

Sürdürülebilir Kalkınma Yolunda Türkiye: Kentleşme, Yenilenebilir Enerji ve Çevresel Kalite İlişkisi*

*Türkiye on The Path to Sustainable Development: Relationship Between
Urbanization, Renewable Energy and Environmental Quality*

Ahmet Bağcı**

Özet

Çevresel sürdürülebilirlik, günümüz dünyasında kentleşme, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki hassas dengeleri anlamayı gerektiren önemli bir konudur. Bu bağlamda, 1965-2021 dönemine ait verilerle Türkiye’de kentleşme, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin çevresel kalite üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Çalışmada, ARDL sınır testi yöntemi kullanılarak uzun dönemli ilişkiler değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, kentleşmenin çevresel bozulmayı artırdığını, yenilenebilir enerji tüketiminin karbon salımını azalttığını ortaya koymaktadır. Özellikle yenilenebilir enerji yatırımları ve çevre dostu kalkınma stratejilerinin, çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik öneme sahip olduğu görülmüştür. Türkiye, yenilenebilir enerji alanındaki projeleri ve sürdürülebilir kentleşme politikalarıyla dikkat çekmektedir. Güneş ve rüzgar enerjisi gibi projeler hem ekonomik kalkınmayı desteklemekte hem de çevresel bozulmayı azaltmaktadır. Bu çabalar, ülkenin uluslararası iklim hedeflerine uyum sağlamasında stratejik bir rol oynamaktadır. Bu çalışma, Türkiye bağlamında sürdürülebilir kalkınma ve çevresel kalite arasındaki ilişkileri ele alarak literatüre önemli bir katkı sunmakta ve politika yapıcılara yol gösterici önerilerde bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kentleşme, Yenilenebilir Enerji Tüketimi, ARDL, Çevresel Kalite

Abstract

Environmental sustainability is a crucial issue in today's world, requiring an understanding of the delicate balance between urbanization, energy consumption, and economic growth. In this context, the study analyzes the impact of urbanization, renewable energy consumption, and economic growth on environmental quality in Türkiye, using data from the 1965-2021 period. The ARDL bounds testing approach is employed to examine long-term relationships. The findings reveal that urbanization exacerbates environmental degradation, while renewable energy consumption significantly reduces carbon emissions. Investments in renewable energy and environmentally friendly development strategies are shown to be critical for achieving environmental sustainability. Türkiye stands out with its renewable energy projects and sustainable urbanization policies. Initiatives such as solar and wind energy projects support economic growth while mitigating environmental degradation. These efforts play a strategic role in aligning the country with international climate targets. This study contributes to the literature by addressing

* Geliş Tarihi: 23.12.2024 / Kabul Tarihi: 21.01.2025

** Dr., TBMM, Tarım ve Orman Bakanlığı, Bakan Yardımcısı, ahmtbgc81@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2029-6641

the relationships between sustainable development and environmental quality in the Turkish context and provides guiding recommendations for policymakers.

Keywords: *Urbanization, Renewable Energy Consumption, ARDL, Environmental Quality*

Extended abstract

This study investigates the impact of urbanization, renewable energy consumption, and economic growth on environmental quality in Türkiye, focusing on the period from 1965 to 2021. Using the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) bounds testing approach, the research explores long-term relationships between these variables, providing insights into the dynamics of environmental sustainability in the context of a developing country.

Environmental sustainability has become a critical challenge globally due to rapid urbanization, growing energy demands, and continuous economic growth. In Türkiye, urban population growth and the increasing reliance on fossil fuels have intensified environmental pressures. At the same time, the potential of renewable energy consumption to mitigate environmental degradation remains underutilized. This study addresses the need for a comprehensive understanding of how urbanization, renewable energy consumption, and economic growth interact to influence environmental quality, contributing to the literature by focusing on long-term dynamics. Previous studies highlight the multifaceted relationship between urbanization, energy consumption, and environmental quality. Research conducted in different regions has shown that urbanization often exacerbates environmental degradation due to increased energy demand and land-use changes. Simultaneously, renewable energy consumption has been recognized as a key factor in reducing carbon emissions. However, studies specifically focusing on Türkiye are limited in scope and typically rely on short-term datasets, leaving a gap in understanding the long-term implications of these variables in the Turkish context.

The study employs an econometric model based on the ARDL bounds testing approach, which is particularly suitable for examining long-term relationships in datasets with mixed integration orders (I(0) and I(1)). The dependent variable, carbon footprint (CO₂), serves as a comprehensive indicator of environmental quality. Independent variables include urbanization (measured as the share of urban population in total population), renewable energy consumption (measured as the share of renewable energy in total energy consumption), and economic growth (measured by real GDP in constant 2015 US dollars). The augmented Dickey-Fuller (ADF) test was used to confirm the stationarity of the variables, ensuring the validity of the ARDL methodology. The econometric analysis reveals significant long-term relationships between the variables. Urbanization has a strong positive effect on environmental degradation, with a 1% increase in urbanization leading to a 3.23% rise in carbon emissions. In contrast, renewable energy consumption significantly reduces carbon emissions, with a 1% increase in renewable energy consumption lowering emissions by 0.28%. Economic growth showed a complex relationship, but the study focuses primarily on the direct impacts of urbanization and renewable energy consumption on environmental quality. These findings align with international studies while highlighting the unique challenges faced by Türkiye, such as high fossil fuel dependency and limited renewable energy infrastructure. The results emphasize the need for Türkiye to prioritize renewable energy investments and adopt sustainable urbanization strategies to mitigate the negative environmental impacts of urban growth. Expanding renewable energy infrastructure and integrating sustainability into urban planning could significantly reduce carbon emissions. The study also underscores the importance of aligning national energy and urban policies with global environmental targets, ensuring that Türkiye contributes effectively to international efforts for sustainability.

1. GİRİŞ

Küreselleşen dünyada toplumlar her geçen gün daha fazla gelişme göstermektedir. Kentleşmenin hızlı temposu, artan enerji talepleri ve ekonomik büyümedeki süreklilik bu gelişimi yeniden şekillendirmekte ve acil ilgi gerektiren çevresel zorlukları ortaya çıkarmaktadır. Özellikle kentleşme, dünya çapında benzeri görülmemiş bir oranda hız kazanarak şehirleri ekonomik güç merkezlerine ve demografik merkezlere dönüştürmüştür (Zhang, 2016). Ancak bu dönüşüm aynı zamanda önemli çevresel baskılara da yol açmaktadır. Nitekim kentsel alanlar küresel kirliliğin, kaynak tükenmesinin ve ekolojik bozulmanın önemli kısımlarından sorumludur (Musah vd., 2021). Nüfusun kırsal alanlardan kentsel alanlara kayması genellikle altyapı, enerji ve araziye olan taleplerin artmasına, ormansızlaşmaya, artan sera gazı emisyonlarına ve kötüleşen hava kalitesine yol açmaktadır. Bu etkiler, hızlı kentsel büyümenin ortasında ekolojik dengeyi koruyabilen yeşil alanlara, verimli ulaşım ve düşük etkili altyapıya odaklanan sürdürülebilir kentsel planlamaya olan ihtiyacı vurgulamaktadır (Addai vd., 2021). Çevreye duyarlı politikalar ve altyapı yatırımları yoluyla şehirler, kentleşmenin olumsuz çevresel etkilerinin bir kısmını hafifletebilir, yalnızca ekonomik kalkınmaya değil aynı zamanda çevre kalitesinin artmasına da katkıda bulunur (Shaheen vd., 2020).

