

İNTERNET KULLANIMININ EKOLOJİK AYAK İZİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

THE IMPACT OF INTERNET USE ON ECOLOGICAL FOOTPRINT: EVIDENCE FROM
TURKIYE

Fergül ÖZGÜN*, Fatih AKIN**

Öz

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin çevre kirliliğini artıracakını öne süren görüşler olmakla birlikte, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelerin çevre kirliliğini azaltarak çevresel kaliteyi yükselteceğini savunan görüşler de mevcuttur. Bu çalışma, çevresel kalite ile bilgi ve iletişim teknolojileri arasındaki ilişkiyi Türkiye örneği üzerinden incelemektedir. Böylece Türkiye’de hangi görüşün geçerli olduğunun uygulamalı olarak test edilmesi amaçlanmaktadır. Çevresel kaliteyi temsilen ekolojik ayak izi, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeleri temsilen internet kullanan bireylerin oranı kullanılmıştır. Açıklayıcı değişken olarak da ekonomik büyüme ve enerji tüketimi modele eklenmiştir. Artırılmış Otoregresif Dağıtılmış Gecikmeli (ARDL) sınır testinin uygulandığı analizde 1993-2022 arasındaki yıllık veriler yer almaktadır. Analiz sonuçlarına göre kısa dönemde internet kullanım oranının ekolojik ayak izi üzerinde pozitif ancak anlamsız bir etkisi vardır. Uzun dönemde ise internet kullanımının ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi negatif ve anlamlıdır. Türkiye’de internet kullanım oranının artması ekolojik ayak izini azaltarak çevresel kaliteyi olumlu yönde etkilemektedir. Ekonomik büyüme göstergesinin hem kısa hem uzun dönemde ekolojik ayak izine etkisi pozitif, enerji tüketiminin etkisi ise uzun dönemde negatif ve anlamsızdır.

Anahtar Kelime: Ekolojik Ayak İzi, İnternet Kullanım Oranı, Ekonomik Büyüme, ARDL, Türkiye.

Abstract

Although there are views that suggest that information and communication technologies will increase environmental pollution, there are also views that argue that developments in information and communication technologies will reduce environmental pollution and increase environmental quality. This study examines the relationship between environmental quality and information and communication technologies through the example of Turkey. Thus, it is aimed to practically test which view is valid in Turkey. Ecological footprint was used to represent environmental quality, and the rate of individuals using the internet was used to represent developments in information and communication technologies. Economic growth and energy consumption were added to the model as explanatory variables. The analysis, in which the Augmented Autoregressive Distributed Lag (ARDL) bounds test is applied, includes annual data 1993-2022. According to the analysis results, the internet usage rate has a positive but insignificant effect on the ecological footprint in the short term. In the long term, the effect of internet use on the ecological footprint is negative and significant. The increase in the rate of internet usage in Turkey positively affects environmental quality by reducing the ecological footprint. The effect of the economic growth indicator on the ecological footprint is positive in both the short and long term, while the effect of energy consumption is negative and insignificant in the long term.

Keywords: Ecological Footprint, Internet Use, Economic Growth, ARDL, Turkey.

* Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, E-posta: fergul.ozgun@yeniyuzyil.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0633-7045

** Öğr. Gör. Dr., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Refahiye Meslek Yüksekokulu, Büro Hizmetleri ve Sekreterlik Bölümü, E-posta: fatih.akin@erzincan.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7741-4004

GİRİŞ

Sürdürülebilir kalkınma kavramının önem kazanması ve sürdürülebilir kalkınma amaçlarının belirlenmesi ile çevresel kaliteye yönelik farkındalık da artmıştır. Çevre kirliliğini azaltarak çevresel kaliteyi artırmak, çevreye duyarlı üretim sistemlerini hayata geçirmek ülkelerin ekonomi politikalarında belirleyici olmaya başlamıştır.

Çevresel kaliteyi etkileyen çok sayıda faktör bulunmaktadır. Bazı faktörler çevreyi kirliliğini artırarak çevresel kaliteyi olumsuz etkilemekte, bazı faktörler çevresel kalitenin iyileşmesine sebep olmaktadır. Bazı faktörlerin ise çevreye olan etkileri konusunda tartışmalar devam etmekte, farklı görüşler ortaya konmaktadır. Söz konusu faktörlerden biri de bilgi ve iletişim teknolojileridir. Yaşanan gelişmelere bağlı olarak bilgi ve iletişim teknolojileri üretimden sağlığa, eğitimden sosyal hayata kadar insan yaşamının her alanına girmiş durumdadır. Ancak bilgi ve iletişim teknolojilerinin çevre kalitesini azaltacağını ileri süren araştırmacılar olmakla birlikte tam aksini belirten araştırmacılar da bulunmaktadır. Bu nedenle ileri sürülen farklı görüşlerin uygulamalı olarak test edilmesi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Çünkü elde edilecek sonuçların ülkeden ülkeye farklı olması beklenebilir.

Çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı temel unsurlardan biri çevresel kaliteyi temsil eden değişken seçimidir. Çevresel kalitenin bir ölçüsü olarak karbon ayak izi veya CO₂ emisyonları, literatürde yayınlanan araştırmaların çoğunda kullanılmaktadır. Bu çalışmada çevresel kalite ekolojik ayak izi ile temsil edilmektedir. Oldukça geniş bir kavram olan ekolojik ayak izi, karbon ayak izi gibi başka çevresel göstergeleri de kapsamaktadır. Çalışmanın bir diğer farklılığı ise, ekolojik ayak izi ile bilgi ve iletişim teknolojileri arasındaki ilişkiyi ele almasıdır. Literatürde genellikle ekolojik ayak izi ile küreselleşme, turizm, vergilendirme gibi kavramlar arasındaki ilişki ele alınmıştır. Bilgi ve iletişim teknolojileri ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışma sayısı oldukça sınırlıdır, bu ilişkiyi Türkiye örneği üzerinden inceleyen çalışmaya ise rastlanmamıştır. Çalışmanın söz konusu eksikliği gidererek gelecekte yapılacak başka çalışmalara da yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma kapsamında, 1993-2022 dönemi için ekolojik ayak izi, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve internet kullanımı verileri kullanılarak Türkiye'ye yönelik ARDL sınır testi uygulanmıştır. Veri kısıtı nedeniyle bu dönem ele alınmıştır. Her değişkene ait en uzun süreli verilere ulaşılmaya çalışılmıştır. İncelenebilecek en uzun dönem 1993-2022 dönemidir. ARDL modeli çerçevesinde değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönem kat sayıları incelenerek Türkiye'de internet kullanımının ekolojik ayak izini nasıl etkilediği belirlenmeye çalışılmıştır. Böylece bilgi ve iletişim teknolojilerinin çevresel kaliteyi artırdığını veya azalttığını ileri süren

iki ana görüşten hangisinin Türkiye için geçerli olduğu sorusuna cevap aranmıştır. Çalışmada sırasıyla ekolojik ayak izine, bilgi ve iletişim teknolojileri ile çevre arasındaki ilişkiye, literatür taramasına, model, veri ve metodolojisine, uygulamanın bulgularına, sonuç ve önerilere değinilecektir.

1. Ekolojik Ayak İzi Kavramı

Ekolojik ayak izi kavramı, 1990 yıllarda ortaya atılmıştır. British Columbia Üniversitesi'nden Mathis Wackernagel ve William Rees tarafından oluşturulan bu kavram, tüketim ihtiyaçları ile mevcut doğal kaynaklar arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Ekolojik ayak izi, temelde ürün yaşam döngüsü analizine dayanmaktadır. Ürün yaşam döngüsü, bir ürünün “beşikten mezara” tüm girdi ve çıktılarını ele almaktadır (Shahzad vd., 2021, s. 2). Ürün yaşam döngüsü, o ürünü üretmek için gerekli olan malzemenin çıkarılması ile başlamaktadır. Ürünün üretimi, montajı, dağıtımını, kullanımını, imhası, imha edilmesi sonucu oluşan emisyonlar da dâhil olmak üzere geniş bir süreci kapsamaktadır. Ekolojik ayak izi, bütün bu girdi ve çıktıları ölçmeye çalışmaktadır (Ruzevicius, 2010, ss. 712-713).

