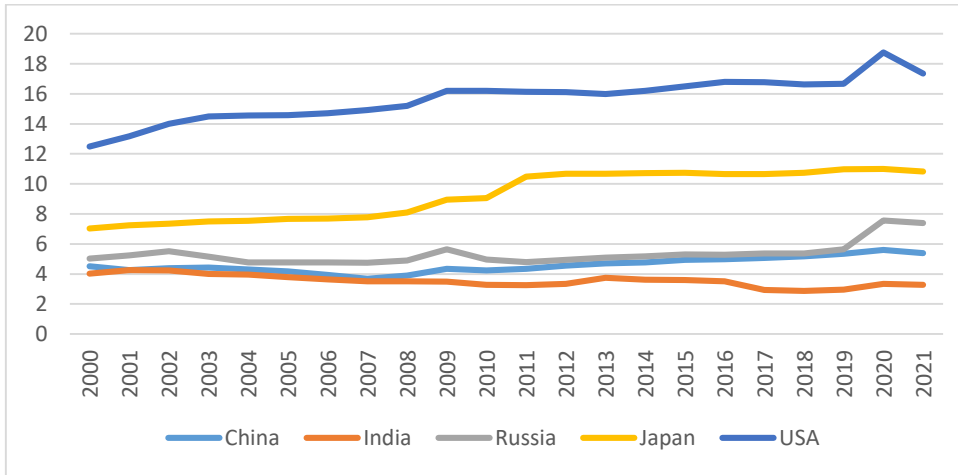
³ Bu kavram Berkhout, Muskens & Velthuisen (2000) çalışmasında şu şekilde tanımlanmıştır: Teknolojik gelişmeler başlangıçta enerji tasarrufu yoluyla birim maliyetleri düşürerek üretim artışını sağlar. Maliyetlerin düşmesi fiyatların gevşemesini sağlayarak tüketim artışına yol açar. Tüketim artışı tekrar üretimi arttırarak daha fazla enerji kullanılmasına neden olur. Dolayısıyla ilk aşamada sağlanan enerji tasarrufunun bir kısmı son aşamada ortadan kalkar.



Grafik 1: Seçilmiş ülkelerin yük kapasite faktörü (biyokapasite/ekolojik ayak izi) trendi

Kaynak: Dünya Bankası veri tabanından elde edilen verilerle yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

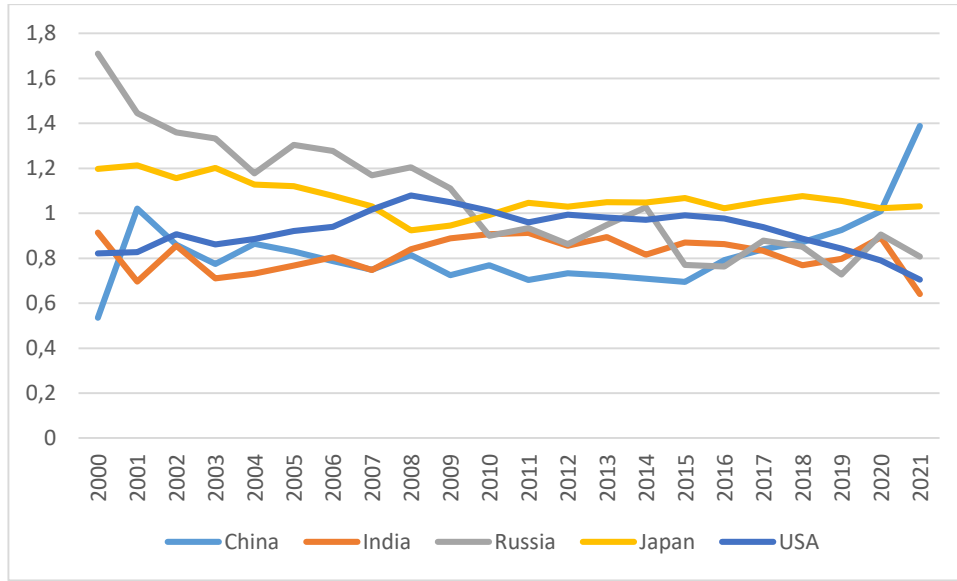
Grafik 2’de ülkelerin 2000-2021 dönemine ilişkin sağlık harcamaları (%GSYH) trendleri yer almaktadır. Burada sağlık harcaması trendinin en yüksek ABD ve en düşük Hindistan olduğu görülmektedir. ABD de dahil olmak üzere zengin ülkeler, düşük gelirli ülkelere kıyasla sağlık hizmetlerine kişi başına daha fazla harcama yapma eğilimindedir. Buna ilaveten yüksek gelirli ülkeler arasında bile ABD kişi başına çok daha fazla sağlık harcaması yapmaktadır (Wager, McGough, Rakshit ve Cox, 2025, s.1). Ancak sağlık hizmetlerinin GSYH payının daha yüksek olması otomatik olarak daha iyi işleyen bir sağlık sistemini işaret etmemektedir. Örneğin ABD’deki yüksek harcamalar daha yüksek kullanımdan değil, daha yüksek maliyet ve fiyatlardan kaynaklanmaktadır (Vankar, 2025).



Grafik 2: Seçilmiş ülkelerin sağlık harcamaları (%GSYH) trendi

Kaynak: Dünya Bankası veri tabanından elde edilen verilerle yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Grafik 3, Çin, Hindistan, Rusya, Japonya ve ABD'nin 2000–2021 dönemine ait çevresel inovasyon düzeylerini göstermektedir. Grafik, çevresel inovasyonun zamansal gelişimini karşılaştırmalı olarak ortaya koymakta ve ülkeler arasındaki yapısal farklılıklara dair önemli bulgular sunmaktadır.



Grafik 3: Seçilmiş ülkelerin çevresel inovasyon trendi

Kaynak: Dünya Bankası veri tabanından elde edilen verilerle yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

2000’li yılların başında en yüksek çevresel inovasyon değerine sahip olan ülke Rusya’dır. Yaklaşık 1,71 seviyesinde olan bu oran izleyen yıllarda önemli ölçüde azalarak 0,9 seviyesinin altına düşmüştür. Bu durum Rusya’da ciddi anlamda bir performans kaybının olduğunu göstermektedir. Aynı dönemde en düşük çevresel inovasyon performansına sahip olan ülke Çin olup yaklaşık 0,53 seviyesindedir. Bu oranı 2021 yılında yaklaşık 1,4’e yükselterek önemli bir başarı göstermiştir. Nitekim seçilen ülkeler arasında 2021 yılında en yüksek çevresel inovasyon değerine sahip ülke olmuştur. Hindistan, tüm dönem boyunca görece düşük seviyelerde seyretmiş olup, 2021’de de diğer ülkelere kıyasla daha düşük bir değerle (%0,7 civarı) dikkat çekmektedir. Bu durum, Hindistan’ın çevresel inovasyon politikalarının henüz istenen etkiyi yaratamadığını göstermektedir. 2000-2021 dönemi boyunca Japonya istikrarlı bir seyir izlerken ABD’ in son yıllarda ciddi bir performans kaybı yaşadığı ifade edilebilir.

Konuya ilişkin literatüre göre, çevresel inovasyon ve sağlık harcamalarındaki trendler çevre kirliliği ile bağlantılıdır, ancak bu değişkenler arasındaki ilişki oldukça karmaşık ve yönü belirsizdir. Bu doğrultudan hareketle ilişkiyi netliğe kavuşturmak için, bu çalışmada farklı veri, ülke ve yöntemlerle konu araştırılmıştır. Bu nedenle, mevcut çalışmanın motivasyonu 2000-2021 dönemine ve 5 ülkeye (Çin, Hindistan, Rusya, Japonya ve ABD) ait panel veriler kullanılarak çevresel inovasyon ve sağlık harcamalarının çevre kirliliği üzerindeki etkisini araştırmaktır. Westerlund (2007) tarafından geliştirilen panel eşbütünleşme testi ile değişkenler arasındaki eşbütünleşik ilişki araştırıldıktan sonra Driscoll-Kraay Standart Hatalar ve Momentler Methodu Kantil Regresyon yöntemleriyle katsayılar tahmin edilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde konuya ilişkin literatür özetlenecek, üçüncü bölümünde veri seti ve model açıklanacaktır. Dördüncü bölümde yöntem ve bulgular anlatılacak olup sonuç bölümü ile tamamlanacaktır.