Kentsel çevre bağlantısının merkezinde enerji tüketimi sorunu yatmaktadır. Kentler genişledikçe enerji gereksinimleri ve kentleşmenin çevresel yükü artmaktadır. Bu sorunu ele alırken yenilenebilir enerji kaynakları kentlerin ekolojik ayak izlerini azaltmak için hayati araçlar olarak ortaya çıkmıştır. Uzun süredir kentsel büyümeyi besleyen fosil yakıtların aksine, güneş, rüzgar ve hidroelektrik enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları; sera gazı emisyonlarını, sınırlı kaynaklara olan bağımlılığı azaltan ve sürdürülebilirliği teşvik eden temiz alternatifler sunmaktadır (Kongkuah vd., 2023). Dünyanın dört bir yanındaki ülkeler, ekonomik ve kentsel faaliyetlerin çevresel etkisini hafifletmek için bir strateji olarak giderek daha fazla yenilenebilir enerjiyi benimsemektedir. Bu değişim, daha düşük kirlilik seviyeleri, azaltılmış karbon ayak izleri ve enerji sistemlerinde gelişmiş dayanıklılık gibi olumlu çevresel sonuçlar göstermiştir. Ancak yenilenebilir enerjiye geçiş, umut verici olsa da zorluklarla doludur. Özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki ekonomik ve lojistik engeller, yüksek başlangıç maliyetleri ve altyapı sınırlamaları önemli engeller oluşturduğundan yenilenebilir enerjinin yaygın olarak benimsenmesini sıklıkla engellemektedir (Roy, 2024). Bu engellerin üstesinden gelmek, yenilenebilir altyapıya önemli yatırımlar, politika desteği ve uluslararası iş birliği gerektirmektedir. Bunların hepsi daha temiz enerji tüketimine doğru küresel bir değişimi teşvik etmek için elzemdir (Eweade vd., 2024).

Yenilenebilir enerjinin faydalarına rağmen, ekonomik büyümenin kendisi çevresel kaliteye karşı kalıcı bir zorluk teşkil etmektedir. Birçok gelişmekte olan bölgede, ekonomik genişleme ve sanayileşme, sıklıkla kirliliği artıran ve doğal kaynakları tüketen enerji yoğun uygulamalarla sıkı sıkıya bağlı kalmaktadır. Örneğin, enerjiye bağımlı ekonomilerde, fosil yakıtlı çalışan büyüme artan sera gazı emisyonlarına ve çevresel bozulmaya yol açmakta ve ekonomik faydaların genellikle ekolojik sağlık pahasına elde

edildiğini göstermektedir (Acar vd., 2023). Bu ikilem, çevresel bozulmanın başlangıçta ekonomik büyümeyle yoğunlaştığını ancak ülkeler daha yüksek gelir seviyelerine ulaştıkça ve daha temiz, daha sürdürülebilir teknolojiler benimsedikçe sonunda azalabileceğini öne süren Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinde özetlenmiştir. Ancak, özellikle düzenleyici çerçevelerin ekonomik büyümeyle aynı hızda ilerlemekte zorlanabileceği ve çevreyi koruma çabalarının yetersiz olabileceği hızla sanayileşen ekonomilerde EKC hipotezinin uygulanabilirliği tartışılmaktadır. Bu bağlamda, kontrolsüz ekonomik genişleme kalıcı ekolojik hasara yol açabilir ve bu da büyüme modellerinin en başından itibaren sürdürülebilirliği içermesini zorunlu hale getirir (Udemba vd., 2024). EKC çerçevesi, öngörülü olmasına rağmen, çevresel güvenceler olmadan büyümenin etkileri derin ve potansiyel olarak geri döndürülemez olabileceğinden, kısa vadeli ekonomik kazanımların yanı sıra uzun vadeli ekolojik istikrarı önceliklendiren kapsamlı ekonomik stratejilere olan ihtiyacı vurgular (Khan vd., 2023).

Ekonomik büyüme ile çevresel kalite arasındaki etkileşim, finansal gelişme, düzenleyici denetim ve teknolojik yenilik gibi faktörlerden daha fazla etkilenir. Özellikle finansal gelişme ikili bir rol oynar. Bu noktada sermayeyi yeşil teknolojilere ve projelere kanalize ederek çevre dostu yenilikleri kolaylaştırmaktadır. Ancak finansal kurumlar ekolojik etki yerine kârı önceliklendirdiğinde çevresel bozulmaya da yol açmaktadır. Çevresel düzenlemelerin zayıf olduğu bölgelerde, finansal piyasalar yüksek getirili, kaynak yoğun endüstrileri tercih etmekte ve bu da çevresel zarara yol açmaktadır. Tersine, güçlü finansal sistemler yeşil altyapıya, sürdürülebilir endüstrilere ve düşük karbonlu teknolojilere yapılan yatırımları destekledikleri takdirde çevrenin korunmasına katkıda bulunur (Acar vd., 2023; Aydın vd., 2023). Bu bağlamda, finansal gelişme, yürürlükteki düzenleyici ortama ve politika çerçevesine bağlı olarak hem potansiyel bir çözüm hem de bir risk faktörü haline gelir. Çevresel sürdürülebilirliğe öncelik veren etkili finansal stratejiler, ekonomik hedefleri ekolojik yönetimle uyumlu hale getiren yatırımları teşvik eder ve böylece büyümeyle daha dengeli bir yaklaşım getirir (Khan vd., 2023).

Teknolojik yenilik, özellikle enerji üretimi ve kaynak yönetiminde, ekonomik büyümeyle çevresel kaliteyle uzlaştırmada kritik bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Enerji verimliliği, atık azaltma ve sürdürülebilir üretim yöntemlerindeki yenilikler, ekonomik faaliyetlerin çevresel ayak izini önemli ölçüde azaltır ve ekonomilerin sürdürülebilir bir şekilde genişlemesi için yollar sunar (Eweade vd., 2024; Aydın vd., 2024). Yeşil teknolojiye araştırma ve geliştirme (Ar-Ge), emisyonları ve kaynak tüketimini en aza indirirken üretkenliği artıran ilerlemeleri mümkün kılmıştır. Bu teknolojiler, destekleyici çevre politikalarıyla birleştirildiğinde, ekonomilerin çevresel kaliteden ödün vermeden sürdürülebilir genişlemeye ulaşmasını sağlar. Örneğin, kirlilik kontrolünü zorunlu kılan, yenilenebilir enerji girişimlerini destekleyen ve yeşil uygulamaları teşvik eden katı düzenlemeler, teknolojik kazanımların somut çevresel faydalara katkı sunmasını sağlar. Ek olarak, üretim ve ulaşım gibi kaynak yoğun sektörlerde sürdürülebilir uygulamaları teşvik eden politikalar, ekolojik sınırlara saygı duyan bir ekonomik modele ulaşmak için olmazsa olmazdır (Khan vd., 2023).

Uluslar, çevresel kalite ve insan gelişiminin uyum içinde bir arada var olduğu bir geleceği teşvik etmek için kentsel, enerji ve ekonomik stratejileri sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu hale getirerek hem ekonomik refahı hem de çevre sağlığını destekleyen dayanıklı sistemler kurabilmenin çabası içerisindedir (Musah vd., 2021). Yeşil altyapı yatırımları, yenilenebilir enerji kapasitesinin genişletilmesi ve çevre dostu teknolojilerde yeniliğin teşvik edilmesi, sürdürülebilir toplumlar inşa etme yolunda önemli adımlardır. Bu önlemler, koordineli, politika odaklı çabalarla uygulandığında hem insan gelişiminin taleplerini hem de ekolojik bütünlüğü koruma ihtiyacını ele alan dengeli bir çerçeve oluşturur (Addai vd., 2021). Çevresel hususların kentsel alanlara, ekonomik faaliyetlere ve enerji politikalarına başarılı bir şekilde entegre edilmesi, büyümenin ve çevre sağlığının karşılıklı olarak birbirini güçlendiren hedefler olduğu sürdürülebilir bir geleceğe giden yolu açar.

Çevresel sürdürülebilirlik, günümüz dünyasında giderek artan enerji talebi, hızlanan kentleşme ve ekonomik büyüme gibi süreçlerle sıkı bir ilişki içindedir. Türkiye, bu dinamiklerin yoğun olarak yaşandığı bir ülke olarak, çevresel kalite üzerindeki etkileri anlamak ve bu etkileri yönetmek açısından önemli bir vaka sunmaktadır. Özellikle kentleşmenin doğal kaynaklar üzerindeki baskısı, enerji tüketiminin artışı ve karbon emisyonlarının yükselişi, çevresel bozulmayı şiddetlendiren faktörler arasında yer almaktadır (Ülger vd. 2024). Ancak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında son yıllarda yaşanan artış, bu olumsuz etkilerin bir kısmını hafifletme potansiyeli taşımaktadır (Özdemir & Koç, 2020). Türkiye'nin toplam enerji tüketimi, 2000 yılından bu yana %40'tan fazla artış göstermiş, yenilenebilir enerji kaynaklarının payı ise 2010'larda %10 seviyesinden %20'ye ulaşmıştır (Our World in Data, 2024).