Ekolojik ayak izi, başlangıçta bireylerin, firmaların, ulusların veya insan topluluklarının çevreye olan etkilerini yansıtan bir gösterge olarak geliştirilmiştir. Ancak günümüzde bunların yanı sıra kurumsal ve çevresel performansın da önemli göstergelerinden biri haline gelmiştir. Hatta sürdürülebilirliğin temel göstergelerinden biri olarak da ekolojik ayak izi kullanılmaktadır (Wiedmann & Barrett, 2010, s. 1646). Bir kişinin ekolojik ayak izi hesaplanırken o kişinin belirli bir yılda tükettiği tüm biyolojik maddeler ve ürettiği tüm biyolojik atıklar hesaba katılmaktadır. Bir şehrin ya da bir ulusun ekolojik ayak izi hesaplanırken ise o şehrin ya da ulusun bütün sakinlerinin ekolojik ayak izleri toplanmaktadır (Kitzes & Wackernagel, 2009, s. 813).

Ekolojik ayak izinin ulusal ölçekte hesaplaması yapılırken aşağıda belirtilen formül kullanılmaktadır (Akıllı vd., 2008, s. 6):

$$\text{Ekolojik Ayak İzi} = \text{Tüketim} \times \text{Üretim Alanı} \times \text{Nüfus}$$

Ekolojik ayak izi, çok bileşenli geniş bir kavramdır. Ekolojik ayak izini oluşturan bileşenler altı temel gruba ayrılarak incelenmektedir. Bu bileşenler otlak alanı ayak izi, orman alanı ayak izi, balıkçılık sahası ayak izi, tarım arazisi ayak izi, yapılaşmış alan ayak izi ve karbon ayak izidir (Erden Özsoy & Dinç, 2016, ss. 45-46).

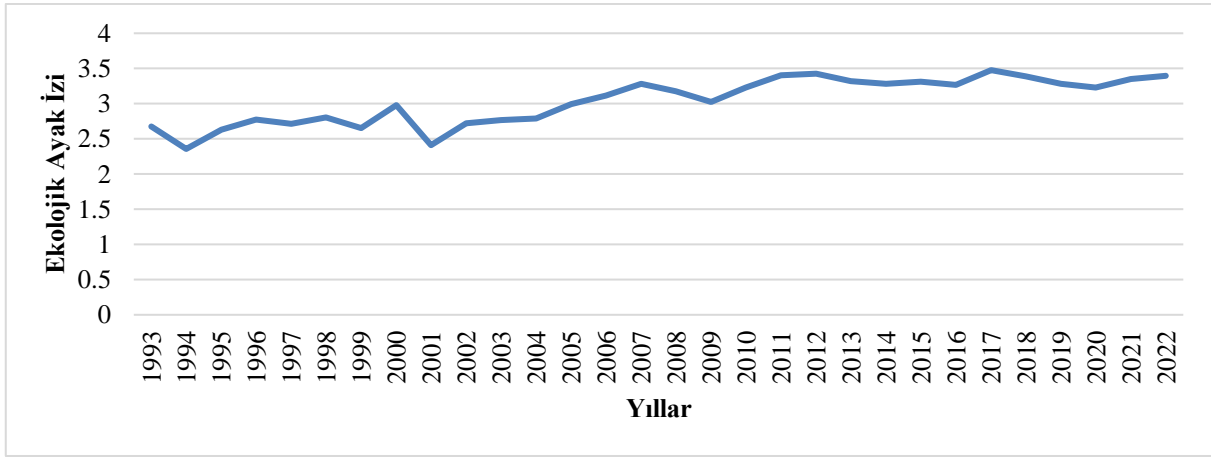
Ekolojik ayak izi, özellikle sürdürülebilir kalkınma analizleri için çok önemlidir. Ekolojik ayak izini sürdürülebilirlik kapsamında önemli kılan pek çok özellik bulunmaktadır. Bunlardan

birincisi, yukarıda belirtildiği gibi ekolojik ayak izinin ürün yaşam döngüsü ilkesine dayanmasıdır. Bir diğer önemli özellik, ekolojik ayak izinin tüketime odaklanmasıdır. Günümüzdeki en temel sorunlardan biri tüketim kalıplarının ve hacimlerinin değişmesine bağlı olarak sürdürülemez tüketim düzeyine gelmesidir (Moffatt, 2000, ss. 359-360). Ekolojik ayak izi, her türlü tüketim düzeyinde kullanılabilirliği için tüketimin çevre üzerindeki etkisini yansıtmaktadır. Ayrıca farklı tüketim kategorilerini içermesi nedeniyle çevresel sonuçların sentezini ortaya koymaktadır. Eşitliği ve küresel adaleti analizlere dâhil etmesi, eğitici ve motive edici olması, sürdürülebilir kalkınmanın zor ve uzun bir yol olduğunu göstermesi açısından da ekolojik ayak izi önemli bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (Holden, 2004, s. 99).

Hangi unsurların çevreye zarar verdiği, verilen zararın ölçülmesi, çevresel bozulmayı en doğru şekilde yansıtabilecek göstergelerin belirlenmesi son derece geniş ve güncel bir araştırma alanıdır. Çevresel kalitedeki azalışın seviyesi genellikle CO₂ emisyonu ile gösterilmektedir. Ancak son dönemlerde çevresel kaliteyi temsilen ekolojik ayak izi sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. CO₂ emisyonuna ya da karbon ayak izine göre ekolojik ayak izi, daha kapsayıcı ve daha geniş bir kavramdır. Ekolojik ayak izinin yüksek olması, çevresel kalitenin düştüğünü anlamına gelmektedir. Bu nedenle dünya genelinde ekolojik ayak izini azaltacak tedbirler hayata geçirilmeye çalışılmaktadır (Duman, 2023, ss. 278-281). Ekolojik ayak izini azaltabilmek için ise hangi faktörlerin ekolojik ayak izi üzerinde hangi yönde ve ne ölçüde etkili olduğunun belirlenmesi gereklidir. Türkiye'nin 1993-2022 yılları arasındaki kişi başına ekolojik ayak izi (gha) değerleri Grafik 1'de gösterilmiştir.

Grafik 1. Türkiye'de kişi başına ekolojik ayak izi (gha¹, 1993-2022)

¹ gha: Ortalama bir hektar ekim alanını küresel hektara dönüştürmek için, 2,51'lik ekim alanı eşdeğerlik faktörü ile çarpılır.



(Kaynak: Global Footprint Network, <https://www.footprintnetwork.org/>)

Grafik 1'e bakıldığında kişi başına ekolojik ayak izinin (gha) Türkiye'de zaman içinde yükselmiş olduğu söylenebilir. Türkiye'nin kişi başına ekolojik ayak izi 1993 yılında 2.68'dir. 1993-2004 arasında ekolojik ayak izi 3'ün altında kalmıştır. Bu dönemde ekolojik ayak izinin 2.36 ile 2.98 arasında dalgalandığı görülmektedir. 2.36 değeri 1994'te, 2.98 değeri ise 2000 yılında elde edilmiştir. 2005'te ekolojik ayak izi 3.00 olarak hesaplanmıştır. 2005'ten sonra da 3'ün altına düşmemiştir. Ekolojik ayak izi 2006 yılında 3.12 iken, 2011'de 3.40, 2017'de 3.48'dir. En güncel ekolojik ayak izi verisi 2022 yılına aittir ve bu yılın değeri 3.39'dur. Ele alınan dönemde Türkiye'nin ekolojik ayak izinin en düşük yıl 1994, en yüksek olduğu yıl 2017'dir. Ancak ekolojik ayak izinin internet kullanım oranındaki gibi düzenli bir değişimin olmadığı, bazı yıllarda artışların bazı yıllarda azalışların meydana geldiği ve daha dalgalı bir seyir izlendiği söylenebilir.

