



***Sorumlu Yazar/ Corresponding Author:**
Songül AKYILDIZ,
songulakyildiz@artvin.edu.tr

JEL:
H23, Q56, Q58

Geliş: 02 Mayıs 2025
Received: May 02, 2025
Kabul: 11 Eylül 2025
Accepted: September 11, 2025
Yayın: 31 Aralık 2025
Published: December 31, 2025

Atıf / Cited as (APA):
Aslan, M. & Akyıldız S. (2025),
Maliye Politikasının Çevresel Sürdürülebilirlik
Üzerindeki Etkisi: Kesirli Fourier Bootstrap ARDL
Yöntemi ile Türkiye'den Ampirik Bulgular,
Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler
Fakültesi Dergisi, 72, 107-117,
doi: 10.18070/erciyesiiib.1688860

MALİYE POLİTİKASININ ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: KESİRLİ FOURİER BOOSTRAP ARDL YÖNTEMİ İLE TÜRKİYE'DEN AMPİRİK BULGULAR

MEHMET ASLAN¹ SONGÜL AKYILDIZ^{2*}

¹Dr. Öğr. Üyesi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Yusufeli MYO, mehmetaslan@artvin.edu.tr

²Öğr. Gör. Dr., Artvin Çoruh Üniversitesi, Yusufeli MYO, songulakyildiz@artvin.edu.tr

ÖZ

Bu çalışma, Türkiye'de kamu harcamaları, kamu gelirleri, kişi başına düşen gelir, fosil yakıt ve yenilenebilir enerji kullanımının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini analiz etmektedir. Çevresel sürdürülebilirlik göstergesi olarak Yük Kapasitesi Faktörü (LCF) kullanılmıştır. Yük kapasitesi faktörü, doğanın arz yönü ile insanların doğal kaynaklara olan talebinin oranlanması ile ulaşılan bir değer olmaktadır. Yük kapasitesi faktörünün hem biyokapasite hem de ekolojik ayak izini içermesi nedeniyle çevresel analizlerin daha geniş bir perspektiften yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda 1965–2023 dönemine ait yıllık verilerle gerçekleştirilen analizde, değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkileri belirlemek için Fourier Bootstrap ARDL (FBARDL) sınır testi yöntemi uygulanmıştır. Çalışma sonuçları, kamu harcamalarının çevresel sürdürülebilirlik üzerinde olumsuz, kamu gelirlerinin ise olumlu bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, kişi başına düşen gelir artışının çevre kalitesini olumsuz etkilediği, buna karşın yenilenebilir enerji kullanımındaki artışın çevresel sürdürülebilirliği desteklediği belirlenmiştir. Bulgular, Türkiye'de sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmek için kamu maliyesi politikalarının çevreyi dikkate alacak şekilde yeniden yapılandırılması gerektiğini göstermektedir. Çalışma, Türkiye üzerine maliye politikası değişkenleri ile LCF arasındaki ilişkiyi inceleyen öncü çalışmalardan biri olması açısından literatüre özgün bir katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yük Kapasitesi Faktörü, Kamu Harcamaları, Kamu Gelirleri, Yenilenebilir Enerji, Fourier Bootstrap ARDL.

IMPACT OF FISCAL POLICY ON ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY: EMPIRICAL FINDINGS FROM TÜRKİYE WITH FRACTIONAL FOURIER BOOSTRAP ARDL METHOD

ABSTRACT

This study analyzes the effects of public expenditures, public revenues, per capita income, fossil fuel and renewable energy use on environmental sustainability in Türkiye. The Load Capacity Factor (LCF) was used as an indicator of environmental sustainability. The load capacity factor is a value obtained by proportioning the supply side of nature with people's demand for natural. Since the load capacity factor includes both biocapacity and ecological footprint, environmental analyses can be performed from a broader perspective. In this context, in the study carried out with annual data for 1965–2023, the Fourier Bootstrap ARDL (FBARDL) bounds test method was applied to determine the short- and long-term relationships between the variables. The study results revealed that public expenditure has a negative effect on environmental sustainability, while public revenues have a positive effect. In addition, it has been determined that the increase in per capita income negatively affects environmental quality, whereas the growth in renewable energy use supports environmental sustainability. The findings show that public finance policies should be to consider the environment to achieve sustainable development goals in Türkiye. The study offers an original contribution to the literature as it is one of the pioneering studies examining the relationship between fiscal policy variables and LCF in Türkiye.

Keywords: Load Capacity Factor, Public Expenditures, Public Revenues, Renewable Energy, Fourier Bootstrap ARDL.

[An extended English abstract is available at the end of the article.]

1 Giriş

Son yıllarda çevresel bozulma tehlikesi dünya genelinde daha görünür hale gelmiştir. Artan nüfus, tüketim kalıpları, kentleşme ve sanayileşme süreçleri, enerji talebinde önemli artışlara ve dolayısıyla fosil yakıt tüketiminin yükselmesine neden olmuştur (IPCC, 2023; Persakis, 2024). Fosil yakıtların yakılması sonucunda atmosfere salınan karbondioksit (CO₂), metan ve diazot monoksit gibi sera gazları, iklim değişikliğinin temel nedenleri arasında yer almaktadır. Özellikle insan faaliyetlerinden kaynaklanan CO₂ emisyonlarının devam etmesi, iklim sistemleri üzerinde ciddi etkiler yaratacak ve toplumun tüm kesimlerini olumsuz etkileyecektir (Behera vd., 2024). Bu durum, çevresel bozulmanın önlenmesi ve sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için sera gazı salımlarının azaltılmasını kaçınılmaz bir hedef haline getirmiştir. Araştırmacılar ve politika yapımcılar, ekonomik gelişmişlik düzeyi ne olursa olsun, küresel sıcaklık artışını sınırlamanın çevre tahribatını azaltmada belirleyici olduğu konusunda ortak bir görüşe sahiptir (IPCC, 2023). Bu çerçevede, günümüz kalkınma anlayışında doğal kaynakların plansız ve yoğun kullanımı, çevre kalitesi ve sürdürülebilirlik üzerinde ciddi tehditler oluşturmaktadır. Özellikle ekonomik büyüme, enerji arz güvenliği ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin bir arada gözetilmek zorunda olduğu Türkiye gibi ülkelerde bu riskler daha net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında yalnızca enerji ve doğal kaynak kullanımı değil, aynı zamanda etkin kamu politikalarının ve uluslararası iş birliğini desteklemek amacıyla kurulan organizasyonların ve girişimlerin de kritik bir rol oynadığı görülmektedir.

Birleşmiş Milletler (BM), Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD), Avrupa Birliği (AB) ve Dünya Bankası gibi kuruluşlar, sürdürülebilir bir geleceğin ancak çevresel ve ekonomik hedeflerin uyumlaştırılmasıyla mümkün olabileceğini vurgulamaktadır. Bu çerçevede kabul edilen Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG'ler) ve Paris İklim Anlaşması, büyümenin çevresel sürdürülebilirlik ilkelerine uygun şekilde gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır. Ancak bu hedeflerin başarısı, yalnızca çevre politikalarına değil, aynı zamanda etkin maliye politikalarına da bağlıdır (Sachs vd., 2019). Kamu harcamalarının çevre dostu projelere yönlendirilmesi ve kamu gelirlerinin sürdürülebilir yatırımların desteklenmesinde kullanılması, iklim değişikliğiyle mücadelede ve kaynakların verimli kullanımında kritik bir rol oynamaktadır (Mohan, 2021). Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde bu sürecin önemi daha da artmaktadır. Zira hızlı ekonomik büyümenin çevresel etkilerini dengelemek hem ulusal kalkınma planlarının başarısı hem de uluslararası taahhütlerin gereklilikleri açısından temel bir zorunluluktur. Bu çerçevede, Türkiye'nin mevcut ekonomik ve çevresel görünümünün, sürdürülebilirlik hedefleri bağlamında değerlendirilmesi gerekmektedir.

Türkiye, hızlı büyüme gösteren gelişmekte olan ülkeler arasında yer almaktadır. Artan sanayileşme, kentleşme ve nüfus artışıyla birlikte, enerji talebi de yükselmiştir. Bu durum, fosil yakıt kullanımına dayalı emisyonları artırarak çevresel baskıların yoğunlaşmasına neden olmuştur. Türkiye, yılda yaklaşık 560 milyon ton CO₂ emisyonu üretmekte (TÜİK, 2022) ve 86 milyona yaklaşan nüfusuyla (TÜİK, 2024) küresel emisyon hacminin yaklaşık %6,5'ini oluşturmaktadır. Bu durum, Türkiye'yi küresel iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir aktör haline getirmektedir. Mevcut durum dikkate alındığında, emisyon oranlarının azaltılması, çevre kirliliğinin önlenmesi ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılması için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması temel bir strateji olarak öne çıkmaktadır. Türkiye, yenilenebilir enerji tüketim oranını sürekli artırmakta olup, 2023 yılı verilerine göre bu oran %18,7 seviyesine ulaşmış ve ülke Avrupa ülkeleri arasında 12. sırada yer almıştır. Bununla birlikte, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın (2024) projeksiyonlarına göre, Türkiye'nin CO₂ emisyonlarının en geç 2038 yılında zirveye ulaşması ve bu tarihten sonra düşüşe geçerek, 2053 yılında net sıfır emisyon hedefine ulaşması planlanmaktadır. Bu hedefler, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma sürecinde yenilenebilir enerji yatırımlarına verdiği önemin ve kamu politikalarının çevresel sürdürülebilirlik çabalarına entegrasyonunun bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda çevre üzerindeki insan etkilerini ölçmek amacıyla farklı göstergeler geliştirilmiştir.

Bu çerçevede elde edilen ön değerlendirmeler, Türkiye'de kamu maliyesi politikalarının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerinin daha ayrıntılı biçimde analiz edilmesi gerektiğini göstermektedir. Türkiye üzerine yapılan pek çok ampirik çalışmada (Aslan, 2025; Dam & Sarkodie, 2023; Afshan & Yagoob, 2023; Güneysu, 2023), Çevresel Kuznets Eğrisi¹ (EKC) ve Yük Kapasitesi Faktörü Eğrisi² (LCC) hipotezlerinin geçerli olduğu; ancak kişi başına düşen gelir düzeyinin çevre kalitesini iyileştirecek eşiğe henüz ulaşmadığı ortaya konulmuştur. Bu durum, ekonomik büyümenin mevcut aşamasında çevre üzerindeki baskıların belirgin olduğunu ve kamu maliyesi araçlarının çevresel sonuçlar üzerindeki rolünün daha sistematik biçimde incelenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Çalışmada kamu harcamaları (KH) ve kamu gelirleri (KG) temel açıklayıcı değişkenler olarak ele alınmakta; ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji kullanımı, sanayileşme, nüfus artışı, dışa açıklık ve CO₂ emisyonları gibi değişkenler ise modelde kontrol değişkenleri olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışma, Türkiye'de kamu maliyesi göstergeleri, kişi başına düşen gelir ve yenilenebilir enerji kullanımının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini kısa ve uzun dönemli bir perspektifte analiz etmeyi amaçlamaktadır. Literatürde, kamu harcamaları ve kamu gelirlerinin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerine ilişkin bulguların sınırlı olduğu ve özellikle gelişmekte olan ülkeler bağlamında bu ilişkinin yeterince incelenmediği görülmektedir. Türkiye özelinde ise, kamu maliyesi değişkenlerinin çevresel sürdürülebilirlik göstergesi olarak LCF üzerindeki etkisini doğrudan ele alan ampirik çalışmalar bulunmamaktadır. Bu kapsamda çalışmada, çevrenin hem arz hem de talep yönünü dikkate alarak çevresel kaliteyi daha kapsayıcı şekilde ölçen LCF bağımlı değişken olarak tercih edilmiştir. Ayrıca, 1965–2023 dönemini kapsayan geniş bir zaman diliminin kullanılması, ekonomik, sosyal ve çevresel dönüşümlerin uzun vadeli etkilerini gözlemleme imkânı sunmaktadır. Ekonometrik analiz sürecinde değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkileri tespit etmek amacıyla Fourier Bootstrap ARDL (FBARDL) sınır testi kullanılmıştır. FBARDL yöntemi, yapısal kırılmaların ve periyodik dalgalanmaların modele esnek biçimde entegre edilmesini sağlarken, küçük örneklemelerde yüksek güvenilirlik sunması bakımından geleneksel ARDL modellerine kıyasla önemli üstünlükler taşımaktadır. Bu yönüyle çalışma, Türkiye bağlamında maliye politikası, ekonomik büyüme ve enerji dönüşümünün çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini bütüncül bir çerçevede değerlendiren özgün bir katkı sunmayı hedeflemektedir.