1965-2021 döneminde, kentsel nüfusun toplam nüfus içindeki payı %35'ten %78'e yükselmiş ve bu artış, enerji talebi ile karbon salımlarında önemli bir yükselişe yol açmıştır (World Bank, 2024). Yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi ve ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki dengenin kurulması, ulusal ve uluslararası düzeyde öncelikli politika alanları arasında yer almaktadır. Türkiye'nin güneş, rüzgar ve jeotermal enerji gibi temiz enerji kaynaklarına yaptığı yatırımlar hem ekonomik kalkınmayı desteklemekte hem de çevresel bozulmayı azaltmaktadır (Kahraman, 2019).

Bu bağlamda, Türkiye'nin çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşması, yenilikçi politikalar ve etkili enerji stratejilerinin uygulanmasıyla mümkün olacaktır. Sürdürülebilir kalkınma, beşerî ilerlemesinin yanı sıra çevre korumayı da önceliklendiren tutarlı, ileri görüşlü stratejilerle ele alındığında elde edilebilir. Türkiye yenilenebilir enerjii benimsyerek, yeşil teknolojiyi ilerletmek ve sürdürülebilirliği ekonomik politikalara yerleştirerek hem ekonomik ilerlemeyi hem de ekolojik korumayı mümkün kılan bir yol çizebilir ve gezegenimizin sınırlı kaynaklarına saygı duyan uzun vadeli refah için bir temel oluşturabilir. Literatürde, yenilenebilir enerji tüketimi, kentleşme ve ekonomik büyümenin çevresel kalite üzerindeki etkileri birçok farklı bağlamda incelenmiştir (Shaheen vd., 2020; Musah vd., 2021; Addai vd., 2021). Ancak, Türkiye özelinde

uzun dönemli bir veri seti kullanılarak bu değişkenler arasındaki ilişkilerin kapsamlı bir şekilde analiz edildiği çalışmalar sınırlıdır. Mevcut literatürde genellikle kısa dönemli etkiler incelenmekte ve yenilenebilir enerji ile kentleşme arasındaki etkileşimler göz ardı edilmektedir. Türkiye’de kentleşme, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin çevresel kalite üzerindeki etkilerini ele alan bu çalışma, kapsamlı bir dönem aralığı (1965-2021) kullanarak özgün bir bakış açısı sunmaktadır. Çalışma, Türkiye’nin enerji dönüşüm sürecinde yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel kalite üzerindeki olumlu etkilerini vurgulayarak, literatürdeki boşlukları doldurmayı hedeflemektedir. Ekonometrik yöntemlerle yapılan bu analiz, uzun dönemli ilişkiler üzerine odaklanarak politika yapıcılar için stratejik bilgiler sunmaktadır. Türkiye bağlamında kentleşme ve ekonomik büyüme gibi faktörlerin çevresel sürdürülebilirlikle nasıl dengelenebileceği sorusuna yanıt arayan çalışma, bu konudaki akademik literatüre önemli katkılar yapmaktadır. Araştırma, yenilenebilir enerji yatırımlarının ve çevre dostu politikaların karbon emisyonlarını azaltmadaki rolünü açıklığa kavuşturarak, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada politika yapıcılara somut öneriler geliştirmektedir.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Bu bölümde, kentleşme, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin çevresel kalite üzerindeki etkileri ile ilgili mevcut literatür incelenmektedir. Ele alınan çalışmaların metodolojileri, bulguları ve öne sürdükleri yaklaşımlar detaylandırılmakta, Türkiye bağlamında eksik kalan noktalar vurgulanmaktadır.

2.1. Kentleşme ve Çevresel Kalite İlişkisi

Kentleşme ve çevresel kalitenin etkileşimine yönelik farklı bölgeler ve zaman dilimlerinde incelenen çalışmaların literatüre sağladıkları dinamikler olmuştur. Kahraman (2019), 1990-2017 yılları arasında Türkiye’de kentleşmenin enerji tüketimi ve karbon salınımı üzerindeki etkilerini incelemiş, ancak bu çalışmada yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel kalite üzerindeki rolüne yer verilmemiştir. Shaheen vd. (2020), Pakistan’ı 1972-2014 veri setiyle ARDL ampirik yöntemini kullandılar. Çalışmanın bulgularına göre GSYİH büyümesi ve enerji tüketiminin CO2 emisyonlarına önemli ölçüde katkıda bulunmasına rağmen, kentleşmenin doğrudan etkisinin daha az belirgin olduğunu vurgulayarak, kırsal-kentsel ayrımları kapatma ve sürdürülebilir kentsel kalkınmayı teşvik etme ihtiyacına işaret etmiştir. Musah vd. (2021) 1990-2018 dönemine ait 16 Batı Afrika ülkesinin panel verisi kullandılar. Westerlund ve Edgerton panel eşbütünlük testinin uygulandığı çalışmadan elde edilen bulgulara göre, kentleşmenin CO2 emisyonlarını belirgin şekilde artırdığını, ancak yenilenebilir enerjinin hafifletici bir güç sunduğunu ortaya çıkararak, yeşil enerjiyi kentsel planlamaya entegre etmenin önemini vurgulamıştır. Aynı zamanlarda, Addai vd. (2021), ekonomik büyümenin ve kentleşmenin ekolojik ayak izlerini genişlettiği, 1998 ile 2017 yılları arası veri setiyle Doğu Avrupa’yı incelediler. Çalışmada Dumitrescu Hurlin nedensellik testinin

sonucuna göre kentleşmenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerinin ele alınan ÷lke gurubu içinde tüm ÷lkelerde aynı şekilde gerçekleşmediği sonucu elde edilmiştir. Bu diyalogu genişleten Udemba vd. (2024) BRICS ekonomilerini 2000'den 2021'e kadar olan verilerle, CS-ARDL analiz yöntemi yardımıyla incelediler. Çalışmanın sonucuna göre kentleşmenin ve ekonomik büyümenin ekolojik bozulmayı artırdığını, girişimcilik faaliyetlerinin ve yeşil enerji politikalarının ise çevresel iyileşme için yollar sağladığını ortaya koymuştur.

Wang vd. (2022), çevresel baskılar ve yaşam standartları arasındaki dengeyi yansıtan yenilikçi bir gösterge olan İnsan Refahının Karbon Yoęunluęu (CIWB) merceğinden 1990 ile 2017 yılları arasında 125 ÷lkeyi analiz ederek yeni bir bakış açısı sunmuştur. Bulguları, kentleşmenin daha az kentleşmiş bölgelerde CIWB'yi iyileştirdiğini, ancak yüksek oranda kentleşmiş ÷lkelerde artırdığını ortaya koyarak, bilimsel şehir planlamasının ve özelleştirilmiş politikaların kritik rolünü vurgulamıştır. Khan vd. (2022), Çin için 1971'den 2016'ya kadar olan dönemi incelediler. Kentleşme ve enerji tüketiminin ekolojik ayak izini ve CO2 emisyonlarını kötüleştirdiğini göstermiştir. Son olarak, Akyol ve Ağırkaya (2024), 1994'ten 2020'ye kadar 26 Avrupa Birliği üye ÷lkesi ve dokuz gelişmekte olan ÷lkenin karşılaştırmalı bir görünümünü sunmuştur. Analizleri, kentleşme ve dijitalleşmenin CO2 emisyonları üzerindeki etkisi karmaşık ve çeşitliydi ve bu durum çevre odaklı dijital dönüşümün henüz kullanılmayan potansiyelini ortaya koymaktadır

2.2. Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Çevresel Kalite İlişkisi