2. Bilgi ve İletişim Teknolojileri ile Çevre Arasındaki İlişki

Bilgi ve iletişim teknolojileri, buluş ve yenilikleri günlük hayatta kullanılabilir ürünler dönüşüren sistemleri ifade eden geniş kapsamlı bir kavramdır. Sabit hatlar, cep telefonları, her türlü mobil iletişim araçları, internet ağları bilgi ve iletişim teknolojilerinin sunduğu başlıca teknolojik ürünlerdir. Bilgi ve iletişim teknolojileri aynı zamanda, teknolojik gelişmelerin kullanım alanlarının genişletilmesini sağlamaktadır (Stanley vd., 2015, s. 6). Bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan gelişmeler internet kullanımını hızla arttırmıştır. Çünkü günlük hayatın vazgeçilmez parçalarından biri olan bilgisayar ve akıllı telefonların kullanımında internet ağları üzerinden işlem gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda eğitimden ticari uygulamalara, sosyal medya iletişiminden kurumsal faaliyetlere kadar pek çok alanda internet kullanımını gerekli hale gelmiştir (Koçak, 2011, ss. 41-42). Bu kadar farklı ve geniş alanda kullanılan internetin çevreyi nasıl etkilediği ise güncel bir çalışma alanı haline gelmiştir.

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin çevreye olan etkileri konusunda literatürde iki temel görüş olduğu ifade edilebilir. Bu görüşlerden birincisi, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak internet kullanımının yaygınlaşmasının çevresel kaliteyi artırarak çevreyi olumlu yönde etkileyeceğini savunanların oluşturduğu gruptur. İkinci gruptakiler ise bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelerin bir sonucu olarak internet kullanımındaki yoğun artışın çevreye daha fazla zarar vereceğini öne sürmektedirler. Aşağıda bu iki görüşten her birinin hangi temel unsurlara dayandırıldığı kısaca açıklanmaya çalışılmıştır.

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler e-bankacılık, e-ticaret gibi kavramların ortaya çıkmasına zemin hazırlamış, iş süreçlerinin ve ekonomik ilişkilerin dijital ortamlara taşınmasını sağlamıştır. Finans, ticaret, iş organizasyonu ve diğer süreçlerin yürütülmesindeki temel unsur internet ağlarıdır. Özellikle son yıllarda ekonomik ve sosyal hayattan eğitim hayatına kadar neredeyse her alanda işlemler internet sistemi ile gerçekleşmektedir. İnternet üzerinden gerçekleştirilen işlemler enerji kullanımını azaltmakta, enerji kullanımındaki azalış ise çevre kirliliğinin azaltılmasına katkı yapmaktadır. Örneğin e-posta ile iletişim kurulmasının yaygınlaşması, kâğıt kullanımını azaltarak çevre üzerinde olumlu etkiler oluşturmaktadır. Banka şubesine gitmek yerine işlemlerin online yapılması ya da mağazaya gitmek yerine internetten alışveriş yapılması da çevrenin korunmasına yardımcı olmaktadır. Çünkü şubeye ya da mağazaya gitmek için araç kullanılması gerekmeyecek ve yakıt kullanılmayacağından dolayı araçların havaya yayacağı CO₂ miktarı azalacaktır (Özpolat, 2022, ss. 12833-12834).

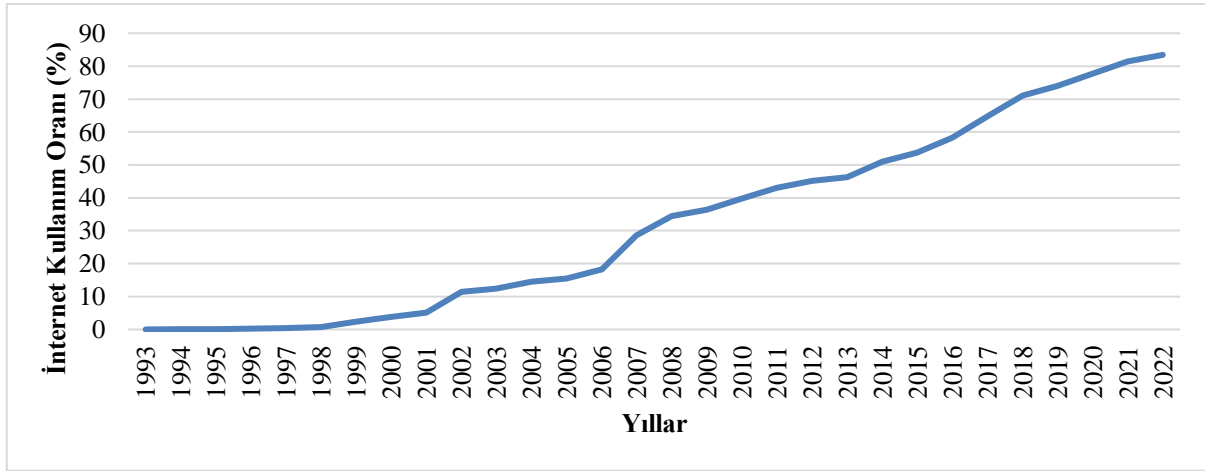
Çevre kirliliğinin azaltılması kapsamında küresel düzeydeki temel amaçlardan biri, yenilenemeyen enerji kullanımını azaltmak ve yenilenebilir enerji kullanımını artırmaktır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı hem çevreyi kirletmektedir hem de bu kaynakların işletme maliyetleri oldukça yüksektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ise kurulum maliyetleri yüksektir (Krey & Clarke, 2011, ss. 1132-1133). Yenilenebilir enerjilerin kurulum maliyetlerini azaltacak, verimliliği yüksek, minimum düzeyde enerji kullanımına dayalı yeni üretim sistemlerinin geliştirilmesi gereklidir. Bu sistemlerin kurulması, çalıştırılması ve sürekliliğinin sağlanmasında internet ağları kullanılmaktadır. Çevreye duyarlı ve verimliliği yüksek sistemlerin hayata geçirilmesi için bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelerin artmasına, kablosuz ağ bağlantılarının kolay ve hızlı erişimle sunulmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojileri ve internet kullanımı, çevre duyarlılığı en yüksek üretim sistemlerinin kullanılabilmesi için gerekli olan temel unsurlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Syed vd., 2021, ss. 5-6).

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin çevre kirliliğini azaltacağını savunan görüşlerin yanı sıra tam aksini savunan, bir diğer ifade ile bilgi ve iletişim teknolojilerinin çevre kirliliğini artıracığını savunan görüşler de bulunmaktadır. Bu görüşleri temel dayanak noktası, bilgi ve iletişim teknolojilerinin büyük miktarda enerji kullanımına sebep olduğu ve enerji tüketimindeki artışın çevreyi olumsuz etkilediğidir. Yukarıda da belirtildiği gibi bilgi ve iletişim teknolojileri, çevrimiçi faaliyetleri artırarak dijital bir dünyanın kapılarını aralamıştır. İçinde bulunduğumuz dijital dünya, internet bağlantısı aracılığı ile varlığını sürdürmektedir. Sosyal medya paylaşımları, online satın almalar, finansal işlemler ve diğer her türlü dijital aktivite için büyük miktarda verinin depolanması, işlenmesi, dağıtılması gereklidir. Yapılan her online aktivite CO₂ yaymaktadır. Yapılan araştırmalar, sadece günlük video akışının yarattığı CO₂ salınımının bile büyük miktarlara ulaştığını göstermektedir. CO₂ salınımının artması ise çevreye zarar vermekte, çevreyi koruma çabalarını sekteye uğratmaktadır (Batmunkh, 2022, ss. 1-2).

Bilgi ve iletişim teknolojileri, sanayi toplumundan bilgi toplumuna doğru bir dönüşümü sağlaması açısından büyük önem taşımaktadır. Bireylerin ve şirketlerin faaliyetlerini etkileyerek ekonomik, toplumsal, çevresel pek çok fayda sağlamaktadır. Ancak sağladığı faydalara rağmen bilgi ve iletişim teknolojilerinin çevreye zarar verme potansiyeli olduğu da göz ardı edilmemelidir. Çünkü bilgi ve iletişim teknolojileri kaynak yoğun üretimi ve israfi artırmakta, elektronik atıklar başta olmak üzere yeni atık türlerinin ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır (Li, 2022, ss. 1-2). Elektronik atık, elektronik cihazların kullanım ömrünün sona ermesi neticesinde bu cihazların yeniden kullanılmamak üzere elden çıkarılmasıdır. Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler sonucunda evlerde ve firmalarda kullanılan elektronik cihaz sayısı giderek artmaktadır. Günlük yaşamın büyük bir kısmı elektronik cihazların kullanımına dayalı olduğu için cihazların ömrü kısalmakta ve daha kısa sürelerde atık haline gelmektedirler. Elektronik cihazların içeriğinde yüksek oranda metal maddeler ve cıva, kurşun gibi toksik yapıda materyaller bulunması insan ve çevre sağlığını tehdit etmektedir (Hayırsever & Topçu, 2017, ss. 1691-1693).