2 Teorik arka plan ve literatür taraması

2.1 Teorik literatür

Çalışmada, maliye politikasının iki temel aracı olan kamu harcamaları ve kamu gelirlerinin dikkate alınmasıyla, maliye politikasının ve yenilenebilir enerjinin çevre üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Çalışmada dikkate alınan yük kapasitesi faktörü kavramı, doğadaki arz yönünün insanların doğal kaynaklara karşı oluşan talebin oranını ifade etmektedir. Ekolojik anlamda ise yük kapasitesi faktörü, insanların oluşturduğu yükün doğa tarafından karşılanma gücünü göstermektedir. Bu kapsamda ele alınan ve hem biyokapasite hem de ekolojik ayak izinin içerdiği yük kapasite faktörü, daha geniş bir perspektiften çevresel analizlerin yapılmasına olanak sağlamaktadır (Siche vd., 2010). Bir başka ifadeyle yük kapasite faktörü, biyokapasite ile ekolojik ayak izini belirli bir ekolojik çizgide birleştirerek analiz etmektedir (Pata ve Işık, 2021). Yük kapasitesi faktörü, bir ülkedeki vatandaşların çağdaş yaşam tarzına uygun olarak yaşamı sürdürmedeki yeteneklerini ifade etmeye yardımcı olmaktadır. Ayrıca hava, su ve toprak kalitesini ve bu kaynakların kirletilmesini aynı anda değerlendirilme altına alınmasına imkân sağlamaktadır. Dolayısıyla yük kapasitesi faktörü, bir ülkedeki toplumun çevre üzerinde oluşturduğu baskıyı ve doğaya karşı oluşan talebin ne ölçüde karşılandığını göstermesi açısından önemli ve güçlü bir çevresel değerlendirmeyi üstlenen kavram olarak kabul edilmektedir (Awosusi vd., 2022). Yük kapasitesi faktörünün maliye politikası ile

¹ Çevre koşullarında meydana gelen bozulmalara bağlı olarak kişi başına düşen gelir düzeyi arasında ortaya çıkan hipotetik ilişkiyi açıklamaktadır.

² Kişi başına düşen gelir düzeyi ile çevresel kalite arasında U-şeklinde bir ilişkinin olabileceğini ifade etmektedir. Bu eğri hem ekolojik ayak izinin hem de biyokapasitenin aynı anda analiz edilmesini sağlaması nedeniyle daha kapsamlı bir çevresel değerlendirmenin yapılmasına olanak tanımaktadır.

etkisi kamu harcamaları, kamu gelirleri, ekonomik büyüme, vergi gelir politikası ve kamu borç yükündeki sürdürülebilirlik üzerinde önem arz etmekte ve maliye politikasının uygulanma ve etkinlik sınırlarını çizmede yardımcı olabilmektedir.

Maliye politikalarının uygulanma sürecinde iklim değişikliğinin etkileri gözetilerek alınan önlemler aynı zamanda çevre politikalarının yürütüldüğünü belirtmekte ve Yeşil Keynesçilik kavramını ortaya çıkarmaktadır. Yeşil Keynesçilik kavramını savunanlara göre, mali politikalarda alınacak önlemler, çevrenin bozulmasını durdurmada oldukça etkili sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır (Goldstein & Tyfeld, 2018).

Pigou anlayışına göre, negatif dışsallığın olduğu bir başka ifadeyle kirliliğin söz konusu olduğu durumlarda, optimum vergi politikası ile negatif dışsallığın içselleştirilmesi mümkün olacaktır (Adebayo & Samour, 2023). Ancak bu yaklaşım pratikte bazı kısıtlarla karşılaşmaktadır. Pigoucu vergilendirme, çevresel zararın marjinal toplumsal maliyetini doğru biçimde belirlemeyi gerektirir. Fakat Bovenberg ve de Mooij (1994), mevcut vergi sistemlerinin halihazırda çarpıtıcı etkiler taşıdığını ve bu nedenle çevresel vergilerin optimal düzeyinin genellikle Pigou düzeyinin altında kalması gerektiğini ileri sürmektedir. Bunun nedeni, çevresel kalite gibi kamu mallarının bütçe içerisinde diğer harcama alanlarıyla rekabet halinde olmasıdır. Kamu fonlarının marjinal maliyeti arttıkça, çevresel politikaların uygulanması da daha maliyetli hale gelir. Bu bağlamda, çevresel dışsallıkların yalnızca vergilendirme yoluyla değil, daha geniş kapsamlı maliye politikalarıyla, özellikle de kamu harcamaları aracılığıyla yönetilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Vergi tabanının daraldığı ve çevresel maliyetlerin kamu bütçesi üzerinde baskı oluşturduğu bu tür durumlarda, kamu harcamaları çevresel sürdürülebilirliği destekleyici tamamlayıcı bir araç olarak öne çıkmaktadır. Kamu harcamalarının ekolojik bozulma üzerinde oluşturduğu mekanizma, kirliliğin kaynağına ve maliye politikalarına bağlı olarak iki kategoride incelenmektedir. Maliye politikasının oluşturduğu mekanizmaların tüketim ve üretime yönelik çevresel etkilerde farklılık göstermesi nedeniyle bu sınıflandırma yapılmaktadır (Jacobs & de Mooij, 2015). İlk olarak üretimden kaynaklanan kirlilik incelendiğinde, kamu harcamalarının ekolojik bütünlüğü etkilemesinin dört temele bağlandığı görülmektedir. Çevresel bütünlük talebinin artırılmasında etkili olabilecek kamu harcamalarındaki artış; gelir seviyesinin yükselmesine, sermaye yoğun fiziksel operasyonlardan insan sermayesi gerektiren faaliyetlere teşvik etmesine, sağlık ve eğitim alanlarındaki harcamalara bağlı olarak işgücü verimliliğine ve son olarak GSYH düzeyinin daha yüksek emisyon hacmi ile sonuçlanmasına neden olabilmektedir (Adebayo & Samour, 2023). Benzer şekilde kamu harcamalarının, tüketime dayalı malların tüketilmesinde daha az kirlilettiği bir etki sağlayabildiği ve daha az zarar veren malların tüketimini teşvik ederek emisyonların azalmasına yardımcı olabildiği görülmektedir (López & Galinato, 2007).

İkinci olarak ise tüketici kaynaklarının kirlilik üzerindeki etkisi bir başka ifadeyle kamu harcamalarının emisyonlara etkisi incelenmektedir. Buna göre eğitim ve sağlık gibi alanlarda yapılan kamu harcamaları, tüketicilerin hem şimdi hem de gelecekteki harcanabilir kazançlarını artırmaktadır. Ayrıca daha büyük miktarlarda gerçekleşen kamu harcamaları, yeşil altyapının oluşturulmasını, uygulanmasını ve geliştirilmesini desteklemektedir. Bu durumun gerçekleşmesi için ise ekolojik kaliteyi geliştirecek ve çevre düzenlemesini sağlayabilecek işleve sahip kuruluşların kurulmasıyla mümkün olmaktadır (Adebayo & Samour, 2023).

Tüketim emisyonları üzerindeki genel etkiye göre, çevrenin düzenlenme yapısından ziyade insanların gelir elde etme yönünün daha etkili olduğu görülmektedir. Demokratik ülkelerde ise tüketim emisyonunun sıkı çevre düzenlemelerine bağlı olarak düzenlenmesi ve uygulanması daha yüksek oranlardadır. Dolayısıyla gelir ile ilişkili çevre kurallarının bu tür ülkelerde başarılı olduğu ve kirlilik seviyesinin azaldığı gözlemlenmektedir (Katircioglu, & Katircioglu, 2018). Bu nedenle çoğu ülkede hükümetler, GSYH'nın önemli bir bölümünü mali politikalara harcamayı tercih etmektedir. Mali politikalar çoğunlukla ekonominin talep yönünü yönetmek için bir araç olarak kullanılmaktadır. Sonuç olarak maliye politikasının vergi ve kamu harcama araçlarının genellikle ekonomik ilerleme, üretim kapasitesi,

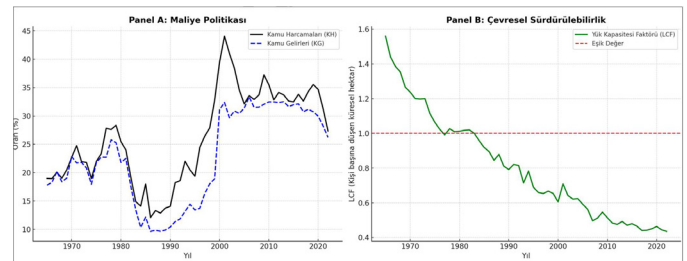
çevre ve enerji tüketimi ile bağlantılı olduğu görülmektedir.

Uygulamada marjinal sosyal maliyetin marjinal özel maliyetten fazla olması durumunda, bir başka ifadeyle çevre kirliliğine neden olanın, kirliten öder fikrine dayanarak Pigou tipi vergilere yer verilmektedir (Atkinson & Stern, 1974). Ancak kirliliğin vergilendirmesi çevre üzerinde sanıldığı kadar olumlu bir etki meydana getirmemekte ve çevre kirliliğinin olumsuz bir dışsallık yaratması nedeniyle iklim değişikliği kaçınılmaz olmaktadır (Metcalf, 2003). Mali politika yapıcılar tarafından ekolojik zararı durdurmak için kullanılan ikinci araç ise gelir politikası olmaktadır. Birçok bilim insanı ve uluslararası kuruluş, çevresel hedeflere ulaşmada mali politikaların kullanılmasını önermekte ve bu doğrultuda vergi reformunun gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır. Bu süreçte mali araçlar olarak yeni vergiler, vergi teşvikleri, vergi yasalarında değişiklikler, vergi cennetleriyle mücadele vb. gelir politikaları kullanılmaktadır (Bashir vd., 2021). Ayrıca 2015 yılındaki Paris anlaşmasından sonra karbon vergisinin uygulamaya konulmasıyla sera gazı artışının en aza indirilmesi için çaba sarf edildiği görülmektedir. Bu anlaşmada ön plana çıkan karbon vergilerinin, iklim değişikliğini ve küresel ısınmanın temel nedeni olduğu düşünülen CO₂'i azaltacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda Türkiye'de dahil olmak üzere birçok ülke ve yerel bölge tarafından, enerji birimi başına emisyon sayısına bağlı olarak karbon vergileri uygulanmaktadır.

Vergilerin kullanılmasıyla fiyat istikrarı sağlanmakta ve sürdürülebilir ekonomik kalkınma desteklenmektedir. Birçok ampirik çalışmaya göre vergiler, ekonomik büyümeyi etkilemektedir (Metcalf, 2003; Jacobs and de Mooij, 2015; Bashir vd., 2021; Tao vd., 2021; Dogan vd., 2022). Bu doğrultuda vergilerin çevre ile etkin bir ekonomik büyüme çerçevesinde uygulanması, aynı zamanda enerji kullanımının da artmasına yol açmakta ve politika yapıcıların bu doğrultudaki kararları çevre kalitesinin artmasına yardımcı olmaktadır. Vergiler ile ekolojik çevrenin bozulmasını azaltmak, şirketlerin daha çevre dostu üretim tekniklerinin kullanılmasını teşvik etmek mümkün olmaktadır. Dolayısıyla hükümetler, yeşil yatırımı sağlayarak çevre kirliliğini azalmak için vergilendirme sistemini bir araç olarak kullanabilmektedir.

Literatürde, çevresel bozulmanın değerlendirilmesinde en çok CO₂ emisyonları ve ekolojik ayak izi (Ecological Footprint, EF) kullanılmaktadır. CO₂ emisyonları, yalnızca hava kirliliğine odaklanırken; ekolojik ayak izi, arazi kullanımı, orman kaybı ve su tüketimi gibi daha geniş çevresel unsurları kapsamaktadır. Ancak EF, doğanın kaynak yenileme kapasitesini dikkate almaması nedeniyle eleştirilmiştir (Aslan, 2025). Bu eksikliği gidermek için Siche vd. (2010) tarafından Yük Kapasitesi Faktörü (LCF) geliştirilmiştir. LCF, biyolojik kapasite ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi ölçer. LCF değeri 1'den küçükse, çevre üzerinde aşırı kaynak tüketimi ve ekolojik açık olduğu; 1'den büyükse, kaynak tüketiminin doğanın kapasitesini aşmadığı anlaşılmaktadır (Siche vd., 2010). Bu kapsamda, Türkiye'nin maliye politikası göstergeleri ile çevresel sürdürülebilirlik düzeyleri arasındaki ilişkiyi daha açık bir şekilde analiz edebilmek amacıyla, kamu harcamaları ve kamu gelirlerinin zaman içerisindeki eğilimleri ile kirlilik göstergelerindeki değişim Şekil 1'de sunulmaktadır.

ŞEKİL 1 | Maliye politikası ve çevresel sürdürülebilirlik



Şekil 1'de Türkiye'de 1965–2019 dönemi için kamu maliyesi göstergeleri (Panel A) ile çevresel sürdürülebilirlik eğilimleri (Panel B) birlikte sunulmaktadır. Panel A'da kamu harcamaları (KH) ile kamu gelirleri (KG)'nin GSYH'ye oranlarının yıllar içerisindeki değişimi incelenmektedir. Elde edilen bulgulara göre, 1965–1980 döneminde kamu harcamaları ile kamu gelirleri arasında görece dengeli bir seyir izlenirken, 1980 sonrasında bu dengenin bozulduğu ve kamu harcamalarının kamu gelirlerinin üzerinde seyrettiği görülmektedir.

