

EKOLOJİK SÜRDÜRÜLEBİLİRLİKTE FİNANSAL GELİŞME VE TEKNOLOJİK İNOVASYON ETKİSİ: TÜRKİYE'DEN KANITLAR

Başak ÖZARSLAN DOĞAN*

Öz

Son yıllarda artan çevresel deformasyonlar küresel çapta araştırmacılar ve politika yapımcılar tarafından giderek artan bir endişe haline gelmektedir. Başta geleneksel kaynaklarla sağlanan ekonomik büyümenin ve nüfus artışının meydana getirdiği sera gazlarının ve buna bağlı olarak karbon emisyonlarının artması, küresel ısınma ve iklim değişikliği, biyoçeşitlilik, hava-su kalitesi ve doğal kaynaklar üzerindeki etkileri, giderek artan bu endişenin önemli göstergelerini oluşturmaktadır. Bu kapsamda dünyanın sahip olduğu ekolojik dönüşüm, ülkelerin kendi ekolojik sınırları içinde kalma ihtiyacının artmasına neden olmaktadır. Bu amaçla çalışma, Türkiye'de finansal gelişme ve teknolojik inovasyonun ekolojik sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini 1985-2020 dönemi için ARDL sınır testi ve FMOLS tahmincisi aracılığı ile incelemiştir. Çalışmada ekolojik sürdürülebilirlik ekolojik ayak izi ile, finansal gelişme, finansal gelişme endeksi ile ve teknolojik inovasyon ise, patent başvuru sayıları ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca çalışmada ekolojik sürdürülebilirlik üzerinde etkisi olduğu düşünülen ekonomik büyüme değişkeni de incelenmiştir. Elde edilen çalışma bulguları, her iki modelde de finansal gelişme ve teknolojik inovasyon ile ekolojik sürdürülebilirlik arasında pozitif bir ilişkinin olduğuna yönelik kanıtlar içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Ekolojik Sürdürülebilirlik, Finansal Gelişme, Patent Başvuruları, ARDL Sınır Testi, FMOLS.

THE IMPACT OF FINANCIAL DEVELOPMENT AND TECHNOLOGICAL INNOVATION ON ECOLOGICAL SUSTAINABILITY: EVIDENCE FROM TÜRKİYE

Abstract

Increasing environmental deformations in recent years have become an important concern for researchers and policy makers globally. The rise in greenhouse gases and carbon emissions, driven primarily by economic and population growth reliant on traditional resources, serves as crucial indicators of the mounting concern over global warming and climate change. These issues have far-reaching effects on biodiversity, air and water quality, as well as natural resources. In this context, the ecological transformation of the world causes an increase in the need for countries to

* Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, bozarslan@gelisim.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-5126-7077>

stay within their own ecological borders. For this purpose, the study examined the impact of financial development and technological innovation on ecological sustainability in Türkiye for the period 1985-2020 by means of ARDL bounds test and FMOLS estimator. In the study, ecological sustainability was associated with ecological footprint, financial development with financial development index, and technological innovation with the number of patent applications. In addition, the economic growth variable, which is thought to have an effect on ecological sustainability, was also examined in the study. The findings of the study contain evidence that there is a positive relationship between financial development and technological innovation and ecological sustainability in both models.

Keywords: *Ecological Sustainability, Financial Development, Patent Applications, ARDL bound test, FMOLS.*

Giriş

Günümüzde, bütün politika yapıcılarının ve hükümetlerin en önemli amacı, enerji arz güvenliğini sağlamak, iklim değişikliğinin neden olduğu olumsuzlukları önlemek ve buna bağlı olarak da çevresel hasarları azaltmaktır. Bu nedenle enerji arz güvenliği, geleneksel enerji kaynaklarına bağımlılık ve çevre sorunları, politika yapıcılarını fosil yakıtları alternatif sürdürülebilir enerji ile değiştirmeye zorlamaktadır. Yıllar boyunca ekonomik büyümenin artması, fosil yakıtlara olan talebi ve dolayısıyla da sera gazı emisyonlarının (GHG) artmasına neden olmuştur. Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2018 yılında yayınladığı rapora göre, eğer uygun politikalar gerçekleştirilmezse, 2050 yılına kadar karbon emisyonları iki kat artacak ve daha fazla fosil yakıt tüketimi enerji arz güvenilirliğini daha da artıracaktır (EIA, 2019).

Bu kapsamda sürdürülebilir ekonomik büyümeyi sağlarken aynı zamanda yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kullanımını sağlayan enerji verimliliği kabiliyetini sürdürmek ve toplumun ve ekonominin bağlı olduğu ekosistem hizmetlerini dengelemek giderek daha önemli hale gelmektedir (Jebli vd., 2016; Ansari, 2022). Son yıllarda çevresel bozulmanın ölçülmesinde pek çok gösterge kullanılmaktadır. Bu göstergelerden birisi de ekolojik ayak izidir. Ekolojik ayak izi, araştırmacılar arasında giderek yaygınlaşmış ve çevresel bozulmanın temsilcisi olarak kullanılan karbon emisyonu kavramını daha da genişletmiştir (Wang vd., 2023). Diğer taraftan ekolojik ayak izi, çevresel anlamda gerçek sorunlara birçok ekonomik göstergedan daha iyi yaklaşan, biyofizik temeli olan ve ekolojik ekonomiyi geliştirmeye yönelik bir girişim olarak ifade edilmektedir (Moffat, 2000, s. 359).

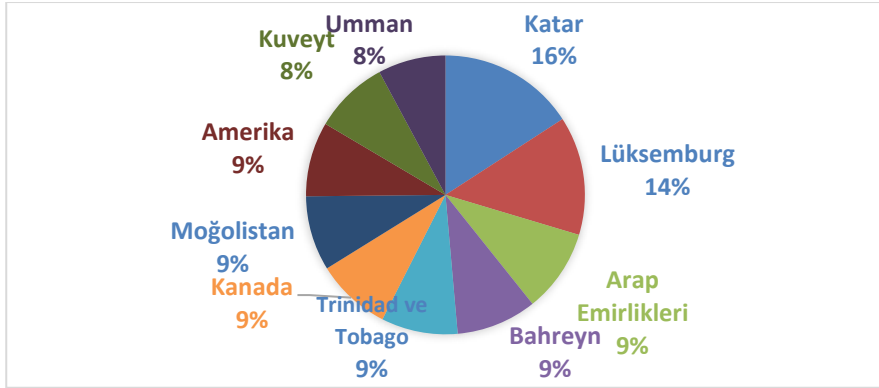
Wackernagel ve Loh'a (2002) göre ekolojik ayak izi, "Bir bireyin, bir şehrin, bir ülkenin veya insanlığın tükettiği kaynakları üretmek ve ürettiği atıkları özümsemek için mevcut teknolojiyi kullanarak ne kadar verimli toprak ve suya ihtiyaç duyduğunun ölçüsüdür." Buna göre, ekolojik ayak izi, insanlığın kaynak kullanımını ve atık üretimini desteklemek için gerekli olan

Dünya'nın biyolojik taşıma kapasitesinin standartlaştırılmış bir tahmini olarak ifade edilmektedir (Wenetoulis ve Talberth, 2008). Kısacası ekolojik ayak izi, çevresel açıdan sürdürülebilirliği ölçmeye yarayan bir gösterge olarak kullanılmaktadır.