2. Literatür

2.1. Çevresel inovasyon ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar

Literatürde inovasyonun çevre üzerinde yarattığı etkiye ilişkin pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların çoğunluğunda teknolojik inovasyon konusu ele alınmış olup gösterge olarak da patent verisi kullanılmıştır (Cheng, Ren ve Wang, 2019; Adebayo ve Kirikkaleli, 2021; Chien, Ajaz, Andlib, Chau, Ahmad ve Sharif, 2021; Suki, Suki, Sharif, Afshan ve Jermisittiparsert, 2022; Zhao, Long, Yin ve Zhou, 2023; Ahmad, Youjin, Zikovic ve Belyaeva, 2023). İnovasyonun göstergesi olarak literatürde sıklıkla AR-GE ve patent tabanlı veriler kullanılmaktadır. AR-GE verisinin inovasyon göstergesi olarak kullanılmasının beraberinde bazı dezavantajları getirdiği ve bunun yerine patent verisinin daha güvenilir ve geçerli olduğu Griliches (1990) ve Haščić ve Migotto (2015) çalışmalarında ifade edilmiştir. Bunun

ötesinde spesifik olarak çevresel patent verisi, toplam patentlerin belirli bir alt kümesini oluşturmakta ve sürdürülebilir kalkınma bağlamında daha hedefli bir ölçüm sağlamaktadır (Johnstone, Hascic ve Popp, 2010). Dolayısıyla çevre kirliliği üzerindeki etkisi açısından özellikle çevresel inovasyon verisini kullanan çalışmalara burada yer verilmiştir. Bu çalışmalardan biri çevre politikalarının çevresel teknolojilere yönelik inovasyonu teşvik edip etmediğinin sorgulandığı Carrio'n-Flores ve Innes (2010) çalışmasıdır. Bu çalışma 1989-2004 dönemini ve ABD'deki 127 imalat sektörünü kapsamaktadır. İçsellik problemini dikkate alan GMM yöntemi ile elde edilen bulgulara göre çevresel inovasyon kirliliğin önemli bir itici gücüdür. Álvarez-Herránz, Balsalobre, Cantos ve Shahbaz (2017) ve Santra (2017) çalışmaları da aynı görüşü desteklemektedir.

Çevresel sürdürülebilirliğin giderek artan önemi göz önüne alındığında, sürdürülebilirliğe ulaşmak için en gerçekçi alternatifin çevresel inovasyon olduğunu vurgulayan Choi ve Han (2018) çalışmada çevresel inovasyonun çevre kirliliği üzerindeki etkisi araştırılmıştır. 33 yüksek gelirli ve 36 orta gelirli ülkeyi ve 1996-2011 dönemini kapsayan çalışmada oluşturulan modeller GMM yöntemi ile tahmin edilmiştir. Analiz sonucunda yüksek gelirli ülkelerde çevresel inovasyonun çevre kirliliğini azalttığı ancak orta gelirli ülkelerde azaltmadığı görülmüştür. Çevresel inovasyonun mutlak etkisinin, çevre sorunları ve iklim değişikliğiyle mücadele potansiyelinin araştırıldığı Töbelmann ve Wendler (2020) çalışmada 27 AB ülkesi ve 1992-2014 dönemine ilişkin panel veriler kullanılmıştır. Bu çalışmada daha gelişmiş ekonomilerde çevresel inovasyonun emisyon azaltımına daha az gelişmiş ülkelere kıyasla daha güçlü bir şekilde katkıda bulunduğu tespit edilmiştir. Dahası ülkelerin kalkınma aşamasında çevresel inovasyon etkisinin önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Farklı bir çevre kirliliği göstergesinin kullanıldığı Khan, Ali, Umar, Kirikkaleli ve Jiao (2020) çalışmada çevresel inovasyon ve yenilenebilir enerji tüketimi çerçevesinde uluslararası ticaretin tüketime dayalı CO2 emisyonu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. G7 ülkelerine ve 1990-2017 dönemine ilişkin panel veriler kullanılarak modeller tahmin edilmiştir. CS-ARDL, AMG ve CCEMG sonuçlarına göre çevresel inovasyon tüketime dayalı CO2 emisyonunun azaltılmasında etkili bir faktördür. Aynı ülke grubu Ding, Khattak ve Ahmad (2021) tarafından incelenmiştir. Panel CS-ARDL yöntemi ile yapılan analiz sonucuna göre çevresel inovasyon CO2 emisyonunu hem kısa hem de uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif etkilemektedir. Bu bulgu, G7 ülkelerinin ya kirletici emisyonları azaltarak ya da doğal kaynaklar üzerindeki yükü azaltarak çevresel inovasyondan faydalandığını göstermektedir.

Teknolojik inovasyonun çevre kirliliği üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ifade eden Xin, Zhi Sheng ve Jiahui (2022) çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak seçilen 15 gösterge ile teknolojik inovasyon endeksi geliştirilmiştir. 2004-2016 dönemine ilişkin panel verilerin kullanıldığı çalışma Çin'deki 30 eyalet ve şehri kapsamaktadır. PVAR regresyon analizi sonucuna göre teknoloji faktörü, atık su, katı atık ve atık gaz emisyonlarının boşaltılmasında engelleyici değil aksine teşvik edici bir rol oynamaktadır. Diğer bir ifadeyle Porter (1991) hipotezini desteklemektedir. Bu çalışma, çevre kirliliği yaratan farklı kirlilik emisyonlarını ihmal eden çalışmaların eksikliğini gidererek literatüre katkı sağlamıştır. Farklı bir metodoloji ile çevresel inovasyonun çevre kirliliği üzerindeki etkisini araştıran Xie ve Jamaani (2022) çalışması G7 ülkelerini ve 1990-2020 dönemini kapsamaktadır. MMQR ve panel nedensellik yönteminin kullanıldığı çalışmada çevresel inovasyonun çevre kirliliğini azalttığı, ekonomik büyümenin ise artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yeşil teknolojilerin küresel olarak CO2 emisyonunun azaltılmasındaki öneminin vurgulandığı Zhou, Obobisa ve Ayamba (2024) çalışmada 21 AB ülkesi ve 1990-2019 dönemi ele alınmıştır. Panel CS-ARDL yöntemi ile elde edilen bulgulara göre yeşil teknolojilerin (bu kavram çevresel inovasyon olarak da ifade edilebilir) hem kısa hem de uzun dönemde CO2 emisyonunu azaltmaktadır. Saqib, Usman, Ozturk ve Sharif (2024) ekolojik ayak izi en fazla olan 10 ülkeyi ve 1990-2019 dönemini ele alarak çevresel inovasyonun ekolojik ayak izini nasıl etkilediğini araştırmışlardır. AG ve CCEMG tahmin sonuçları Zhou, Obobisa ve Ayamba (2024) çalışmasının bulgularını desteklemektedir. Benzer bulgu Khasanova ve Saydulgerieva (2024) çalışmada elde edilmiştir.

ABD ekonomisi üzerine finansal derinlik ve çevresel inovasyonunun çevre kirliliği üzerindeki etkilerini birleştiren ilk çalışma Tiwari, Sharif, Sofuoğlu ve Nuta (2025) tarafından yapılmıştır. Bootstrap (ARDL) yöntemiyle tahmin edilen model sonuçlarına göre çevresel inovasyon kısa ve uzun

dönemde hem CO2 emisyonunu hem de ekolojik ayak izini istatistiksel olarak anlamlı ve negatif etkilemektedir. Bununla birlikte değişkenler arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

2.2. Sağlık harcamaları ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalar

Literatürde çevrenin sağlık harcamaları üzerindeki etkisini araştıran pek çok çalışma olmasına rağmen son yıllarda sağlık harcamalarının çevre üzerindeki etkisi araştırılmaya başlanmıştır. Bu çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Apergis, Jebli ve Youssef (2018) çalışması özellikle gelişmiş ülkelere kıyasla düşük sağlık göstergelerine sahip olan ve yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin olmasına rağmen yenilenebilir enerji projelerine yeterince yatırım yapmayan Sahra-altı Afrika ülkelerine odaklanmıştır. 1995-2011 dönemine ilişkin panel veriler kullanılarak yapılan analiz sonucuna göre sağlık harcamaları CO2 emisyonunu azaltmaktadır. Yine aynı ülke grubunu inceleyen Zaidi ve Saidi (2018) çalışmasında 1990-2015 dönemi ele alınarak sağlık harcamaları ile çevre kirliliği arasındaki ilişki incelenmiştir. PMG yöntemiyle elde edilen bulgulara göre sağlık harcamaları CO2 emisyonunu azaltmaktadır. Ampirik literatürün, farklı gelir gruplarında sağlık harcamaları ve çevre kirliliği arasında bağlantı kurmaya yönelik çok az çalışma olmasından yola çıkarak Apergis, Bhattacharya ve Hadhri (2020) tarafından yapılan çalışmada sağlık harcamalarındaki %1'lik bir artış CO2 emisyonunda %2.8'lik bir artışa neden olurken, etki gelir sınıflandırması grubuyla birlikte daha da artmaktadır.