Özellikle 1990'lı yıllarda kamu harcamalarının gelirlerden belirgin şekilde ayrıştığı ve bütçe açıklarının büyüdüğü anlaşılmaktadır. 2000'li yıllarda ise uygulanan mali disiplin politikalarının etkisiyle kamu harcamaları ile kamu gelirleri arasındaki farkın daraldığı ve mali dengede görece bir iyileşme sağlandığı dikkat çekmektedir. Panel B'de ise kişi başına düşen Yük Kapasitesi Faktörü değerleri izlenmektedir. LCF, esasen bir ülkenin biyolojik kapasitesi ile ekolojik ayak izi arasındaki dengeyi temsil etmektedir. Biyolojik kapasite, bir ülkenin ekosistemlerinin yenileyebileceği doğal kaynakları ifade ederken; ekolojik ayak izi, bireylerin tüketim düzeyleri doğrultusunda doğa üzerinde oluşturdıkları talebi göstermektedir. 1965–1980 döneminde LCF değerleri 1 birimlik eşik değere yakın seyrederek Türkiye'nin biyokapasitesi ile tüketim düzeyi arasında görece bir denge bulunduğunu göstermektedir. Ancak 1980 sonrasında sanayileşme ve kentleşme süreçlerinin hız kazanmasıyla birlikte LCF değerlerinde belirgin bir düşüş yaşanmıştır. Bu durum, tüketim ve üretim faaliyetlerinin ülkenin biyolojik yenilenme kapasitesini aşmaya başladığını ve buna bağlı olarak çevresel kirliliğin arttığını işaret etmektedir. 1990'lı yıllardan itibaren LCF değerleri eşik değerin oldukça altına gerilemiş ve kişi başına düşen ekolojik ayak izi, biyolojik kapasitenin sürdürülebilir sınırlarını aşmıştır.

2.2 Ampirik literatür

Son yıllarda birçok çalışma, maliye politikası ile çevre sorunları/ çevresel bozulma arasındaki bağlantıyı konu edinen araştırmalara yoğunluk göstermeye başlamıştır. Bu çalışmalarda, maliye politikası araçları dikkate alınarak ekolojik bozulma üzerindeki olumlu/olumsuz etkiler, çeşitli yöntemler ile incelenmiştir. İncelenen bu çalışmalarda kamu harcamaların, ekolojik bozulma oranı üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada da maliye politikasının ve yenilenebilir enerjinin yük kapasitesi faktörü üzerindeki etkisi incelendiği için literatür incelemesi yapılırken hem maliye politikasının hem de yenilenebilir enerjinin çevre üzerindeki etkisini konu edinen çalışmalar incelenmiştir.

Halkos ve Paizanos (2016) göre bütçe açıklarında meydana gelen azalma hem sermaye birikimlerin hem enerji talebinin hem de ekonomik faaliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nin 1973-2013 yılları arasındaki ekonomik verileriyle yapılan incelemeye göre genişletici mali harcamaların benimsenmesi, kirlilik kaynakları nedeniyle ortaya çıkan üretim ve tüketim CO₂ emisyonları üzerinde hafifletici bir etki sağlamaktadır. Ancak bütçe açıklarının artmasına neden olan vergi kesintilerinin tüketim kaynaklı CO₂ emisyonlarında artışa neden olduğu görülmektedir (Halkos & Paizanos, 2016).

Mukherjee ve Chakraborty (2016)'ın 1990-2010 yılları arasında 131 ülkeyi kapsayan ampirik analiz sonucuna göre bütçede yer alan kamu harcamaları ve kamu gelirlerine yönelik sübvansiyonların artması, aynı zamanda CO₂ emisyonlarının da daha yüksek olmasına yol açmaktadır (Mukherjee & Chakraborty, 2016). Araç trafiğinin artmasıyla beraber ortaya çıkan çevre kalitesindeki olumsuz etkilerin, araç ve yakıt üzerinden alınan vergilerin artırılması durumunda azalacağı, böylece CO₂ emisyonları oranında azalmanın meydana geleceği tespit edilmiştir (Timilsina & Dulal, 2008). Maliye politikasının bir aracı olarak da kullanılan vergiler, ekonomik büyüme ve cari dengede olduğu gibi çevresel bozulmaların önlenmesinde de önemli derecede etkili olmaktadır.

Pata ve Yilanci (2020), 1980-2015 yılları arasında G7 (Kanada, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletleri) ülkelerinde finansal gelişme, küreselleşme, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi arasındaki dinamik ilişkileri ampirik olarak araştırmıştır. Araştırmada Kanada, İtalya ve Japonya'da eşbütünlüğün varlığı doğrulanmıştır. Bulgular enerji tüketiminin bu üç ülkede çevresel bozulmayı teşvik ettiğini, kesirli frekans esnek Fourier fonksiyonu aracılığıyla düzgün yapısal kırılmaları dikkate alan nedensellik testi, küreselleşmenin Fransa dışındaki tüm G7 ülkelerinde ekolojik ayak izine neden olduğunu, finansal gelişmenin ise Fransa, Japonya ve Birleşik Krallık'ta ekolojik ayak izine neden olduğunu göstermiştir (Pata ve Yilanci, 2020). Benzer şekilde Kuşak ve Yol Girişimi (BRI) ülkelerinde 2000-2018 yılları arasındaki veriler ile maliye politikası araçlarının sektörel bazlı CO₂ emisyonları arasındaki

ilişki araştırılmıştır. Sonuçlara göre maliye politikası araçlarının, kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasılanın, doğrudan yabancı yatırımların ve CO₂ emisyonlarının sanayi, elektrik ve ulaştırma sektörlerinde güçlü bir korelasyonun olduğu görülmüştür. Ayrıca, BRI bölgesinde kamu harcamalarının ulaştırma ve sanayi sektörlerindeki CO₂ emisyonlarını azaltmak için daha güvenilir bir araç olduğu gösterilmiştir (Akbar vd, 2021).

Abbass vd. (2022) 1976-2018 yılları arasını kapsayan Pakistan'ın maliye politikası, eğitim ve ekonomik büyüme verileri ile CO₂ emisyonları üzerindeki etkiyi araştırmıştır. Çalışmalarında, eğitim ve sağlık gibi kamu harcamalarının CO₂ emisyonları üzerinde azalan yönde bir etki oluşturduğu, vergi gibi kamu gelirlerinin artışı ise çevre kirliliği üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Abbass vd, 2022). Eğitim ve sağlık alanında harcamaların ve gelir yoluyla ekolojik bütünlüğün artırılması için hükümetler üzerinde baskı oluşturulmaktadır. Böylece tüketime dayalı kamu harcamalarındaki artışın, ekolojinin bozulmasına neden olacağı düşünülmektedir (Halkos & Paizanos, 2016).

Mahmood vd. (2022), 1990-2019 yılları arasında Körfez İşbirliği Konseyi (GCC) ekonomilerinde para politikası ve maliye politikasının bölge bazlı CO₂ üzerindeki etkisini incelemiştir. Hükümet harcamalarının bölge bazlı CO₂ emisyonları üzerinde hem kısa vadeli hem de uzun vadeli olumlu etkileri ve tüketime dayalı CO₂ emisyonları üzerinde ise uzun vadeli olumlu etkileri bulunmuştur. Ayrıca para arzının uzun dönemde bölge bazlı CO₂ ve tüketime dayalı CO₂ emisyonlarını negatif, kısa dönemde ise bölge bazlı CO₂ ve tüketime dayalı CO₂ emisyonlarını pozitif yönden etkilediği tespit edilmiştir. Dolayısıyla bölgenin çevresel etkileri üzerinde hem maliye politikasının hem de para politikasının etkili olduğu görülmüştür (Mahmood vd., 2022). Benzer şekilde Özmen vd. (2002) de Avustralya, Şili, Finlandiya, Birleşik Krallık ve İsveç gibi ülkeler için 1972-2017 yılları arasındaki veriler ile maliye politikalarının çevre üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Finlandiya ve İsveç'in vergi gelirlerinin CO₂ emisyonlarını olumlu yönde etkilediği, Avustralya'nın hükümet harcamalarının da CO₂ emisyonları üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Özmen vd., 2002).

İslam ve Rahaman (2024) çalışmalarında, Güney Asya ülkelerinin 1990-2021 yılları arasındaki mali ve parasal politikasının CO₂ emisyonları ve ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini incelemiştir. Araştırmada, Güney Afrika ülkeleri için çevresel etkilerin olduğu, ekolojik ayak izinin azalması ile CO₂ salınımı, yenilenebilir enerji kullanımının artması ve mali ve parasal politikalar arasında bir bağlantı olduğu görülmüştür. Çalışmada maliye politikası aracı olarak kamu harcamalarının GSYİH'ye oranı ve para politikası aracı olarak resmi döviz kuru dikkate alınmıştır. Verimli mali ve parasal araçların Güney Afrika ülkelerinin ekolojik ayak izini ve CO₂ emisyonunu azaltmak için en önemli araçlardan biri olduğu belirtilmiştir (İslam ve Rahaman, 2024).

Yenilenebilir enerjinin yük kapasitesi faktörü üzerindeki etkisi de birçok ülkenin verileri dikkate alınarak araştırılmıştır. Bunlardan biri olan Pata (2021) çalışmasında, 1982-2016 döneminde Japonya ve ABD'nin yenilenebilir enerjinin yük kapasitesi faktörü üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışma sonuçlarına göre ABD ve Japonya'da eşbütünlüğün varlığı doğrulanmış ve uzun vadeli tahminler, ABD'de yenilenebilir enerjinin çevre kalitesini iyileştirdiğini, Japonya'da ise yenilenebilir enerjinin yük kapasitesi faktörü üzerinde olumlu ancak önemsiz bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Pata, 2021). Benzer şekilde Shang vd. (2022) çalışmalarında, 1980'den 2018'e kadar ASEAN (Endonezya, Tayland, Filipinler, Malezya, Singapur, Vietnam, Myanmar, Kamboçya, Laos ve Brunei) ülkelerinde yük kapasitesi faktörünü iyileştirmek için yenilenebilir enerji tüketiminin rolünü değerlendirmişlerdir. Çalışmanın uzun dönemli sonuçları, ASEAN ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketiminin yük kapasitesi faktörünün iyileştirilmesinde önemli bir rol oynadığını göstermiştir (Shang vd., 2022). Pata ve Samour (2023), yenilenebilir enerjinin yük kapasitesi faktörü üzerindeki etkisini 27 OECD ülkesinin 1990-2018 yılları arasındaki verileri ile inceleme yapmıştır. İnceleme sonucunda yenilenebilir enerji tüketimi ile yük kapasitesi faktörü arasında pozitif ve önemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Genel sonuçlara dayanarak, OECD ülkelerinin sigorta piyasasını teşvik etmek yerine yenilenebilir enerji kullanımını teşvik eden politikalara odaklanması önerilmiştir

(Pata & Samour, 2023).

Çabaş (2024) çalışmasında, 1961-2022 dönemi yıllık veriler ile Türkiye özelinde yenilenebilir enerji kullanımının yük kapasitesi faktörüyle etkileşimini incelemiştir. Sonuçlara göre yenilenebilir enerji kullanımının yük kapasitesi faktörüyle uzun dönem etkileşimi doğrulanmıştır. Çalışmadaki diğer değişkenlerden fosil yakıt kullanımı, ekonomik büyüme ve kentleşmenin yük kapasitesi faktörünü azaltarak çevresel sürdürülebilirliğe zarar verdiği, ancak yenilenebilir enerji kullanımının yük kapasitesi faktörünü artırdığı görülmüştür (Çabaş, 2024). Bu durumda çevre dostu yeşil teknolojiler ve yeşil finansmanın, bir başka ifadeyle yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye’de yaygın hale getirilmesiyle yük kapasitesi faktörünün artırılacağı ve sürdürülebilir çevrenin desteklenebileceği görülmektedir.

Literatürde kullanılan göstergelerin çoğunun CO₂ emisyonları üzerindeki etkisi tüketime dayalı ve üretime dayalı yönleriyle incelenmiştir. Ayrıca mevcut literatürün Türkiye dışındaki ülke ekonomilerinin araştırıldığı görülmüştür. Bu yönüyle Türkiye’nin hem maliye politikasını hem de yenilenebilir enerjiyi kapsayan yük kapasite faktörünü kullanan ve etkisini değerlendiren herhangi bir ampirik çalışma tespit edilememiştir. Dolayısıyla bu çalışma ile ampirik çalışmadaki boşluğun doldurulması amaçlanmıştır.

3 Veri Seti ve metodoloji

Bu bölümde öncelikle çalışmada kullanılan veri seti tanıtılacak, ardından ekonometrik analizde kullanılan yöntem ve modelleme yaklaşımı açıklanacaktır.

3.1 Veri seti

Bu çalışmada, yıllık bazda derlenen ve 1965–2023 dönemini kapsayan veri seti kullanılmıştır. Söz konusu veri setinden elde edilen değişkenlerin tanımları, uygulanan dönüşüm türleri ve veri kaynakları aşağıdaki Tablo 1’de özetlenmektedir.