Türkiye'nin 1993-2022 yılları arasındaki internet kullanan bireylerin toplam nüfusun içindeki oranları Grafik 2'de gösterilmiştir.

Grafik 2: Türkiye'de internet kullanan bireylerin oranı (Nüfusun yüzdesi) (1993-2022)



(Kaynak: <https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.USER.ZS?view=chart>)

Grafik 2'ye bakıldığında Türkiye'de internet kullanımının yaygınlaştığı ve internet kullanım oranının zaman içerisinde giderek yükseldiği görülmektedir. 1993 yılında Türkiye'deki bireylerin %0.01'i internet kullanmaktadır. 1993-1998 arasında bu oran %1'in üzerine çıkamamıştır. 1999 ve sonrasında hızlı bir artışın meydana geldiği ifade edilebilir. 1999'da %2.29 olan internet kullanım oranı, 2002'de %11.38'e, 2007'de %28.63'e yükselmiştir. İnternet kullanan bireylerin toplam nüfus içindeki payının %30'u aşması 2008'de, %40'ı aşması 2011'de, %50'yi aşması ise 2014 yılında gerçekleşmiştir. 2008, 2011 ve 2014'teki internet kullanım oranları sırası ile %34.37, %43.07 ve %51.04'tür. 2021 ve 2022'de internet kullanım oranı %80'in de üzerine çıkmıştır. 2021 yılında toplam nüfusun %81.41'i internet kullanırken 2022 yılında bu oran %83.44 olarak hesaplanmıştır. 1993-2022 arasında internet kullanım oranının en yüksek olduğu yıl, 2022 yılıdır.

3. Literatür Taraması

Çevre konusunu ele alan çalışmalara ait literatür giderek genişlemektedir. Bu çalışmalarda çevresel kalite göstergesi olarak genellikle CO₂ emisyonunun, karbon ayak izinin kullanıldığı görülmektedir. Ancak son dönemde çevresel kaliteyi temsilen ekolojik ayak izinin kullanılmaya başlandığı ifade edilebilir. Ekolojik ayak izini etkileyen faktörlerin incelendiği çalışmalarda ağırlıklı olarak küreselleşme ve enerji tüketimine odaklanıldığı dikkati çekmektedir. Küreselleşme ve enerji tüketiminin yanı sıra farklı değişkenleri kullanan çalışmalar da bulunmaktadır. İnternet kullanımı ile ekolojik ayak izi arasındaki etkileşimi araştıran çalışmalar ise daha azdır. Çalışmanın bağımlı değişkeni ekolojik ayak izi olduğu için bu bölümde ekolojik ayak izini inceleyen çalışmalar örneklendirilmeye çalışılmıştır.

Ekonomik ve sosyal pek çok göstereyi etkileyen küreselleşmenin çevreye üzerindeki etkileri de güncel bir araştırma alanıdır. Çevre kavramını geniş bir kapsamdan ele alan ekolojik ayak izinin küreselleşmeden nasıl etkilendiği üzerine yapılmış çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu kapsamda Apaydın (2020), küreselleşmenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini Türkiye örneği üzerinden incelemiştir. Küreselleşmeyi temsilen KOF Küreselleşme Endeksi kullanılmıştır. Ekolojik ayak izi ise üretimin, tüketimin, ihracatın ve ithalatın ayak izi olmak üzere dört farklı değişken çerçevesinde ele alınmıştır. 1980-2014 arasındaki verilerin kullanıldığı çalışmada ARDL, FMOLS ve DOLS modelleri ile analiz yapılmıştır. Küreselleşmenin ihracatın ekolojik ayak izini azalttığı; üretimin, tüketimin ve ithalatın ayak izini ise artırdığı görülmüştür.

Ekolojik ayak izi üzerinde enerji tüketiminin de etkisi bulunmaktadır. Enerji tüketimi ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda bazıları toplam enerji tüketimini ya da yenilenebilir enerji tüketimini ele alırken bazıları sadece elektrik tüketimini ele almışlardır. Nathaniel, Adeleye & Adedoyin (2021) enerji tüketiminin, doğal kaynakların ve kentleşmenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. MENA ülkeleri üzerine yapılan araştırmada Tamamen Değiştirilmiş Sıradan En Küçük Kareler (FMOLS) ve Dinamik Sıradan En Küçük Kareler (DOLS) yöntemleri kullanılmıştır. 1990-2016 yılları arasındaki verilere dayanan analiz sonuçlarına göre, MENA ülkelerinde Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin doğrulandığı görülmüştür. Yenilenebilir enerji ve kentleşme, ekolojik ayak izini azaltmaktadır. Ekonomik büyüme ise çevreyi olumsuz etkilemektedir. Xue vd. (2021) yapmış oldukları çalışmada ekolojik ayak izi ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi ele almışlardır. Analiz Bangladeş, Hindistan, Pakistan Sri Lanka'yı içermektedir. Bu Güney Asya ülkelerinin seçilmesinin temel sebebi fosil yakıtlara bağımlı olmalarıdır. Yenilenebilir enerji kullanımında meydana gelen artışın ekolojik ayak izini düşürdüğü, yenilenemeyen enerji kullanımının ise yükselttiği bulunmuştur. Doğrudan yabancı yatırım girişleri çevresel kaliteyi bozmakta, kurumsal kalitenin artması ise çevresel kaliteyi iyileştirmektedir. Ayrıca ele alınan ülkelerde Çevresel Kuznets Eğrisinin ve Kirlilik Sığınağı Hipotezinin geçerli olduğu görülmüştür. Magazzino (2023), Çin'de ekolojik ayak izi, elektrik tüketimi ve GSYH arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Kantil regresyon analizinin kullanıldığı çalışmada ekolojik ayak izini etkileyen ticari açıklık, kentleşme ve yaşam beklentisi göstergelerine de yer verilmiştir. 1960-2019 yıllarını kapsayan analiz sonuçlarına göre elektrik tüketimi ve reel GSYH çevresel bozulmayı artırmaktadır. Ticaret ve kentleşme ise ekolojik ayak izini azaltarak çevre kalitesinin artmasını sağlamaktadır. Langnel & Amegavi (2020), Gana'da ekolojik ayak izi, küreselleşme ve elektrik

tüketimi arasındaki ilişkileri inceledikleri çalışmalarında ARDL analizi kullanmışlardır. Küreselleşme üç farklı grup altında ele alınmıştır. Bu gruplar ekonomik, sosyal ve politik küreselleşmedir. Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin var olduğu tespit edilmiştir. Politik küreselleşme, ekolojik ayak izini azaltarak çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. Ekonomik ve sosyal küreselleşme, ekolojik ayak izini artırmaktadır. Fosil yakıtların kullanıldığı elektrik tüketimi ise çevresel kaliteyi düşürmektedir.

Ekolojik ayak izini etkileyen faktörlerin incelendiği çalışmalarda ele alınan değişkenlerden bir diğeri turizm faaliyetleridir. Şahin Kutlu & Kutlu (2022), turizmin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini Türkiye kapsamında ele almışlardır. ARDL sınır testinin uygulandığı çalışmada 1970-2017 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Turizm harcamalarında meydana gelen bir artış uzun dönemde ekolojik ayak izini olumlu yönde etkide bulunmaktadır. Benzer şekilde uzun dönemde enerji tüketiminin de ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi pozitifdir. Turizm gelirleri ve ekonomik büyüme ise ekolojik ayak izini uzun dönemde olumsuz yönde etkilemektedir. Guan vd. (2022), turizmin, küreselleşmenin ve teknolojik yeniliklerin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini incelemiştir. G-10 ülkeleri üzerine gerçekleştirilen analizde 1995-2019 yılları arasındaki veriler yer almaktadır. ARDL yönteminin kullanıldığı analizden elde edilen sonuçlara göre teknolojik yenilikler ekolojik ayak izinde azalışa sebep olmaktadır. Turizm faaliyetleri, küreselleşme ve ekonomik büyüme ise ekolojik ayak izini artırıcı etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle G-10 ülkelerinde turizm sektöründe ileri teknoloji kullanımı ve alternatif enerji kaynaklarına geçilmesi önerilmektedir.