Ele aldığı ülke örneklemini açısından Yang, Usman ve Jahanger (2021) çalışması farklılık göstermektedir. En yüksek sağlık harcaması yapan ilk 10 ülke için sağlık harcamalarının ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. 1995-2018 dönemine ait panel veriler kullanılarak analiz yapılmıştır. AMG ve CCEMG tahmin sonuçlarına göre sağlık harcamaları ekolojik ayak izini arttırmakta ve dolayısıyla daha fazla kirliliğe sebep olmaktadır. Dünya'da en yüksek ekolojik ayak izine sahip ilk on ülke arasında yer alan ABD ve Japonya ekonomilerinde sağlık harcamalarının çevre kalitesi üzerindeki etkisi Pata (2021) tarafından araştırılmıştır. Çevre kalitesinin göstergesi olarak ilk kez bu çalışmada LCF verisi kullanılmıştır. ARDL model tahmin sonuçlarına göre hem ABD hem de Japonya'da sağlık harcamaları çevresel kaliteyi iyileştirmektedir. Bu bulgu Yang, Usman ve Jahanger (2021) çalışmasının aksine Zaidi ve Saidi (2018) çalışmasının bulgularını destekler niteliktedir. Bilgili, Kuşkaya, Khan, Awan ve Türker (2021) çalışmalarında örneklem olarak 36 Asya ülkesini, dönem aralığı olarak 1991-2017'yi seçmiş ve Covid-19 sonrası için sağlık harcamalarında gerçekleşen talep artışıyla ekonomik büyüme ve karbon salınımı arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Analizden elde edilen sonuca göre sağlık harcamaları arttığında çevre kalitesi de artış göstermektedir.

ASEAN ülkeleri özelinde çevre kalitesini iyileştirmeye yönelik sağlık harcamalarının çevre üzerindeki etkisini araştıran ilk çalışma Shang, Razzag, Chupradit, An ve Abdul-samad (2022) tarafından yapılmıştır. Çevre kalitesi olarak LCF değişkeninin kullanıldığı çalışmada panel CS-ARDL yöntemi uygulanmıştır. Buna göre hem kısa hem de uzun dönemde sağlık harcamaları çevre kirliliğini azaltmaktadır. Çobanoğulları (2024) çalışmasında CO2 emisyonu, sağlık harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye odaklanılmıştır. 1975-2020 veriler kullanılarak tahmin edilen ARDL modeli sonuçlarına göre uzun dönemde sağlık harcamaları çevre kirliliğini azaltırken kısa dönemde istatistiksel olarak anlamlı bir bulgu elde edilememiştir. Bu sonuç, Türkiye'nin sağlık sektörünün daha fazla yenilenebilir enerji kullanımından veya fosil yakıtların daha verimli kullanılmasından faydalanabileceği anlamına gelmektedir.

3. Veri ve model

Bu çalışmada, 2000-2021 dönemini kapsayan yıllık panel veriler kullanılarak 2023 yılı itibarıyla en fazla çevre kirliliği yaratan 5 ülkede (Çin, Hindistan, Rusya, Japonya ve ABD) sağlık harcamaları ve çevresel inovasyonun çevresel etkileri araştırılmıştır. Bu bağlamda denklem (1)'deki model oluşturulmuştur:

$$\ln LCF_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln ENVI_{it} + \beta_2 \ln HE_{it} + \beta_3 \ln PCGDP_{it} + u_{it} \quad (1)$$

Denklem (1)'de yer alan değişkenlere ilişkin bilgiler Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1

Değişkenlere ait bilgiler

Değişkenlerin Adı	Değişkenlerin Tanımı	Kaynak
lnLCF	Yük Kapasite Faktörü (biyokapasite/ekolojik ayak izi, kişi başına)	Küresel Ayak izi Ağı
lnENVI	Çevreyi korumaya yönelik teknoloji patent sayıları	OECD
lnHE	Sağlık Harcamaları (%GSYH)	OECD
lnPCGDP	Kişi Başına GSYH (Sabit, 2015 US\$)	Dünya Bankası

Literatürdeki pek çok çalışmada çevresel değerlendirmeler yapılırken genellikle CO2 emisyonuna ve son zamanlarda ekolojik ayak izine (EF) odaklanılmıştır. Ancak bu iki gösterge insanın çevreye verdiği tahribatı yansıtmakta ve doğanın bu tahribata verdiği tepkiyi dikkate almamaktadır. EF temel olarak küresel hektar cinsinden bir nüfusun tüketiminin sürdürülebilirliğini izlemek için kullanılan bir ölçüdür. Ancak, EF yalnızca insanların çevre üzerinde uyguladığı bir baskının ölçüsüdür ve buna dayalı bir analiz doğanın arz tarafının ihmal edilmesine yol açmaktadır (Guloglu, Caglar ve Pata, 2023: 92). Bu nedenle “Yük Kapasite Faktörü (Load Capacity Factor-LCF)” verisi hem arzı hem de talebi dikkate aldığı için bu çalışmada çevre kirliliğini temsilen kullanılmıştır.

Çevresel inovasyonun göstergesi olarak modelde yer alan ENVI değişkeni çevreyi korumaya yönelik teknoloji patent sayılarını göstermektedir. Bu veri, yasal olması ve asli sahibine yetki vermesi nedeniyle asli firma veya ülke tarafından icat edilen çevre teknolojilerinin sayısını temsil etmektedir. Bu nedenle üretici ülkeler tarafından benimsenen ve sahip olunan yeşil teknoloji inovasyonunun seviyesini ve yoğunluğunu yakalamak için en iyi göstergedir (Behera ve Sethi, 2022, ss. 52940-52953).

Denklemden yer alan HE, sağlık harcamalarının GSYH içerisindeki payı verisidir. Saidi ve Zaidi (2018) çalışmalarında sağlık hastalıklarını azaltmak için çevre kalitesiyle ilgili önlemleri ve politikaları benimsemenin önemli olduğu, çünkü çevre kalitesinin sağlık harcamalarındaki artışa katkıda bulunan bir faktör olduğu ifade edilmiştir. Ancak bunun aksine Das ve Ivaldi (2021)’ ye göre ekonomiler, daha fazla çıktı ve gelir elde etmek için endüstriyel ve üçüncül faaliyetleri için fosil yakıt kullanmakta, bu da kirlilik açısından çevre için olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Ancak bu kısa dönem etkisidir. Uzun dönemde toplam ve kişi başına gelir düzeyi arttıkça, insanlar sağlık koşulları ve çevrenin korunması konusunda daha bilinçli hale gelmektedir. Dolayısıyla, sağlık hizmetleri satın alırlar ve çevrenin korunmasına yatırım yaparlar. Bu görüşlerden hareketle, sağlık harcamalarının çevre üzerinde yarattığı etkiye dair net bir fikir söylemek mümkün değildir.

PCGDP değişkeni ekonomik büyümenin göstergesi olarak kişi başına GSYH (sabit, 2015 US\$) verisidir. Ekonomik büyüme ile çevre kalitesi arasındaki ilişki karşılıklı bağımlılık ilişkisidir. Ekonomik faaliyetler, bulundukları çevreden ayrıştırılamayan üretim ve tüketim süreçlerini içerdiği için ekonomi büyüdükçe çevre üzerindeki etkisi de artmaktadır (Kahuthu, 2006, s. 56). Sürdürülebilir ekonomik büyümenin çevre dostu olarak gerçekleştirilmesi beklentisine karşılık günümüzde pek çok ülke bunun aksi bir performans sergilemektedir. Gerek hükümetlere yüklediği maliyetler gerekse kısa vadede yüksek büyüme ve kalkınma çabaları ülkelerin çevre kirliliği politikalarını göz ardı etmelerine sebep olmaktadır. Dolayısıyla ekonomik büyüme değişkeni çevre kirliliği modelinin oluşturulmasında belirleyici bir faktördür.

LCF değişkeni Küresel Ayak izi Ağı veri tabanından, ENVI ve HE değişkenleri OECD veri tabanından, PCGDP değişkeni Dünya Bankasından elde edilmiştir. Tüm değişkenler, logaritmik formlarında modele dahil edilmiştir.

4. Yöntem ve bulgular

Genellikle panel veri modellerdeki bozulmaların kesitsel olarak bağımsız olduğu varsayılmaktadır. Bu özellikle büyük kesitsel boyuta sahip paneller için geçerlidir (N). N'nin küçük olduğu (örneğin 10 veya daha az) ve panelin zaman boyutunun (T) yeterince büyük olduğu panel durumunda, hataların çapraz korelasyonu, ilk kez Zellner (1962) tarafından geliştirilen görünüşte ilgisiz regresyon (SURE) denklemi çerçevesi kullanılarak modellenenebilir (ve istatistiksel olarak test edilebilir). N sabit ve $T \rightarrow \infty$ olduğunda log-olabilirlik oranı testleri de dahil olmak üzere geleneksel yöntemler uygulanabilir (Pesaran, 2021, s. 14).