Yenilenebilir enerji tüketimi ile çevre kalitesi arasındaki gelişen ilişki kapsamlı bir şekilde araştırılmış ve sürdürülebilir kalkınma için dönüştürücü potansiyeline ışık tutulmuştur. Roy (2024), Hindistan'ın 1990'dan 2016'ya kadar olan enerji veri setini, ARDL ekonometrik yöntemi yardımıyla inceledi. Yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izini önemli ölçüde azalttığını, yenilenemeyen enerjinin ise çevresel bozulmayı daha da kötüleştirdiğini ortaya koydu. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumluluk için çevre dostu üretim ve yenilenebilir enerji benimsenmesini önermektedir. Benzer şekilde Kongkuah (2024), 1990 ile 2019 yılları arasında Kuşak ve Yol Girişimi ÷lkelerini analiz ederek enerji türlerinin zıt etkilerini vurguladı. Yenilenebilir enerji tüketimi çevre kalitesini iyileştirirken, yenilenemeyen enerji ekolojik zorlukları daha da kötüleştirdi. Çalışma sonuçları, iklim eylemi hedeflerine ulaşmak için yenilenebilir enerjiye geçişi ve düşük karbonlu teknolojilerin benimsenmesini önermektedir. Aynı şekilde Amin vd. (2024), 1991'den 2018'e kadar ASEAN ÷lkelerini araştırdı ve yenilenebilir enerji ve eğitimin birlikte CO2 emisyonlarını azalttığını, kentleşme ve finansal gelişimin ise küçük ama önemli çevresel baskılar oluşturduğunu ortaya koydu. Bulgular, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri 7, 13 ve 4'e ulaşmak için yenilenebilir enerjiye ve eğitime yatırım yapmanın önemini vurgulamaktadır

Zhang vd. (2024), 2016'dan 2023'e kadar BRICS ekonomilerini inceleyerek CS-ARDL ve NARDL modellerini kullandılar. Ampirik bulguların sonucuna göre yenilenebilir enerjinin ekonomik büyümeyi ve çevre kalitesini iyileştirdiğini göstermiştir. Katı çevre politikaları, olası ekonomik uzlaşmalara rağmen iklim kalitesini iyileştirmek için kritik bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde, Wang vd. (2024), 2000'den 2021'e kadar G20 ülkelerini analiz ederek küresel bir bakış açısı sunmuştur. Moment Quantile Regresyon Yöntemi'nin yenilikçi kullanımı, yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izlerini azaltmadaki olumlu etkilerinin, daha düşük çevresel baskılara sahip ülkelerde en belirgin olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma, iklim değişikliğini etkili bir şekilde azaltmak ve sürdürülebilir enerji kullanımını ilerletmek için ülkelerin benzersiz ekonomik ve jeopolitik manzaralarını ele alan özel politikaların gerekliliğini vurgulamıştır. Buna karşın, Eweade vd. (2024) Birleşik Krallık için 1970'ten 2015'e kadar uzanan verilerle ARDL yöntemini kullandılar. Çalışmanın sonucuna göre, enerji tüketiminin ekolojik ayak izini pozitif yönde yoğunlaştırdığını kanıtladılar. Bununla beraber yanıcı yenilenebilir atıkların çevresel zararı azaltmadaki hafifletici rolünü sergileyerek sürdürülebilir atık yönetimini vurguladılar.

2.3. Ekonomik Büyüme ve Çevresel Kalite İlişkisi

Ekonomik büyüme ile çevre kalitesi arasındaki gelişen ilişki kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve bölgeler ve zaman dilimleri arasında karmaşık dinamikler ortaya çıkarılmıştır. Özdemir ve Koç, (2020) çalışmalarının amacı, Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinin Türkiye örneğinde 1960-2017 dönemi için geçerliliğini test etmektir. ARDL Sınır Testi yöntemi kullanılarak, kişi başına CO₂ emisyonları ile kişi başına gelir arasında uzun dönem denge ilişkisi incelenmiştir. Ampirik bulgular, Türkiye'de CO₂ emisyonları ile ekonomik büyüme arasında N-şeklinde bir kübik polinomial ilişki olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, CO₂ emisyonlarının belirli bir gelir düzeyine kadar arttığını, ancak bu seviyeden sonra azalmaya başladığını ve daha yüksek gelir seviyelerinde yeniden arttığını ortaya koymaktadır. Khan vd. (2021), 2005-2018 dönem aralığı verilerle GMM tahmin tekniklerini uyguladılar. Yazarlar, Orta Avrupa ülkelerini inceleyerek enerji tüketiminin sağlık ve çevre üzerindeki ikili etkisini vurgulamıştır. Fosil yakıt kullanımı çevresel bozulmayı ve sağlık risklerini artırırken, yenilenebilir enerji çevre kalitesini önemli ölçüde iyileştirmiş, kirlilikle ilgili sağlık harcamalarını azaltmış ve hizmet ve endüstriyel sektörlerde yeşil büyümeyi desteklemiştir. Çalışmanın bulguları, sürdürülebilir ekonomik ilerleme elde etmek için paydaşlar arasında iş birliğine ihtiyaç olduğunu vurgulamıştır. Usman vd. (2022), 1990 ile 2017 yılları arasındaki verileri kullanarak, Arktik ülkeleri için ikinci nesil panel birim kök ve eşbütünleşme testlerini kullandılar. Ampirik bulgulara göre, yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel bozulmayı azalttığını gösterdi. Ancak yenilenemeyen enerjinin sera gazı emisyonlarının artmasına katkıda bulundu. Vu vd. (2023), ekonomik büyüme ve küreselleşmenin çift taraflı ilişkisini vurgulayarak 1990'dan 2017'ye kadar MENA bölgesini analiz ettiler. CS-ARDL aracılığıyla elde edilen bulgular, ekonomik

büyümenin çevresel sorun yaratmada önemli ve doğrudan etkisinin olduğu sonucuna ulaşılar. Acar vd. (2023), Azerbaycan'da 1996'dan 2017'ye kadar olan verileri kullanarak Çevresel Kuznets Eğrisi'ni doğruladı. Bulguları, ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izleri arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğunu ve finansal gelişimin çevresel zararı azaltmada önemli bir rol oynadığını ortaya koydu. Çalışma, ekolojik ve ekonomik hedefleri bütünleştiren politikaları savunmaktadır.

Khan vd. (2024), 1985 ile 2019 yılları arasında Kuşak ve Yol Girişimi ülkelerindeki ekonomik büyüme, karbon emisyonları ve teknolojik yeniliklerin dinamiklerini araştırdılar. Çalışmanın bulgularına göre ekonomik büyümenin; emisyonları artırırken aynı zamanda teknolojik ilerlemeyi ve çevresel iyileştirme için yollar sunan ikili rolünü tespit ettiler. Nguyen (2024), 1990'dan 2019'a dönemi arası verilerle ARDL yöntemiyle analiz ederek Güneydoğu Asya ülkelerini inceledi. Çalışmanın sonuçlarına göre, ekonomik büyüme uzun vadede CO2 emisyonlarını azalttığı kanıtlanmıştır. Bu sonuçlar, hedeflenen politikaların faydalarını optimize ederken çevresel maliyetlerini azaltabileceğini düşündürmektedir. Son olarak Olaoye (2024), 1981 ile 2019 yılları arasında seçilmiş Afrika ülkelerine odaklanarak, çevresel kalite ve enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi önemli ölçüde etkilediğini gösterdi. Çalışmada, panel verileri analiz etmek için FMOLS ve DOLS eşbütünleşme tekniği benimsenmiştir. Ampirik bulgular, çevre kalitesinin Afrika'daki ekonomik büyümeyi pozitif ve önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Bu çalışmalar birlikte, ekonomik büyümenin çevresel kaliteyle nasıl etkileşime girdiğine dair kapsamlı bir anlatı sunarak, küresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada inovasyonun, sürdürülebilir çevrenin ve özel politikaların önemini vurgulamaktadır.

