

Seçilmiş Ekonomik Değişkenlerin Ekolojik Ayak İzine Etkisinin Analizi: BRICS-T Ülkeleri Örneği

Erhan DUMAN (https://orcid.org/0000-0002-6681-0036), Necmettin Erbakan University, Türkiye; eduman@erbakan.edu.tr

Analysis of the Effect of Selected Economic Variables on Ecological Footprint: The Case of BRICS-T Countries

Abstract

Globalisation, rapid urbanisation, excessive consumption, climate change and increasing industrialisation activities have increased the demand pressure of humanity on the environment. In this study, the effects of per capita income, openness, foreign direct investment, renewable energy consumption and total R&D (research and development) expenditures on the ecological footprint of the BRICS-T (Brazil, Russia, India, China, South Africa-Türkiye) countries for the period 1992-2018 were investigated by FMOLS (Fully Modified Least Squares) and DOLS (Dynamic Least Squares) methods. As a result of the review, a 1% percentage increase in per capita income, openness and foreign direct investment in BRICS-T countries increased the ecological footprint by 0,21%, 0,29% and 0,39%, respectively. The 1% point increase in renewable energy consumption and R&D expenditures reduces the ecological footprint by 0.71% and 0.55%.

Keywords : BRICS-T Countries, Selected Economic Variables, Ecological Footprint, Panel Data Analysis.

JEL Classification Codes : C23, F64, Q59.

Öz

Küreselleşme, hızlı kentleşme, aşırı tüketim, iklim değişikliği ve artan sanayileşme faaliyetleri insanlığın çevre üzerindeki talep baskısının artmasına neden olmuştur. Bu çalışmada BRICS-T ülkelerinde 1992-2018 dönemine ait kişi başına düşen gelir, dışa açıklık, doğrudan yabancı yatırım, yenilenebilir enerji tüketimi ve toplam ar-ge harcamalarının ekolojik ayak izine etkisi FMOLS ve DOLS yöntemleriyle araştırılmıştır. İnceleme sonucunda, BRICS-T ülkelerinde kişi başına düşen gelir, dışa açıklık ve doğrudan yabancı yararımlardaki %1 puanlık artış sırasıyla ekolojik ayak izini %0,21, %0,29 ve 0,39 oranında artırmaktadır. Yenilenebilir enerji tüketimi ve ar-ge harcamalarındaki %1 puanlık artış ise ekolojik ayak izini %0,71 ve %0,55 oranında azaltmaktadır.

Anahtar Sözcükler : BRICS-T Ülkeleri, Seçilmiş Ekonomik Değişkenler, Ekolojik Ayak İzi, Panel Veri Analizi.

1. Giriş

Sürdürülebilir bir kalkınma için önemli olan koşulların başında, gelecek kuşaklara yaşanabilir bir çevre bırakabilme gelmektedir. Ekolojik ayak izi ölçümleri bu hedefe hizmet etmektedir. Fakat 1980'li yıllardan günümüze kadar olan süreçte çevre tahribatının hız kesmeden sürmesi; küresel ısınmaya, iklim değişikliğine ve biyoçeşitliliğin azalmasına neden olmaktadır. Bu durumda tüketim alışkanlıklarının aynı hızda devam etmesi ve değişmemesi, insanoğlunun gelecekte bir başka gezegene daha ihtiyaç duymasına sebep olabilecektir. Bu kapsamda küreselleşmenin hızlanması ile uygulanan serbest ekonomik modeller neticesinde ekonomik değişkenlerdeki gelişmeler çevre problemini ortaya çıkarmıştır.