TABLO 1 | Değişken bilgileri ve kaynakları

Kısaltmalar	Açıklama	Kaynak
LCF	Yük Kapasitesi Faktörü (Kişi başına düşen Küresel hektar alan)	Global Footprint Network
KG	Kamu gelirleri, GSYİH’nin yüzdesi (GSYİH%)	IMF
KH	Kamu harcamaları, GSYİH’nin yüzdesi (GSYİH%)	IMF
CO ₂	Fosil Yakıtlar (Birincil Enerji Tüketiminin %’si)	Our World in Data (2025)
lnYEK	Yenilenebilir Enerji kullanımı (Kişi Başına kWh)	Our World in Data (2025)
lnEB	Kişi başına düşen GSYİH (sabit fiyatlarla, 2015 ABD doları)	World Bank

Tablo 1’de sunulan temel değişkenler, çalışmada kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenleri, bunların tanımlarını ve veri kaynaklarını içermektedir. Bağımlı değişken olan LCF, kişi başına düşen biyolojik kapasitenin ekolojik ayak izine oranı alınarak hesaplanmakta olup, birim içermeyen (boyutsuz) bir gösterge niteliği taşımaktadır. Bu özelliği sayesinde, farklı ülke ya da dönemlerdeki çevresel sürdürülebilirlik düzeylerini doğrudan karşılaştırmaya olanak tanımakta ve hem arz hem de talep yönlü çevresel baskıları bütüncül biçimde değerlendirme imkânı sunmaktadır. KH, KG ve CO₂ emisyonları oran değişken oldukları için herhangi bir dönüşüm uygulanmadan düzey değerleriyle analize dâhil edilmiştir. Buna karşılık, YEK ve EB değişkenleri oran niteliği taşımadığından ve ölçek farklılıkları barındırdığından, doğal logaritma dönüşümüne tabi tutulmuş ve sırasıyla lnYEK ve lnEB olarak modele entegre edilmiştir. Veri seti, 1965–2023 dönemini kapsamaktadır. Başlangıç yılı olan 1965, YEK verilerinin mevcut olduğu ilk yıl olup; 2023 yılı ise Dünya Bankası veri kaynağında erişilebilen en güncel yıl olması nedeniyle analiz dönemi için üst sınır olarak seçilmiştir. Bu uzun dönem, modelin açıklayıcılığını ve güvenilirliğini artırmıştır.

Temel değişken setine (LCF, KH, KG) ek olarak, modelin istatistiksel sağlamlığını ve açıklayıcılığını test etmek amacıyla çeşitli duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, çevresel sürdürülebilirlik ile ilişkili olabileceği düşünülen karbon emisyonları (CO₂), yenilenebilir

enerji kullanımı (lnYEK), ekonomik büyüme (lnEB), sanayileşme oranı (SAN), dışa açıklık düzeyi (DA) ve nüfus artış hızı (NFS) gibi kontrol değişkenleri alternatif model yapılarında test edilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, CO₂, lnYEK ve lnEB değişkenleri hem kuramsal olarak çevresel kapasiteyle güçlü bağlantılar kurmaları hem de ampirik olarak anlamlı ve tutarlı sonuçlar üretmeleri nedeniyle nihai modelde yer almıştır. Buna karşılık, SAN, DA ve NFS değişkenleri anlamlı etkiler göstermediğinden modele dâhil edilmemiştir. Bu aşamalı seçim süreci, modelin açıklayıcılığını artırmış ve tahmin edilen ilişkilerin istatistiksel güvenilirliğini güçlendirmiştir.

Seçilen değişken yapısı yalnızca iktisadi analiz açısından değil, aynı zamanda küresel çevresel politika hedefleri bağlamında da anlamlı bir temel sunmaktadır. Çalışmada analiz edilen kamu harcamaları ve kamu gelirleri değişkenleri, sadece ekonomik göstergeler olarak değil; aynı zamanda Birleşmiş Milletler’in Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG) ile uyumlu kurumsal politika araçları olarak da değerlendirilmektedir. Özellikle SDG 8 (İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme) ile doğrudan ilişkili olan bu mali değişkenlerin, uygun politika tasarımları yoluyla SDG 7 (Erişilebilir ve Temiz Enerji) ile SDG 13 (İklim Değişikliği ile Mücadele) hedeflerine de dolaylı katkı sağlayabileceği öngörülmektedir. Bu bağlamda, kamu gelirlerinin sürdürülebilir projelere yönlendirilmesi ve kamu harcamalarının çevre dostu yatırımlarla uyumlu hâle getirilmesi, çalışmada tercih edilen değişken seti, sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu çevresel politika önceliklerini yansıtan uygulamaya dönük bir politika perspektifiyle ilişkilidir.

Değişkenlere ilişkin tanımlar ve dönüşümler tamamlandıktan sonra, analizde kullanılacak değişkenlerin temel istatistiksel özellikleri aşağıdaki Tablo 2’de özetlenmiştir.

TABLO 2 | Tanımlayıcı istatistikler

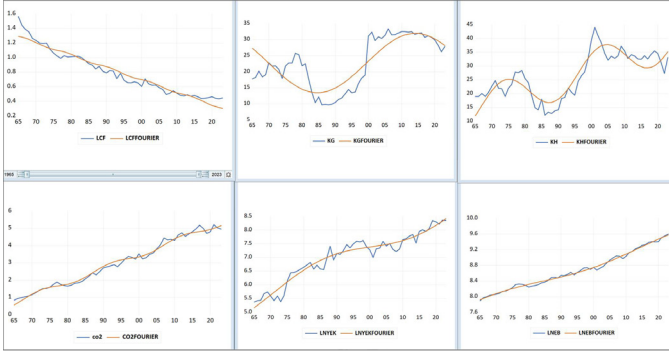
	LCF	KG	KH	CO ₂	lnYEK	lnEB
Mean	0.798027	22.71745	26.43401	2.995093	7.025294	8.671247
Median	0.714204	22.49770	26.43995	2.900702	7.270520	8.620065
Maximum	1.559312	33.34289	44.03749	5.222316	8.359624	9.596525
Minimum	0.435431	9.655834	12.08656	0.845658	5.373151	7.898093
Std. Dev.	0.301249	7.986346	8.140163	1.365112	0.860739	0.467324
Skewness	0.603943	-0.200896	0.022073	0.113610	-0.511590	0.333469
Kurtosis	2.392479	1.631531	1.961660	1.673016	2.336751	2.014577
Jarque-Bera	4.494003	5.000605	2.655244	4.455765	3.655045	3.480665
Probability	0.105716	0.082060	0.265107	0.107756	0.160812	0.175462
Observations	59	59	59	59	59	59

Tablo 2’de modelde kullanılan değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler yer almaktadır. Buna göre, bağımlı değişken olan LCF değişkeninin ortalama değeri 0.79 olup, minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 0.43 ile 1.55 arasında değişmektedir. Bu durum, Türkiye’nin çevresel sürdürülebilirliğinin yıllar içinde önemli ölçüde dalgalandığını göstermektedir. KG ve KH değişkenleri sırasıyla ortalama 22.71 ve 26.43 değerleri ile görece yüksek düzeyde seyretmektedir. Bu değişkenlerde gözlenen yüksek standart sapma (yaklaşık 8 birim) ve uç değerler, kamu maliyesinde dönemsel dalgalanmalara işaret etmektedir. CO₂ değişkeni 0.84 ile 5.22 arasında değişmekte olup, ortalama değeri 2.99’dur; bu da çevresel baskının zamanla artış gösterdiğini desteklemektedir. lnYEK ve lnEB değişkenleri için gözlenen yüksek ortalama ve düşük standart sapma değerleri, bu iki göstergenin zaman içinde istikrarlı biçimde artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) değerleri incelendiğinde, değişkenlerin çoğu normal dağılıma yakın simetrik bir yapı sergilemektedir. Jarque-Bera istatistiği ve buna ait olasılık değerleri, özellikle lnYEK ve lnEB değişkenlerinin normal dağılım varsayımını büyük ölçüde karşıladığını göstermektedir. LCF, KG ve CO₂ değişkenlerinde küçük sapmalar gözlemlense de, Jarque-Bera testine göre bu sapmalar %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu sonuçlar, serilerin regresyon analizleri ve FBARDL yaklaşımı için istatistiksel olarak uygun bir yapıda olduğunu teyit etmektedir.

Çalışmada kullanılan Fourier Bootstrap ARDL yöntemi, zaman

serilerindeki ani dalgalanmalar ve yapısal kırılmaların zamanlamasına ilişkin ön kabule gerek duymadan, dönemsel şokları Fourier terimleri aracılığıyla modelin içine dâhil edebilme yeteneğine sahiptir. Bu yönüyle, kriz yılları veya pandemi gibi öngörülemez dışsal şoklar doğrudan kukla değişkenlerle temsil edilmeden, veri içindeki biçimiyle esnek bir şekilde modele yansıtılmıştır (Lin & Wu, 2022, s. 3; Topalcık & Kirikkaleli, 2024, ss. 5 - 6). Bu yaklaşım, uzun dönemli analizlerde yapısal olmayan geçici etkilerin modelden dışlanması önleyerek, tahmin sonuçlarının istikrarını güçlendirmektedir. Şekil 2’de Fourier terimleriyle değişkenlerin zaman yolu grafikleri verilmiştir.

ŞEKİL 2 | Değişkenlerin zaman serisi grafikleri (Fourier Terimleriyle)



Şekil 2’deki zaman serisi grafiklerine göre, çalışmada yer alan tüm değişkenlerde belirgin trend yapıları ve dönemsel dalgalanmalar gözlemlenmektedir. LCF serisi genel olarak dalgalı bir yapı sergilerken, KH ve KG değişkenleri maliye politikalarının dönemsel farklılıklarına bağlı olarak değişim göstermektedir. InEB, CO₂ ve InYEK serileri ise uzun vadede artış eğilimindedir. Bu gözlemler, serilerin durağan olmadıklarına dair önsel bir izlenim sunmakta ve ekonometrik analiz öncesinde durağanlık testlerinin uygulanmasını gerekli kılmaktadır.

Ayrıca Şekil 2’de, çalışmada kullanılan değişkenlerin yıllık düzeydeki zaman serileri (mavi çizgi) ile Fourier dönüşümü yoluyla elde edilen düşük frekanslı bileşenleri (turuncu çizgi) karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. LCF zamanla belirgin biçimde azalan bir seyir izlerken, Fourier bileşeni bu düşüş eğilimini yumuşatarak temel trendi net biçimde yansıtmaktadır. KG ve KH serilerinde ise 1980 sonrası dönemde dalgalı bir yapı dikkat çekerken, Fourier dönüşümleri bu değişkenlerdeki orta ve uzun dönemli çevrimleri başarıyla ayırt etmektedir. CO₂ değişkeni sürekli artan bir yapı sergilemekte olup, Fourier eğrisi bu yapıyı büyük şokları filtreleyerek genel eğilimi temsil edecek şekilde dengelemektedir. InYEK ve InEB serilerinde ise yükselen trend öne çıkmakta, Fourier dönüşümleri bu uzun dönemli eğilimi düzgün biçimde takip etmektedir. Bu görselleştirme, FBARDL yaklaşımının, herhangi bir önsel kriz yılı tanımlamasına ihtiyaç duymadan, zaman serilerindeki şokları ve dönemsel sapmaları modele entegre etme kabiliyetini somut olarak ortaya koymaktadır.

$$LCF_t = \alpha_0 + \beta_1.KG_t + \beta_2.KH_t + \beta_3.CO2_t + \beta_4.InYEK_t + \beta_5.InEB_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Bu çalışmada, çevresel sürdürülebilirliğin belirleyicilerini analiz etmek amacıyla Eşitlik (1)’deki ekonomik model oluşturulmuştur.

Modelde ε_t hata terimini, α_0 sabit terimi ve $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ ilgili değişkenlerin katsayılarını ifade etmektedir. Değişkenlere ve veri yapısına ilişkin bu bilgiler doğrultusunda, bir sonraki adımda analizde kullanılacak yöntemsel çerçeve açıklanmaktadır.

Bu doğrultuda çalışmada, temel model kapsamında aşağıdaki hipotezlerin geçerliliği test edilmektedir:

H₁: Kamu harcamalarının artışı, çevresel sürdürülebilirlik üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir.

H₂: Kamu gelirlerinin artışı, çevresel sürdürülebilirliği olumlu yönde etkilemektedir.

Söz konusu analizde yer alan diğer değişkenler (kişi başına düşen gelir, yenilenebilir enerji kullanımı, sanayileşme, nüfus artışı, dışa açıklık ve CO₂ emisyonları) modelde kontrol değişkenleri olarak yer almakta; bu değişkenlerin etkileri, kamu maliyesi araçlarının etkilerinin ayırtılmasına olanak sağlayacak şekilde değerlendirilmiştir.