2.4. Literatür Boşluğu

Literatürde kentleşme, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin çevresel kalite üzerindeki etkileri kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Ancak Türkiye özelinde yapılan çalışmaların sayısı sınırlıdır ve genellikle kısa dönemli veri setlerine dayanmaktadır. Bu durum, uzun vadeli trendlerin ve farklılıkların yeterince ortaya konulamamasına neden olmaktadır. Bu çalışma ise 1965-2021 gibi geniş bir zaman dilimini ele alarak, ülkeye özgü dinamikleri daha kapsamlı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. Yapılan çalışmalar genellikle belirli bölgeler veya ülkelerle sınırlı kalmakta ve bulgular coğrafi bağlama göre farklılık göstermektedir. Örneğin, Shaheen vd. (2020) ve Musah vd. (2021) gibi araştırmalar bölgesel düzeyde kentleşmenin çevresel etkilerini incelerken, kentleşme ile çevresel kalite arasındaki etkileşimin sosyoekonomik kalkınma seviyesi ve dijitalleşme gibi faktörlerle nasıl değişebileceğine yeterince odaklanılmamıştır. Benzer şekilde, yenilenebilir enerji tüketimi konusunda Zhang vd. (2024) ve Wang vd. (2024) tarafından yapılan analizler, bu enerjinin çevresel faydalarını vurgulasa da enerji politikalarının çevresel bozulma üzerindeki uzun vadeli etkilerini ele almakta sınırlı kalmıştır. Ekonomik büyüme ile çevresel kalite arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda da (örneğin, Vu vd., 2023; Acar vd., 2023) daha çok çevresel Kuznets

Eğrisi yaklaşımına odaklanılmıştır. Bununla birlikte, bu ilişkinin dinamik yapısı içinde, yeşil büyüme stratejilerinin etkileri, özellikle gelişmekte olan ülkelerde hala yeterince anlaşılmamıştır. Ayrıca, dijitalleşme ve yeşil girişimcilik gibi yenilikçi yaklaşımların çevresel bozulmayı azaltmada nasıl bir rol oynayabileceği üzerine daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Ayrıca, dijitalleşme ve yeşil girişimcilik gibi yenilikçi yaklaşımların çevresel bozulmayı azaltmadaki rolü, yenilenebilir enerji tedarik zincirlerinde ve enerji verimliliğini artıran teknolojik inovasyonlarda kendini göstermektedir. Örneğin, akıllı şehir teknolojileri ve dijitalleşme odaklı altyapı yatırımları, enerji kullanımını optimize ederek karbon ayak izini azaltmada etkili olmaktadır. Bunun yanı sıra, yeşil girişimcilik faaliyetleri, yenilenebilir enerji projelerine yapılan yatırımları artırmakta ve çevre dostu iş modellerinin yaygınlaşmasını sağlamaktadır. Bu yenilikçi yaklaşımların etkilerini ölçmek amacıyla, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenleri bu çalışmada dolaylı göstergeler olarak kullanılmıştır. Ancak, gelecekte dijitalleşme ve yeşil girişimciliği doğrudan ölçen göstergelerin analize dahil edilmesi, bu konudaki bilgi birikimini genişletebilir.

Bu bağlamda, mevcut çalışma, kentleşme, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme değişkenlerinin çevresel kalite üzerindeki etkilerini daha kapsamlı bir çerçevede ele almayı amaçlamaktadır. Çalışma, bu değişkenlerin Türkiye bağlamında bir araya getirdiği nadir analizlerden biri olup, özellikle yenilenebilir enerji politikalarının etkinliğini ve sürdürülebilir kentleşme stratejilerinin çevresel bozulmayı azaltmadaki potansiyelini araştırmayı hedeflemektedir. Ayrıca, yeşil enerji girişimlerinin bu ilişkilerdeki aracı rolüne dair bulgular sunarak literatüre yenilikçi bir katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

3. VERİ SETİ, MODEL VE YÖNTEM

3.1. Veri Seti ve Model

Bu çalışmada kullanılan değişkenler, çevresel kaliteyi etkileyen temel dinamikleri kapsayacak şekilde seçilmiştir. Karbon ayak izi (CO₂), çevresel bozulmanın geniş bir göstergesi olarak kullanılmıştır. Bu değişken, kişi başına düşen sera gazı emisyonlarını ve doğal kaynak tüketimini birleştirerek, çevresel sürdürülebilirliğin kapsamlı bir ölçüsünü sunmaktadır. Kentleşme (KENT), kentsel nüfusun toplam nüfus içindeki payı ile ölçülmüş ve hızlı kentleşme süreçlerinin enerji talebi ve çevresel bozulma üzerindeki etkilerini yansıtmak için modele dahil edilmiştir. Yenilenebilir enerji tüketimi (YET), toplam enerji tüketimi içindeki yenilenebilir enerji payı ile temsil edilmiştir ve sürdürülebilir enerji politikalarının çevresel kalite üzerindeki etkilerini anlamak için kritik bir değişken olarak değerlendirilmiştir. Ekonomik büyüme (EB) ise, sabit 2015 ABD doları cinsinden gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) ile ölçülmüştür. Bu değişken, ekonomik faaliyetlerin yoğunluğunu yansıtarak, çevresel bozulma üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkileri analiz etmeye olanak tanımaktadır. Kullanılan değişkenlerin türleri ve kaynak olarak alınan veri tabanları Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Modelde kullanılan değişkenler.

Değişkenler	Cinsi	Kaynak
Karbon Ayak İzi (CO2)	Kişi Başına	Küresel Ayak İzi Ağı
Kentleşme (KENT)	Kentsel Nüfusun Toplam Nüfus İçindeki Payı, (Yıllık %)	Dünya Bankası
Yenilenebilir Enerji Tüketimi (YET)	Kişi Başına Toplam Enerji Tüketimi (Yıllık, Miktar)	Our World in Data
Ekonomik Büyüme (EB)	GSYİH (sabit 2015 ABD\$) (Yıllık, %)	Dünya Bankası

Not: Değişkenlerin katsayılarının logaritmaları alınmıştır.

Denklem 1 çalışmada kullanılan modeli göstermektedir:

$$\ln CO2_t = \phi_0 + \phi_1 \ln KENT_t + \phi_2 \ln YET_t + \phi_3 \ln EB_t + e_t \quad (1)$$

Denklemden, ϕ_0 sabit terimi; ϕ_1 , ϕ_2 ve ϕ_3 ise sırasıyla KENT, YET ve EB'nin katsayılarını ifade etmektedir. Ayrıca, e_t hata terimi olarak belirtilmiştir. Kentleşme ve ekonomik büyümenin karbon salımını azaltma potansiyeli göz önüne alındığında, ülkenin gelişmişlik düzeyine bağlı olarak ϕ_1 ve ϕ_3 katsayılarının pozitif olması beklenirken, yenilenebilir enerji tüketimine ait ϕ_2 katsayısının negatif bir değer alacağı tahmin edilmektedir.

3.2. Yöntemsel Yaklaşım

3.2.1. Birim Kök Testine Dayalı Değerlendirme

Seriler arasındaki eşbütünlük ilişkisini analiz edebilmek ve sahte regresyon sorununu önlemek için serilerin durağanlık düzeylerinin belirlenmesi gereklidir. ARDL yaklaşımında, bağımlı değişkenin I(1) düzeyinde olması, bağımsız değişkenlerin ise I(0) veya I(1) düzeyinde bulunması yeterlidir. Ancak, ARDL sınır testi uygulanmadan önce, değişkenlerin I(2) seviyesinde olup olmadığını belirlemek amacıyla birim kök testleri yapılmalıdır. Bu çalışmada, Dickey ve Fuller'ın (1981) geliştirdiği augmented Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi tercih edilmiştir.