Günümüzde ampirik analizler kapsamında çevre probleminin bir değişkeni olarak sıkça kullanılan karbon salınımı yerine artık ekolojik ayak izi değişkeni kullanılmaktadır. Bu durum, karbon salınımı değişkeninin doğal kaynakların tüketimini ölçmede yetersiz kalmasıyla açıklanmaktadır. Wackernagel ve Reel 1996 yılında, ekolojik ayak izi kavramını insanların ekolojik sistem üzerindeki etkilerine eşdeğer bir toprak göstergesi olarak geliştirmişlerdir. Bir başka deyişle, ekolojik ayak izi tüketilen kaynakları tekrar üretmek ve atık dönüşümü sağlamak için ihtiyaç duyulan toplam toprak alanı ifade etmektedir (Irshad & Hussain, 2017: 5). Diğer yandan ekolojik ayak izi yardımıyla doğanın talep ve arz miktarı araştırılmaktadır. Ekolojik ayak izinin arz kısmında bir ülkenin veya bölgenin ekolojik kaynaklarının etkinliği ve biyolojik kapasitesi değerlendirilmektedir. Talep kısmında ise tüketilen doğal varlıkları tekrar üretmek için gerekli olan ekolojik kaynaklar ölçülmektedir. Biyolojik kapasitenin elverdiği ölçüde sürdürülebilir bir kalkınma için 1970'li yıllardan başlayarak günümüze kadar pek çok protokoller, konferanslar ve deklarasyonlar gerçekleştirilmiştir. Bütün bu çabalar ekolojik ayak izini düşürmede yetersiz kalmıştır. Örneğin dünyanın en büyük ekonomisi olan ABD'de 2018 yılında kişi başına düşen biyolojik kapasite 3.4 gha iken ekolojik ayak izi 8.1 gha ve biyolojik açığı 4.7 gha olarak gerçekleşmiştir (Global Footprint Network, 2022).

Küreselleşmeyi destekleyen liberal politikalar, uluslararası ekonomik sınırları ortadan kaldırarak sermayenin gelişmekte olan ülkelere yayılmasına sebep olmaktadır. Bu durumda gerek ekonomik karar birimleri gerekse araştırmacılar ekonomik faaliyetlerle çevre arasındaki ilişkiyi inceleme ihtiyacı duymuşlardır. Bu ilişkinin araştırılması istikrarlı bir ekonomi için hayati önem taşımaktadır (Duman, 2018: 40). Bu kapsamda ilk olarak incelenmesi gereken değişken ekonomik büyümenin çevreye olan etkisidir. Çevresel Kuznets Eğrisi, çevresel bozulma ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır. Bu eğriye göre, kişi başına gelir ile çevre arasında ters yönlü bir ilişki vardır. Bir ekonomide kişi başına gelirin yüksek olduğu dönemde ekonomik büyümedeki artış çevreye olumlu etkide bulunurken, düşük gelir seviyelerinde ise olumsuz etkilemektedir (Grossman & Krueger, 1991: 35).

Küreselleşme ile birlikte uluslararası piyasada dış açıklık kavramını gündeme gelmiştir. Bu kavram, ekonomilerin yurtiçi faaliyetlerinde değişiklik yaparak uluslararası

piyasaya açılmasını ifade etmektedir. Dışa açıklık oranı (İhracat + İthalat / GSYH) formülasyonu kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu oran ekonomilerin entegre olma seviyelerini göstermektedir. Dışa açıklık oranının azalması uluslararası piyasada ticaretinin düşmesi, oranın yükselmesi ise ticaretinin artması anlamına gelmektedir (Kazgan, 1985: 32). Ülkelerin milli gelirlerini artırmak için girdikleri rekabet yarışı sonucunda dışa açıklık yükselmiş ancak bu sürecin çevre üzerindeki olumsuz etkileri ihmal edilmiştir. Bu kapsamda ekonomik faaliyetler artan talebi karşılamak için daha fazla üretime ve çevre kirliliğine neden olmuştur (Le et al., 2016: 46).

Doğrudan yabancı sermaye yatırımları çevre üzerinde etkili olan bir diğer ekonomik değişkendir. Bu yatırımlar çevreyi bileşim, ölçek ve teknolojik olarak üç boyutta etkilemektedir. İlk olarak bileşim etkisinde endüstrinin yapısında bir değişimle, ikinci olarak ölçek etkisinde ise ekonomik faaliyetleri artırma ile çevreyi olumsuz etkilemektedir. Son olarak teknolojik etki ile yenilenen teknik ve gelişen bilgi çevreyi olumlu etkilemektedir (Doytch, 2020: 2). Bu etkiler kirlilik sığnağı ve hâle hipotezleri ile açıklanmaktadır. Kirlilik sığnağı hipotezine göre, gelişmiş ülkelerdeki yasal düzenleme ve yüksek maliyetler kirliliği endüstrilerin geliştirmekte olan ülkelere yönlere çevresel bozulmaya neden olmaktadır. Kirlilik hâle hipotezinde ise bu yatırımların çevreye olumlu etkileri vurgulanmaktadır. Bu hipoteze göre, çevre dostu olan çok uluslu şirketlerin üretim teknolojisi ve bilgileriyle çevre kalitesini artırdığı, tüketicilerin bu şirketlerin ürünleri satın alarak çevresel bozulmayı düşürdüğü ifade edilmektedir (Gallagher, 2009: 279).