Küreselleşme, enerji tüketimi, turizm değişkenlerinin yanı sıra Ar-Ge harcamaları, ekonomik karmaşıklık, ihracat ürün çeşitlendirmesi, çevre vergileri gibi değişkenlerin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar da vardır. Kılınç (2021) yapmış olduğu çalışmada OECD ülkelerine yönelik 2002-2016 dönemi için enerji Ar-Ge harcamaları ve demonstrasyon ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişki panel veri analizi ile incelemiştir. Enerji Ar-Ge harcamaları ve demonstrasyon harcamalarında meydana gelen bir artışın ekolojik ayak izini azalttığı tespit edilmiştir. Ekonomik büyüme ve enerji tüketiminde meydana gelen bir artış ekolojik ayak izini artırmaktadır. Bucak (2022) yapmış olduğu çalışmada ekolojik ayak izi ile ekonomik karmaşıklık arasındaki nedensellik ilişkisini incelemiştir. Nedensellik ilişkisinin belirlenmesinde Toda-Yamamoto testi uygulanmıştır. Çalışmada hem Türkiye hem de G8 ülkelerine ilişkin veriler kullanılmıştır. 1995-2017 yılları arasındaki verilerin yer aldığı analizden elde edilen sonuçlar, Türkiye’de ekolojik ayak izi ile ekonomik karmaşıklık arasında nedensellik ilişkisinin olmadığını yansıtmaktadır. Ancak Kanada ve Japonya için çift yönlü,

Almanya, Rusya, İngiltere, ABD, Fransa ve İtalya için tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Güzel & Oluç (2022) yapmış oldukları çalışmada ekolojik ayak izi ile ihracat ürün çeşitlendirmesi ilişkisini ele almışlardır. Çalışma Türkiye örneği üzerinden gerçekleştirilmiştir. 1962-2014 yılları arasındaki veriler kapsamında Johansen Eş Bütünleşme Analizi ve Tam Düzeltilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (FMOLS) uygulanmıştır. İhracat ürün çeşitlendirmesi ve ekonomik büyümede meydana gelen artış, ekolojik ayak izinde artışa sebep olmaktadır. Yavuz (2021), ekolojik ayak izi ile çevre vergileri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. İnceleme Türkiye örneği üzerinden gerçekleştirilmiştir. 1994-2017 arasındaki verilerin kullanıldığı çalışmada zaman serisi regresyon analizi doğrultusunda hareket edilmiştir. Çevre vergilerinin ekolojik ayak izini artırdığı görülmüş ve çevre vergilerinin çevre kalitesini bozduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yenilenebilir enerji tüketimi ise ekolojik ayak izini azaltmaktadır.

İnternet kullanımının çevre kalitesi üzerindeki etkisini araştıran çalışmalar bulunmakla birlikte bu konudaki literatürün gelişme aşamasında olduğu ifade edilebilir. Ayrıca çevre kalitesi göstergesi olarak CO₂ emisyonunun kullanıldığı görülmektedir, ekolojik ayak izini kullanan çalışmalar çok sınırlıdır. Özcan & Apergis (2018), bilgi ve iletişim teknolojilerinin bir unsuru olarak internet kullanımının çevresel kalite üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Gelişmekte olan 20 ülkenin 1990-2015 yılları arasındaki verileri analize dâhil edilerek panel nedensellik testi uygulanmıştır. Çevresel kalite göstergesi olarak CO₂ emisyonu kullanılmıştır. Araştırma sonucunda internet kullanımından CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca bilgi ve iletişim teknolojilerine yapılan yatırımların hava kirliliğinin azaltılmasında etkili bir yol olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Awan vd. (2022) internet kullanımı, yenilenebilir enerji ve doğrudan yabancı yatırımların CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Gelişmekte olan on ülkenin 1996-2015 yılları arasındaki verileri kullanılmıştır. Bilgi ve iletişim teknolojilerini temsil eden internet kullanımının çevresel bozulmayı önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. Ayrıca ele alınan ülkelerde Çevresel Kuznets Eğrisi'nin geçerli olduğu görülmüştür. Işık vd. (2024) yirmi yedi OECD ülkesine yönelik gerçekleştirdikleri analiz sonuçları kapsamında internet kullanımının çevre kalitesini artırdığını ifade etmişlerdir. Dijital teknolojilerin çevre kalitesini artırarak sürdürülebilirliği desteklediğine dikkat çekmişlerdir. İnternet kullanımının yanı sıra yenilenebilir enerji tüketimi de CO₂ emisyonlarını azaltarak çevreyi korumaktadır. Çağlar vd. (2021) bilgi ve iletişim teknolojilerinin, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketiminin, ekonomik büyüme ve finansal gelişmenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini analiz etmişlerdir. Analiz, çevresel bozulmanın en yüksek olduğu on ülke üzerine gerçekleştirilmiştir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin, finansal

gelişmenin, yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel kaliteyi yükselttiği bulgusuna erişilmiştir. Özpolat (2022), çalışmasında internet kullanımının ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini incelemiştir. G-7 ülkelerinin 1990-2015 arasındaki verileri kullanılmış, panel veri ve panel nedensellik analizi uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, enerji kullanımı ve kişi başına düşen GSYH çevresel bozulmaları artırmaktadır. Ticari açıklık ve finansal kalkınmanın çevre üzerindeki etkileri anlamsızdır. İnternet kullanımının ise çevresel bozulmalara etkisi negatiftir. İnternet kullanımı ile ekolojik ayak izi arasındaki nedensellik ilişkisi çift yönlüdür.

4. Model, Veri ve Metodoloji

Bu çalışmada Türkiye’de 1993-2022 dönemi için internet kullanımı ile ekolojik ayak izi ilişkisi incelenmiştir. Ayrıca, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ise açıklayıcı değişkenler olarak modele dahil edilmiştir. Değişkenlerin logaritmaları (ln) alınarak, Eviews 12 paket programı ile analizler yapılmıştır. Özcan & Apergis (2018) ve Özpolat (2022) tarafından yapılan çalışmalardan hareketle oluşturulan ampirik model Denklem 1’de gösterilmiştir.

$$\ln EF_t = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_t + \beta_2 \ln EC_t + \beta_3 \ln NET_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Modeldeki değişkenlerden lnEF ekolojik ayak izini (kişi başına gha), lnGDP ekonomik büyümeyi (kişi başına GSYH-sabit fiyatlarla 2015 ABD doları), lnEC enerji tüketimini (kişi başına birincil enerji tüketimi- kWh), lnNET internet kullanımının toplam nüfusa oranını ve ε_t hata terimini ifade etmektedir. Tablo 1’de değişkenlere ait açıklamalar ve veri kaynağı gösterilmiştir.

Tablo 1. Değişkenlerin açıklamaları ve veri kaynakları

Değişkenler	Açıklaması	Veri Kaynağı
lnEF	Kişi Başına Ekolojik Ayak İzi	Küresel Ayak İzi Ağı Web Sitesi
lnGDP	Kişi Başına Gayri Safi Yurtiçi Hasıla	Dünya Bankası Web Sitesi
lnEC	Kişi Başına Birincil Enerji Tüketimi	Uluslararası Enerji Ajansı Web Sitesi
lnNET	İnternet Kullanımının Toplam Nüfusa Oranı	Dünya Bankası Web Sitesi

Bu çalışmada değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin geçerliliği ARDL sınır testi yaklaşımı ile incelenmiştir. ARDL sınır testi, değişkenlerin farklı mertebeden durağan olmaları durumunda kullanılabilen bir yöntemdir. Engle ve Granger (1987), Johansen (1988), Johansen ve Juselius (1990) gibi farklı yöntemler literatürde sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak söz konusu yöntemlerde değişkenlerin aynı mertebeden durağan olmaları koşulu aranmaktadır. ARDL yöntemi, modelde hem I(0) hem de I(1) olan değişkenlerin bulunması durumunda

uygulanabilmesi nedeniyle önemli bir avantaj sunmaktadır. Ayrıca ARDL sınır testinde değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkilerin bir arada sunulması, yöntemin bir diğer önemli avantajını oluşturmaktadır (Gülhan, 2020, ss. 1117-1118).