Ekolojik ayak izi hesaplamaları pek çok açıdan önem taşımaktadır. Örneğin ekolojik ayak izi ile, bireylerin ekosistem üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi, dünyada aşırı kullanılan biyolojik açıdan verimli alanların hesaplanması, bireysel kullanım sonucunda ortaya çıkan atıkların yok edilmesi için ne kadar toprak ve suya ihtiyaç duyulduğunun hesaplanması ve ülkelerin, şehirlerin veya bireylerin ne kadar biyolojik üretken alan kullandıklarının belirlenmesi mümkün kılınmaktadır (Tosunoğlu, 2014, s. 162; Erden Özsoy ve Dinç, 2016, s. 41).

Şekil 1, Dünyada en yüksek ekolojik ayak izine sahip ilk 10 ülkeyi ifade etmektedir. Buna göre, ilk sırada Katar (14,72) ikinci sırada Lüksemburg (12,79) ve üçüncü sırada ise Birleşik Arap Emirlikleri (8,95) ile yer almaktadır. Ayrıca, Bahreyn (8,66), Trinidad ve Tobago (8,23), Kanada (8,08), Moğolistan (8,05), Amerika (8,04), Kuveyt ve son olarak Umman (7,29) da ilk 10'da yer alan ülkeler arasındadır.

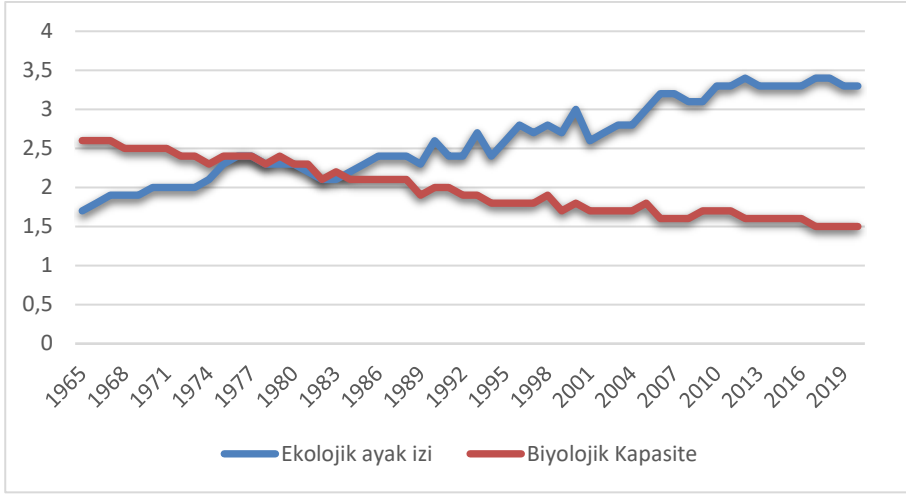
Şekil 1. Ekolojik Ayak İzi En Yüksek ilk 10 Ülke (Küresel Hektar [gha])



Kaynak: World Population Review, 2023.

Şekil 2'de ise, Türkiye'de Biyolojik Kapasite ve Ekolojik Ayak İzi 1965-2019 dönemi için ifade edilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere Türkiye'de 1965-1970 dönemi arasında biyolojik kapasite, ekolojik ayak izinden daha fazla iken, 1970'li yıllarda hem ekolojik ayak izi hem de biyolojik kapasite eşitlik göstermektedir. 1980'li yıllardan itibaren ise, bu oran tersine dönerek ekolojik ayak izinin biyolojik kapasiteyi geçtiği görülmektedir. Yani 1980'li yılların başından itibaren, çevrenin kendi kendini yenileme kapasitesi ile çevresel deformasyon arasındaki denge, çevre lehine bozulmaya başlamıştır.

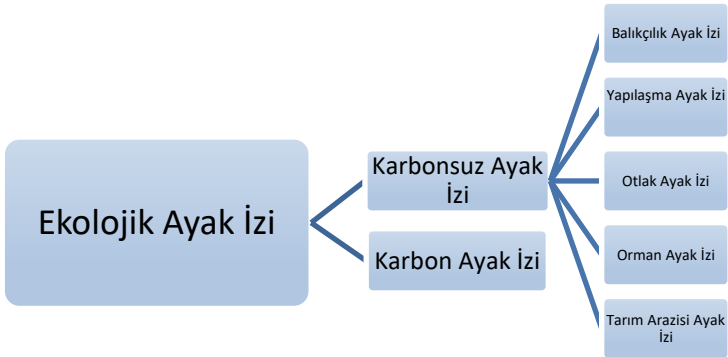
Şekil 2. Türkiye’de Biyolojik Kapasite ve Ekolojik Ayak İzi (1965-2019)



Kaynak: Footprint Network, 2022

Şekil 3’te ekolojik ayak izinin hangi kavramlar tarafından oluşturulduğu ifade edilmektedir. Buna göre ekolojik aya izinin oluşturulmasında, insanların ekonomik faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan iklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonlarının tamamı olarak ifade edilen karbon ayak izi ve yine insanların ekonomik faaliyetleriyle ortaya çıkan fakat bu sefer atmosfere depo edilemeyen antropojenik etkileri ifade eden karbonsuz ayak izi kullanılmaktadır. Karbonsuz ayak izi ise, balıkçılık, yapılaşma, otlak, orman ve tarım arazisi ayak izlerinin toplamından meydana gelmektedir.

Şekil 3. Ekolojik Ayak İzini Oluşturan Kavramlar



Kaynak: Oluç, 2022, s. 275.