Ar-ge yatırımları ve yenilebilir enerji tüketimi çevre üzerinde etkili olan diğer ekonomik değişkenlerdir. Ar-ge faaliyetleriyle kaynak verimliliği ve enerji kaynakları daha etkin kullanılarak sürdürülebilir ekonomik kalkınma sağlanabilir ve böylelikle ekolojik ayak izi azaltılabilir. Bu bağlamda gelişmiş teknolojilerle yenilebilir enerji kullanımı artabilir ve gelecek nesillere daha yaşanabilir bir çevre bırakmak mümkün olabilir. Ekonomiler bir taraftan doğal kaynak kıtlığı ve küresel iklim değişikliği ile uğraşırken, diğer taraftan uluslararası piyasada ekonomik güçlerini artırabilmek için yenilikçi ekonomik faaliyetler gerçekleştirmektedir. Bu kapsamda ar-ge yatırımlarının artması ve yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile bir yandan yeni ekonomik fırsatlar ortaya çıkarken diğer yandan ekolojik ayak izi azaltılabilmektedir. Bu durumda gelişen teknolojinin ekolojik ayak izini azaltması gerekmektedir. Örneğin; karbon yakalama ve depolama teknolojileri, enerji verimliliğini artıran bilgi iletişim teknolojileri ve yapay zekâ ile geliştirilen teknolojilerin kullanımı çevreyi olumlu etkileyerek ekolojik ayak izinin azaltılmasına katkı sağlayabilir (Duman, 2018: 105).

Bu çalışmada BRICS-T (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye) ekonomilerinde kişi başına düşen gelir, dışa açıklık, doğrudan yabancı yatırımlar, yenilebilir enerji tüketimi ve ar-ge yatırımlarının ekolojik ayak izine etkisi 1992-2018 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak panel veri analiziyle araştırılmaktadır. Araştırmada bu dönemin incelenmesinin sebebi ekolojik ayak izi verisinin en güncel 2018 yılına ait olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca Rusya'ya ait veri başlangıç yılının 1992 olması çalışmanın kısıtını oluşturmaktadır. Çalışmada BRICS-T ekonomilerinin seçilmesinin temel nedenleri;

dünya nüfusun yaklaşık olarak %42'sini oluşturmakta, ticaretin %26'sı gerçekleştirmekte ve ülkelerin ekolojik ayak izi verilerinin dünya ortalamasının üzerinde olması şeklinde sıralanabilir.

2. Ekolojik Ayak İzi

Günümüzde ekolojik ayak izi, insanoğlunun doğal kaynakların kullanım oranını ve çevresel bozulmayı ölçen bir yöntem olarak tanımlanabilir. Bu yöntem yardımıyla insanların doğayı ne kadar kullandığı ve ne kadar bir doğaya sahip olduğu sorgulanabilmektedir. Bu bağlamda insanoğlunun çevre üzerindeki talebi hesaplanabilmekte ve doğanın biyolojik kapasite verimliliği belirlenebilmektedir (Global Footprint Network, 2022). Bu doğrultuda çalışmaya konu olan ülkelerin biyolojik kapasite ve ekolojik ayak izinin 1992-2018 dönemi verileri Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo: 1
BRICS-T Ülkelerinin Biyolojik Kapasite ve Ekolojik Ayak İzinin Seyri (gha)
1992-2018