Breusch ve Pagan (1980) tarafından geliştirilen LM test istatistiği $T > N$ olduğu durumlarda uygulanabilmektedir. Bu çalışma 5 ülkeyi ($N=5$) ve 22 yılı ($T=22$) kapsadığı için yatay kesit bağımlılığının olup olmadığı LM testi ile sınanmıştır. Test istatistiği aşağıdaki gibidir:

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \quad (2)$$

Klasik panel veri analizinde, genellikle panel veri modellerinde ilgilenilen eğim katsayılarının bireysel birimler arasında homojen olduğu varsayılmaktadır. Ancak, uygulamada, bunlar bireysel olarak spesifik olabilir. Bu tür heterojenliğin göz ardı edilmesi yanlış tahmin ve çıkarımlara neden olabilir. Bu nedenle, eğim homojenliği için teoride geçerliliği olan bir test gereklidir (Wang, Feng ve Zhao, 2024, ss. 1-31). Swamy (1970), boş hipotezin her bir yatay kesit birimi için sabit eğimler olduğu ancak her bir birimin farklı bir hata varyansına sahip olmasına izin verilen bir test önermiştir. Testin asimptotik dağılımı $T > N$ için geçerlidir (Juhl ve Lugovskyy, 2014, s. 907). Test istatistiği aşağıdaki gibidir:

$$\hat{S} = \sum_{i=1}^N (\hat{\beta}_i - \hat{\beta}_{WFE})' \frac{X_i' M_t X_i}{\hat{\sigma}_i^2} (\hat{\beta}_i - \hat{\beta}_{WFE}) \quad (3)$$

Tablo 2

Yatay kesit bağımlılığı ve homojenite test sonuçları

Testler	Katsayı	Olasılık değeri
LM (Breusch, Pagan 1980)	21,996***	0,015
Swamy S Test	35663,04***	0,000

Not: ***, ** ve * sırasıyla istatistiksel olarak %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tablo 2’de yatay kesit bağımlılığına ve homojenite testine ilişkin sonuçlar yer almaktadır. Buna göre “yatay kesit bağımlılığı yoktur” şeklinde olan boş hipotez %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir. Modelde yatay kesit bağımlılığı olduğu tespit edilmiştir. Örneklem ülkeler arasındaki kesitsel bağımlılık, bir ülkede meydana gelen bir şokun örneklemde yer alan diğer ülkeleri de etkileme olasılığının yüksek olduğunu göstermektedir. Homojenlik sınaması neticesinde “eğim katsayıları homojen” olarak ifade edilen boş hipotez %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir. Buna göre seriler heterojen dağılım sergilemektedir.

Yatay kesit bağımlılığı göz ardı edilmesi birim kök testlerinin boş hipotezini test ederken ciddi sorunlara yol açabilmektedir. Durağan olmayan seriler ile istatistiksel regresyon analizi yapmak sahte regresyona yola açıp hatalı sonuçlar verebilir. Bu nedenle bu tür hatalı sonuçlara karşı dirençli olan “ikinci nesil” test prosedürleri geliştirilmiştir. İkinci nesil birim kök testleri bu sorunların çözülmesine yardımcı olur ve regresyon analizi sonuçlarının güvenilirliğini sağlar (Westerlund, Hosseinkouchack ve Solberger, 2014, ss. 845-870; Wang, Feng ve Zhao, 2024, ss. 1-31). Serilerin durağanlık düzeyleri Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CIPS birim kök testi ile sınanmıştır. Test istatistiğine ilişkin denklem aşağıdaki gibidir:

$$CIPS(N, T) = t - bar = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_i(N, T) \quad (4)$$

Yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ve $T > N$ olduğu durumlarda daha etkin sonuçlar veren CIPS panel birim kök testi sonuçları Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3

CIPS birim kök testi sonuçları

Değişkenler	Düzeyde	Farkında
lnLCF	-1,814	-2,937***
lnENVI	-0,775	-2,906***
lnHE	-1,183	-3,218***
lnPCGDP	-2,164	-2,669***

Not: ***, ** ve * sırasıyla istatistiksel olarak %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

CIPS birim kök testi sonuçlarına göre tüm değişkenler için “seriler düzeyde durağandır” olarak ifade edilen boş hipotez %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir. Serilerin birinci farkları alındığında durağan hale geldiği görülmüştür. Yatay kesit bağımlılığı ve serilerin farkında durağan olması halinde uzun dönemli ilişkinin test edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla çalışmada Westerlund (2007) tarafından geliştirilen Hata Düzeltme Modeline (ECM) dayalı eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Westerlund (2007) çalışmasında dört test önerilmiştir.

Çalışmada önerilen grup ve panel test istatistikleri aşağıdaki gibidir (Westerlund, 2007, ss. 717-718):

$$G_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\hat{\alpha}_i}{SE(\hat{\alpha}_i)} \text{ ve } G_a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{T\hat{\alpha}_i}{\hat{\alpha}_i(1)} \quad (5)$$

Grup test istatistiklerinin hipotezleri:

$H_0: \alpha_i = 0$ tüm i 'ler için (Eşbütünleşme yoktur)

$H_1: \alpha_i < 0$ en az bir i için (Eşbütünleşme vardır)

$$P_\tau = \frac{\hat{\alpha}}{SE(\hat{\alpha})} \text{ ve } P_\alpha = T\hat{\alpha} \quad (6)$$

Panel test istatistiklerinin hipotezleri:

$H_0: \alpha_i = 0$ tüm i 'ler için (Eşbütünleşme yoktur)

$H_1: \alpha_i = \alpha < 0$ tüm i 'ler için (Eşbütünleşme vardır)

Tablo 4'te eşbütünleşme testlerine ilişkin sonuçlar yer almaktadır. Eğitim katsayıları heterojen olduğu durumlarda panel istatistikleri grup istatistiklerden daha güvenilir sonuçlar vermektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2018, s. 201; Yamak ve Köseoğlu, 2006, s. 293). Eşbütünleşme testi sonuçlarına göre boş hipotez %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir. Buna göre uzun dönemde seriler arasında bir ilişki olduğu kanıtlanmıştır.

Tablo 4

Eşbütünleşme test sonuçları

Testler	Katsayı	Dirençli Olasılık Değerleri
G_t	6,519***	0,004
G_a	4,277	0,503
P_t	2,826***	0,000
P_a	2,826***	0,000

Not: ***, ** ve * sırasıyla istatistiksel olarak %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

T (zaman boyutu) büyük olduğu durumlarda Parks-Kmenta veya PCSE yaklaşımlarına alternatif olarak Driscoll ve Kraay (1998) tarafından dirençli standart hatalar üreten bir test geliştirilmiştir (Yerdelen Tatoğlu, 2013, s. 266). Driscoll ve Kraay (1998) çalışmasında özellikle, modelin parametrelerini tanımlayan ortogonalite koşullarının basit bir dönüşümünün, zaman boyutu büyüdükçe çok genel mekânsal ve zamansal bağımlılık biçimlerine karşı dayanıklı bir kovaryans matrisi tahmincisi oluşturmaya izin verdiği görülmüştür. Yatay kesit bağımlılığını ve eğim katsayılarının heterojenliğini dikkate alan Driscoll Kraay Standart Hatalar Tahmincisi (DKSE) kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5

DKSE sonuçları

Değişkenler	FE (Robust)	Olasılık değeri	FE-DKSE	Olasılık değeri
lnENVI	-0,128*	0,082	-0,128***	0,001
lnHE	0,372*	0,065	0,372***	0,000
lnPCGDP	-0,348***	0,011	-0,348***	0,000
Sabit	6,719***	0,000	6,719***	0,000
F test	39,45***	0,002	146,80***	0,000
R ²	0,70		0,70	

Not: ***, ** ve * sırasıyla istatistiksel olarak %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tablo 5'te görüldüğü üzere lnENVI, lnLCF'yi istatistiksel olarak anlamlı ve negatif etkilemektedir. Bu sonuç, çevre dostu olarak tasarlanan teknolojilerin çevre üzerinde her zaman olumlu sonuçlar doğurmadığını ve/veya yeterli olmadığını göstermektedir. Bu bulgu “geri tepme etkisi” hipotezini doğrulamakta olup Gao ve Fan (2023), Hoa, Xuan ve Thu (2023), Viglioni, Calegario, Viglioni ve Bruhn, (2024) çalışmalarını desteklemektedir. Milindi ve Inglesi-Lotz (2022)' e göre bu sonuç, yeşil teknolojideki inovasyon seviyesi henüz çevre kirliliğinin önemli ölçüde azaltılmasına izin verecek bir noktaya ulaşmadığını göstermektedir. Bu, yeşil teknoloji inovasyonlarının mevcut olmadığı veya değerli olmadığı anlamına gelmemektedir. Dahası bu inovasyonların çevre kirliliği trendini yavaşlatmak için yeterli miktarda üretilmediği anlamına gelmektedir. Örneğin Çin hükümeti ciddi ölçüde ortaya çıkan hava kirliliğiyle başa çıkabilmek için çeşitli yasalar ve politikalar uygulamıştır. “Hava Kirliliğinin Önlenmesi ve Kontrolü” yasası 1987'de Ulusal Halk Kongresi ve Daimi Komitesi tarafından getirilmesine rağmen yüksek enerji tüketimi, yüksek kirlilik ve yüksek emisyonlardan oluşan geleneksel ekonomik kalkınma modeli, aşırı kaynak tüketimine ve yoğun çevre kirliliğine yol açmıştır. Teknolojik ilerleme, özellikle temiz enerji, kanalizasyonun ön arıtımı veya/veya son arıtımındaki teknolojik ilerleme olmak üzere, çevre kirliliğini hafifletmenin önemli bir yolu olarak her zaman görülmüştür ve bu, genellikle çevre kirliliğini azaltma hedefine ulaşmak için uyarlanmıştır. Ancak, çevresel inovasyonunun elde edilmesi daha zordur ve geleneksel inovasyondan daha fazla araştırma fonu gerektirebilir (Qui ve He, 2017; Ruan ve Zhang, 2024).