1. LİTERATÜR TARAMASI

Yerkürenin biyofiziksel sınırları, sürdürülebilirliğin önemli yönlerini ifade etmektedir. Dünyanın, sonlu ve giderek genişlemeyen bir yapı içerisinde olması, doğal kaynakların kullanımı ve atık yönetiminin ne kadar önemli olduğu gerekliliğini de ortaya koymaktadır. Ekolojik çevre insanlığın devamı için oldukça önemlidir. Sanayi devrimiyle beraber, kitlesel üretimin artması çok daha fazla enerji ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bu da ekolojik çevrenin bozulmasına ve 21. yüzyılda dünyanın karşı karşıya olduğu en önemli tehditlerden biri haline gelmesine neden olmaktadır. Bu çalışmanın amacı ekolojik sürdürülebilirlikte finansal gelişmenin ve teknolojik inovasyonun rolünü Türkiye için ampirik olarak incelemektir. Ayrıca çalışmada ekolojik sürdürülebilirlik, ekolojik ayak izi temsil edilmiştir. Finansal gelişmenin ekolojik etkilerini analiz eden literatürde tam bir fikir birliği bulunmamaktadır. Buna ek olarak ise, çok sınırlı araştırma, ekolojik sürdürülebilirliğe yardımcı olabilecek teknolojik inovasyonun ekolojik sürdürülebilirlikteki rolünü dikkate almaktadır. Bu kapsamda bu çalışmanın literatüre destek sağlayacağı düşünülmektedir.

Ekolojik ayak izi ilgili iktisat literatüründe önemli çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Kihombo vd. (2021), teknolojik yenilik, finansal gelişme ve ekonomik büyümenin kentleşmeyi kontrol eden ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini 1990-2017 dönemi verileriyle Batı Asya ve Orta Doğu ülkeleri için araştırmıştır. Elde edilen sonuçlar, kentleşme ve finansal gelişmenin ekolojik ayak izini artırdığını, inovasyon artışının ise ekolojik ayak izini azalttığını göstermektedir. Bir diğer çalışma Chen vd.'nin (2022) çalışmalarıdır. Chen vd. (2022), 72 ülke için 1993-2019 dönemi verileriyle endüstriyel robotların ekolojik ayak izini nasıl etkilediğini incelemiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular, endüstriyel robotların zaman tasarrufu etkisi, yeşil etkisi ve enerji iyileştirmesi yoluyla ekolojik ayak izini azalttığını göstermektedir. Ayrıca çalışmada, ekonomik gelişme ve beşeri sermaye seviyeleri arttıkça, endüstriyel robotların ekolojik ayak izini daha etkili bir şekilde azaltabileceğine yönelik tespitlerde yapılmıştır.

Bu alanda yapılan bir diğer önemli çalışma ise, Kongbuamai vd.'nin (2020) çalışmalarıdır. Kongbuamai vd. (2020) ASEAN ülkeler birliği için yaptıkları çalışmada 1995- 2016 yılları için ekonomik büyüme, enerji tüketimi, turizm ve doğal kaynakların ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda, turizm ve doğal kaynaklar ile ekolojik ayak izi arasında negatif bir ilişki olduğuna yönelik bulgular elde etmişlerdir. Diğer taraftan, Danish vd. (2020) ekolojik ayak izinin belirleyicilerini tespit etmek amacıyla 1992-2016 döneminde BRICS ülkeleri için yaptıkları çalışmada, doğal kaynak rantı, yenilenebilir enerji ve kentleşmenin, ekolojik ayak izini azalttığını ve bunun da çevre kalitesine olumlu katkıları olduğunu bulmuşlardır. Ekolojik ayak izi ile ilgili yapılan bir diğer önemli çalışma ise, Shariff vd'. (2021) in çalışmalarıdır. Çalışmada güneş enerjinin ekolojik ayak izini azaltmadaki rolü, Çin, Japonya, ABD, Almanya, İtalya, Hindistan,

Birleşik Krallık, İspanya, Avustralya ve Kore için 1990-2017 dönemi verileriyle incelenmiştir. Çalışma sonucunda, Hindistan ve Birleşik Krallık dışındaki tüm ülkeler için güneş enerjisi kullanımının artmasının, ekolojik ayak izinin azalmasına neden olduğu bulunmuştur.

Zafar vd. (2019) ise, 1970'ten 2015'e kadar Amerika Birleşik Devletleri'nde doğal kaynakların, doğrudan yabancı yatırımın ve insan sermayesinin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Elde edilen bulgular, insan sermayesinin, doğrudan yabancı yatırımın ve doğal kaynakların bolluğunun ekolojik ayak izini azalttığını göstermektedir. Ayrıca yazarlar çalışmalarında, doğal kaynaklardan ekolojik ayak izine doğru tek yönlü nedensellik bulmuşlardır. Ahmad vd. (2020) ise çalışmalarında, 22 Gelişmekte olan ülke için, 1984-2016 döneminde doğal kaynakların, teknolojik yeniliklerin ve ekonomik büyümenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini ampirik olarak incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, doğal kaynakların ve ekonomik büyümenin ekolojik ayak izini artırdığını fakat teknolojik yeniliklerin ise çevresel bozulmayı azalttığını bulmuşlardır.

Öte yandan, mevcut iktisat literatürü teknolojik inovasyon ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiye yeterince ışık tutmadığı görülmektedir. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı doğrultusunda, teknolojik yeniliklerin çevre kalitesinin ölçülmesinde önemli bir gösterge olan karbon emisyonları üzerindeki etkisini araştıran araştırmalarda incelenmiştir. Örneğin, Mensah vd. (2018) 1990-2014 dönemini kapsayan ve çalışma için seçilen 28 OECD ülkesi için teknolojik yeniliklerin CO₂ emisyonları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar, teknolojik yeniliğin CO₂ emisyonlarını azaltmada yardımcı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Benzer şekilde Shahbaz vd. (2018), 1995-2016 yıllarını kapsayan dönemde Fransa'da CO₂ emisyonları, finansal gelişme, enerji yeniliği ve yabancı yatırım arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışma sonucu, doğrudan yabancı yatırımın artan CO₂ emisyonları ile pozitif bir ilişkiye sahip olma eğiliminde olduğunu, finansal gelişme ve enerjideki yeniliklerin ise CO₂ emisyonları ile ters orantılı olduğunu ve çevresel bozulmayı azaltmaya yardımcı olduğunu göstermiştir.