3.2 Yöntem

Bu çalışmada yöntem, dört aşamalı bir ekonometrik analiz sürecine dayanmaktadır. İlk aşamada, değişkenlerin zaman serisi özellikleri incelenmiş ve serilerin durağanlık düzeyleri Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Fourier ADF birim kök testleri ile analiz edilmiştir. İkinci aşamada, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi test etmek amacıyla FBARDL sınır testi uygulanmıştır. Üçüncü aşamada, eşbütünleşme ilişkisi bulunan değişkenler için uzun ve kısa dönem katsayıları FBARDL yöntemi ile tahmin edilmiştir. Son olarak, analiz süreci dördüncü aşamada modelin geçerliliğini sınavan tan diagnostic testlerle tamamlanmıştır. Her bir adım, aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Birinci aşamada, çalışmada kullanılan değişkenlerin durağanlık düzeyleri analiz edilmiştir. Bu kapsamda, Dickey ve Fuller (1981) tarafından geliştirilen Augmented Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi ile Enders ve Lee (2012) tarafından geliştirilen Esnek Fourier Augmented Dickey-Fuller (Flexible Fourier ADF) birim kök testi uygulanmıştır. Birim kök testi ilk kez Dickey ve Fuller (1979) tarafından literatüre kazandırılmıştır. Temel Dickey-Fuller (DF) testinin otokorelasyon sorununa karşı duyarlı olması nedeniyle, Dickey ve Fuller (1981) bu eksikliği gidermek amacıyla Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testini geliştirmiştir. ADF testine ait Eşitlik (2)’de Sabit Terimli Model, Eşitlik (3)’te Sabit ve Trend Terimli Model, Eşitlik (4)’te Sabit ve Trend İçermeyen Model regresyon denklemleri aşağıda sunulmaktadır.

$$\Delta LCF_t = \beta_1 + \alpha LCF_{t-1} + \sum_{i=1}^g \delta_i \Delta LCF_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\Delta LCF_t = \beta_1 + \beta_2 t + \alpha LCF_{t-1} + \sum_{i=1}^g \delta_i \Delta LCF_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\Delta LCF_t = \alpha LCF_{t-1} + \sum_{i=1}^g \delta_i \Delta LCF_{t-i} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Bu üç model yapısı aynı şekilde diğer değişkenlere de uygulanarak ADF birim kök testi yapılır. Yukarıda verilen denklemlerde, β_1 sabit terimi, $\beta_2 t$ zaman trendini ve ε_t hata terimini temsil etmektedir. Gecikme uzunluğu olan g , genellikle Schwarz (SC) veya Akaike (AIC) bilgi kriterlerine göre otomatik olarak belirlenmektedir. Eğer gecikme uzunluğu 1 olarak belirlenirse, otokorelasyon sorununu gidermek amacıyla değişkenin birinci farkının bir gecikmeli değeri modele eklenmektedir. Bu aşamada, LCF değişkeninin birim kök içerip içermediği α katsayısı aracılığıyla test edilmektedir. Eğer değişkenin bir gecikmeli değeri için elde edilen τ istatistiği, MacKinnon (1996) tarafından hesaplanan kritik değerlerden büyüğe, “değişken birim kök içerir” yönündeki sıfır hipotezi reddedilir. Diğer bir ifadeyle, LCF değişkeni düzeyde durağan kabul edilir. Ancak Augmented Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi, yapısal kırılmaların bulunduğu durumlarda güvenilir sonuçlar verememektedir. Bu nedenle, Enders ve Lee (2012) çalışmalarında, yapısal kırılmalar altında klasik ADF testinin performansını artırmak amacıyla, ADF denklemine Fourier terimleri – özellikle sinüs ve kosinüs bileşenleri– eklenmiştir. Böylece, yapısal kırılmaları parametrik olmayan bir biçimde modelleyebilen Esnek Fourier ADF testini geliştirmişlerdir. Enders ve Lee (2012) tarafından önerilen Esnek Fourier ADF testine ait regresyon denklemleri aşağıda sunulmaktadır.

$$\Delta LCF_t = \beta_1 + \alpha LCF_{t-1} + \theta_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \theta_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \sum_{i=1}^g \delta_i \Delta LCF_{t-i} + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$\Delta LCF_t = \beta_1 + \beta_2 t + \alpha LCF_{t-1} + \theta_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \theta_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \sum_{i=1}^g \delta_i \Delta LCF_{t-i} + \varepsilon_t \quad (6)$$

$$\Delta LCF_t = \alpha LCF_{t-1} + \theta_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \theta_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \sum_{i=1}^g \delta_i \Delta LCF_{t-i} + \varepsilon_t \quad (7)$$

Yukarıda verilen Fourier ADF testine ait regresyon denklemlerinde, k Fourier frekansını, t zamanı (trend), T ise gözlem sayısını ifade etmektedir. π değeri ise yaklaşık olarak 3.1415’tir. Fourier frekansı olan k , genellikle 1 ile 5 arasında test edilmektedir. Bu yapıda temel amaç, sinüs ve kosinüs terimlerinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını

belirlemektir. Eğer θ_1 ve θ_2 ile ifade edilen sinüs ve kosinüs bileşenleri anlamlı değilse, bu durum değişkende yapısal bir kırılma bulunmadığını ve klasik ADF modelinin geçerli sonuçlar üreteceğini göstermektedir. Buna karşılık, sinüs ve kosinüs terimlerinin istatistiksel olarak anlamlı bulunması ve a katsayısına ait test istatistiğinin Enders ve Lee (2012) tarafından sunulan kritik değerlerden büyük olması durumunda, sıfır hipotezi (birim kök vardır) reddedilir. Bu bağlamda, Fourier ADF testine göre ilgili seri –örneğin bu çalışmada LCF değişkeni– düzeyde durağan kabul edilir. Dolayısıyla, yapısal kırılma içeren zaman serilerinde klasik testlerin sınırlılıklarını aşmak için Fourier bileşenleri oldukça etkili bir yöntem sunmaktadır.

İkinci aşamada, çalışmada değişkenler arasındaki eşbütünlüşme ilişkisi, literatüre Yılancı vd. (2020) tarafından kazandırılan FBARDL sınır testi yaklaşımı kullanılarak incelenmiştir. Literatürde birçok eşbütünlüşme testi mevcut olsa da bu testlerin önemli bir kısmı yalnızca tüm değişkenler aynı düzeyde durağan olduğunda eşbütünlüşme ilişkisini test etme imkânı sunmaktadır. Buna karşılık, literatüre ilk olarak Pesaran vd. (2001) tarafından kazandırılan ARDL sınır testi yaklaşımı, bağımlı değişkenin birinci farkta durağan; bağımsız değişkenlerin ise farklı düzeylerde durağan olmaları durumunda da eşbütünlüşme ilişkisini incelemeye olanağı tanımaktadır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken temel şart, hiçbir değişkenin ikinci farkta durağan olmamasıdır. Bu çalışmada kullanılan Fourier Bootstrap ARDL sınır testi, geleneksel ARDL testine kıyasla daha güçlü sonuçlar elde etmek amacıyla Fourier dönüşümü bileşenlerini modele entegre eder. Bu yöntem, özellikle bilinmeyen yapısal kırılmaları esnek bir biçimde modelleyebilme özelliği sayesinde, geleneksel yaklaşımlara göre daha yüksek test gücüne sahiptir. Çalışmada yer alan değişkenlere uyarlanmış ARDL modeli aşağıda sunulmaktadır.

$$\Delta LCF_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i' \Delta LCF_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_1} \alpha_2' \Delta KG_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_2} \alpha_3' \Delta KH_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_3} \alpha_4' \Delta CO_{2,t-i} + \sum_{i=0}^{q_4} \alpha_5' \Delta \ln YEK_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_5} \alpha_6' \Delta \ln EB_{t-i} + \gamma_1 LCF_{t-1} + \gamma_2 KG_{t-1} + \gamma_3 KH_{t-1} + \gamma_4 \ln CO_{2,t-1} + \gamma_5 \ln YEK_{t-1} + \gamma_6 \ln EB_{t-1} + \varepsilon_t \quad (8)$$

Burada Δ sembolü değişkenlerin birinci farkını, ε_t ise hata terimini temsil etmektedir. Gecikme uzunlukları olan p , q_1 , q_2 , q_3 , q_4 ve q_5 genellikle Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ve Schwarz Bilgi Kriteri (SC) kullanılarak otomatik olarak belirlenmektedir. Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen ARDL sınır testinde iki temel test istatistiği bulunmaktadır: $F_{overall}$ ve $t_{dependent}$. Eğer $F_{overall}$ istatistiği Narayan (2005) tarafından sunulan kritik değerlerden büyükse ya da $t_{dependent}$ istatistiği Pesaran vd. (2001) çalışmasında belirtilen kritik değerleri aşıyorsa, sıfır hipotezi reddedilir. Bu durum, modeldeki değişkenler arasında eşbütünlüşme ilişkisi bulunduğunu göstermektedir. Daha önce de belirtildiği gibi, ARDL sınır testi, bağımlı değişkenin birinci farkta durağan (I(1)) olması durumunda eşbütünlüşme ilişkisinin analiz edilmesine olanak tanır. Bu yöntemi daha güçlü hâle getirmek ve bağımsız değişken sayısı arttığında da güvenilir sonuçlar elde etmek amacıyla, literatüre sırasıyla Sam vd. (2019) tarafından Genişletilmiş ARDL (Augmented ARDL) ve McNown vd. (2018) tarafından Bootstrap ARDL yaklaşımları kazandırılmıştır. Bu çalışmalarda, klasik $F_{overall}$ ve $t_{dependent}$ test istatistiklerine ek olarak $F_{independent}$ testi de önerilmiştir. Eğer $F_{independent}$ test istatistiği, Sam vd. (2019) tarafından sunulan kritik değerlerden büyükse, sıfır hipotezi reddedilir. Bu nedenle, eş bütünlüşme ilişkisinin varlığını tespit edebilmek için üç test istatistiğinin de ($F_{overall}$, $t_{dependent}$, $F_{independent}$) kritik değerleri aşması gerekmektedir. Yılancı vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada ise, klasik ARDL modeline sinüs ve kosinüs terimleri eklenerek FBARDL yaklaşımı geliştirilmiş ve literatüre kazandırılmıştır. Bu bağlamda, 11 numaralı denklemde sunulan klasik model yapısına Fourier terimleri eklenerek model, 12 numaralı denklemde sunulan yeni formuna dönüştürülmüştür. Yılancı vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada ise, klasik ARDL modeline sinüs ve kosinüs terimleri eklenerek FBARDL yaklaşımı geliştirilmiş ve literatüre kazandırılmıştır. Bu bağlamda, Eşitlik (8) de sunulan klasik model yapısına Fourier terimleri eklenerek model, Eşitlik (9) de sunulan yeni formuna dönüştürülmüştür.

$$\Delta LCF_t = \alpha_0 + \theta_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \theta_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta LCF_{t-i} + \sum_{i=1}^p \alpha_i' \Delta LCF_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_1} \alpha_2' \Delta KG_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_2} \alpha_3' \Delta KH_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_3} \alpha_4' \Delta CO_{2,t-i} + \sum_{i=0}^{q_4} \alpha_5' \Delta \ln YEK_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_5} \alpha_6' \Delta \ln EB_{t-i} + \gamma_1 LCF_{t-1} + \gamma_2 KG_{t-1} + \gamma_3 KH_{t-1} + \gamma_4 \ln CO_{2,t-1} + \gamma_5 \ln YEK_{t-1} + \gamma_6 \ln EB_{t-1} + \varepsilon_t \quad (9)$$

Burada π yaklaşık olarak 3.1415 değerindedir; k ise Fourier frekansını temsil etmekte olup kesirli olarak 0.1 ile 4 aralığında test edilmektedir. t, zaman trendini; T ise gözlem sayısını ifade etmektedir. Hesaplanan $F_{overall}$, $t_{dependent}$ ve $F_{independent}$ test istatistiklerine ilişkin hipotezler aşağıda verilmiştir.

$$F_{overall} = H_0 : \gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3 = \gamma_4 = \gamma_5 = 0 \quad (10)$$

$$t_{dependent} = H_0 : \gamma_1 = 0 \quad (11)$$

$$F_{independent} = H_0 : \gamma_2 = \gamma_3 = \gamma_4 = \gamma_5 = 0 \quad (12)$$

Tüm test istatistikleri, hesaplanan bootstrap kritik değerlerinden büyük bulunursa, sıfır hipotezi reddedilir ve seriler arasında eşbütünlüşme ilişkisinin var olduğu sonucuna ulaşılır (Aghayeva ve Zortuk, 2024).

4 Ampirik bulgular

Çalışmada kullanılan serilerin durağanlık düzeyleri, yapısal kırılmaları dikkate alan FBADF testi ile analiz edilmiştir. Bu testin uygulanmasında iki aşamalı bir yöntem izlenmiştir. İlk aşamada, ilgili serilerin yapısal kırılmalar içerip içermediği Wald F istatistiği aracılığıyla değerlendirilmiş ve Fourier terimlerinin modele dahil edilip edilmeyeceği belirlenmiştir. İkinci aşamada ise, yapısal kırılmaların varlığı istatistiksel olarak anlamlı bulunan değişkenler için FBADF test istatistikleri hesaplanarak, %5 düzeyinde bootstrap yöntemiyle elde edilen kritik değerlerle karşılaştırılmıştır. Analiz hem sabitli hem de sabitli ve trendli model varsayımları altında gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar Tabloda sunulmuştur.