Ekonomik büyümenin göstergesi olarak modele dahil edilen lnPCGDP, lnLCF'yi istatistiksel olarak anlamlı ve negatif etkilemektedir. Ekonomik büyümenin çevre kirliliğini arttırdığı bulgusunu elde eden Szymczyk, Şahin, Bağcı, Kaygın (2021), Yang, Usman ve Jahanger (2021) ve Ali, Shayanmerh, Radmerh, Amfo, Awuni, Gyamfi ve Agbozo (2023) çalışmaları ile örtüşmektedir. Artan büyümenin nüfusun yaşam standardını iyileştirmede önemli bir rol oynayabileceği göz önüne alındığında, ülkeler büyüme oranlarını artırma yoluna girmeye başlamışlardır. Yıllar içinde GSYH' de sürdürülebilir bir artış olarak tanımlanan ekonomik büyüme, genellikle mevcut yenilenebilen ve yenilenemeyen kaynakların maliyetlerine katlanma pahasına gerçekleşmiştir. Ancak ülkeler zamanla doğal kaynakların tükenmesine ve dolayısıyla çevre kirliliğinin artmasına tanık olmuşlardır (Rasool,

Malik & Tarique, 2020). Örneklem ülkelerden biri olan Rusya'daki ciddi boyutlara ulaşan çevre kirliliği dikkat çekmektedir. Rusya kömür, petrol ve doğal gaz gibi doğal kaynaklar yönünden dünyanın en zengin ülkelerinden biridir. Ancak üretiminin büyük bir payının aşırı yüksek verimsiz enerji kaynakları ile gerçekleştirmesi ve özellikle savunma sanayide kullanılan tankların ve silahların çevre dostu olmayan nitelikte olması Rusya'nın büyüme performansının "kirli ekonomik büyüme" olarak adlandırılmasına sebep olmuştur⁴. Diğer taraftan Conley ve Newlin (2021) çalışmalarında Rusya'nın, dünyanın geri kalanından 2,5 kat daha hızlı ısındığını, 2020'de Rusya'nın çeşitli bölgeleri kayıtlardaki en yüksek sıcaklıkları yaşadığını ve bu durumun Yunanistan büyüklüğündeki alanları yakan ve atmosfere 2019 yılına kıyasla üçte bir daha fazla CO2 salan orman yangınlarına neden olduğu ifade edilmiştir (ki Rus ormanları, dünyanın toplamının beşte birini oluşturmaktadır).

Sağlık harcamalarını temsilen modelde yer alan lnHE değişkeninin, lnLCF'yi istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif etkilediği tespit edilmiştir. Bu bulgu Pata (2021) ve Shang vd. (2022) çalışmalarının bulguları paralellik göstermektedir. Buna göre örneklem ülkelerdeki sağlık harcamalarının çevre kirliliğini azaltıcı bir etkisi olmaktadır. Sağlık harcamaları farklı kanallardan çevre üzerinde bir etki yaratabilir. Bu kanallardan en önemlisi ekonomik büyüme ve gelişmişlik düzeyidir. Toplicianu ve Toplicianu (2014)' ya göre bir toplumun belirli bir andaki gelişmişlik düzeyi, bu da nüfusun sağlık durumunu doğrudan etkilemektedir, büyük ölçüde ilgili toplumun ekonomik büyüme düzeyine bağlıdır. Genel olarak sağlığın ekonomik büyüme düzeyi üzerinde olumlu bir etkisi olduğu kabul edilmektedir. Kaplan ve Forst (2017) sağlık harcamaları ile çevre arasındaki ilişkiyi farklı bir yönden ele almıştır. Onlara göre sağlık hizmetleri liderleri, sektörün çevresel ve ilgili sağlık etkilerinin farkına vardıkça, çevresel açıdan sürdürülebilir girişimleri giderek daha fazla başlatmaktadırlar. Giderek artan sayıdaki kanıtlar, sağlık sektöründe çevresel sürdürülebilirliğin çalışan, hasta sağlığı ve güvenliğini etkileyebileceğini göstermektedir. Japonya ve ABD ekonomileri üzerine sağlık harcamalarının çevre üzerindeki etkisini araştıran Pata (2021) çalışmasında sağlık harcamalarındaki artışın çevre üzerinde olumlu bir etkisi olduğu ve sağlık harcamaları hükümet bütçeleri üzerinde mali bir yük oluştursa da, bu gelişmiş ülkeler için önemli bir sorun olmadığı ifade edilmiştir.

EKK yöntemi ile elde edilen bulgular önemli bilgiler sunmasına rağmen geleneksel EKK tahmincileri ortalama etkilere odaklanmaktadır. Ancak bu şekilde değişkenler arasındaki ampirik ilişkinin sadece kısmi bir görüntüsü ortaya konulabilmektedir (Eren, 2023, s. 120). Alternatif bir yöntem olarak bireysel etkilere sahip geleneksel kantil regresyonunda birimler arasındaki olası gözlenemeyen heterojenliği hesaba katmaması gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bununla birlikte parametreler içsel olduğunda ve spesifik bireysel etkiler veri setini sınıflandırdığında, sabit etkili Momentler Metodu Kantil Regresyon (MMQR) yöntemi daha fazla güvenilirliğe sahiptir (Waris, Mehmood ve Tariq, 2023). Machado ve Silva (2019) tarafından geliştirilen MMQR yönteminin avantajı regresörlerin tüm koşullu dağılımı nasıl etkilediğine dair bilgi sağlarken, panel veri modellerinde bireysel etkilerin farklılaştırılması gibi yalnızca koşullu ortalamaların tahmininde geçerli olan yöntemlerin kullanılmasına izin vermektedir. MMQR yöntemine ilişkin sonuçlar Tablo 6'da sunulmuştur. MMQR bulguları, DKSE tahmincisi ile elde edilen bulgulara paralellik göstermektedir. Buna göre tüm kantillerde hem çevresel inovasyon (lnEVI) hem de ekonomik büyüme (lnPCGDP) LFC' i istatistiksel olarak anlamlı ve negatif etkilemektedir. Dahası lnENVI ve lnPCGDP' in çevre üzerinde yarattığı olumsuz etki 0.90 kantile doğru giderek artmaktadır. Bununla birlikte tüm kantillerde sağlık harcamaları ile çevre kirliliği arasında pozitif ve anlamlı bir ilişkinin olması, sağlık harcamalarının çevresel sürdürülebilirliğe zarar vermediğini göstermektedir. Aksine 0.10 kantilden 0.90 kantile doğru sağlık harcamalarının çevre kirliliğini azaltıcı etkisi giderek artmaktadır.

⁴ Detaylı bilgi için bkz: <https://www.wilsoncenter.org/publication/economic-growth-and-environmental-security-russia>

Tablo 6

Panel kantil regresyon tahmin sonuçları

Kantil	Değişkenler	Sabit	lnENVI	lnHE	lnPCGDP
Düşük Kantil	0,10	6,4585*** (0,000)	-0,1062** (0,044)	0,3066*** (0,000)	-0,3264*** (0,000)
	0,20	6,5130*** (0,000)	-0,1109** (0,022)	0,3204*** (0,000)	-0,3310*** (0,000)
	0,30	6,6013*** (0,000)	-0,1186*** (0,006)	0,3428*** (0,000)	-0,3384*** (0,000)
Orta Kantil	0,40	6,6639*** (0,000)	-0,1240*** (0,004)	0,3587*** (0,000)	-0,3437*** (0,000)
	0,50	6,7198*** (0,000)	-0,1289*** (0,003)	0,3728*** (0,000)	-0,3484*** (0,000)
	0,60	6,7678*** (0,000)	-0,1330*** (0,004)	0,3850*** (0,000)	-0,3524*** (0,000)
Yüksek Kantil	0,70	6,8380*** (0,000)	-0,1391*** (0,006)	0,4028*** (0,000)	-0,3584*** (0,000)
	0,80	6,8968*** (0,000)	-0,1442*** (0,010)	0,4177*** (0,000)	-0,3633*** (0,000)
	0,90	7,0003*** (0,000)	-0,1532** (0,024)	0,4439*** (0,000)	-0,3720*** (0,000)

Not: ***, ** ve * sırasıyla istatistiksel olarak %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tablo 6’da yer alan tahmin sonuçlarını genel olarak değerlendirmek gerekirse tüm değişkenlerin çevre kirliliği üzerindeki etkisi düşük kantilden yüksek kantile doğru artmaktadır. Genel olarak bakıldığında hem DKSE hem de MMQR tahmin sonuçları benzer büyüklük, işaret ve anlamlılık göstermektedir. Bununla birlikte, MMQR yöntemi kantiller arasında bireysel regresörler ve bağımlı değişken açısından var olan mevcut ilişkiler hakkında daha kapsamlı sonuçlar ortaya koymaktadır.