2. MODEL VERİ SETİ

Bu çalışma, aşağıda yer alan modeli kullanarak 1985-2020 dönemi yıllık verileri yardımıyla ekolojik ayak izi üzerinde finansal gelişme ve teknolojik inovasyonun etkisini analiz etmektedir.

$$EF_t = \beta_0 + \beta_1 FDI + \beta_2 GDP + \beta_3 LnPatent + \varepsilon_t \quad (1)$$

Tablo 1. Değişkenler ve Açıklamaları

Değişkenler	Sembolü	Açıklaması	Kaynak
Ekolojik ayak izi	EF	Tüketimin ekolojik ayak izi (kişi başına küresel hektar).	Global Footprint (https://www.footprintnetwork.org/)
Finansal Gelişme	FDI	Finansal Gelişme Endeksi	IMF
Ekonomik Büyüme	GDP	GSYH'nin yıllık yüzde büyüme oranı (ABD doları cinsinden ifade edilen sabit 2015 fiyatları)	Dünya Bankası
Patent Başvuruları	LnPatent	Patent Başvuru Sayıları	Dünya Bankası

Tablo 1’de ifade edilen ve modelde kullanılacak değişkenlerden sadece Patent değişkenin, küçük dalgalanmalardan arındırmak ve doğrusal hale getirmek için logaritması alınmıştır. Diğer değişkenlerde logaritma alma işlemi gerçekleştirilmemiştir. Değişkenlerin durağanlık derecelerinin belirlenmesi için literatürde en sık kullanılan birim kök testlerinden ADF ve PP birim kök testleri tercih edilmiş ve Tablo 2’de ifade edilmiştir. Tablo 2’ye göre, FDI, EF ve Patent değişkenlerinin düzeyde durağan olmadığı, yani farkları alındığında durağanlaştığı, fakat GDP değişkeninin ise seviyede durağan olduğu görülmektedir. Yani FDI, EF ve Patent değişkenlerinin durağanlık derecesi %1 anlamlılıkta I(1) iken, GDP değişkeninin durağanlık derecesi %1 anlamlılıkta I(0) olarak söylenebilmektedir.

Tablo 2. ADF ve PP Birim Kök Testleri

Değişkenler	ADF	PP
FDI	-1.4655(0.5390)	-1.4913(0.5262)
Δ FDI	-5.1392(0.000) ***	-5.2104(0.000) ***
EF	-1.2368(0.6469)	-1.6027(0.4706)
Δ EF	-9.7282(0.000) ***	-10.2479(0.000) ***
GDP	-6.12790(0.000) ***	-6.2530(0.000) ***
lnPatent	1.8707(0.6481)	-1.9228(0.6214)
Δ lnPatent	-5.5547(0.000) ***	-5.7690(0.000) ***

Değişkenlerin durağanlık derecelerinin elde edilmesinden sonra seriler arasındaki eş bütünleşme ilişkisinin belirlenmesi için Pesaran, Shin ve Smith’in (2001) geliştirdiği Otoregresif Dağıtılmış Gecikme Modeli (ARDL) Sınır testi yöntemi kullanılmıştır. ARDL sınır testi, küçük örneklem grubu için hem daha uygun hem de serilerin farklı düzeylerde durağanlığına izin verdiği için tercih edilmektedir (Gültekin, 2023). Bu kapsamda, değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisini belirlemek amacıyla belirlenen eşitlik, 2 numaralı denklemde belirtilmektedir:

$$\Delta EF_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^x \beta_1 \Delta EF_{t-i} + \sum_{i=0}^x \beta_2 \Delta FDI_{t-i} + \sum_{i=0}^x \beta_3 GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^x \beta_4 \Delta LnPatent_{t-i} + \beta_5 \Delta EF_{t-1} + \beta_6 \Delta FDI_{t-1} + \beta_7 GDP_{t-1} + \beta_8 \Delta LnPatent_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Yukarıdaki eşitlikte yer alan x, uygun gecikme uzunluğunu, β_0 sabit terimi, $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ kısa vadeli dinamik ilişkiyi temsil eden katsayıları, $\beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$ uzun vadeli dinamik ilişkiyi temsil eden katsayıları ve ε_t ise beyaz gürültü hata terimini temsil etmektedir. Ayrıca söz konusu modelde gecikme uzunluğu Akaike Bilgi Kriteri (AIC) aracılığıyla (1,1,0,2) şeklinde belirlenmiş olup, geçerliliği sınanan hipotezler ise aşağıda belirtilmiştir.

$$H_0 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \beta_8 = 0$$

$$H_1 \neq \beta_5 \neq \beta_6 \neq \beta_7 \neq \beta_8 \neq 0$$

ARDL Sınır testinde yukarıda yer alan hipotezleri sınamak için değişkenler arasında eşbütünlüşme ilişkisinin olup olmadığının belirlenmesinde Peseran, vd. (2001) tarafından belirlenen kritik değerler kullanılmaktadır. Kritik değerler, hesaplanan F istatistik değerleri ile karşılaştırılmaktadır. Eğer hesaplanan F istatistik değeri, kritik değerlerden büyükse değişkenler arasında eşbütünlüşme ilişkisinin varlığından söz edilebilmektedir. Yapılan çalışmada F istatistik değerinin (16.82), kritik üst değerden büyük olduğu görülmekte ve Tablo 3'te ifade edilmektedir. Bu yüzden kurulan hipotezlerdeki değişkenler arasında uzun dönemde ilişki yoktur hipotezi reddedilmiştir. Daha açık bir ifadeyle, analizde kullanılan karbon ayak izi, finansal gelişme, ekonomik büyüme ve patent başvuruları arasında uzun dönemde eşbütünlüşme ilişkisi olduğu söylenebilir.

Tablo 3. Eşbütünlüşme Test Sonuçları

K	F istatistiği	Alt Sınır %5	Üst Sınır %5
3	16.82	2.79	3.67

Bu aşamadan sonra seçilen ARDL modeline ait uzun dönem katsayılar 3 numaralı denklemde, kısa dönem katsayıların elde edildiği hata düzeltme modeli (ECM) ise 4 numaralı denklemde ifade edilmektedir.

$$\Delta EF_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^x \beta_1 \Delta EF_{t-i} + \sum_{i=0}^x \beta_2 \Delta FDI_{t-i} + \sum_{i=0}^x \beta_3 GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^x \beta_4 \Delta LnPatent_{t-i} + \beta_5 \Delta EF_{t-1} + \beta_6 \Delta FDI_{t-1} + \beta_7 GDP_{t-1} + \beta_8 \Delta LnPatent_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\Delta EF_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^x \beta_1 \Delta EF_{t-i} + \sum_{i=0}^x \beta_2 \Delta FDI_{t-i} + \sum_{i=0}^x \beta_3 GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^x \beta_4 \Delta LnPatent_{t-i} + \beta_5 \Delta EF_{t-1} + \beta_6 \Delta FDI_{t-1} + \beta_7 GDP_{t-1} + \beta_8 \Delta LnPatent_{t-1} + \delta ECM_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

3 ve 4 numaralı denklemlerde Δ ifadesi serilerin birinci dereceden farkını ifade ederken 4 numaralı denklemde, ECM_{t-1} ; hata düzeltme terimini, δ ise; hata düzeltme katsayısını ifade etmektedir. Tablo 4, ARDL modeli uzun dönemli katsayıları ifade etmektedir.