Çalışmada kullanılan temel denklemden (1'nolu denklem) hareketle ARDL modeli 2'nolu denklemdeki gibidir.

$$\Delta \ln EF_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_1 \Delta \ln EF_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_2 \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_3 \Delta \ln EC_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_4 \Delta \ln NET_{t-i} + \beta_5 \Delta \ln EF_{t-1} + \beta_6 \Delta \ln GDP_{t-1} + \beta_7 \Delta \ln EC_{t-1} + \beta_8 \Delta \ln NET_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Bu denklemde serilerin birinci farkı Δ ile gösterilmekte, eğim katsayısı β_0 , değişkenler arasındaki kısa dönemli ilişki $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ ve β_4 katsayıları ile uzun dönemli ilişki ise $\beta_5, \beta_6, \beta_7$ ve β_8 katsayıları ile temsil etmektedir. Schwarz bilgi kriteri (SIC), modelin tahmin aşamasında en uygun gecikme uzunluğunu bulmak için kullanılmıştır. Bu çalışmada model için eşbütünleşme testinin hipotezleri aşağıdaki gibidir:

$$H_0 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \beta_8 = 0 \text{ (Eşbütünleşme yoktur.)}$$

$$H_1 \neq \beta_5 \neq \beta_6 \neq \beta_7 \neq \beta_8 \neq 0 \text{ (Eşbütünleşme vardır.)}$$

F-istatistik değeri ile Peseran vd., (2001) tarafından verilen kritik sınır değerleri karşılaştırılarak eş bütünleşmenin varlığı test edilmektedir. F-istatistiği değerinin üst kritik sınır değerinden yüksek olması durumunda, eşbütünleşme olmadığını ifade eden H_0 hipotezi reddedilir. Başka bir ifadeyle, değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin var olduğu saptanmaktadır. F istatistik değeri, alt kritik sınır değerinin altındaysa H_0 hipotezi kabul edilir. Yani değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin olmadığı saptanmaktadır. Analiz sonucunda değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı eğer tespit edilirse modele hata düzeltme terimi (ECT_{t-1}) modele eklenir ve 3'nolu denklemde gösterilmiştir.

$$\Delta \ln EF_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_1 \Delta \ln EF_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_2 \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_3 \Delta \ln EC_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_4 \Delta \ln NET_{t-i} + \delta ECT_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Verilen 3'nolu denklemde, δ hata düzeltme teriminin katsayısını ve ECT_{t-i} ise hata düzeltme terimini ifade etmektedir.

5. Uygulama Sonuçları

Çalışmada kullanılan $\ln EF$, $\ln GDP$, $\ln EC$ ve $\ln NET$ değişkenlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 2'de gösterilmiştir. Tanımlayıcı istatistiklere bakıldığında, modelde kullanılan gözlem sayısının 30 olduğu görülmektedir. Bağımlı değişken $\ln EF$ 'nin maksimum

değeri 1.245 iken minimum değeri 0.857'dir. Bağımsız değişkenler olan lnGDP, lnEC, lnNET'in maksimum değerleri sırası ile 10.035, 9.546 ve 4.424 olarak hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin minimum değerleri ise sırası ile 9.295, 8.589 ve -4.772'dir. Bağımlı değişkenin ortalaması 1.106'dır. Bağımsız değişkenler arasında en yüksek ortalama lnGDP'ye aittir ve lnGDP'nin ortalaması 9.691'dir. Standart hatalar kapsamında, modelde yer alan dört değişken arasında en düşük standart hata bağımlı değişkene, en yüksek standart hata ise lnNET değişkenine aittir.

Tablo 2. Tanımlayıcı istatistikler

	lnEF	lnGDP	lnEC	lnNET
Ortalama	1.106	9.691	9.022	2.250
Medyan	1.146	9.712	9.012	3.445
Maksimum	1.245	10.035	9.546	4.424
Minumum	0.857	9.295	8.589	-4.772
Std. Hata	0.110	0.230	0.289	2.515
Çarpıklık	-0.610	-0.008	0.209	-1.358
Basıklık	2.241	1.667	1.722	3.773
Gözlem Sayısı	30	30	30	30

Zaman serileriyle çalışılırken, ilk aşamada serilerin durağan olup olmadığı belirlenmelidir. Çünkü durağan olmayan seriler ile çalışılması durumunda, sahte regresyon sorunu ortaya çıkabilir ve analiz sonuçlarının güvenilirliği azalmaktadır. Serilerin durağanlık analizleri genellikle birim kök testleri yardımı ile gerçekleştirilir. Farklı birim kök testleri olmakla birlikte en sıklıkla kullanılanların Dickey Fuller (DF), Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) testleri olduğu ifade edilebilir (Altun, 2019, ss. 666-667). ADF ve PP birim kök testleri bu çalışmada uygulanmıştır. Aşağıdaki Tablo 3'te değişkenlere ait ADF ve PP birim kök testleri sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 3: ADF ve PP birim kök testi sonuçları

Düzye				
Değişkenler	lnEF	lnGDP	lnEC	lnNET
ADF	-4.039**	-2.826	-3.126	-3.910**
PP	-4.124**	-2.647	-3.157	-6.292***
Birinci Fark				
ADF	-9.379***	-5.495***	-6.855***	-7.218***

PP	-17.402***	-6.646***	-7.735***	-6.623
-----------	------------	-----------	-----------	--------

Not: Sonuçlar sabitli ve trendli model sonuçlarını yansıtır. *, ** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 önem düzeylerini ifade etmektedir.

Tablo 3'teki birim kök testlerinden elde edilen sonuçlara göre, lnEF ve lnNET değişkenlerin düzey değerinde hem ADF hem de PP testine göre %5 önem düzeyine göre durağanlık göstermektedir. Yani lnEF ve lnNET değişkenleri I(0) özelliği sergilemektedir. lnGDP ve lnEC değişkenleri düzeyde hem ADF hem de PP testine göre durağan değildir. Ancak birinci farkları alındıktan sonra durağan hale gelmektedirler. Yani lnGDP ve lnEU değişkenleri, I(1) özelliği sergilemektedir. Modelde kullanılan değişkenlerin farklı düzeylerde I(0) ve I(1) durağan oldukları için uzun dönem ilişkisine ARDL sınır testi uygulanmıştır. Modele ait F-istatistiği ve Kritik Değerler Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. F-istatistiği ve kritik değerler

Tahmin Edilen Model $lnEF_t = f(lnGDP_t, lnEC_t, lnNET_t)$	K	M	F- istatistiği	Önem Düzeyi	Alt Sınır I(0)	Üst Sınır I(1)
ARDL (1 0 1 1)	3	1	12.681*	%1	3.65	4.66
				%5	2.79	3.67
				%10	2.37	3.20

Not: M maksimum gecikme sayısını, K açıklayıcı değişken sayısını ve * ise %1 önem seviyesini ifade etmektedir. F-istatistiği (12,681), Tablo 4'teki verilerin gösterdiği gibi, %1 anlamlılık düzeyinde üst sınırın (4,66) üzerindedir. Dolayısıyla analize konu olan değişkenler arasında uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu anlamına gelmektedir.