Yıllar	Brezilya		Rusya		Hindistan		Çin		Güney Afrika		Türkiye	
	BC	EF	BC	EF	BC	EF	BC	EF	BC	EF	BC	EF
1992	12,2	2,8	7,0	6,9	0,4	0,7	0,7	1,4	1,3	2,8	1,9	2,4
1993	12,0	2,8	6,9	6,1	0,4	0,7	0,7	1,5	1,4	3,0	1,9	2,7
1994	11,8	2,9	6,9	5,3	0,4	0,7	0,7	1,5	1,5	2,9	1,8	2,4
1995	11,5	3,0	6,7	5,3	0,4	0,7	0,7	1,6	1,3	3,0	1,8	2,6
1996	11,3	3,0	6,8	5,2	0,4	0,7	0,7	1,7	1,5	3,2	1,8	2,8
1997	11,1	3,0	7,1	5,3	0,4	0,7	0,7	1,6	1,4	3,2	1,7	2,7
1998	10,9	2,9	6,8	4,8	0,4	0,8	0,7	1,7	1,4	3,1	1,9	2,8
1999	10,7	3,0	6,9	5,1	0,4	0,8	0,7	1,7	1,4	3,0	1,7	2,7
2000	10,5	3,0	7,0	5,4	0,4	0,8	0,7	1,8	1,5	3,1	1,8	3,0
2001	10,4	2,9	7,2	5,8	0,4	0,8	0,7	1,8	1,4	3,1	1,7	2,4
2002	10,2	2,8	7,3	5,4	0,3	0,7	0,8	1,9	1,4	3,2	1,7	2,7
2003	10,1	2,9	7,3	5,5	0,3	0,8	0,7	2,0	1,4	3,3	1,7	2,8
2004	9,9	2,7	7,3	5,6	0,3	0,8	0,8	2,2	1,4	3,7	1,7	2,8
2005	9,6	2,6	7,3	5,6	0,3	0,8	0,8	2,4	1,4	3,5	1,8	3,0
2006	9,5	2,6	7,4	5,8	0,3	0,8	0,8	2,5	1,4	3,7	1,8	3,1
2007	9,4	2,7	7,5	6,1	0,3	0,9	0,8	2,6	1,3	3,8	1,6	3,3
2008	9,4	2,8	7,7	6,3	0,3	0,9	0,8	2,7	1,4	4,0	1,6	3,2
2009	9,2	2,7	7,6	5,6	0,3	0,9	0,8	2,9	1,4	3,8	1,7	3,0
2010	9,1	2,9	7,3	5,8	0,3	0,9	0,8	3,1	1,4	3,8	1,7	3,2
2011	9,0	3,1	7,5	5,4	0,3	1,0	0,8	3,3	1,3	3,6	1,6	3,4
2012	8,8	3,0	7,2	5,9	0,3	1,0	0,8	3,3	1,3	3,8	1,6	3,4
2013	8,8	3,0	7,4	6,1	0,3	1,0	0,8	3,4	1,3	3,7	1,6	3,3
2014	8,7	3,0	7,5	5,9	0,3	1,0	0,8	3,4	1,3	3,7	1,5	3,3
2015	8,6	2,8	7,4	5,7	0,3	1,0	0,8	3,3	1,2	3,4	1,6	3,3
2016	8,5	2,7	7,5	5,6	0,3	1,0	0,8	3,3	1,2	3,3	1,5	3,3
2017	8,5	2,8	7,7	5,8	0,3	1,1	0,8	3,4	1,3	3,5	1,5	3,5
2018	8,4	2,7	7,5	5,7	0,4	1,1	0,8	3,5	1,3	3,4	1,5	3,4

Kaynak: Global Footprint Network, 2022.

Not: Tabloda gha; global hektarı, BC, biyolojik kapasiteyi ve EF ise ekolojik ayak izini ifade etmektedir.

Tablo da görüldüğü üzere 1992-2018 döneminde BRICS-T ülkelerinin sahip olduğu biyolojik kapasite sürekli azalırken, ekolojik ayak izinde ise artışlar meydana gelmiştir. Bu durum, BRICS-T ülkelerindeki insanların tüketimlerinin doğanın arz ettiği kadarından daha fazla olduğunu göstermektedir. Özellikle Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye ülkelerinde biyolojik kapasite açığı (BC-EF = -) doğal kaynakların yenilenme hızından daha fazla bir insan tüketiminin olduğunu ifade etmektedir. Brezilya ve Rusya ülkelerinde ise biyolojik

kapasite rezervi (BC-EF = +) olmasına rağmen her geçen yıl biyolojik kapasiteleri azalmaktadır.