Tablo 4. ARDL Uzun Dönem Katsayıları

Değişkenler	Katsayı	Std hata	T istatistik	Prob
ΔFDI	1.546117	0.702316	2.201456	0.0368**
GDP	0.021637	0.010980	1.970647	0.0595***
ΔLnPATENT	0.098197	0.051445	1.908772	0.0674***
C	1.559946	0.124970	12.48255	0.0000***

Not: **, *** işaretleri sırasıyla %5 ve %10 anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 4'e göre finansal gelişmedeki artışın, ekolojik ayak izini artırdığı ve katsayının da istatistiki olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Elde edilen bu sonuç, Bakkal (2022) ve Ahmed vd. (2021) ile de uyumludur. Finansal gelişme, bir ülkede çevre kalitesini etkileyen önemli faktörlerden biridir ve çevreyi pek çok farklı açıdan etkileyebilir. Finansal gelişme ile yatırım kredileri ve buna bağlı olarak da yatırım düzeyi artabilir. Diğer taraftan finansa gelişme, sanayi sektöründeki gelişmeyi de etkileyerek enerji talebini artırır. Artan enerji talebi de sera gazı emisyonlarını arttırarak çevresel kaliteyi olumsuz etkiler. Buna benzer şekilde, kredilerdeki artış, bireylerin satın alma gücünü artırarak ev aletleri, otomobiller vb. gibi dayanıklı tüketim mallarının kolaylıkla satın almalarına neden olacak ve böylece enerji talebi ve sera gazı emisyonları da yine artacaktır (Pala ve Barut, 2020) Kısaca, finansal gelişmenin doğru yatırımlara yönlendirilmesi, ekolojik ayak izinde olumlu etki yaratırken, yanlış alanlara yönlendirilen finansal gelişme ise ekolojik ayak izini olumsuz etkilemektedir. Analiz sonucunda Türkiye'de finansal gelişmede yaşanan artışın, çevre üzerinde olumlu etki yaratmadığı, başka bir deyişle ekolojik ayak izini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmada, ekolojik sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi incelenen bir diğer değişken teknolojik inovasyonu temsil eden patent başvurularıdır. Çalışmada patent başvurularının ekolojik ayak izi üzerinde pozitif etkisi olduğu ve katsayının ise anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Teknolojik gelişmenin ekolojik sürdürülebilirlik üzerindeki etkisine yönelik literatürde tam bir fikir birliği yoktur. Fakat çalışmaların çoğu, teknolojik gelişmenin ilk etaplarda faktör verimliliğini artırdığını ve bununda üretim düzeyini olumlu etkileyerek çevresel deformasyonlar meydana getireceğini, fakat teknolojik gelişmenin daha ileri aşamalarında ise daha çevresel teknolojilerin ortaya çıkarak, çevresel deformasyonu düşüp çevresel kaliteyi eskisinden de iyi bir duruma getirdiğini ifade etmektedir (Demir, 2019, s. 680).

Çalışmada incelenen son değişken ise, ekonomik büyümedir. Ekonomik büyümede meydana gelen bir artışın, ekolojik ayak izini artırdığı sonucuna ulaşılmış ve katsayı ise istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Elde edilen sonuç, Arı ve Zeren (2011) ile de uyumludur. Ekonomik büyümenin ekolojik sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi, özellikle gelişmekte olan ülkelerde üç şekilde ele alınmaktadır. İlk olarak, gelişmekte olan ülkelerde, ekonomik gelişme büyük oranda sanayileşmeye dayanmakta ve bu da çevreye

zarar vermektedir. İkinci olarak, kısıtlı olan kaynakların çevre ve ekolojiye mi yoksa daha fazla sanayileşmeye mi harcanmalı sorusudur. Son olarak ise, gelişmekte olan ülkelerin henüz sanayileşmenin başında olmaları söz konusu ülkelerin ekolojik problemlerin varlığına inanmalarını zorlaştırmakta, çevre ve doğanın korumasının önemi bu ülkelerce anlaşılmamaktadır (Bilginöglü, 1989; Saatçi ve Dumrul, 2012). Çalışma bulgularından da anlaşılacağı üzere, Türkiye'de teoriye de uygun şekilde ekonomik büyüme ekolojik sürdürülebilirliği olumsuz etkilemektedir.

Tablo 5. Hata Düzeltme Modeli Test Sonuçları (1,1,0,2)

Değişkenler	Katsayı	T istatistik	Prob
Δ FDI	-1.172074	-1.662631	0.1084
Δ LnPATENT	0.033150	0.357662	0.7235
Δ LnPATENT (-1)	0.318698	3.472320	0.0018
ECT (-1)	-0.752639	-9.851252	0.0000

Tablo 5'te ARDL hata düzeltme sonuçları ifade edilmektedir. Modeldeki kısa dönem uyarlanma sürecinin anlaşılabilmesi için hata düzeltme katsayısının (ECT) büyüklüğüne işaretine bakılması gerekmektedir. Tablo 5'e göre hata düzeltme katsayısı negatif (-0,75) ve istatistiki olarak da anlamlıdır.