Değişkenler arasındaki uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin belirlenmesinin ardından, değişkenlerin kısa ve uzun dönem parametreleri elde edilir. Kısa ve uzun dönem parametrelerine bakmadan önce modelin güvenilirliğini tespit etmek için yapılan tanısal testler Tablo 5'te gösterilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde; Ramsey testi (X_{RAMSEY}^2) doğru fonksiyonel formun kullanıldığını, Jarque-Bera testi (X_{JB}^2) hata terimlerinin normal dağılıma sahip olduğunu, Breusch-Godfrey LM testi (X_{BG}^2) modellerde otokorelasyon sorunu olmadığını ve Breusch-Pagan-Godfrey testi (X_{BPG}^2) hata terimlerinin tüm modeller için sabit varyans varsayımını karşıladığını göstermektedir. Ayrıca, katsayıların istikrarlı olup olmadığı CUSUM ve CUSUMSQ testleri ile istikrarlı olduğu bulunmuştur. ARDL modeline ait uzun ve kısa dönem katsayı sonuçları Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. ARDL modelinin tahmin sonuçları

Uzun Dönem Katsayıları				
Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	Olasılık
lnGDP	1.135	0.254	4.459	0.000***
lnEU	-0.304	0.246	-1.234	0.229
lnNET	-0.002	0.001	-2.025	0.055*
C	-7.089	1.510	-4.692	0.000***
Kısa Dönem Katsayıları				
Δ lnGDP	0.323	0.127	2.546	0.018**
Δ lnNET	0.002	0.001	1.305	0.205
ECT _{t-1}	-0.744	0.085	-8.656	0.000***
Tanımsal Testler				
	F-İstatistiği		Olasılık	
X_{BG}^2	0.280		0.758	
X_{BPG}^2	1.548		0.214	
X_{JB}^2	2.648		0.265	
X_{RAMSEY}^2	0.418		0.524	
CUSUM	İstikrarlı		İstikrarlı	
CUSUMSQ	İstikrarlı		İstikrarlı	

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 düzeyinde istatistiki olarak anlamlılığı ifade etmektedir. Tanımsal testler uygulanırken F-istatistiki değerleri kullanılmıştır.

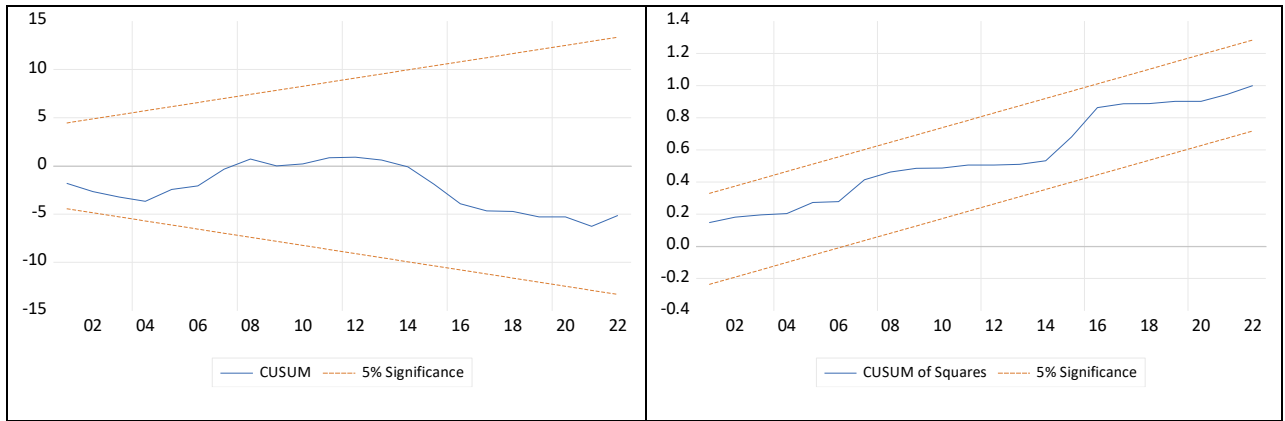
Tablo 5'te ARDL modelinin uzun dönem katsayılarına bakıldığında lnGDP değişkeninin katsayısının pozitif ve %1 önem düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Yani kişi başına düşen GSYH'deki artışın ekolojik ayak izini uzun dönemde artırdığı anlamına gelmektedir. lnEC değişkeninin katsayısı negatif ancak anlamsızdır. Kişi başına birincil enerji tüketiminin ekolojik ayak izine etkisi uzun dönemde negatif olmasına rağmen bu etki istatistiki olarak anlamlı değildir. lnNET değişkeninin katsayısı da negatiftir. Toplam nüfusun içinde internet kullananların oranının artması uzun dönemde ekolojik ayak izini azaltmaktadır. İnternet kullanımının %10 önem düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ekolojik ayak izinin azalması, çevresel kalitenin artması anlamına gelmektedir. Bu nedenle internet kullanımının artmasının çevresel kaliteyi arttırdığı ifade edilebilir.

Kısa dönem katsayıları incelendiğinde lnGDP değişkeninin katsayısı yine pozitiftir ve %5 önem düzeyinde anlamlıdır. lnNET değişkeninin kısa dönem katsayısı, uzun dönemdekine aksine pozitiftir. İnternet kullanımının artması, kısa dönemde ekolojik ayak izini artırmaktadır. Ancak internet kullanımının ekolojik ayak izine olan etkisi kısa dönemde anlamsızdır.

Modelin hata düzeltme terimine bakıldığında (ECT_{t-1}) ise hata düzeltme katsayısı negatif ve %1 önem düzeyinde istatistiki olarak anlamlıdır. Hata düzeltme modelinin anlamlı olup doğru çalıştığı ifade edilebilir. Hata düzeltme teriminin katsayısı -0.744 olarak hesaplanmıştır. Başka bir ifadeyle, bir sonraki dönemde kısa dönemli sapmaların %74'ü dengelenecektir.

Çalışmada oluşturulan modelin uzun dönemli katsayılarının istikrarlı olup olmadığı ise CUSUM ve CUSUMSQ grafikleri yardımıyla açıklanabilmektedir. Aşağıdaki şekilde modelin CUSUM ve CUSUMSQ grafikleri gösterilmiştir. Şekil 1'de grafikler, kritik sınırlar içinde yer aldığından dolayı değişkenlerin uzun dönem katsayılarının tutarlı olduğunu yansıtmaktadır.

Şekil 1: CUSUM ve CUSUMSQ grafikleri



SONUÇ VE ÖNERİLER

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin çevreye olan etkileri konusunda görüş birliği olmaması nedeniyle, farklı ülkeler üzerine yapılan uygulamalı analizler neticesinde ülkeler arasında karşılaştırma yapılabilmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin çevre üzerindeki etkisinin ülkelere göre farklılık sergileyebileceği düşüncesinden hareketle bu çalışmada konu Türkiye örneği üzerinden ele alınmıştır. 1993-2022 arasındaki veriler doğrultusunda ARDL sınır testi yöntemi uygulanarak kısa ve uzun dönemli etkiler değerlendirilmiştir. Uzun dönemde internet kullanımının ve birincil enerji tüketiminin artması ekolojik ayak izinde azalışa sebep olmaktadır. Kişi başına GSYH'nin artması ekolojik ayak izini artırmaktadır. İnternet kullanımı ve kişi başına GSYH'nin etkisi istatistiksel olarak anlamlı, kişi başına birincil enerji tüketiminin etkisi ise anlamsızdır.

Kısa dönemde kişi başına GSYH, ekolojik ayak izini pozitif yönde etkilemektedir. Etki, anlamlıdır. Kısa dönemde internet kullanım oranının ekolojik ayak izini artırmasına rağmen bu etki anlamlı değildir. Uzun dönemde, değişkenler arasındaki kısa vadeli sapmalar düzelmektedir. Meydana gelen sapmaların %74'ü bir sonraki dönem dengeye gelmektedir.

Türkiye üzerine yapılan analiz, internet kullanım oranının uzun dönemde ekolojik ayak izini azalttığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle Türkiye örneği çerçevesinde, bilgi ve iletişim teknolojilerinin çevresel kaliteyi artırdığını öne süren görüşleri destekleyen bulgular elde edilmiştir. Bu bulgular literatürdeki Özcan & Apergis (2018), Çağlar vd. (2021), Awan vd. (2022), Özpolat (2022) ve Işık vd. (2024) tarafından yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Çünkü ekolojik ayak izinin azalması, çevre kalitesinin iyileştiği anlamını ifade etmektedir.