Yukarıda belirtildiği üzere küreselleşen dünyada ekolojik ayak izini azaltacak politikalar izlenmelidir. Bu doğrultuda ekonomik büyümeyi, doğrudan yabancı yatırımları ve dışa açıklığı sınırlandıran politikalar uygulamanın yanı sıra yenilenebilir enerji tüketimini ve toplam ar-ge harcamalarını artırmak gerekmektedir. Ancak kişi başına düşen gelirin düşmesi, küreselleşmiş dünyada sıkı sıkıya entegre olmuş ekonomilerde dışa açıklığı ve doğrudan yabancı yatırımları azaltacak politikaların izlenmesi uzun vadede ülkelerin ekonomik kalkınmasını düşürebilecektir. Dolayısıyla ekonomik büyümeyi ve ticareti engelleyecek politikalar yerine enerji tasarrufu sağlayan teknolojilere, yenilenebilir enerji tüketimine ve ar-ge yatırımlarına yönelik uygulamalar ile verimliliği artırarak sürdürülebilir bir kalkınma sağlanabilir.

3. Literatür

Literatürde çevresel bozulmanın bir göstergesi olarak karbon salınımının incelendiği birçok çalışma mevcuttur. Fakat son yıllarda ampirik literatürde çevresel bozulmanın ekonomik olarak ölçülmesinde karbon salınımından daha kapsayıcı olan ekolojik ayak izini dikkate alan çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmada diğer çalışmalara göre, farklı ekonomik değişkenler, zaman aralığı, analiz yöntemi ve ülke grubu incelendiği için araştırma sonuçları farklılık göstermektedir. Bu kapsamda ekolojik ayak izine yönelik literatür taraması aşağıdaki gibidir:

Bagliani vd. (2008), 144 ülkede 2001 yılı verileriyle ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi panel veri analiz yöntemleriyle incelemişlerdir. İnceleme sonucunda Çevresel Kuznets Eğrisini doğrulayamamış ve değişkenler arasında herhangi bir ilişkiye ulaşamamışlardır. Aynı şekilde benzer değişkenler ile gerçekleştirilen araştırmalardan Wang vd. (2013) ve Hervieux- Darne (2015) değişkenler arasında herhangi bir ilişkiye rastlamamışlardır.

Al-Mulali ve Öztürk (2015), 1996-2012 dönemine ait verileri kullanarak 14 MENA (Cezayir, Bahreyn, Mısır, İran, Irak, Ürdün, Kuveyt, Lübnan, Libya, Fas, Katar, Suudi Arabistan, Tunus ve Birleşik Arap Emirlikleri) ekonomilerinde enerji tüketimi, ticari açıklık, kentleşme, politik istikrar ve endüstriyel gelişmenin ekolojik ayak izine etkisini panel veri analizi ile incelemişlerdir. Araştırma sonucunda değişkenlerden ticari açıklık, enerji tüketimi, endüstriyel gelişme ve kentleşme ekolojik ayak izini artırırken, politik istikrar ise ekolojik ayak izini azalttığını tespit etmişlerdir.

Asıcı ve Acar (2016), 2004-2008 dönemleri arasında 116 ülkede ekonomik büyüme, nüfus yoğunluğu, biyolojik kapasite, ticari açıklık ve enerji tüketiminin ekolojik ayak izine etkisini sabit etkiler tahmin yöntemiyle araştırmışlardır. Araştırma sonucunda değişkenler arasında Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini destekleyen bulgulara erişmişlerdir.

Al-Mulali vd. (2016), 58 ülkede 1980-2009 verilerini kullanarak yenilebilir enerji üretimi, ticari açıklık, kentleşme ve ekonomik büyüme değişkenlerinin ekolojik ayak izine etkisini dinamik panel veri analizi ile araştırmışlardır. Araştırma sonucunda değişkenlerden ekonomik büyüme, kentleşme ve ticari açıklığın ekolojik ayak izini artırdığı, yenilebilir enerji üretiminin ise ekolojik ayak izini azalttığı bulgusuna ulaşmışlardır.

Bel ve Joseph (2018), 2005-2012 dönemine ait verilerle AB-28 ülkelerinde iklim değişikliğine neden olan faktörleri azaltan teknolojilerinin belirlenen enerji paketleri ve iklim değişikliğine etkisini panel sabit etkiler yöntemiyle incelemişlerdir. Araştırma sonucunda teknoloji değişiminin değişkenlerden kömür, petrol ve brüt enerji tüketimini negatif etkilediğini, yenilebilir enerji tüketiminin ve patent stokunun ise pozitif etkilediğini tespit etmişlerdir.