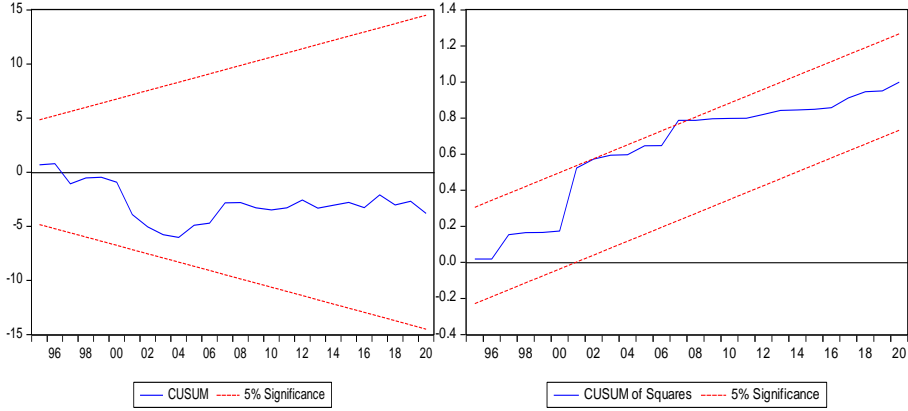
Tablo 6. Tanısal Test İstatistikleri

R ²	0.94	AIC	-1.60
Log likelihood	35.31	SIC	-1.24
Breusch- Godfrey LM Testi	0.19(0.82)	F istatistiği	65.33 (0.000)
Breusch- Godfrey Test	1.15 (0.36)	Jarque-Bera	0.48(0.78)
Ramsey RESET Test	0.03(0.85)		

ARDL sınır testi yaklaşımında, modelin hata terimlerinin otokorelasyon ve değişen varyans varsayımlarını sağlamış olması beklenmektedir. Bu sebeple çalışmada otokorelasyon için Breush-Godfrey LM Testi ve değişen varyans sorununun olup olmadığını kontrol etmek için ise Breusch-Pagan-Godfrey Testi yapılmış ve Tablo 6'da ifade edilmiştir. Buna göre Jarque- Bera Normallik Testi sonucunda serinin normal dağılıma sahip olduğu, Ramsey RESET Testi ile modelin kurulmasının doğru olduğu, Breush-Godfrey LM Testine göre otokorelasyon olmadığı, Breusch-Pagan-Godfrey Testine göre ise değişen varyan sorunu olmadığı görülmektedir. Ayrıca modele ait R² değerinin ise 0,94 olduğu gözlenmiştir. Buna göre,

modelde yer alan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama gücü oldukça yüksektir yorumu yapılabilir.

Şekil 4. CUSUM ve CUSUM of Square Testleri



Kurulan modelin katsayılarının istikrarlı olup olmadığının tespit edilmesinde Şekil 4'te ifade edilen CUSUM ve CUSUM of Square testleri yapılmıştır. Buna göre ardışık hataların kümülatif toplamını ifade eden CUSUM testine göre, parametreler %5 anlamlılık düzeyinde kritik sınırlar içerisinde kalmaktadır. Diğer taraftan ardışık hataların kümülatif toplamalarının karesini ifade eden CUSUM of Squares testine göre ise, model katsayılarının istikrarlılığı kısa bir süreliğine bozulmaktadır. Fakat bu durum, Turner'ın (2010) ifade ettiği üzere, yapısal değişimin yol açtığı kırılma örneklemin sonunda gerçekleşiyorsa CUSUM of Square testi daha güçlü sonuçlar verirken, bunun dışında görülen durumlarda ise CUSUM testi daha güçlü test sonuçlarını ifade etmektedir. Bu bağlamda değerlendirildiğinde, model katsayılarının istikrarlılığı kısa bir süreliğine bozulduğu ancak yapısal kırılmanın örneklem sonunda gözlenmediği dikkate alındığında, katsayıların istikrarlılığı CUSUM test sonuçlarına göre değerlendirilebilmekte ve buna göre, kritik sınırlar içerisinde bulunan parametrelerin istikrarlı olduğu söylenebilmektedir.

Çalışmada ARDL sınır testinin ardından, modelin istikrarlı olup olmadığı FMOLS tahmincileri aracılığı ile de sınanmıştır. Bunun için Philips ve Hansen (1990) tarafından ortaya konulan Geliştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (Fully Modified Ordinary Least Squares-FMOLS) ile katsayı tahmini yapılmıştır. FMOLS yöntemi, bireysel kesitler arasında heterojenliğe önemli ölçüde izin veren, sabit terim, hata terimi ve bağımsız değişkenlerin farkları arasında oluşabilecek korelasyonları da hesaba katan bir yöntem olduğu için bu çalışma tercih edilmiştir (Kök ve şimşek, 2006). Bu kapsamda, Türkiye için ekolojik sürdürülebilirlik, finansal gelişme, teknolojik inovasyon ve ekonomik büyüme arasındaki uzun dönemli katsayı tahmini Tablo 7' de ifade edilmektedir.

Tablo 7. FMOLS Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: Ekolojik Ayak İzi (EF)

Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	T istatistiği	Olasılık Değeri
D(FDI)	1.694657	0.425376	3.983904	0.0004***
GDP	0.014471	0.003630	3.985985	0.0004***
D(LnPatent)	0.094566	0.032126	2.943586	0.0061***

Not: *** işareti %10 anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 7’de ifade edilen tahmin sonuçlarına göre, finansal gelişme, ekonomik büyüme ve patent başvuruları ve ekolojik ayak izi arasında pozitif bir ilişki vardır. Bunun yanı sıra modelde ifade edilen tüm değişkenler ise istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur. Bu noktada FMOLS tahmincileri ve ARDL sınır testi sonucunda elde edilen bulguların benzer olduğu söylenebilmektedir.

Sonuç

Son yıllarda yaşanan ekonomik ve sosyal gelişmeler ülke ekonomileri için nicel anlamda olumlu bir görünüm sergilese de söz konusu gelişmeler, çevre ve ekosistemin göz ardı edilmesi pahasına her geçen gün artmaktadır. Ekonomik büyümenin yönlendirdiği insan faaliyetleri, su, hava, toprak dahil olmak üzere ekosistemler üzerinde neredeyse ölçülemez etkilere sahiptir ve çevre açısından geri dönüşü zor olan hasarlar bırakmaktadır. Örneğin, kirlilik, küresel ısınma, türlerin azalması veya yok olması, gıda krizleri, aşırılaşan hava koşulları, ekosistemin insanlara verdiği uyarılardan bazılarıdır. Bu noktada, ekolojik ayak izi kavramı, insan faaliyetlerinin çevre üzerinde neden olduğu baskıyı ölçmek için son yıllarda sık kullanılan bir kavram olarak gündeme gelmektedir.

Yapılan çalışmada, Türkiye’de ekolojik sürdürülebilirlik üzerinde finansal gelişme ve teknolojik inovasyonun etkileri ARDL Sınır Testi ve FMOLS tahmincisi yardımıyla 1985-2020 dönemi için ampirik olarak incelenmiştir. Bu doğrultuda çalışmada ekolojik sürdürülebilirlik, ekolojik ayak izi ile, finansal gelişme, IMF tarafından hesaplanan finansal gelişme endeksi ile ve teknolojik inovasyon ise patent başvuru sayıları ile ilişkilendirilmiştir. Çalışmada ayrıca ekolojik sürdürülebilirlik üzerinde etkili olduğu düşünülen ekonomik büyümenin de etkisi incelenmiştir.