Son olarak, değişkenler arasındaki nedenselliğin yönünü incelemek için Kónya (2006) tarafından geliştirilen panel Granger nedensellik testi uygulanmıştır. Bu test yatay kesit bağımlılığını ve heterojeniteyi dikkate aldığı için tercih edilmiştir. Kónya (2006) panel nedensellik testi zaman serisi çalışmalarından farklı olarak, görünürde ilişkisiz regresyonlara (SUR) ve ülkeye özgü bootstrap kritik değerlerine sahip Wald testlerine dayanan bir panel veri yaklaşımıdır. Bu yaklaşımın iki avantajı vardır. Birincisi, tüm panel ülkeleri için ortak bir hipotez gerektirmemektedir, ancak bunlar arasında eşanlı korelasyona izin vermekte ve panel veri yapısına dayalı olarak daha detaylı bilgileri ortaya koymaktadır. İkincisi, gecikme uzunluğu dışında ön test yapmaya gerek yoktur (Kónya, 2006, s. 979). Değişkenlere ilişkin optimal gecikme uzunluğu Kónya (2006) çalışmasında ön görülen Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ve

Schwartz Kriteri (SC) ile tespit edilmiştir. Tablo 7’de hem panel hem de ülke bazında nedensellik testi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 7

Panel nedensellik testi sonuçları

Ülkeler	Wald İstatistik	Bootstrap Olasılık Değeri	%1	%5	%10	Panel Fisher	Olasılık Değeri
lnPCGDP nedeni değildir lnLCF							
Çin	0,077	0,972	11,836	8,342	6,718	17,775**	0,059
Hindistan	0,021	0,987	30,907	20,169	15,544		
Rusya	0,093	0,779	9,269	4,761	3,289		
Japonya	11,317***	0,004	9,860	7,154	6,056		
ABD	6,238**	0,047	9,610	6,152	4,941		
lnLCF nedeni değildir lnPCGDP							
Çin	10,346	0,407	26,764	19,835	17,075	16,433*	0,088
Hindistan	6,298	0,934	58,674	41,081	33,738		
Rusya	0,020	0,995	26,142	17,334	13,648		
Japonya	1,424	0,238	9,880	4,300	2,892		
ABD	6,847***	0,003	4,757	2,656	1,812		
lnENVI nedeni değildir lnLCF							
Çin	0,446	0,483	5,646	3,306	2,284	7,130	0,713
Hindistan	0,689	0,457	8,919	4,921	3,430		
Rusya	0,217	0,674	9,211	4,940	3,505		
Japonya	0,037	0,945	9,959	6,418	4,892		
ABD	3,627	0,201	9,304	6,351	5,035		
lnLCF nedeni değildir lnENVI							
Çin	0,063	0,806	8,482	4,278	2,872	25,301***	0,005
Hindistan	4,882*	0,073	11,124	5,958	4,051		
Rusya	1,001	0,275	6,846	3,579	2,391		

Japonya	0,128	0,985	17,094	11,549	9,022		
ABD	18,755***	0,000	7,655	4,489	3,356		
lnHE nedeni değildir lnLCF							
Çin	1,506*	0,082	3,675	1,970	1,303		
Hindistan	1,612	0,476	11,041	6,909	5,204	7,560	0,672
Rusya	0,437	0,637	17,589	8,662	6,009		
Japonya	0,284	0,948	11,653	7,805	6,288		
ABD	2,795	0,972	33,900	24,640	20,534		
lnLCF nedeni değildir lnHE							
Çin	3,467***	0,015	3,734	2,547	2,036		
Hindistan	4,208	0,841	20,191	13,975	11,659	9,350	0,499
Rusya	3,296	0,750	30,656	19,934	15,901		
Japonya	0,000	0,982	6,146	3,430	2,225		
ABD	0,482	0,991	48,893	26,732	20,679		

Not: ***, ** ve * sırasıyla istatistiksel olarak %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Bootstrap kritik değerleri 10.000 tekrarlamadan elde edilmiştir.

Panel bazında elde edilen bulgulara göre lnLCF ile lnPCGDP arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Bu bulgu bir yandan üretim ve tüketim yoluyla çevre kirliliğinin ortaya çıkabileceğini diğer yandan da girdi maliyetleri, tarım, turizm gibi çeşitli faktörlerden dolayı ekonomik büyümeyi etkileyebileceğini göstermektedir. ABD’de ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Ancak Japonya için “lnPCGDP nedeni değildir lnLCF” boş hipotezi %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir. Buna göre ekonomik büyümeden çevre kirliliğine tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Diğer ülkeler için istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Nedensellik testi sonucuna göre panel genelinde “lnLCF nedeni değildir lnENVT” boş hipotezi %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir. Buna göre çevre kirliliğinden çevresel inovasyona doğru tek yönlü nedensellik vardır. Üretim süreçlerinde artan çevre kirliliği firmaları çevresel inovasyon yapmaya zorlayabilir. Bununla birlikte toplumun çevre bilinci ve çevreye duyarlılığı arttığında, küresel rekabet ile ülkelerin çevresel inovasyon performansı etkilenebilir. Aynı boş hipotez Hindistan için %10 ve ABD için %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir. Dolayısıyla bu ülkeler için çevre kirliliğinin çevresel inovasyonun bir nedeni olduğu ortaya konulmuştur.

Son olarak çevre kirliliği ile sağlık harcamaları arasında panel düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. İstatistiksel olarak anlamlı bir bulgu elde edilememiş olması 5 ülke için sağlık harcamalarının çevre dışındaki faktörlerden daha fazla etkilenmesi, sağlık hizmetlerine erişim imkanlarının kısıtlı olması ve çevre kirliliği nedeniyle yapılan devlet müdahalelerinin sağlık harcamalarını etkilememesi ile açıklanabilir. Ancak ülke bazında değerlendirildiğinde sadece Çin için çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Dahası, “lnHE nedeni değildir lnLCF” boş hipotezi %10 anlamlılık düzeyinde, “lnLCF nedeni değildir lnHE” boş hipotezi ise %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir.

5. Sonuç

Bu çalışmada 2000-2021 dönemine ilişkin Çin, Hindistan, Rusya, Japonya ve ABD ülkelerinde çevresel inovasyon ve sağlık harcamalarının çevre kirliliği üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Momentler Metodu Kantil Regresyon (MMQR) yaklaşımıyla elde edilen bulgulara göre tüm kantillerde çevresel inovasyonun çevre kirliliğini negatif etkilediği tespit edilmiştir. Bu sonuç geri tepme etkisi hipotezinin geçerli olduğunu göstermiştir. Buna karşılık, sağlık harcamalarının çevre kirliliği üzerinde hemen her kantilde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeyle analiz sonucu, ülkelerdeki sağlık harcamalarının çevreye duyarlı olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, sağlık alanında yapılan yatırımların çevresel bozulmayı azaltıcı yönde katkı sağladığını ve toplumun kamu bilincini artırarak, çevresel risklerin daha etkin izlenmesine ve daha sağlıklı politika ortamlarının oluşmasına katkıda bulunduğunu göstermektedir. Kontrol değişken olarak modele dâhil edilen ekonomik büyümenin göstergesi kişi başına GSYH ise tüm kantillerde çevre kirliliğini artırıcı yönde etkilediği görülmüştür. Bu bulgu, ekonomik büyümenin belirli bir seviyeye kadar çevresel bozulmayı artırmabileceğini ortaya koymaktadır. MMQR yöntemi ile tahmin edilen katsayıların kantiller arasında farklılık göstermesi, her bölge veya ülke için aynı politikanın etkili olmayacağını ortaya koymaktadır. Çevresel performansı düşük bölgelerde daha yoğun müdahaleler, yüksek performanslı bölgelerde ise teknolojik verimlilik odaklı politikalar öne çıkmalıdır.

Konya (2006) tarafından geliştirilen panel nedensellik yaklaşımı ile değişkenler arasındaki ilişkinin yönü araştırılmıştır. Elde edilen bulgular ülkelere göre değişiklik göstermektedir. Genel olarak değerlendirmek gerekirse ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasında çift yönlü, çevre kirliliğinden çevresel inovasyona tek yönlü bir ilişki bulunmuştur. Ancak sağlık harcamaları ile çevre kirliliği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir. Ülke bazında elde edilen bulgulara ABD için ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasında çift yönlü, çevre kirliliğinden çevresel inovasyona tek yönlü nedensellik ilişkisinin bulunması politika yapıcıların hem büyümeyi hem de çevreyi destekler nitelikte sürdürülebilir politikaları desteklemeleri gerekliliğini göstermektedir. Çin için sağlık harcamaları ile çevre kirliliği arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Buna göre Çin’de bir yandan sağlık harcamalarındaki çevresel ekolojik ayak izi azaltılmalı diğer yandan da yeşil ekonomiye dayalı politikaların geliştirilmesi gerekmektedir.