Ghita vd. (2018), 2014 yılına ait verilerle 30 Avrupa ülkesinde istihdam oranı, ar-ge ve inovasyon faaliyetlerinin ekolojik ayak izine etkisini çok terimli sıralı bileşen regresyon yöntemiyle analiz etmişlerdir. Analizde kullanılan değişkenlerin ekolojik ayak izini pozitif etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca AB'ye sonradan üye olan veya üye olmayan ülkelerde ekolojik ayak izinin AB'ye önceden üye olan ülkelere göre daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Adedoyin vd. (2020), çalışmalarında AB-16 (Almanya, Avusturya, Belçika, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İtalya, Macaristan, Polonya, Portekiz, Yunanistan) ülkelerinde 1997-2014 verilerini kullanarak ekolojik ayak izi ile ekonomik büyüme, yenilenemeyen enerji, yenilebilir enerji ve ar-ge harcamaları arasındaki ilişkiyi dinamik panel veri yöntemiyle incelemişlerdir. Araştırma sonucunda ar-ge harcamaları ve yenilebilir enerji tüketimi arttıkça ekolojik ayak izi azalırken, yenilenemeyen enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arttıkça ise ekolojik ayak izi artmaktadır.

Pata ve Yılcı (2020), 1980-2015 dönemine ait verilerini kullanarak G-7 (Almanya, Birleşik Krallık, Amerika Birleşik Devletleri, Fransa, Kanada, Japonya, İtalya) ekonomilerinde enerji tüketimi, finansal gelişme ve ekonomik büyümenin ekolojik ayak izine etkisini Fourier Toda Yamamoto yöntemiyle analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda Japonya, Kanada ve İtalya ekonomilerinde Eş bütünleşme ilişkisine ulaşmışlardır.

Gülmez vd. (2021), çalışmalarında G-7 ülkeleri için 1971-2015 dönemine ait verilerle kişi başına düşen gelir, enerji tüketimi ve ticari açıklığın ekolojik ayak izine etkisini panel veri analizi ile araştırmışlardır. Araştırma sonucunda kişi başına düşen gelir de meydana gelen %1 puanlık artış ekolojik ayak izini %0,24, enerji tüketiminde ortaya çıkan %1'lik artış ekolojik ayak izini %0,72 ve ticari açığa meydana gelen %1 puanlık artış ekolojik ayak izini %0,39 oranında artırdığını belirlemişlerdir.

Kılınç (2021), 26 OECD ülkesinde 2002-2016 verileriyle kişi başına düşen gelir, enerji kullanımı ve ar-ge demonstrasyon harcamalarının ekolojik ayak izine etkisini dinamik

panel veri analizi ile araştırmıştır. Araştırmada kişi başına düşen gelir ve enerji tüketimi arttıkça ekolojik ayak izinin arttığı, ar-ge demonstrasyon harcamaları arttıkça ekolojik ayak izinin azaldığı sonucuna ulaşmıştır.

Ansari (2022), ASEAN (Filipinler, Malezya, Tayland, Endonezya ve Singapur) ülkelerinde 1991-2016 dönemine ait verileri kullanarak karbon emisyonu ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi panel veri analiz yöntemiyle incelemiştir. İnceleme sonucunda çevresel Kuznets hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmiştir.

Murshed vd. (2022), 1972-2015 dönemine ait yıllık verileri kullanarak Bangladeş ekonomisinde ekolojik ayak izi, ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırımlar ve yenilenebilir elektrik enerji tüketimi arasında ilişkiyi panel veri analizi ile araştırmışlardır. Araştırma sonucunda değişkenler ekolojik ayak izini olumsuz etkilediği bulgusuna ulaşmışlardır.

Bucak (2022), Türkiye ve G-8 (Almanya, Kanada, İtalya, İngiltere, Japonya, Amerika Birleşik Devletleri, Fransa, Rusya) ülkelerinde 1995-2017 verileri ile ekonomik karmaşıklık ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi Toda-Yamamoto nedensellik testi ile araştırmıştır. Araştırma sonucunda ABD, Almanya, Rusya ve İngiltere ekonomilerinde tek yönlü nedensellik bulgusuna ulaşırken, Japonya ve Kanada ekonomilerinde çift yönlü nedensellik bulgusuna ulaşmıştır. Ayrıca Türkiye ekonomisinde değişkenler arasında bir ilişkiye rastlanmamıştır.