TABLO 3 | FBADF test sonuçları

Sabitli Model						
Değişken	k	Wald F	Kritik Değer (%5)	p	FBADF test istatistiği	Kritik Değer (%5)
LCF	4	175.11809*	7.416845	0	-7.46944	-7.961980
KG	2	161.19485*	12.723036	1	-3.24299	-6.294014
KH	5	169.72679*	8.818747	1	-3.16826	-5.824569
CO ₂	2	173.31259*	6.629529	1	-2.07818	-4.550946
lnYEK	4	176.76252*	5.915249	1	-2.44043	-3.156611
lnEB	5	175.25623*	1.056820	0	-1.97146	-2.631333
Sabitli ve Trendli Model						
LCF	4	162.97259*	9.304321	0	-5.75228	-9.154957
KG	3	159.41721*	14.462894	1	-3.98475	-5.535777
KH	4	166.86599*	8.927892	1	-5.14054	-6.848831
CO ₂	2	166.76360*	6.450930	1	-4.62263	-9.289501
lnYEK	4	171.68900*	0.955812	1	-4.16247	-8.710618
lnEB	2	173.78807*	0.945947	0	-6.85601	-8.780123

Not: * %5 anlamlılık düzeyini gösterir. k ve p sırasıyla Fourier terimlerinin frekans sayısını ve optimum gecikme uzunluğunu gösterir. Kritik değerler 10.000 yenilemeyle belirlenmiştir.

Tablo 3 değerlendirildiğinde, her iki modelde de tüm değişkenlerin Wald F istatistikleri %5 düzeyinde anlamlı bulunmuş; bu durum, serilerde yapısal kırılmaların varlığını ve Fourier terimlerinin dahil edilmesini gerekli kılmıştır. Ancak, takip eden FBADF test istatistikleri incelendiğinde, hiçbir değişkenin test istatistiğinin ilgili %5'lik kritik değerden küçük olmadığı görülmektedir. Bu bulgu, çalışmada yer alan hiçbir değişkenin düzeyde durağan olmadığı ve FBADF testi ile durağanlıklarının istatistiksel olarak teyit edilemediği anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, FBADF test sonuçları değişkenlerin tamamının birim kök içerdiğini göstermektedir. Bu nedenle, serilerin

durağanlık düzeylerinin belirlenebilmesi ve modelleme sürecinde uygun düzeyde entegrasyonu için ADF geleneksel birim kök testi ek analizler yapılması gereklidir.

FBADF test bulgularının anlamlılık düzeyine ulaşmaması nedeniyle serilerin durağanlık düzeyi geleneksel ADF testleri ile yeniden değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda ADF birim kök testi sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur.

TABLO 4 | ADF birim kök test sonuçları

Değişkenler	Sabitli Model		Sabitli ve Trendli Model	
	Test İstatistik Değeri	P	Test İstatistik Değeri	P
LCF	-3.172630	0.0270*	-3.835993	0.0216*
KG	-1.153183	0.6885	-1.345186	0.8662
KH	-1.758896	0.6084	-1.924446	0.6286
CO ₂	-0.680928	0.8431	-3.010481	0.1383
lnYEK	-1.236868	0.6525	-2.786711	0.2081
lnEB	0.559367	0.9873	-1.596394	0.7822
ΔKG	-6.540808	0.0000*	-6.478920	0.0000*
ΔKH	-5.637166	0.0000*	-5.611362	0.0001*
ΔCO ₂	-6.962853	0.0000*	-6.889847	0.0001*
ΔlnYEK	-8.523331	0.0000*	-8.523331	0.0000*
ΔlnEB	-7.367240	0.0000*	-7.468725	0.0000*

*, %1 anlamlılık seviyesini ifade eder.

Tablo 4 değerlendirildiğinde, geleneksel test sonuçlarına göre, LCF değişkeni hem sabitli hem de sabitli ve trendli modellerde düzeyde durağan bulunmuştur. Buna karşılık, KG, KH, lnEB ve lnYEK değişkenleri düzeyde durağan değildir; ancak bu değişkenlerin birinci farkları alındığında (ΔKG, ΔKH, ΔlnEB, ΔlnYEK) her iki model varsayımı altında da durağan hale geldikleri tespit edilmiştir. Bu sonuç, söz konusu dört değişkenin I(1) sürecine sahip olduğunu ve ancak birinci farkları alındığında durağan hale geldiklerini göstermektedir.

Yapılan FBADF ve geleneksel ADF testleri sonucunda, serilerin farklı düzeylerde bütünselme derecelerine sahip olduğu belirlenmiştir. LCF değişkeni düzeyde durağan (I(0)) iken, diğer değişkenler birinci farkta durağan (I(1)) bulunmuştur. Serilerin tamamının I(2) düzeyinde olmaması, FBARDL yaklaşımının uygulanabilirliğini sağlamaktadır. Bu nedenle, seriler arasında uzun dönemli bir eşbütünselme ilişkisinin varlığını test edebilmek amacıyla bir sonraki aşamada FBARDL yöntemi ile analiz gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 5'te raporlanmıştır.

TABLO 5 | FBARDL eş bütünselme sonuçları

Model	Testler	Test – stat	Bootstrap Kritik Değerler		
			%10	%5	%1
(1,0,0,2,0,1)	F-overall	6.5597**	5.4780	6.3471	8.1443
	t-dep.	-5.1890**	-4.3207	-4.7851	-5.6072
	F-indep.	5.6076***	4.8980	5.7492	7.5002

Not: *, ** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde sıfır hipotezinin reddedildiğini gösterir. Bootstrap için kullanılan yenileme sayısı 10.000'dir. Model için en uygun k 0.1'dir.

Tablo 5'te FBARDL yöntemiyle elde edilen eşbütünselme testi sonuçları sunulmuştur. F-overall test istatistiği (6.5597), %5 anlamlılık düzeyindeki bootstrap kritik değeri olan 6.3471'i aşarak sıfır hipotezini reddetmiş ve modelde bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir uzun dönem ilişkisi olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, t-istatistiği değeri (-5.1890), %5 düzeyindeki kritik değer (-4.7851) ile karşılaştırıldığında anlamlı olup uzun dönem dengesinin varlığını doğrulamaktadır. F-indep. testi de (5.6076), %5 düzeyindeki eşik değeri (5.7492) sınırına oldukça yakın olmakla birlikte %10 düzeyinde anlamlı çıkmıştır. Bu bulgular, modelin genel olarak uzun dönemli yapısal bir ilişkiyi temsil ettiğini

ve Fourier bileşenlerinin bu bağımlılığı daha güçlü şekilde yakaladığını göstermektedir. Bootstrap yöntemiyle elde edilen kritik değerlerin kullanılması, klasik testlerin sınırlamalarını aşarak daha güvenilir sonuçlara ulaşılmasını sağlamıştır. FBARDL modeli sonucunda elde edilen uzun dönemli ilişkinin güvenilirliğini ve modelin geçerliliğini değerlendirmek amacıyla çeşitli tanı testleri uygulanmış ve Tablo 6'da raporlanmıştır.

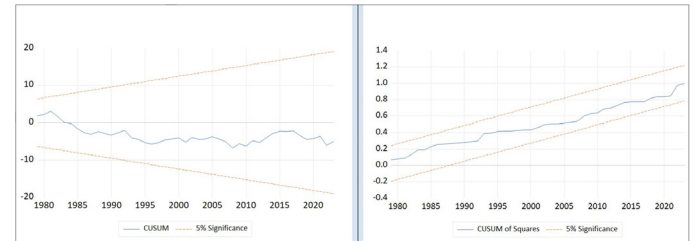
TABLO 6 | Tanı testler

Testler	Değerler	Olasılık
Ramsey Reset	3.337557	0.0745
Seri korelasyon	3.794430	0.1500
Heteroskedastisite (Glejser)	16.99017	0.1082
Heteroskedastisite (Harvey)	13.08703	0.2877
Normallik (Jarque – Bera)	0.375726	0.8287
Qusum ve CusumSQ	İstikrarlı (Şekil 3)	
R ² ve Düzeltilmiş R ²	0.995240 ve 0.994077	

Tablo 6'da sunulan tanı testi sonuçlarına göre, modelin temel varsayımlarını sağladığı görülmektedir. Ramsey RESET testi (p = 0.0745) ve seri korelasyon testi (p = 0.1500), sırasıyla modelin doğru fonksiyonel formda kurulduğunu ve artıklar arasında otokorelasyon bulunmadığını göstermektedir. Glejser ve Harvey testlerine ait yüksek olasılık değerleri (p = 0.1082 ve p = 0.2877), modelde heteroskedastisite sorununun bulunmadığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, Jarque–Bera testi sonucuna göre artıklar normal dağılım varsayımını sağlamaktadır (p = 0.8287). CUSUM ve CUSUMSQ test grafiklerine göre model katsayıları zaman boyunca istikrarlıdır. Bunun yanında, R² (0.995240) ve düzeltilmiş R² (0.994077) değerleri, modelin bağımlı değişkeni oldukça yüksek bir doğrulukla açıkladığını göstermektedir. Tüm bu bulgular, FBARDL modeli kapsamında kurulan eşbütünselme ilişkisinin istatistiksel olarak güvenilir ve geçerli olduğunu teyit etmektedir.

Bu kapsamda, modelin kısa ve uzun dönem katsayılarının zaman içerisindeki istikrarını görsel olarak değerlendirmek amacıyla Şekil 3'te CUSUM ve CUSUMSQ test grafiklerine yer verilmiştir.

ŞEKİL 3 | Cusum ve CusumSQ test grafiği



Modelin eşbütünselme ilişkisinin varlığı belirlendikten ve tanı testleriyle modelin geçerliliği ile istatistiksel güvenilirliği teyit edildikten sonra, bir sonraki aşamada uzun dönemli ve kısa dönemli ilişkilere ait katsayı tahminlerine geçilmiştir. Bu kapsamda, FBARDL modeliyle elde edilen sonuçlar Tablo 7'de sunulmaktadır.

TABLO 7 | Uzun dönemli ve kısa dönemli sonuçlar

Panel A: Uzun Dönem Sonuçları				
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hatalar	T istatistik	Olasılık
KG	0.002659	0.001120	2.375289	0.0219
KH	-0.003658	0.001089	-3.359281	0.0016
CO ₂	-0.095930	0.029059	-3.301232	0.0019
lnYEK	0.006285	0.020395	0.308151	0.7594
lnEB	-0.441448	0.109255	-4.040533	0.0002
Panel B: Kısa Dönem Sonuçları				
COS	-4.197224	0.597521	-7.024391	0.0000
SIN	-1.147120	0.174620	-6.569235	0.0000
ECM(-1)	-0.772053	0.110656	-6.977071	0.0000

Tablo 7'de modelin uzun ve kısa dönemli tahmin sonuçları raporlanmıştır. Panel A'da uzun dönem katsayılarına göre, kamu gelirlerinin (KG) çevresel sürdürülebilirlik üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir ($p = 0.0219$). Buna karşın kamu harcamaları (KH) ile yük kapasitesi faktörü (LCF) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki söz konusudur ($p = 0.0016$), bu durum kamu harcamalarının çevresel baskıyı artırabileceğine işaret etmektedir. CO₂ emisyonları, çevresel sürdürülebilirliği anlamlı düzeyde azaltmakta ($p = 0.0019$), bu da modelin teorik beklentilerle uyumlu olduğunu göstermektedir. Ekonomik büyüme değişkeni (lnEB) de negatif ve yüksek düzeyde anlamlı bir etkiye sahiptir ($p = 0.0002$), bu bulgu büyümenin çevresel kaynaklar üzerindeki baskısını yansıtmaktadır. Öte yandan, yenilenebilir enerji kullanımı (lnYEK) değişkeninin katsayısı pozitif olsa da, istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p = 0.7594$).

Panel B'de kısa dönem sonuçlarına bakıldığında, Fourier terimlerinden COS ve SIN bileşenlerinin her ikisi de %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.01$). Bu durum, dönemsel dalgalanmaların kısa vadede model dinamiklerini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır. Ayrıca hata düzeltme katsayısı (ECM(-1)) -0.772 olup, negatif ve istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlıdır ($p = 0.0000$). Bu katsayının yüksek mutlak değeri, modelin kısa dönem dengesizlikleri uzun dönemde hızla düzelttiğini ve sistemin istikrarlı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Bu sonuçlar, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma stratejilerini güçlendirmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Yenilenebilir enerji yatırımlarının teşvik edilmesi, büyümenin çevresel maliyetlerinin azaltılması, kamu gelirlerinin çevre dostu projelere yönlendirilmesi ve kamu harcamalarının kompozisyonunun yeniden yapılandırılması, çevresel sürdürülebilirliğin artırılması açısından önem arz etmektedir. LCF oranının korunması ve artırılması için politika yapıcıların ekonomik büyüme ile çevre arasındaki dengeyi gözetten bir yaklaşım benimsemesi gerekmektedir.