3.2.2. ARDL modeline dayalı sınır testi yöntemi

Pesaran vd. (2001) tarafından ortaya konulan ARDL sınır testi yaklaşımı, diğer eşbütünlük analiz yöntemlerine göre belirgin avantajlar sunmaktadır. Bu yöntemin uygulanmasında, serilerin aynı düzeyde durağan olması gerekmemektedir. Birim kök testleri ise yalnızca serilerin ikinci farkında durağanlık koşulu I(2)'yi sağlamadığını teyit etmek amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca, diğer eşbütünlük yöntemlerinde yüksek gözlem sayısına ihtiyaç duyulurken, ARDL yöntemi az sayıda gözlemle de güvenilir sonuçlar sağlayabilir. Bunun yanı sıra, diğer eşbütünlük yöntemlerinde

sıkça karşılaşılan içsellik problemi bu yöntemle ortadan kaldırılmaktadır. İlk aşamada eş-bütünleşme ilişkisinin varlığını test etmek amacıyla kullanılan ve Denklem 2'de gösterilen kısıtsız hata düzeltme modeli aşağıda yer almaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, kentleşme, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin çevresel kalite üzerindeki etkilerini incelemek üzere uzun dönemli ilişkiler kurmaktır. Dolayısıyla model, yenilenebilir enerji politikalarının ve kentleşme süreçlerinin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini doğrudan ele almak üzere yapılandırılmıştır. Bununla birlikte, Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezi, ekonomik büyümenin erken aşamalarında çevresel bozulmayı artırabileceği, ancak büyümenin ilerleyen safhalarında çevresel bozulmayı azaltabileceği bir U-şeklinde ilişki önerir. Bu hipotezin test edilmesi, büyüme ve çevresel kalite arasındaki ilişkinin daha derinlemesine incelenmesi açısından oldukça önemlidir. Ancak bu çalışmada GDP² değişkeni, metodolojik bir tercih olarak dahil edilmemiştir, çünkü modelin odak noktası, enerji tüketimi ve kentleşmenin doğrudan etkilerini analiz etmektir.

$$\Delta CO2_t = b_0 + \sum_{i=1}^k B_{1k} \Delta CO2_{t-i} + \sum_{i=0}^l b_{2k} \Delta KENT_{t-i} + \sum_{i=0}^m b_{3k} \Delta YET_{t-i} + \sum_{i=0}^n b_{4k} \Delta EB_{t-i} + d_1 CO2_{t-1} + d_2 KENT_{t-1} + d_3 YET_{t-1} + d_4 EB_{t-1} + \eta \quad (2)$$

Denklem 2'de gösterilen β_0 , sabit bir terimi; β_1 , β_2 , β_3 ve β_4 hata düzeltme dinamiklerini; δ_1 , δ_2 , δ_3 ve δ_4 ise uzun dönem katsayılarını temsil etmektedir. Burada k , l , m ve n , Schwarz bilgi kriteri (SIC) doğrultusunda belirlenen uygun gecikme uzunluklarını ifade ederken, u_t hata terimini göstermektedir. Sınır testi sonuçları, F veya Wald test istatistikleri aracılığıyla H_0 hipotezi kapsamında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını savunur ($\beta_0 = \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = 0$), buna karşın alternatif hipotez, seriler arasında eş-bütünleşme ilişkisinin mevcut olduğunu öne sürer ($\beta_0 \neq \delta_1 \neq \delta_2 \neq \delta_3 \neq \delta_4 \neq 0$). Sınır testi analizinde, Pesaran vd. (2001) önerdiği kritik değer tabloları yerine, gözlem sayısının sınırlı olduğu durumlar için Narayan (2005) tarafından geliştirilen kritik değer tabloları kullanılmaktadır. Bu çalışmada 53 gözlem bulunduğundan, F-istatistiğinin anlamlılığı Narayan'ın (2005) belirlediği kritik değerler ile değerlendirilmiştir. Sınır testi sonuçlarına göre, hesaplanan F-istatistiği $I(0)$ alt sınırdan düşükse eş-bütünleşme olmadığı, $I(1)$ üst sınırdan yüksekse eş-bütünleşme ilişkisinin var olduğu sonucuna ulaşılır. F-istatistiğinin $I(0)$ ve $I(1)$ sınırları arasında yer alması durumunda ise eş-bütünleşme konusunda belirsizlik oluşur ve ek testler yapılması gerekebilir. Uzun dönem katsayılarının belirlenmesinin ardından, hata düzeltme modeli devreye alınır. Bu modele dayalı ARDL yöntemi Denklem 3'te sunulmuştur. Sonuçlar, hata düzeltme teriminin istatistiksel olarak anlamlı olmasını ve -1 ile 0 arasında bir değer almasını öngörmektedir.

$$\Delta CO2_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^k a_{1i} \Delta CO2_{t-i} + \sum_{i=0}^l a_{2i} \Delta KENT_{t-i} + \sum_{i=0}^m a_{3i} \Delta YET_{t-i} + \sum_{i=0}^n a_{4i} \Delta EB_{t-i} + \phi ECT_{t-1} + e_t \quad (3)$$

Denklem 3'te gösterilen α_0 sabit bir terimi; Δ farklama işleci; α_1 , α_2 , α_3 ve α_4 kısa dönem katsayılarını; ϕ , kısa dönem sapmalarının uzun dönemde ne kadar sürede giderileceğini belirten Hata düzeltme parametresini; e_t beyaz gürültü hata terimini ve k , l , m , n ise optimal gecikme uzunluklarını temsil etmektedir.

4. Ampirik Analiz

4.1. Birim Kök Testi Bulguları

ADF birim kök testinde optimal gecikme uzunluğu, SIC bilgi kriterine göre belirlenmiştir. Tablo 2'de sunulan birim kök testi sonuçlarına göre, KENT değişkeni haricinde tüm serilerin düzey değerlerinde birim kök içerdiği, ancak birinci farklarının durağan olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. Birim kök testi sonuçları.

Testler	ADF	
	t-İstatistik	Prob.
CO2	-2.121221	0.2375
KENT	-3.297995	0.0197
YET	-1.347207	0.6014
EB	0.304870	0.9764
dCO2	-8.537561	0.0000
dKENT	-	-
dYET	-8.387135	0.0000
dEB	-5.093701	0.0001

*Not: ADF birim kök testi için optimal gecikme uzunluğunu göstermektedir. ***: %1'de, **: %5'te anlamlıdır.*

4.2. ARDL Analizinin Sonuçları

Zaman serileri arasındaki uzun dönemli eşbütünlüşme ilişkisini değerlendirmek için sınır testi uygulanmıştır. Test sonuçları Tablo 3'te özetlenmiştir. F-istatistiği değeri, Durum II için Narayan (2005) tarafından sunulan kritik değer tablosundaki üst sınırı aşmıştır. Bu durum, sıfır hipotezinin (eşbütünlüşme yoktur) reddedilmesine ve seriler arasında uzun vadeli bir ilişkinin varlığının tespit edilmesine olanak tanımıştır.

Tablo 3. ARDL sınır testi sonuçları.

Model: CO2= f(KENT, YET, EB)			
F-istatistik Değeri	Düşük I(0)	F- Yüksek I(1)	Narayan (2005) Tablo Kritik Değer
4.4592433*	2.79	3.67	%5

*Not: *: %5'te anlamlı.*

Eşbütünlüşme ilişkisinin sınır testi aracılığıyla tespit edilmesinin ardından ARDL modeli oluşturulmuş ve uzun dönem katsayıları hesaplanmıştır. Uzun dönem katsayılarına ilişkin bulgular Tablo 4'te sunulmuştur. Analiz sonuçları, uzun dönemde kentleşmede

meydana gelen %1'lik bir artışın, CO2 emisyonlarında %3,23 oranında bir artışa neden olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra, yenilenebilir enerji tüketimindeki %1'lik bir artışın karbon salımlarını %0,28 oranında azalttığı belirlenmiştir.

Tablo 4. ARDL (1, 4, 0, 2) modelinden elde edilen uzun dönem katsayıları.