Türkiye’de internet kullanımının ekolojik ayak izini azalttığı sonucuna ulaşıldığı için internet kullanım oranlarını yükseltecek çalışmalar yürütülebilir. Türkiye’de internet kullanımının zaman içinde giderek yükseldiği ve %80’lerin üzerine çıktığı görülmektedir. Ancak bu oranın daha da yükselmesi, internet kullanmayan bireylerin de bu teknolojiye adapte olmaları sağlanabilir. Öncelikle internet kullanmayan bireylerin hangi sebeplerle kullanmadığı tespit edilmelidir. Sebep, altyapı yetersizlikleri ise altyapıyı güçlendirici ve teknik engelleri ortadan kaldıracı politikalar yürütülmelidir. Halkın bilinç düzeyi yükseltilmeli, internet kullanımı alanları ve internetin fonksiyonları konusunda bilgilendirici çalışmalar yapılmalıdır. Güvenlik endişelerini gidermek için siber güvenlik önlemleri artırılmalı, kişisel verilerin korunmasına yönelik yasal tedbirler artırılmalıdır.

Bu çalışmadan yola çıkarak gelecek çalışmalarda Türkiye dışındaki ülkeler üzerine analizler yapılabilir. Böylece ülkeler arasında karşılaştırma yapılarak benzerlik ya da farklılıklar incelenebilir. Ayrıca farklı değişkenlerin kullanıldığı yeni modeller kurularak konu çerçevesi genişletilebilir.

KAYNAKÇA

- Akıllı, H., Kemahlı, F., Okudan, K., & Polat, F. (2008). Ekolojik ayak izinin kavramsal içeriği ve Akdeniz üniversitesi iktisadi ve idari bilimler fakültesi’nde bireysel ekolojik ayak izi hesaplaması. *Akdeniz İİBF Dergisi*, 8(15), 1-25.
- Altun, Y., & İşleyen, Ş. (2019). Türkiye’de iktisadi büyüme ile sanayi sektöründe istihdam arasındaki ilişkinin ARDL sınır testi yaklaşımı ile ekonometrik analizi: 1991-2017. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (17), 657-676.
- Apaydın, Ş. (2020). Küreselleşmenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkileri: Türkiye örneği. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 23-42.

- Awan, A., Abbasi, K. R., Rej, S., Bandyopadhyay, A., & Lv, K. (2022). The impact of renewable energy, internet use and foreign direct investment on carbon dioxide emissions: A method of moments quantile analysis. *Renewable Energy*, 189, 454-466.
- Batmunkh, A. (2022). Carbon footprint of the most popular social media platforms. *Sustainability*, 14(4), 2195.
- Bucak, Ç. (2022). G8 ülkelerinde ve Türkiye’de ekonomik karmaşıklık ve ekolojik ayak izi ilişkisi: Toda-Yamamoto nedensellik testi analizi. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 22(1), 1-16.
- Cağlar, A. E., Mert, M., & Boluk, G. (2021). Testing the role of information and communication technologies and renewable energy consumption in ecological footprint quality: Evidence from world top 10 pollutant footprint countries. *Journal of Cleaner Production*, 298, 126784.
- Duman, E. (2023). Seçilmiş ekonomik değişkenlerin ekolojik ayak izine etkisinin analizi: BRICS-T ülkeleri örneği. *Sosyoekonomi*, 31(58), 277-288.
- Engle, R., & Granger, C. (1987). Cointegration and error correction representation, estimation and testing. *Econometrica*, 55, 251-276.
- Global Footprint Network, <https://www.footprintnetwork.org/>. [Erişim Tarihi: 14.12.2023]
- Guan, C., Rani, T., Yueqiang, Z., Ajaz, T., & Haseki, M. I. (2022). Impact of tourism industry, globalization, and technology innovation on ecological footprints in g-10 countries. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 35(1), 6688-6704.
- Gülhan, Ü. (2020). Kovid-19 pandemisinin altın fiyatlarına etkisi: ARDL analizi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 34(3), 1111-1125.
- Güzel, İ., & İhsan, Oluç. (2022). İhracat ürün çeşitlendirmesinin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 14(26), 47-58.
- Hayırsever Topçu, F. (2017). Uluslararası düzeyde elektrikli ve elektronik atıkların (e-atık) ticareti ve sorunlar. *Süleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics & Administrative Sciences*, C.22, Kayfor 15 Özel Sayısı, 1689-1705.
- Holden, E. (2004). Ecological footprints and sustainable urban form. *Journal of Housing and the Built Environment*, 19, 91-109.
- Işık, C., Bulut, U., Ongan, S., Islam, H., & Irfan, M. (2024). Exploring how economic growth, renewable energy, internet usage, and mineral rents influence CO₂ emissions: A panel quantile regression analysis for 27 OECD countries. *Resources Policy*, 92, 105025.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegrating vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, 231-254.
- Johansen S., & Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration-with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52(2), 169-210.

- Kılınç, E. C. (2021). Ekolojik ayak izi-enerji ar-ge harcamaları ilişkisi: OECD ülkeleri örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İİBF Dergisi*, 14(2), 527-541.
- Kitzes, J., & Wackernagel, M. (2009). Answers to common questions in ecological footprint accounting. *Ecological indicators*, 9(4), 812-817.
- Koçak, H. (2011). Kablosuz iletişim ve internet teknolojilerindeki yeniliklerin toplumsal yaşama katkıları. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 15(3), 37-48.
- Krey, V., & Clarke, L. (2011). Role of renewable energy in climate mitigation: a synthesis of recent scenarios. *Climate Policy*, 11(4), 1131-1158.
- Langnel, Z., & Amegavi, G. B. (2020). Globalization, electricity consumption and ecological footprint: an autoregressive distributive lag (ARDL) approach. *Sustainable Cities and Society*, 63, 102482.
- Li, X. (2022). Using green iot as a development path of green trade economy for ecological sustainable development. *Mobile Information Systems*, 2022, 1-12.
- Magazzino, C. (2023). Ecological footprint, electricity consumption, and economic growth in china: geopolitical risk and natural resources governance. *Empirical Economics*, 1-25.
- Moffatt, I. (2000). Ecological footprints and sustainable development. *Ecological economics*, 32(3), 359-362.
- Nathaniel, S. P., Adeleye, N., & Adedoyin, F. F. (2021). Natural resource abundance, renewable energy, and ecological footprint linkage in MENA countries. *Estudios de Economía Aplicada*, 39(2), 1-31.
- Özcan, B., & Apergis, N. (2018). The impact of internet use on air pollution: evidence from emerging countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 4174-4189.
- Özpolat, A. (2022). How does internet use affect ecological footprint? An empirical analysis for G7 countries. *Environment, Development and Sustainability*, 24(11), 12833-12849.
- Özsoy, C. E., & Ahmet, Dinç. (2016). Sürdürülebilir kalkınma ve ekolojik ayak izi. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, (619), 35-55.
- Pesaran, M. H., Shin, Y. ve Smith, R. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationship. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Ruzevicius, J. (2010). Ecological footprint as an indicator of sustainable development. *Economics and Management*, 15(3), 711-718.
- Shahzad, U., Fareed, Z., Shahzad, F., & Shahzad, K. (2021). Investigating the nexus between economic complexity, energy consumption and ecological footprint for the United States: New insights from quantile methods. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123806.
- Stanley, T. D., Doucouliagos, H., & Steel, P. (2018). Does ict generate economic growth? A meta-regression analysis. *Journal of Economic Surveys*, 32(3), 705-726.
- Syed, S., Arfeen, A., Uddin, R., & Haider, U. (2021). An analysis of renewable energy usage by mobile data network operators. *Sustainability*, 13(4), 1886.

- Şahin Kutlu, Ş., & Kutlu, M. (2022). Turizm faaliyetlerinin ekolojik ayak izi üzerine etkisi: Türkiye örneği. *Maliye Dergisi*, 182, 233-249.
- The World Bank, individuals using the internet (% of population), <https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.USER.ZS?view=chart>. [Erişim Tarihi: 15.12.2023]
- Xue, L., Haseeb, M., Mahmood, H., Alkhateeb, T. T. Y., & Murshed, M. (2021). Renewable energy use and ecological footprints mitigation: Evidence from selected south asian economies. *Sustainability*, 13(4), 1613.
- Wiedmann, T., & Barrett, J. (2010). A review of the ecological footprint indicator-perceptions and methods. *Sustainability*, 2(6), 1645-1693.
- Yavuz, E. (2021). Çevre vergileri ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişki: Türkiye üzerine kanıtlar. *Journal Of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 7(45), 1937-1945.