5 Sonuç ve Tartışma

Bu çalışma, Türkiye'de kamu maliyesi göstergeleri, kişi başına düşen gelir, karbon emisyonları ve yenilenebilir enerji kullanımının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini, 1965–2023 dönemi verileriyle analiz etmektedir. Elde edilen bulgular, kamu harcamalarının çevresel sürdürülebilirlik üzerinde olumsuz ve anlamlı bir etkisinin bulunduğunu, kamu gelirlerinin ise çevre kalitesini desteklediğini göstermektedir. Karbon emisyonları çevresel kapasiteyi azaltıcı yönde etkilerken, kişi başına düşen gelirdeki artış da çevresel kaliteyi olumsuz yönde etkilemektedir. Yenilenebilir enerji kullanımının çevresel sürdürülebilirlik üzerinde pozitif yönde bir etkisi gözlenmiştir. Ancak bu etki, uzun dönem sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır. Bu bulgular, kamu maliyesi ve enerji politikalarının çevresel etkiler gözetilerek yeniden yapılandırılması gerektiğine işaret etmektedir.

Çalışmada test edilen hipotezler kapsamında, H₁ hipotezi doğrulanmış; kamu harcamalarının çevresel sürdürülebilirliği olumsuz etkilediği bulunmuştur. Benzer şekilde, H₂ hipotezi de desteklenmiş; kamu gelirlerinin çevre kalitesini artırıcı yönde anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, kamu maliyesi araçlarının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri istatistiksel olarak ayrıştırılmış ve temel politika yönelimleri bu bulgular ışığında tartışılmıştır.

Çalışmada yenilenebilir enerji kullanımının (YEK) çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisinin uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı çıkmaması dikkat çekici bir bulgudur. Bu durum, YEK'in etkisinin zamana yayılan ve yapısal dönüşüm gerektiren doğasıyla ilişkilendirilebilir. Türkiye'de 2000'li yılların sonlarına kadar yenilenebilir enerjinin toplam enerji üretimindeki payının düşük olması, bu etkinin henüz belirgin şekilde gözlemlenememesine neden olmuştur. Nitekim fosil yakıtların ikamesi, enerji verimliliğinin artırılması ve düşük karbon teknolojilerinin yaygınlaşması gibi çevresel faydalar zaman içinde ortaya çıkmaktadır. Bu bulgu, Okumuş (2019) ve Pata (2018) gibi çalışmalarda elde edilen sonuçlarla da örtüşmekte ve yenilenebilir enerjinin uzun vadeli çevresel katkıları için kritik bir eşik ve süreklilik gereksinimine işaret etmektedir. Bu bağlamda, çevresel sürdürülebilirliğe yönelik kamu politikalarının yalnızca harcama ve gelir boyutuyla sınırlı kalmaması, aynı zamanda enerji

dönüşümünü hızlandıracak uzun vadeli stratejileri de içermesi gerektiği açıktır. YEK kullanımının pozitif katsayısına karşın istatistiksel olarak anlamlı bir etki üretmemesi, yenilenebilir enerji politikalarının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisinin belirginleşmesi için daha uzun vadeli ve kararlı kamu müdahalelerine ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Kamu harcamalarının çevresel sürdürülebilirliği azaltıcı etkisi, literatürde öne çıkan Yeşil Keynesçilik yaklaşımıyla çelişmektedir. Bu teoriye göre, kamu harcamaları çevre dostu yatırımlara yönlendirildiğinde hem ekonomik büyüme hem de çevresel iyileşme birlikte sağlanabilir. Ancak bu çalışmada kamu harcamaları değişkeni toplam düzeyde kullanılmış, çevresel yatırım niteliği taşıyan alt bileşenler ayrıştırılamamıştır. Bu nedenle elde edilen sonuç, kamu harcamalarının genel etkisini yansıtsa da hangi harcama türlerinin çevresel baskıyı artırdığına dair ayrıntılı bilgi sunmamaktadır. Buna rağmen, harcamaların fosil yakıt temelli projelere veya çevresel etkisi gözetilmeyen sübvansiyonlara yönelmiş olabileceği olasılığı, bulgunun anlamını güçlendirmektedir (Acar vd. 2018, s. 93). Nitekim López ve Galinato (2007), kamu sübvansiyonlarının çevresel bozulmayı tetikleyebileceğini göstermiştir. Türkiye örneğinde de benzer bir etki mekanizması geçerli olabilir; bu da kamu harcamalarının yalnızca büyüme odaklı değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği önceleyen bir yaklaşımla yeniden yapılandırılması gerektiğine işaret etmektedir.

Kamu gelirlerinin çevresel sürdürülebilirliği artırıcı etkisi, teorik olarak Pigou'nun dışsallık vergileri yaklaşımıyla uyumludur. Pigouvian teoriye göre, çevre kirliliği gibi negatif dışsallıklara neden olan faaliyetlerin vergilendirilmesi, bu faaliyetlerin topluma yüklediği maliyeti içselleştirerek çevresel optimuma ulaşılmasını sağlar. Bu çalışmada kamu gelirleri ile LCF arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuş olması, çevresel vergi veya düzenlemelerin devrede olduğu varsayımıyla uyumlu bir sonuçtur. Ancak burada dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta, kamu gelirlerinin yalnızca toplam düzeyde ele alınmış olmasıdır; çevre vergileri gibi alt bileşenler ayrı ayrı analiz edilememiştir. Bu nedenle, elde edilen bulgu Pigouvian mekanizmanın doğrudan bir yansıması değil, yalnızca onunla kuramsal uyum içinde bir eğilim olarak değerlendirilmelidir. Gerçekten de, Türkiye'de karbon vergisi ve emisyon ticareti gibi doğrudan çevresel mali mekanizmaların henüz sınırlı olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla kamu gelirlerindeki artışın çevresel sürdürülebilirliği artırması, daha çok bu gelirlerin çevre dostu yatırımlara yönlendirilmesi veya kamu politikalarının çevresel hassasiyet taşıyan alanlarda yoğunlaşmasıyla açıklanabilir. Nitekim Metcalf (2003) ve benzeri çalışmalar, çevresel vergilerin uygun tasarlanması hâlinde hem emisyonları azaltabileceğini hem de elde edilen gelirlerin çevreci yatırımlara ayrılmasıyla çifte fayda sağlayabileceğini vurgulamaktadır. Bizim bulgumuz da, kamu gelirlerinin muhtemelen çevresel düzenlemelerden ve vergilerden elde edilip çevreci amaçlara tahsis edilmesi durumunda LCF'yi iyileştirdiğini ortaya koyarak, Pigouvian yaklaşımın pratikte dolaylı biçimde geçerli olabileceğini göstermektedir.

Literatüre yapılan karşılaştırmada, çalışmanın bulgularının genel olarak mevcut ampirik çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir. Halkos ve Paizanos (2016) ile Abbass vd. (2022) çalışmaları kamu harcamalarının çevresel bozulmayı artırabileceğini ortaya koyarken, bu çalışmada da benzer bir eğilim tespit edilmiştir. Kamu gelirlerinin çevresel kaliteyi destekleyici rolü, Metcalf (2003) ve Abbass vd. (2022) bulgularını desteklemektedir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kullanımının çevre kalitesi üzerindeki olumlu etkisi Pata (2021) ve Shang vd. (2022) çalışmalarının sonuçlarıyla örtüşmektedir. Kişi başına düşen gelir artışının çevreyi olumsuz etkilemesi ise, Türkiye'nin henüz EKC hipotezinde öngörülen çevresel iyileşme aşamasına ulaşmadığını ve çevresel bozulmanın devam ettiğini göstermektedir.

Çalışmanın bulguları ışığında çeşitli politika önerileri geliştirilebilir. Kamu harcamalarının çevre dostu yatırımlara, özellikle yenilenebilir enerji projeleri ve yeşil altyapı çalışmalarına yönlendirilmesi öncelikli hale getirilmelidir. Kamu gelirleri tarafında, çevresel vergilendirme mekanizmalarının (örneğin karbon vergisi) güçlendirilmesi ve elde edilen gelirlerin çevresel koruma projelerine tahsis edilmesi gerekmektedir. Ekonomik büyüme stratejilerinde çevresel maliyetler göz önünde bulundurulmalı; büyük ölçekli yatırımlarda kapsamlı

çevresel etki değerlendirmeleri zorunlu hale getirilmelidir. Büyümenin çevresel etkilerini azaltmak için temiz üretim teknolojileri, enerji verimliliği uygulamaları ve döngüsel ekonomi modelleri teşvik edilmelidir. Ayrıca, yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelik finansal ve yapısal destekler artırılarak, enerji dönüşüm süreci hızlandırılmalıdır. Kamu politikalarının sadece makroekonomik hedeflere değil, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine de hizmet edecek şekilde yeniden tasarlanması uzun vadeli başarı için kritik bir gerekliliktir.

Bu çalışmanın temel sınırlılığı, kamu harcamaları ve kamu gelirlerinin yalnızca toplam düzeyde ele alınmış olmasıdır. Bu iki değişkenin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri incelenirken, çevreye duyarlı harcamalar (örneğin yeşil altyapı yatırımları) ile çevresel etkisi yüksek harcama türleri ya da çevre vergileri ile dolaylı vergiler gibi gelir bileşenleri ayırtılamamıştır. Oysa bu alt kalemlerin çevre üzerindeki etkileri yön ve büyüklük bakımından önemli farklılıklar gösterebilir. Veri sınırlılıkları ve uzun dönemli kesintisiz seri bulunamaması nedeniyle bu ayırım yapılamamış, analiz kamu maliyesinin toplam düzeydeki etkilerine odaklanmakla sınırlı kalmıştır. Bu durum, elde edilen bulguların kamu maliyesi araçlarının genel etkisini yansıttığını, ancak hangi bileşenin çevresel sürdürülebilirliği ne ölçüde etkilediğini ortaya koymadığını göstermektedir. Bu bağlamda, daha ayrıntılı politika çıkarımları yapılabilmesi için kamu harcama ve gelir kalemlerinin çevresel etkiler temelinde ayrıştırıldığı yeni çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu sınırlılıklar, gelecekteki araştırmalar için önemli imkânlar sunmaktadır. Öncelikle, kamu harcamaları ve gelirlerinin çevreyle ilişkili alt bileşenlerine ayrılarak incelenmesi önemlidir. Çünkü çevre koruma harcamaları ile diğer kamu harcamaları ya da çevre vergileri ile dolaylı vergiler, çevresel sürdürülebilirlik üzerinde farklı etkiler yaratabilir. Bu ayırım yapılmadan elde edilen sonuçlar, yalnızca genel bir ortalama etkiden ibaret kalır. Ayrıca, kentleşme, dışa açıklık, sektörel yapı ve teknoloji düzeyi gibi değişkenlerin modele dâhil edilmesi analiz kapsamını genişletebilir. Panel veri analizleri ve ülke karşılaştırmaları ise politika değişimlerini ve dışsal şokları dikkate alarak daha tutarlı sonuçlar sağlayabilir. Son olarak, mikro düzey verilerle yapılacak çalışmalar, kamu maliyesi ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiyi sektörel düzeyde daha ayrıntılı biçimde ortaya koyabilir.