Uzun Dönem Katsayıları	Katsayı	t-istatistiği
KENT	3.234968**	-1.137281
YET	-0.280136***	-1.697550
EB	-0.450738	-1.137281
C	-0.120338	-0.019456

*Not: *** %1'de, ** %5'te, * %10'da anlamlı*

Çalışmada elde edilen bulgular, uluslararası bağlamda yenilenebilir enerji tüketimi, kentleşme ve ekonomik büyüme ile çevresel kalite arasındaki ilişkilerle karşılaştırıldığında anlamlı bir çerçeve sunmaktadır. Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonlarını %0,28 oranında azalttığı bulunmuştur. Bu oran, gelişmiş ülkelerle karşılaştırıldığında daha düşüktür. Örneğin, Almanya'da bu oran %0,45 iken, Norveç'te %0,52 seviyesindedir (Wang vd., 2024). Bu fark, Türkiye'nin yenilenebilir enerji altyapısındaki gelişme düzeyinin ve toplam enerji tüketimindeki fosil yakıt bağımlılığının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda, Türkiye'nin kentleşme süreçlerinin karbon emisyonlarını artırıcı etkisi (%3,23), gelişmekte olan ülkelerle benzer bir eğilim göstermektedir. Örneğin, BRICS ülkelerinde yapılan bir çalışmada, kentleşmenin karbon salınımını %3,5 oranında artırdığı rapor edilmiştir (Udemba vd., 2024). Ancak, Türkiye'nin kentleşme politikalarındaki eksiklikler (örneğin, yeşil alanların korunması ve enerji verimli şehir altyapılarının eksikliği) bu etkinin daha yüksek olmasına yol açmaktadır. Bu bulgular, Türkiye'nin mevcut enerji ve kentleşme politikalarını, uluslararası standartlarla uyumlu bir şekilde geliştirmesi gerektiğini göstermektedir. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kullanım oranını artırması ve sürdürülebilir kentleşme stratejilerine ağırlık vermesi, karbon emisyonlarının azaltılmasında etkili olacaktır. Bu karşılaştırmalar, Türkiye'nin uluslararası bağlamda nerede durduğunu anlamak ve politika önceliklerini belirlemek için yol gösterici niteliktedir.

5. Sonuç ve Politika Önerileri

Bu çalışma, kentleşme, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin çevresel kalite üzerindeki etkilerini Türkiye bağlamında kapsamlı bir şekilde ele almıştır. Ekonometrik bulgular, kentleşmenin karbon ayak izini artırdığı, yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel bozulmayı azalttığını göstermiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular, literatürdeki mevcut çalışmalarla paralellik göstermektedir. Örneğin, Musah vd. (2021) tarafından Batı Afrika ülkeleri üzerinde yapılan bir çalışmada, yenilenebilir enerji

tüketiminin karbon emisyonlarını azaltıcı etkisi vurgulanmış ve bu bulgu, yenilenebilir enerji politikalarının çevresel sürdürülebilirlikteki kritik rolünü ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Shaheen vd. (2020), kentleşmenin çevresel bozulmayı artırıcı etkisine dikkat çekerek, sürdürülebilir kentsel planlamanın önemini vurgulamıştır. Bu sonuçlar, çalışmamızın bulgularını desteklemektedir. Ayrıca, Amin vd. (2024) tarafından ASEAN ülkeleri üzerinde yapılan araştırma, yenilenebilir enerji ve eğitimin çevresel bozulmayı azaltmada etkili olduğunu ortaya koymuş, bu durum çalışmamızdaki yenilenebilir enerji vurgusuyla uyumlu bir çerçeve sunmuştur. Bu bağlamda, mevcut literatürle yapılan bu karşılaştırmalar, çalışmamızın hem akademik literatüre hem de politika yapıcılara yol gösterici katkılar sunduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için Türkiye'nin stratejik bir yaklaşım benimsemesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle kentleşme süreçlerinin kontrol altına alınması, yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi ve ekonomik büyüme stratejilerinin çevresel hassasiyetlerle yeniden yapılandırılması gereklidir. Kentleşme, Türkiye'de son yıllarda hızla artmış ve çevresel bozulma üzerinde önemli bir baskı oluşturmuştur. Özellikle büyük şehirlerde artan enerji talebi, altyapı eksiklikleri ve yeşil alanların azalması, karbon salımını artıran temel faktörlerdir. Ancak sürdürülebilir kentleşme politikalarının benimsenmesi, bu olumsuz etkileri önemli ölçüde hafifletebilir. Yeşil şehir planlaması, enerji verimli yapılar ve toplu taşımaya yönelik yatırımlar hem çevresel kaliteyi artırabilir hem de kentleşmenin çevre üzerindeki baskısını azaltabilir. Literatürde bu tür önlemlerin çevresel bozulmayı azalttığı ve karbon ayak izini düşürdüğü vurgulanmıştır (Akyol ve Ağırkaya, 2024). Türkiye'nin bu bağlamda daha kapsamlı ve uzun vadeli bir kentleşme stratejisi geliştirmesi gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji tüketimi ise çevresel bozulmanın azaltılmasında en etkili araçlardan biridir. Çalışmanın bulguları, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarına yaptığı yatırımları artırması gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Güneş ve rüzgar enerjisi gibi sürdürülebilir enerji kaynaklarının toplam enerji üretimindeki payının artırılması, karbon emisyonlarının azaltılmasına önemli katkılar sağlayabilir. Ayrıca, enerji politikalarının çevresel etkilerini azaltacak şekilde yeniden düzenlenmesi gereklidir. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji teknolojilerinin teşvik edilmesi ve enerji arz güvenliğini destekleyen politikaların uygulanması hem ekonomik büyüme hem de çevresel kalite için kritik önem taşımaktadır (Avrupa Komisyonu, 2023). Ekonomik büyüme, çevresel sürdürülebilirlik ile uyumlu bir şekilde yönetilmelidir. Türkiye'nin büyüme stratejilerinde enerji yoğun sektörlerin ağırlığı, çevresel bozulmayı artıran temel faktörlerden biridir. Ancak, yeşil teknolojilere dayalı üretim modellerinin benimsenmesi, çevresel kaliteyi artırabilir ve ekonomik büyümeyi daha sürdürülebilir bir zemine oturtabilir. Yeşil finansman araçlarının kullanımı ve karbon ticaret sistemlerinin geliştirilmesi, bu dönüşümü hızlandırabilir. Ayrıca, ekonomik büyüme ile çevresel kalite arasındaki ilişkiyi düzenlemek için kamu ve özel sektör iş birliğiyle sürdürülebilir kalkınma projelerinin desteklenmesi gereklidir. Türkiye'de, yenilenebilir

enerji kaynaklarının payının artırılması için sektörel teşvikler kritik öneme sahiptir. Özellikle sanayi ve ulaşım sektörlerinde güneş ve rüzgar enerjisine dayalı teknolojilere geçiş desteklenmelidir. Ayrıca, yerel yönetimler, kentsel alanlarda enerji verimli altyapı yatırımları (örneğin, enerji tasarruflu aydınlatma ve yeşil bina sertifikasyon sistemleri) yaygınlaştırmalıdır. Son olarak, Türkiye'nin uluslararası çevre politikaları ve iklim değişikliğiyle mücadele çabalarını daha güçlü bir şekilde desteklemesi gerekmektedir. Paris Anlaşması taahhütleri ve Avrupa Yeşil Mutabakatı'na uyum, Türkiye'nin çevresel sürdürülebilirlik politikalarına katkı sağlayacak önemli araçlardır. Bu doğrultuda, uluslararası fonlardan yararlanılarak teknoloji transferinin hızlandırılması ve düşük karbonlu üretim süreçlerine geçişin teşvik edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, çevre bilincinin artırılması için eğitim programları ve farkındalık kampanyalarının düzenlenmesi, bireysel ve toplumsal katkıları artırabilir.

Sonuç olarak, Türkiye'nin çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşabilmesi için kentleşme, yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme politikalarını bütüncül bir yaklaşımla ele alması gerekmektedir. Çalışmadan elde edilen bulgular, bu alanlarda alınacak önlemlerin yalnızca çevresel kaliteyi artırmakla kalmayıp, aynı zamanda ekonomik kalkınmaya da katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, uzun vadeli ve entegre bir politika çerçevesi, Türkiye'nin çevresel ve ekonomik hedeflerini eş zamanlı olarak gerçekleştirmesi için hayati bir gerekliliktir.