Çalışmada, her iki modelde de finansal gelişmedeki artış ile ekolojik sürdürülebilirlik arasındaki ilişkinin pozitif olduğu ve katsayının ise istatistikî olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Finansal gelişme ile finansman olanakları çeşitlenmekte ve bunun sonucunda da yatırım düzeyi artmaktadır. Diğer taraftan finansa gelişme, sanayi sektöründeki gelişmeyi de etkileyerek enerji talebini artırmaktadır. Artan enerji talebi Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde daha çok geleneksel kaynaklardan karşılanmakta ve bu da sera gazı

emisyonlarını arttırarak çevresel kaliteyi olumsuz etkilemektedir. Bu noktada çalışma Türkiye’de finansal gelişmedeki artışın çevre üzerinde olumlu etki yaratmadığı, başka bir deyişle ekolojik ayak izini arttırdığına yönelik kanıtlar içermektedir.

Çalışmada, ekolojik sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi incelenen diğer bir değişken ise teknolojik inovasyonu temsil eden patent başvurularıdır. Çalışmada patent başvurularının ekolojik ayak izi üzerinde hem ARDL sınır testinde hem de FMOLS tahminisinde pozitif etkisi olduğu ve katsayının ise anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yani, teknolojik inovasyonların Türkiye’de ele alınan dönemde ekolojik sürdürülebilirliği olumsuz etkilediği söylenebilmektedir. Çalışmada incelenen son değişken ise ekonomik büyümedir. Ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasında her iki modelde de pozitif bir ilişki gözlenmiş ve katsayı ise istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur.

Hakem Değerlendirmesi: Dış Bağımsız

Yazar Katkısı: Başak Özarslan Doğan: %100

Destek ve Teşekkür Beyanı: Çalışma için destek alınmamıştır.

Etik Onay: Bu çalışma etik onay gerektiren herhangi bir insan veya hayvan araştırması içermemektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Çalışma ile ilgili herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Peer Review: Independent double-blind

Author Contributions: Başak Özarslan Doğan: 100%

Funding and Acknowledgement: No support was received for the study.

Ethics Approval: This study does not contain any human or animal research that requires ethical approval.

Conflict of Interest: There is no conflict of interest with any institution or person related to the study.

Önerilen Atıf: Özarslan Doğan, B. (2023). Ekolojik sürdürülebilirlikte finansal gelişme ve teknolojik inovasyon etkisi: Türkiye’den kanıtlar. *Akademik Hassasiyetler*, 10(23), 200-217. <https://doi.org/10.58884/akademik-hassasiyetler.1331306>

Kaynakça

Ahmad, M., Jiang, P., Majeed, A., Umar, M., Khan, Z., & Muhammad, S. (2020). The dynamic impact of natural resources, technological innovations and economic growth on ecological footprint: An advanced panel data estimation. *Resources Policy*, 69. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101817>.

- Ansari, M. A. (2022). Re-visiting the Environmental Kuznets curve for ASEAN: A comparison between ecological footprint and carbon dioxide emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168, 112867. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112867>
- Arı, A & Zeren, F. (2011). CO2 emisyonu ve ekonomik büyüme: Panel veri analizi. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 18(2), 37-47.
- Bakkal, H. (2022). Ekonomik büyüme, doğrudan yabancı sermaye yatırımları, finansal gelişme ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişki: ABD ve ÇİN üzerine bir analiz. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(3), 366-386. <https://doi.org/10.53443/anadoluibfd.1139809>
- Bilginoglu, M. Ali. (1989), Ekonomik Büyüme-Enerji-Çevre İlişkisi. *Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi*, 8, 79-87.
- Chen, Y., Cheng, L., & Lee, C. C. (2022). How does the use of industrial robots affect the ecological footprint? International evidence. *Ecological Economics*, 198, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107483>
- Danish vd. (2020). Determinants of the ecological footprint: Role of renewable energy, natural resources, and urbanization. *Sustainable Cities and Society*, 54 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101996>.
- Demir, C. (2019). Avrupa birliği ülkelerinde inovasyon ve çevresel bozulma: Panel veri analizi. *Scientific Committee*, 678.
- Footprint Network. (2022). *Countries with biocapacity reserve percentage that biocapacity exceeds ecological footprint*. 20 Temmuz 2023 tarihinde https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.206323348.623391055.1688979918-2113923993.1688556959#/ adresinden edinilmiştir.
- Gültekin, H. (2023). Finansal gelişme, inovasyon ve CO2 emisyonları: ARDL sınır testi yaklaşımı. *Econder International Academic Journal*, 7(1), 25-39. <https://doi.org/10.35342/econder.1269394>
- World Population Review, 4 Nisan 2023 tarihinde <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/ecological-footprint-bycountry>, adresinden edinilmiştir.
- IEA, I. (2019). Southeast Asia energy outlook 2019. *International Energy Agency, IEA, Paris, France*.
- Jebli, M. B., Youssef, S. B., & Ozturk, I. (2016). Testing environmental Kuznets curve hypothesis: The role of renewable and non-renewable energy consumption and trade in OECD countries. *Ecological Indicators*, 60, 824-831. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.031>
- Kihombo, S., Ahmed, Z., Chen, S., Adebayo, T. S., & Kirikkaleli, D. (2021). Linking financial development, economic growth, and ecological