Yazar beyanı

Araştırma ve yayın etiği beyanı

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

Etik kurul onayı

Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir.

Yazar katkıları

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkıda bulunmuştur.

Çıkar çatışması

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

Destek beyanı

Bu çalışma için herhangi bir destek alınmamıştır.

Kaynakça

- Adebayo, T. S., ve Kirikkaleli, D. (2021). Impact of renewable energy consumption, globalization, and technological innovation on environmental degradation in Japan: application of wavelet tools. *Environment, Development and Sustainability*, 23(11), 16057-16082. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01322-2>.
- Ahmad, N., Youjin, L., Žiković, S., ve Belyaeva, Z. (2023). The effects of technological innovation on sustainable development and environmental degradation: Evidence from China. *Technology in Society*, 72, 102184. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102184>.

- Ali, E. B., Shayanmehr, S., Radmehr, R., Amfo, B., Awuni, J. A., Gyamfi, B. A., ve Agbozo, E. (2023). Exploring the impact of economic growth on environmental pollution in South American countries: how does renewable energy and globalization matter?. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(6), 15505-15522. . [https://doi.org/ 10.1007/s11356-022-23177-4](https://doi.org/10.1007/s11356-022-23177-4).
- Álvarez-Herránz, A., Balsalobre, D., Cantos, J. M., ve Shahbaz, M. (2017). Energy innovations-GHG emissions nexus: fresh empirical evidence from OECD countries. *Energy policy*, 101, 90-100. . [https://doi.org/ 10.1016/j.enpol.2016.11.030](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.11.030).
- Apergis, N., Jebli, M. B., ve Youssef, S. B. (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>.
- Apergis, N., Bhattacharya, M., ve Hadhri, W. (2020). Health care expenditure and environmental pollution: a cross-country comparison across different income groups. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(8), 8142-8156. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07457-0>.
- Başar, S., ve Tosun, B. (2021). Environmental Pollution Index and economic growth: evidence from OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 36870-36879. [https://doi.org/ 10.1007/s11356-021-13225-w](https://doi.org/10.1007/s11356-021-13225-w).
- Behera, P., ve Sethi, N. (2022). Nexus between environment regulation, FDI, and green technology innovation in OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(35), 52940-52953. [https://doi.org/ 10.1007/s11356-022-19458-7](https://doi.org/10.1007/s11356-022-19458-7).
- Berkhout, P. H., Muskens, J. C., ve Velthuisen, J. W. (2000). Defining the rebound effect. *Energy policy*, 28(6-7), 425-432. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00022-7](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00022-7).
- Bilgili, F., Kuşkaya, S., Khan, M., Awan, A., ve Türker, O. (2021). The roles of economic growth and health expenditure on CO2 emissions in selected Asian countries: a quantile regression model approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(33), 44949-44972. [https://doi.org/ 10.1007/s11356-021-13639-6](https://doi.org/10.1007/s11356-021-13639-6).
- Breusch, T. S., ve A. R. Pagan (1980). The lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics, *Review of Economic Studies* 47, 239-253.
- Carrión-Flores, C. E., ve Innes, R. (2010). Environmental innovation and environmental performance. *Journal of Environmental Economics and Management*, 59(1), 27-42. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2009.05.003>.
- Cheng, C., Ren, X., ve Wang, Z. (2019). The impact of renewable energy and innovation on carbon emission: an empirical analysis for OECD countries. *Energy Procedia*, 158, 3506-3512. [https://doi.org/ 10.1016/j.egypro.2019.01.919](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.919).
- Chien, F., Ajaz, T., Andlib, Z., Chau, K. Y., Ahmad, P., ve Sharif, A. (2021). The role of technology innovation, renewable energy and globalization in reducing environmental degradation in Pakistan: a step towards sustainable environment. *Renewable Energy*, 177, 308-317. [https://doi.org/ 10.1016/j.renene.2021.05.101](https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.101).
- Choi, J. Y., ve Han, D. B. (2018). The links between environmental innovation and environmental performance: Evidence for high-and middle-income countries. *Sustainability*, 10(7), 2157. [https://doi.org/ 10.3390/su10072157](https://doi.org/10.3390/su10072157).
- Conley, H. A. ve Newlin, C. (2021, January 13). Climate Change Will Reshape Russia, Center For Strategic & International Studies (CSIS), <https://www.csis.org/analysis/climate-change-will-reshape-russia>.
- Çobanoğulları, G. (2024). Exploring the link between CO2 emissions, health expenditure, and economic growth in Türkiye: evidence from the ARDL model. *Environment, Development and Sustainability*, 26(11), 29605-29619. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04835-8>.
- Das, R. C., ve Ivaldi, E. (2021). Is pollution a cost to health? Theoretical and empirical inquiry for the world's leading polluting economies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12), 6624. <https://doi.org/10.3390/ijerph18126624>.
- Ding, Q., Khattak, S. I., ve Ahmad, M. (2021). Towards sustainable production and consumption: assessing the impact of energy productivity and eco-innovation on consumption-based carbon dioxide emissions (CCO2) in G-7 nations. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 254-268. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.11.004>.

- Driscoll, J. C., ve Kraay, A. C. (1998). Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data. *The Review of Economics and Statistics*, 80(4), 549-560.
- Eren, M. (2023). OECD ülkelerinde küreselleşmenin kayıt dışı ekonomi üzerindeki rolü: Momentler kantil regresyon yönteminden kanıtlar. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(1), 104-128. <https://doi.org/10.17153/oguiibf.1145945>.
- Gao, X., ve Fan, M. (2023). The role of quality institutions and technological innovations in environmental sustainability: Panel data analysis of BRI countries. *Plos one*, 18(6), e0287543. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287543>.
- Griliches, Z. (1990). Patent statistics as economic indicators: a survey. In *R&D and productivity: the econometric evidence* (pp. 287-343). University of Chicago Press.
- Guloglu, B., Caglar, A. E., ve Pata, U. K. (2023). Analyzing the determinants of the load capacity factor in OECD countries: evidence from advanced quantile panel data methods. *Gondwana Research*, 118, 92-104. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.02.013>.
- Haščič, I., ve Migotto, M. (2015). Measuring environmental innovation using patent data. *OECD Environment Working Papers*, No. 89.
- Hoa, P. X., Xuan, V. N., ve Thu, N. T. P. (2023). Nexus of innovation, renewable consumption, FDI, growth and CO2 emissions: The case of Vietnam. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9(3), 100100. <https://doi.org/10.20944/preprints202304.0120.v1>.
- Johnstone, N., Haščič, I., ve Popp, D. (2010). Renewable energy policies and technological innovation: evidence based on patent counts. *Environmental and Resource Economics*, 45, 133-155. <https://doi.org/10.1007/s10640-009-9309-1>.
- Juhl, T., ve Lugovskyy, O. (2014). A test for slope heterogeneity in fixed effects models. *Econometric Reviews*, 33(8), 906-935. <https://doi.org/10.1080/07474938.2013.806708>.
- Kahuthu, A. (2006). Economic growth and environmental degradation in a global context. *Environment, Development and Sustainability*, 8, 55-68. <https://doi.org/10.1007/s10668-005-0785-3>.
- Kaplan, S. B., ve Forst, L. (2017). Linking environmental sustainability, health, and safety data in health care: A research roadmap. *New Solutions: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*, 27(2), 189-209. <https://doi.org/10.1177/1048291117710784>.
- Kemp, R., ve Pearson, P. (2007). Final report MEI project about measuring eco-innovation. *UM Merit, Maastricht*, 10(2), 1-120.
- Khan, Z., Ali, S., Umar, M., Kirikkaleli, D., ve Jiao, Z. (2020). Consumption-based carbon emissions and international trade in G7 countries: the role of environmental innovation and renewable energy. *Science of the Total Environment*, 730, 138945. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138945>.
- Khasanova, S. S., ve Saydulgerieva, M. A. (2024). Environmental pollution and implementation of sustainable development goals. *BIO Web of Conferences*, 82, 1-5.
- Koons, E. (2024). Japan Environmental Issues 2024. <https://energytracker.asia/environmental-issues-in-japan-and-solutions/>
- Kónya, L. (2006). Exports and growth: Granger causality analysis on OECD countries with a panel data approach. *Economic modelling*, 23(6), 978-992. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2006.04.008>.
- Machado, J. A., ve Silva, J. S. (2019). Quantiles via moments. *Journal of Econometrics*, 213(1), 145-173. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2019.04.009>.
- Milindi, C. B., ve Inglesi-Lotz, R. (2022). The role of green technology on carbon emissions: does it differ across countries' income levels?. *Applied Economics*, 54(29), 3309-3339. <https://doi.org/10.1080/00036846.2021.1998331>.
- 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. *The European Journal of Health Economics*, 22(9), 1427-1439. <https://doi.org/10.1007/s10198-021-01321-0>.
- Pesaran M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312. <https://doi.org/10.1002/jae.951>.