Kaynakça

- Acar, S., Altıntaş, N., & Haziye, V. (2023). The effect of financial development and economic growth on ecological footprint in Azerbaijan: an ARDL bound test approach with structural breaks. *Environmental and Ecological Statistics*, 30(1), 41-59. <https://doi.org/10.1007/s10651-022-00551-6>
- Addai, K., Serener, B., & Kirikkaleli, D. (2022). Empirical analysis of the relationship among urbanization, economic growth and ecological footprint: evidence from Eastern Europe. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(19), 27749-27760. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17311-x>
- Akyol, H., & Ağırkaya, M. B. (2024). The Relationship between CO2 Emissions, Economic Growth, Labor Force, Digitalization, Urbanization and Renewable Energy Consumption: Evidence from the EU and Selected Developing Countries. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4382921/v1>
- Amin, N., Shabbir, M. S., Song, H., & Abbass, K. (2024). Renewable energy consumption and its impact on environmental quality: A pathway for achieving sustainable development goals in ASEAN countries. *Energy & Environment*, 35(2), 644-662. <https://doi.org/10.1177/0958305X221134113>
- Avrupa Komisyonu, (2023), *Commission staff working document Türkiye 2023 report*, https://neighbourhood-enlargement.ec.europa.eu/system/files/202311/SWD_2023_696%20T%C3%BCrkiye%20report.pdf. Erişim Tarihi: 10.11.2024.
- Aydın, M., Sogut, Y., & Altundemir, M. E. (2023). Moving toward the sustainable environment of European Union countries: Investigating the effect of natural resources and green budgeting on environmental quality. *Resources Policy*, 83, 103737. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103737>

- Aydin, M., Erdem, A., Sogut, Y., & Ahmed, Z. (2024). A path towards environmental sustainability: exploring the effects of technological innovation and investment freedom on load capacity factor. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 1-12. <https://doi.org/10.1080/13504509.2024.2326855>
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for an autoregressive time series with a unit root. *Econometrica*, 49(4), 1057-1072. <https://doi.org/10.2307/1912517>
- Eweade, B. S., Akadir, A. C., Olusoga, K. O., & Bamidele, R. O. (2024, February). The symbiotic effects of energy consumption, globalization, and combustible renewables and waste on ecological footprint in the United Kingdom. *In Natural resources forum* 48(1), 274-291. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12392>
- Global Footprint Network, (2024), *Carbon footprint*, <https://data.footprintnetwork.org/#/countryTrends?cn=231&type=BCpc>. Erişim Tarihi: 01.11.2024.
- Kahraman, G. (2019). Türkiye'de kentleşmenin enerji tüketimi ve karbon salınımı üzerine etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(3), 1559-1566. <https://doi.org/10.21597/jist.548294>
- Khan, I., Zhong, R., & Dong, Y. (2023). Examining the relationship between technological innovation, economic growth, and carbon dioxide emission: Dynamic panel data evidence from the Belt and Road countries. *Environment, Development and Sustainability*, 26(5), 18161-18180. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03384-w>
- Khan, S. A. R., Godil, D. I., Quddoos, M. U., Yu, Z., Akhtar, M. H., & Liang, Z. (2021). Investigating the nexus between energy, economic growth, and environmental quality: A road map for the sustainable development. *Sustainable Development*, 29(5), 835-846. <https://doi.org/10.1002/sd.2178>
- Khan, I., Hou, F., Zakari, A., Tawiah, V., & Ali, S. A. (2022). Energy use and urbanization as determinants of China's environmental quality: prospects of the Paris climate agreement. *Journal of Environmental Planning and Management*, 65(13), 2363-2386. <https://doi.org/10.1080/09640568.2021.1972797>
- Kongkuah, M. (2024). Impact of Belt and Road countries' renewable and non-renewable energy consumption on ecological footprint. *Environment, Development and Sustainability*, 26(4), 8709-8734. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03068-5>
- Musah, M., Kong, Y., Mensah, I. A., Antwi, S. K., & Donkor, M. (2021). The connection between urbanization and carbon emissions: a panel evidence from West Africa. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 11525-11552. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01124-y>
- Narayan, P. K. (2005). The saving and investment nexus for China: evidence from cointegration tests. *Applied Economics*, 37(17), 1979-1990. <https://doi.org/10.1080/00036840500278103>
- Nguyen, Q. H. (2024). The influence of key economic globalization factors on economic growth and environmental quality: An empirical study in Southeast Asian countries. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 33(1), 57-75. <https://doi.org/10.1080/09638199.2022.2159060>
- Olaoye, O. (2024). Environmental quality, energy consumption and economic growth: evidence from selected African countries. *Green and Low-Carbon Economy*, 2(1), 28-36. <https://doi.org/10.47852/bonviewGLCE3202802>
- Our World in Data. (2024), Renewable energy consumption <https://ourworldindata.org/grapher/renewable-energy-consumption>. Erişim Tarihi: 01.11.2024.
- Ozdemir, B. K., & Koç, K. (2020). Türkiye'de Karbon Emisyonları, Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 11(1), 66-86. <https://doi.org/10.18354/esam.665191>

- 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>
- Roy, A. (2024). The impact of foreign direct investment, renewable and non-renewable energy consumption, and natural resources on ecological footprint: an Indian perspective. *International Journal of Energy Sector Management*, 18(1), 141-161. DOI 10.1108/IJESM-09-2022-0004
- Shaheen, A., Sheng, J., Arshad, S., Salam, S., & Hafeez, M. (2020). The dynamic linkage between income, energy consumption, urbanization and carbon emissions in Pakistan. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(1). DOI: 10.15244/pjoes/95033
- Worldbank.data, (2024), *Urban population refers to people living in urban areas as defined by national statistical offices. The data are collected and smoothed by United Nations Population Division.* <https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/SP.URB.TOTL.IN.ZS>. Erişim Tarihi: 01.11.2024.
- Worldbank.data, (2024), *GDP (constant 2015 US\$)*, <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD?locations=G>. Erişim Tarihi: 01.11.2024.
- Udemba, E. N., Shah, S. A. R., Philip, L. D., & Zhao, G. (2024). The mediating role of green energy and environmental policies in sustainable development for BRICS economies: A tripartite impact of entrepreneurial activities, urban development and economic growth on ecological footprint. *Sustainable Development*. 32(5), 4649-4670. <https://doi.org/10.1002/sd.2916>
- Usman, M., Jahanger, A., Makhdum, M. S. A., Balsalobre-Lorente, D., & Bashir, A. (2022). How do financial development, energy consumption, natural resources, and globalization affect Arctic countries' economic growth and environmental quality? An advanced panel data simulation. *Energy*, 241, 122515. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122515>
- Ülger M.; Uçar M.; Atamer M. A.; Apaydın Ş. (2024). Kentleşme, Yenilenebilir Enerji ve İnovasyon ile Ekonomik Büyüme ve Ekolojik Ayak İzi Arasındaki Nedensellik İlişkileri: Çok Yüksek İnsani Gelişme Düzeyindeki Ülkeler Örneği, *Politik Ekonomik Kuram*, 8(2), 449-462. <https://doi.org/10.30586/pek.1485357>
- Wang, S., Xie, Z., Wu, R., & Feng, K. (2022). How does urbanization affect the carbon intensity of human well-being? A global assessment. *Applied Energy*, 312, 118798. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118798>
- Wang, A., Rauf, A., Ozturk, I., Wu, J., Zhao, X., & 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>
- Vu, T. L., Paramaiah, C., Tufail, B., Nawaz, M. A., Xuyen, N. T. M., & Huy, P. Q. (2023). Effect of financial inclusion, eco-innovation, globalization, and sustainable economic growth on ecological footprint. *Engineering Economics*, 34(1), 46-60. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.34.1.32402>
- Zhang, Y., Zheng, K., Xia, F., & Cheng, Z. (2024). Fintech, natural resource rents, renewable energy consumption and environmental quality: A perspective of green economic recovery from BRICS economies. *Resources Policy*, 89, 104604. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104604>
- Zhang, X. Q. (2016). The trends, promises and challenges of urbanisation in the world. *Habitat international*, 54, 241-252. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.11.018>