- footprint: what is the role of technological innovation?. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(43), 61235-61245.
- Kongbuamai, N., Bui, Q., Yousaf, H. M. A. U., & Liu, Y. (2020). The impact of tourism and natural resources on the ecological footprint: A case study of ASEAN countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 19251-19264.
- Mensah, C. N., Long, X., Boamah, K. B., Bediako, I. A., Dauda, L., & Salman, M. (2018). The effect of innovation on CO 2 emissions of OCED countries from 1990 to 2014. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 29678-29698.
- Moffatt, I. (2000). Ecological footprints and sustainable development. *Ecological economics*, 32(3), 359-362.
- Oluç, İ. (2023). İnsani kalkınma ile karbonsuz ekolojik ayak izi ilişkisi: Sürdürülebilir kalkınmaya farklı bir bakış açısı. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 41(2), 271-293. <https://doi.org/10.17065/huniibf.1105010>
- Pala, F., ve Barut, A. (2021). Finansal gelişme, ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin çevresel kalite üzerindeki etkisi: E-7 ülkeleri örneği. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(2), 347-366. <https://doi.org/10.18037/ausbd.959225>
- Saatçi, M., & Dumrul, Y. (2011). Çevre kirliliği ve ekonomik büyüme ilişkisi: Çevresel kuznets eğrisinin Türk ekonomisi için yapısal kırılmali eş-bütünleşme yöntemiyle tahmini. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (37), 65-86.
- Shahbaz, M., Nasir, M. A., & Roubaud, D. (2018). Environmental degradation in France: The effects of FDI, financial development, and energy innovations. *Energy Economics*, 74, 843-857. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.07.020>
- Sharif, A., Meo, M. S., Chowdhury, M. A. F., & Sohag, K. (2021). Role of solar energy in reducing ecological footprints: An empirical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 292. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126028>
- Tosunoğlu, T., (2014), Sürdürülebilir küresel refah göstergesi olarak ekolojik ayak izi. *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 3(5), 154-171.
- Turner, P. (2010). Power properties of the CUSUM and CUSUMSQ tests for parameter instability. *Applied Economics Letters*, 17(11), 1049-1053. <https://doi.org/10.1080/00036840902817474>
- Venetoulis, J., & Talberth, J. (2008). Refining the ecological footprint. *Environment, Development and Sustainability*, 10(4), 441-469.
- Wackernagel, M., Schulz, N. B., Deumling D., Linares, A. C., Jenkins, M., Kapos, V., Monfreda, C., Loh, J., Myers, N., Norgaard, R. and Randers,

- J. (2002). Tracking the ecological overshoot of the human economy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 99(14), 9266–9271. <https://doi.org/10.1073/pnas.142033699>
- Wang, R., Usman, M., Radulescu, M., Cifuentes-Faura, J., & Balsalobre-Lorente, D. (2023). Achieving ecological sustainability through technological innovations, financial development, foreign direct investment, and energy consumption in developing European countries. *Gondwana Research*, 119, 138-152. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.02.023>
- Zafar, M. W., Zaidi, S. A. H., Khan, N. R., Mirza, F. M., Hou, F., & Kirmani, S. A. A. (2019). The impact of natural resources, human capital, and foreign direct investment on the ecological footprint: The case of the United States. *Resources Policy*, 63, 101428. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101428>

Extended Abstract

Recently, the causes of climate disasters are among the topics that have been frequently investigated on a global scale. Many studies indicate that the leading cause of disasters such as global warming and climate change is caused by human activities. Many countries in the world, especially developed countries, need energy intensively in production processes. This required energy is primarily supplied by traditional fossil fuel sources. The increase in the use of fossil fuels brings the concept of ecological footprint to the agenda. Ecological footprint, according to Wackernagel and Loh (2002), “is the measure of how much fertile land and water an individual, a city, a country, or humanity needs, using current technology to produce the resources it consumes and absorb the waste it produces.” Thus, the ecological footprint is used as an important indicator to measure environmental sustainability. Today, Qatar holds the top position in the list of countries with the highest ecological footprint globally, followed by Luxembourg in second place, and the United Arab Emirates in third place. These countries are followed by Bahrain, Trinidad and Tobago, Canada, Mongolia, America, Kuwait and Oman, respectively. In Türkiye, on the other hand, since the 1980s, the ecological footprint begins to increase and exceeds its biological capacity. In other words, since the early 1980s in Türkiye, the balance between the self-renewal capacity of the environment and environmental deformation began to deteriorate in favor of the environment. In the economics literature, there are important studies on the ecological footprint. Kihombo et al. (2021), is one of these studies. Kihombo et al. (2021) investigated the effects of technological innovation, financial development and economic growth on the ecological footprint that controls urbanization for Western Asian and Middle Eastern countries with the data of 1990-2017. They showed that urbanization and financial development increased the ecological footprint, while the increase in innovation decreased the ecological footprint. Another important study in this

area is Zafar et al.'s (2019) work. Zafar et al. (2019) examined the impact of natural resources, foreign direct investment, and human capital on the ecological footprint in the United States from 1970 to 2015. The findings showed that human capital, foreign direct investment and abundance of natural resources reduced the ecological footprint. In addition, the authors found unidirectional causality from natural sources to ecological footprint in their study. Another study, Ahmad et al. (2020), on the other hand, empirically examined the effects of natural resources, technological innovations and economic growth on the ecological footprint for 22 developing countries during the 1984-2016 period. As a result, they found that natural resources and economic growth increased the ecological footprint, but technological innovations reduced environmental degradation. It is seen that the current economics literature does not shed sufficient light on the relationship between technological innovation and ecological footprint. For this reason, for the purpose of this study, the effect of technological innovations on carbon emissions, which is an important indicator in measuring environmental quality, has been examined in researches. For example, Mensah et al. (2018) investigated the effects of technological innovations on CO₂ emissions for the period 1990-2014 for 28 OECD countries. The findings revealed that technological innovation helps in reducing CO₂ emissions.

The aim of this study was to empirically examine whether financial development and technological innovation are effective on ecological sustainability. In this direction, in this study, ecological sustainability was associated with ecological footprint, financial development with the financial development index calculated by the IMF, and technological innovation with patent applications. In addition, the economic growth variable, which was thought to affect ecological sustainability, was also examined in the study. In the study, the relationship between ecological sustainability, financial development and technology was analyzed using the ARDL bounds test method for the years 1985-2020 and the consistency of the findings was checked using the FMOLS estimator. The ARDL limit test method has many advantages compared to other methods. For example, there is no requirement for all variables to be stationary at the same level in the ARDL bounds test. In addition, ARDL limit test is a more suitable method for small sample group. For these reasons, this method was preferred as the main method in the study. In the study, it was found that the relationship between the increase in financial development and ecological sustainability was positive in both models, and the coefficient was statistically significant. When the coefficient obtained was evaluated economically, the increase in financial development in Türkiye did not have a positive effect on the environment, that is, it increased the ecological footprint. On the other hand, in the study, the effect of patent applications representing technological innovation on the ecological footprint was found to have a positive effect on the ecological footprint both in the ARDL limit test and FMOLS estimator, and the coefficient was significant. In other words, it can be said that technological innovations negatively affect

ecological sustainability in Türkiye. The last variable examined in the study was economic growth. A positive relationship was observed between economic growth and ecological footprint in both models, and the coefficient was statistically significant.