- Pesaran, M. H. (2021). General diagnostic tests for cross-sectional dependence in panels. *Empirical Economics*, 60(1), 13-50. <https://doi.org/10.1007/s00181-020-01875-7>.
- Porter, M. E. (1991). Towards a dynamic theory of strategy. *Strategic Management Journal*, 12(2), 95-117. <https://doi.org/10.1002/smj.4250121008>.
- Porter, M., ve Van der Linde, C. (1995). Green and competitive: ending the stalemate. *The Dynamics of the eco-efficient economy: environmental regulation and competitive advantage*, 33, 120-134.
- Qiu, L. Y., ve He, L. Y. (2017). Are Chinese green transport policies effective? A new perspective from direct pollution rebound effect, and empirical evidence from the road transport sector. *Sustainability*, 9(3), 429. <https://doi.org/10.3390/su9030429>.
- Rasool, H., Malik, M. A., ve Tarique, M. (2020). The curvilinear relationship between environmental pollution and economic growth: Evidence from India. *International Journal of Energy Sector Management*, 14(5), 891-910. <https://doi.org/10.1108/IJESM-04-2019-0017>.
- Ruan, Y., ve Zhang, A. (2024). The spatial spillover effect of green technology innovation on water pollution—evidence from 283 Chinese cities. *Frontiers in Environmental Economics*, 3, 1393583. <https://doi.org/10.3389/frevc.2024.1393583>.
- Sachs, J. D., Lafortune, G. ve Fuller, G. (2024). *The SDGs and the UN Summit of the Future. Sustainable Development Report 2024*. Paris: SDSN, Dublin: Dublin University Press. doi:10.25546/108572. <https://doi.org/10.25546/108572>.
- Santra, S. (2017). The effect of technological innovation on production-based energy and CO2 emission productivity: evidence from BRICS countries. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 9(5), 503-512. <https://doi.org/10.1080/20421338.2017.1308069>.
- Shang, Y., Razzaq, A., Chupradit, S., An, N. B., ve Abdul-Samad, Z. (2022). The role of renewable energy consumption and health expenditures in improving load capacity factor in ASEAN countries: Exploring new paradigm using advance panel models. *Renewable Energy*, 191, 715-722. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.04.013>.
- Saqib, N., Usman, M., Ozturk, I., ve Sharif, A. (2024). Harnessing the synergistic impacts of environmental innovations, financial development, green growth, and ecological footprint through the lens of SDGs policies for countries exhibiting high ecological footprints. *Energy Policy*, 184, 113863. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113863>.
- Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development*. Harvard University Press: Cambridge MA.
- Siche, R., Pereira, L., Agostinho, F., ve Ortega, E. (2010). Convergence of ecological footprint and emergy analysis as a sustainability indicator of countries: Peru as case study. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 15(10), 3182-3192. <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2009.10.027>.
- Suki, N. M., Suki, N. M., Sharif, A., Afshan, S., ve Jermisittiparsert, K. (2022). The role of technology innovation and renewable energy in reducing environmental degradation in Malaysia: A step towards sustainable environment. *Renewable Energy*, 182, 245-253. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.10.007>.
- Sun, J., Wang, J., Wang, T., ve Zhang, T. (2019). Urbanization, economic growth, and environmental pollution: Partial differential analysis based on the spatial Durbin model. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 30(2), 483-494. <https://doi.org/10.1108/MEQ-05-2018-0101>.
- Szymczyk, K., Şahin, D., Bağcı, H., ve Kaygın, C. Y. (2021). The effect of energy usage, economic growth, and financial development on CO2 emission management: an analysis of OECD countries with a High environmental performance index. *Energies*, 14(15), 4671. <https://doi.org/10.3390/en14154671>.
- Swamy, P. A. V. B. (1970). Efficient inference in a random coefficient regression model. *Econometrica*, 38(2), 311-323.
- Töbelmann, D., ve Wendler, T. (2020). The impact of environmental innovation on carbon dioxide emissions. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118787. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118787>.
- Wager, E., McGough, M., Rakshit, S. ve Cox, C. (2025). How does health spending in the U.S. compare to other countries?. *Health System Tracker*, The Peterson Center on Healthcare & KFF, [https://www.healthsystemtracker.org/chart-collection/health-spending-u-s-compare-countries/#GDP%20per%20capita%20and%20health%20consumption%20spending%20per%20capita,%20U.S.%20dollars,%202023%20\(current%20prices%20and%20PPP%20adjusted\)%C2%A0](https://www.healthsystemtracker.org/chart-collection/health-spending-u-s-compare-countries/#GDP%20per%20capita%20and%20health%20consumption%20spending%20per%20capita,%20U.S.%20dollars,%202023%20(current%20prices%20and%20PPP%20adjusted)%C2%A0).

- Wang, G., Feng, L., ve Zhao, P. (2024). New approaches for testing slope homogeneity in large panel data models. *Communications in Mathematics and Statistics*, 1-31. <https://doi.org/10.1007/s40304-023-00371-5>.
- Wang, A., Rauf, A., Ozturk, I., Wu, J., Zhao, X., ve Du, H. (2024). The key to sustainability: In-depth investigation of environmental quality in G20 countries through the lens of renewable energy, economic complexity and geopolitical risk resilience. *Journal of Environmental Management*, 352, 120045. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120045>.
- Waris, U., Mehmood, U., ve Tariq, S. (2023). Analyzing the impacts of renewable energy, patents, and trade on carbon emissions evidence from the novel method of MMQR. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(58), 122625-122641. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30991-x>.
- Westerlund, J. (2007). Testing for error correction in panel data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69(6), 709-748. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2007.00477.x>.
- Westerlund, J., Hosseinkouchack, M., ve Solberger, M. (2014). The local power of the CADF and CIPS panel unit root tests. *Econometric Reviews*, 35(5), 845-870. <https://doi.org/10.1080/07474938.2014.977077>.
- Tiwari, S., Sharif, A., Sofuoğlu, E., ve Nuta, F. (2025). A step toward the attainment of carbon neutrality and SDG-13: Role of financial depth and green technology innovation. *Research in International Business and Finance*, 73, 102631. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2024.102631>.
- Toplicianu, V., ve Toplicianu, S. (2014). The Impact of environmental degradation on health expenditure. *Annals-Economy Series*, 172-177.
- Vankar, P. (2025). *Health expenditure as a percentage of gross domestic product (GDP) in selected countries as of 2023*. <https://www.statista.com/statistics/268826/health-expenditure-as-gdp-percentage-in-oecd-countries/>
- Viglioni, M. T. D., Calegario, C. L. L., Viglioni, A. C. D., ve Bruhn, N. C. P. (2024). Foreign direct investment and environmental degradation: Can intellectual property rights help G20 countries achieve carbon neutrality?. *Technology in Society*, 77, 102501. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2024.102501>.
- Xie, P., ve Jamaani, F. (2022). Does green innovation, energy productivity and environmental taxes limit carbon emissions in developed economies: Implications for sustainable development. *Structural Change and Economic Dynamics*, 63, 66-78. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2022.09.002>.
- Xin, D., Zhi Sheng, Z., ve Jiahui, S. (2022). How technological innovation influences environmental pollution: Evidence from China. *Complexity*, 2022(1), 5535310. <https://doi.org/10.1155/2022/5535310>.
- Yang, B. Usman, M. ve Jahanger, A. (2021). Do industrialization, economic growth and globalization processes influence the ecological footprint and healthcare expenditures? Fresh insights based on the STIRPAT model for countries with the highest healthcare expenditures. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 893-910. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.07.020>.
- Yang, X., Li, N., Mu, H., Pang, J., Zhao, H., ve Ahmad, M. (2021). Study on the long-term impact of economic globalization and population aging on CO2 emissions in OECD countries. *Science of the Total Environment*, 787, 147625. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147625>.
- Yamak, R. ve Köseoğlu, M. (2006). *Uygulamalı istatistik ve ekonometri (3. baskı)*. Celepler Matbaacılık, Trabzon.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2013). *Panel veri ekonometrisi-stata uygulamalı*. Beta Yayınevi, 2. Baskı, İstanbul.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2018). *Panel zaman serileri analizi*. Beta Yayınevi, 2. Baskı, İstanbul.
- Zaidi, S., ve Saidi, K. (2018). Environmental pollution, health expenditure and economic growth in the Sub-Saharan Africa countries: Panel ARDL approach. *Sustainable cities and society*, 41, 833-840. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.04.034>.
- Zellner, A. (1962). An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias, *Journal of the American Statistical Association*, 57, 348-368.
- Zhao, X., Long, L., Yin, S., ve Zhou, Y. (2023). How technological innovation influences carbon emission efficiency for sustainable development? Evidence from China. *Resources, Environment and Sustainability*, 14, 100135. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2023.100135>.
- Zhou, D., Obobisa, E. S., ve Ayamba, E. C. (2024). Achieving carbon neutrality goal in European countries: The role of green technology innovation, renewable energy, and financial development. *Environment, Development and Sustainability*, 1-31. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04989-5>.