Kaynakça

- Abbass, K., Song, H., Khan, F., Begum, H., & Asif, M. (2022). Fresh insight through the VAR approach to investigate the effects of fiscal policy on environmental pollution in Pakistan. *Environmental science and pollution research*, 29(1), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17438-x>.
- Acar, S., Challe, S., Christopoulos, S., & Christo, G. (2018). Fossil fuel subsidies as a lose-lose: Fiscal and environmental burdens in Turkey. *New Perspectives on Turkey*, 58, 93-124. <https://doi.org/10.1017/npt.2018.7>.
- Adebayo, T. S., & Samour, A. (2024). Renewable energy, fiscal policy and load capacity factor in BRICS countries: novel findings from panel nonlinear ARDL model. *Environment, Development and Sustainability*, 26(2), 4365-4389. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02888-1>.
- Aghayeva, I., & Zortuk, M. (2024). The impact of renewable and non-renewable energy consumption on economic growth in Azerbaijan: FB-ARDL and a-ardl cointegration approaches. *GE*, 2, 119-133. <https://doi.org/10.62476/ge22.119>.
- Akbar, M. W., Yuelan, P., Maqbool, A., Zia, Z., & Saeed, M. (2021). The nexus of sectoral-based CO2 emissions and fiscal policy instruments in the light of belt and road initiative. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 32493-32507. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13040-3>.
- Afshan, S., & T. Yaqoob (2023). Unravelling the efficacy of green innovation and taxation in promoting environmental quality: A dual-model assessment of testing the LCC theory in emerging economies. *Journal of Cleaner Production*, 416, 137850. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137850>.
- Aslan, M. (2025). Türkiye’de çevresel sürdürülebilirliği artırmada yenilenemeyen enerji verimliliğinin rolü, EKC ve LCC hipotezleri: Kesirli Fourier ARDL yaklaşımı ile bulgular. *Sosyoekonomi*, 33(64), 493-518. <https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2025.02.21>.
- Atkinson, A. B., & Stern, N. H. (1974). Pigou, taxation and public goods. *The Review of Economic Studies*, 41(1), 119-128. <https://doi.org/10.2307/2296403>.
- Awosusi, A. A., Olanrewaju, O. V., Ojekemi, O., Kutlay, K., Kirikkaleli, D., & Sevinç, H. (2022). Impact of economic growth on environmental degradation and energy consumption in South Africa: a cointegration analysis. *JOEEP: Journal of Emerging Economies and Policy*, 7(1), 383-394.
- Bashir, M. F., Benjiang, M. A., Shahbaz, M., Shahzad, U., & Vo, X. V. (2021). Unveiling the heterogeneous impacts of environmental taxes on energy consumption and energy intensity: empirical evidence from OECD countries. *Energy*, 226, 120366. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120366>.
- Behera, B., Haldar, A., & Sethi, N. (2024). Agriculture, food security, and climate change in South Asia: A new perspective on sustainable development. *Environment, Development and Sustainability*, 26(9), 22319-22344. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03552-y>.
- Çabaş, M. (2024). Türkiye’de fosil yakıt ve yenilenebilir enerjinin yük kapasitesi faktörüne etkisi: Sürdürülebilir çevre için bootstrap fardl yaklaşımı. *Eurasian Economics Statistics & Empirical Economics Journal*, (25), 45-58. <https://doi.org/10.17740/eas.stat.2024-V25-04>.
- Dam, M. M., & Sarkodie, S. A. (2023). Renewable energy consumption, real income, trade openness, and inverted load capacity factor nexus in Türkiye: Revisiting the EKC hypothesis with environmental sustainability. *Sustainable Horizons*, 8, 100063. <https://doi.org/10.1016/j.horiz.2023.100063>.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal Of the American Statistical Association*, 74(366a), 427-431. <https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531>.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root, *Econometrica*, 49, 1057-72.
- Dogan, E., Hodžić, S., & Fatur Šikić, T. (2022). A way forward in reducing carbon emissions in environmentally friendly countries: The role of green growth and environmental taxes. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 35(1), 5879-5894. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2039261>.
- Enders, W., & Lee, J. (2012). The flexible Fourier form and Dickey-Fuller type unit root tests. *Economics Letters*, 117(1), 196-199. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2012.04.081>.
- Goldstein, J., & Tyfield, D. (2018). Green Keynesianism: Bringing the entrepreneurial state back in (to question)? *Science as Culture*, 27(1), 74-97. <https://doi.org/10.1080/09505431.2017.1346598>.
- Güneysu, Y. (2023). Türkiye’de finansal gelişme, küreselleşme ve sanayileşmenin yük kapasite faktörü üzerindeki etkisi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(3), 934-946. <https://doi.org/10.36362/gumus.1294618>.
- Halkos, G. E., & Paizanos, E. A. (2016). The effects of fiscal policy on CO2 emissions: evidence from the USA. *Energy policy*, 88, 317-328. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.10.035>.
- IPCC. (2023). Climate change 2023: Synthesis report. Summary for policymakers. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>.
- Islam, M. S., & Rahaman, S. H. (2024). Does economic policy impact the environment in South Asia? The role of disaggregated energy consumption in an EKC framework. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-25. <https://doi.org/10.1007/s13132-024-02267-3>.
- Jacobs, B., & De Mooij, R. A. (2015). Pigou meets Mirrlees: On the irrelevance of tax distortions for the second-best Pigouvian tax. *Journal of Environmental Economics and Management*, 71, 90-108. <https://doi.org/10.1016/j.jee.2015.01.003>.
- Katircioglu, S., & Katircioglu, S. (2018). Testing the role of fiscal policy in the environmental degradation: the case of Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 5616-5630. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-0906-1>.
- Lin, M. C., & Wu, C. F. (2022). Transportation, environmental degradation, and health dynamics in the United States and China: evidence from bootstrap ARDL with a Fourier function. *Frontiers in Public Health*, 10, 907390. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.907390>.
- López, R., & Galinato, G. I. (2007). Should governments stop subsidies to private goods? Evidence from rural Latin America. *Journal of Public Economics*, 91(5-6), 1071-1094. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2006.10.004>.
- MacKinnon, J. G. (1996). Numerical distribution functions for unit root and cointegration tests. *Journal Of Applied Econometrics*, 11(6), 601-618. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1255\(199611\)11:6%3C601::AID-JAE417%3E3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1255(199611)11:6%3C601::AID-JAE417%3E3.0.CO;2-T).
- Mahmood, H., Adow, A. H., Abbas, M., Iqbal, A., Murshed, M., & Furqan, M. (2022). The fiscal and monetary policies and environment in GCC countries: analysis of territory and consumption-based CO2 emissions. *Sustainability*, 14(3), 1225. <https://doi.org/10.3390/su14031225>.
- McNown, R., Sam, C. Y., & Goh, S. K. (2018). Bootstrapping the autoregressive distributed lag test for cointegration. *Applied Economics*, 50(13), 1509-1521. <https://doi.org/10.1080/00036846.2017.1366643>.
- Metcalfe, G. E. (2003). Environmental levies and distortionary taxation: Pigou, taxation and pollution. *Journal of Public Economics*, 87(2), 313-322. [https://doi.org/10.1016/S0047-2727\(01\)00116-5](https://doi.org/10.1016/S0047-2727(01)00116-5).
- Mohan, P. (2021). Green stimulus: Driving public investments towards a sustainable future for all. *International Journal of Social Science and Economic Research*, 6(12), 4837-4843. <https://doi.org/10.46609/IJSSER.2021.v06i12.025>.
- Mukherjee, S., & Chakraborty, D. (2016). Does fiscal policy influence per capita CO2 emission? A cross country empirical analysis. In *Handbook of Research on Climate Change Impact on Health and Environmental Sustainability* (pp. 568-592). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-8814-8.ch028>.
- Narayan, P. K. (2005). The saving and investment nexus for China: evidence from cointegration tests. *Applied Economics*, 37(17), 1979-1990. <http://dx.doi.org/10.1080/00036840500278103>.
- Okumuş, İ. (2019). Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimi, tarım ve CO2 emisyonu ilişkisi. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 6(1), 21-34. <https://doi.org/10.20979/ueyd.659092>.
- Pata, U. K. (2018). Renewable energy consumption, urbanization, financial development, income and CO2 emissions in Turkey: testing EKC hypothesis with structural breaks. *Journal of cleaner production*, 187, 770-779. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.236>.

- Pata, U. K., & Yilanci, V. (2020). Financial development, globalization and ecological footprint in G7: further evidence from threshold cointegration and fractional frequency causality tests. *Environmental and Ecological Statistics*, 27(4), 803-825. <https://doi.org/10.1007/s10651-020-00467-z>.
- 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>.
- Pata, U. K., & Isik, C. (2021). Determinants of the load capacity factor in China: a novel dynamic ARDL approach for ecological footprint accounting. *Resources Policy*, 74, 102313. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102313>.
- Pata, U. K., & Samour, A. (2023). Assessing the role of the insurance market and renewable energy in the load capacity factor of OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(16), 48604-48616. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25747-6>.
- Persakis, A. (2024). The impact of climate policy uncertainty on ESG performance, carbon emission intensity and firm performance: Evidence from Fortune 1000 firms. *Environment, Development and Sustainability*, 26(24), 24031-24081. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03634-x>.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal Of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326. <https://doi.org/10.1002/jae.616>.
- Sachs, J. D., Woo, W. T., Yoshino, N., & Taghizadeh-Hesary, F. (2019). Why is green finance important? (ADB Working Paper No. 917). *Asian Development Bank Institute*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3327149>.
- Sam, C. Y., McNow, R., & Goh, S. K. (2019). An augmented autoregressive distributed lag bounds test for cointegration. *Economic Modelling*, 80, 130-141. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2018.11.001>.
- Shang, Y., Razzaq, A., Chupradit, S., An, N. B., & 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>.
- Siche, R., Pereira, L., Agostinho, F., & Ortega, E. (2010). Convergence of ecological footprint and emery 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>.
- Tao, R., Umar, M., Naseer, A., & Razi, U. (2021). The dynamic effect of eco-innovation and environmental taxes on carbon neutrality target in emerging seven (E7) economies. *Journal of Environmental Management*, 299, 113525. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113525>.
- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2024, Ekim 25). Hedef: 2053 net sıfır emisyon! Erişim adresi <https://iklim.gov.tr/hedef-2053-net-sifir-emisyon-haber-4337#:~:text=Türkiye'nin%20sera%20gazi%20emisyonlarının,net%20sifir%20emisyonu%20ulaşması%20hedeflenmektedir>.
- Timilsina, G. R., & Dulal, H. B. (2008). Fiscal policy instruments for reducing congestion and atmospheric emissions in the transport sector: A review. *World Bank policy Research Working Paper*, (4652). <https://ssrn.com/abstract=1149604>.
- Topalcık, O., & Kirikkaleli, D. (2024). Financial stability and environment degradation in Turkey: evidence from fourier ARDL approach. *Frontiers in Environmental Science*, 12, 1420019. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1420019>.
- TÜİK. (2024, Haziran 05). Sera gazı emisyon istatistikleri, 1990-2022. Erişim adresi <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2022-53701>.
- TÜİK. (2025, Şubat 06). Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları, 2024. Erişim adresi <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayalı-Nüfus-Kayıt-Sistemi-Sonuçları-2024-53783&dil=1>.
- United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development (A/RES/70/1). *United Nations*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>.
- Yilanci, V., Bozoklu, S., & Gorus, M. S. (2020). Are BRICS countries pollution havens? Evidence from a bootstrap ARDL bounds testing approach with a Fourier function. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102035. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102035>.

EXTENDED ABSTRACT

The need to take measures to reduce environmental pollution caused by economic activities and energy production has brought the issue of combating climate change to a level that can be examined globally. This study determined that Türkiye's public expenditures, revenues, per capita income, fossil fuel, and renewable energy use are independent variables, and their environmental impacts were analysed. As an indicator of environmental sustainability, the Load Capacity Factor (LCF), which covers both the demand and supply sides of the environment, was used as the dependent variable. The specified variables were analysed with annual data for the period 1965-2023.

The methodology of the study is based on a four-stage econometric analysis process. In the first stage, the time series properties of the variables were examined, and the stationarity levels of the series were analyzed with Augmented Dickey-Fuller (ADF) and Fourier ADF unit root tests. In the second stage, the Fourier Bootstrap ARDL (FBARDL) bounds test was applied to test the long-term relationship between the

variables. In the third stage, long-term and short-term coefficients for variables with a cointegration relationship were estimated with the FBARDL method. Finally, the analysis process was completed with tan diagnostic tests that tested the validity of the model in the fourth stage.

FBADF test results showed that all variables contained unit roots. The LCF variable was found to be stationary at the level in both the constant and constant and trend models. Since the series were found to be stationary (I(0)) and stationary (I(1)), analysis was carried out with the FBARDL method in order to test the existence of a long-term cointegration relationship between the series. The findings obtained with the FBARDL method showed that there is a statistically significant, strong, and long-term cointegration relationship between the dependent variable, and the explanatory variables at the 5% level.

According to the long-term estimation results, public expenditures are negative and significant. The increase in public expenditures is predicted to reduce the load capacity factor, an indicator of environmental sustainability. It has been determined that public revenues are positive and significant, and that they will play a supporting role in environmental sustainability if public revenues are directed to environmentally sensitive investments. The income per capita variable was observed to be highly significant and positive.

The findings showed that an increase in per capita income would reduce LCF to a large extent. This result reveals that economic growth can increase environmental pressure and negatively affect ecological capacity if income growth is not supported by policies compatible with sustainable development goals. Finally, renewable energy use was found to be statistically positive and significant. This result shows that the increase in renewable energy use per capita increases the LCF; the positive relationship shows that energy transformation based on renewable energy has the potential to strengthen environmental sustainability. The study results revealed that public expenditures have a negative effect on environmental sustainability, while public revenues have a positive effect. In addition, it has been determined that the increase in per capita income negatively affects environmental quality, whereas the increase in renewable energy use supports environmental sustainability.

The findings clearly demonstrate that Türkiye needs to strengthen its sustainable development strategies. Encouraging renewable energy investments, reducing the environmental costs of growth, directing public revenues to environmentally friendly projects, and restructuring the composition of public expenditures are essential for increasing environmental sustainability. It shows that public finance policies need to be restructured to consider in order to achieve sustainable development goals in Türkiye. To maintain and increase the LCF ratio, policymakers need to adopt an approach that considers the balance between economic growth and the environment. The study offers an original contribution to the literature as it is one of the pioneering studies examining the relationship between fiscal policy variables and LCF in Türkiye..

Various policy recommendations can be developed based on the study findings. Directing public expenditures to environmentally friendly investments, especially renewable energy projects and green infrastructure works, should be prioritized. Environmental taxation mechanisms (e.g., carbon tax) must be strengthened on the public revenue side, and resulting revenues must be allocated to environmental protection projects.

Environmental costs should be considered in economic growth strategies; comprehensive environmental impact assessments should be mandatory in large-scale investments. Clean production technologies, energy efficiency practices, and circular economy models should be promoted to reduce the environmental impacts of growth. In addition, the energy transformation process should be accelerated by increasing financial and structural supports for renewable energy investments. Redesigning public policies to serve not only macroeconomic goals but also environmental sustainability objectives is a critical requirement for long-term success.