4. Veri Seti, Yöntem ve Bulgular

Bu araştırmada BRICS-T ülkelerine ait yıllık veriler 1992-2018 dönemini kapsamaktadır. Analizde kullanılan kişi başına düşen GSYH, dışa açıklık, doğrudan yabancı yatırımları, yenilenebilir enerji tüketimi, toplam ar-ge harcamaları ve ekolojik ayak izi değişkenlerinin logaritmaları alınarak araştırmaya dahil edilmiş ve değişkenlere ait veri kaynakları Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo: 2
Değişkenlerin Veri Kaynakları

Değişken	Veri Kaynakları
lnef (Ekolojik Ayak İzi)	< https://data.footprintnetwork.org/ >
lngdp (Kişi Başına Düşen GSYH)	< https://data.worldbank.org/ >
lnto (Dışa Açıklık)	< https://data.worldbank.org/ >
lnfdi (Doğrudan Yabancı Yatırım)	< https://data.worldbank.org/ >
lnrec (Yenilenebilir Enerji Tüketimi)	< https://www.iea.org/countries/ >
lnr&d (Toplam Ar-Ge Harcaması)	< https://www.iea.org/countries/ >

Bu araştırmada seçilmiş ekonomik değişkenlerin ekolojik ayak izine uzun dönem etkisi panel veri analiz yöntemi ile incelenecektir. Panel veri analiz yönteminin tercih edilmesinin temel sebepleri; daha fazla gözlem sayısına imkân tanıdığı için serbestlik derecesi yüksek olmakta ve bağımsız değişkenler arasında doğrusallık düşmektedir. Ayrıca bu yöntemin tahmin sonuçları daha tutarlı olduğu için yatay kesit veya zaman serisi analizlerine göre karışık modellerin test edilmesine olanak sağlaması tercih sebebi olmuştur.

Ayrıca panel veri analiz yöntemi, zaman serilerindeki tahminlerin bireysel etkilerini bir diğer etki ile karşılaştırma imkânı tanıdığı için daha kesin sonuç vermektedir (Hsiao, 2003: 3-6). Bu çalışmada tahmin edilen ekonometrik model aşağıdaki gibidir:

$$\text{lnefit} = \alpha + \beta_1 \text{lngdpit} + \beta_2 \text{lnito} + \beta_3 \text{lnfdiit} + \beta_4 \text{lnrecit} + \beta_5 \text{lnr&dit} + \text{uit} \quad (1)$$

Modelde; α sabit katsayıyı, β bağımsız değişkenin katsayısını, i ülkeleri, t zaman birimini ve u hata terimini temsil etmektedir. Panel veri analizinde kesin ve tutarlı sonuçlara ulaşabilmek için modeldeki değişkenlerin durağan olması ve analize uygun ön testlerin yapılması gerekmektedir. Bu testlerin başında birim kök testleri gelmektedir. Araştırmada tahmin güvenilirliğinin yüksek olması ve sonuçların güvenilir olması için 27 yıllık zaman döneminde değişkenlerin durağanlığı, Breitung, ADF ve LM, Pesaran and Shin W-stat birim kök testiyle incelenmiş ve sonuçlar Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo: 3
Birim Kök Test Sonuçları

Düzyer Değerleri						
	Lnef	Lngdp	Lnto	Lnfdi	lnrec	lnr&d
Breitung	0,22425 (0,6123)	0,82402 (0,0000)	0,35468 (0,6457)	0,38105 (0,5879)	2,45726 (0,8453)	0,83285 (0,0000)
ADF	19,2514 (0,1042)	17,6521 (0,1845)	0,91257 (0,9627)	0,85416 (0,8453)	15,7561 (0,3215)	14,5760 (0,3846)
LM, Pesaran and Shin W-stat	0,13845 (0,5427)	-1,54384* (0,0000)	5,89650 (0,9845)	5,12540 (0,9654)	-1,25607* (0,0000)	-1,45285* (0,0000)
Birinci Fark Değerleri						
	Lnef	Lngdp	Lnto	Lnfdi	lnrec	lnr&d
Breitung	11,6650 (0,0000)	-13,4175 (0,0000)	-11,2450 (0,0000)	-10,9548 (0,0000)	-9,75182 (0,0000)	-12,4531 (0,0000)
ADF	185,953 (0,0000)	180,854 (0,0000)	163,548 (0,0000)	161,350 (0,0000)	145,218 (0,0000)	170,542 (0,0000)
LM, Pesaran and Shin W-stat	-15,3568 (0,0000)	-13,5430* (0,0000)	-14,5240 (0,0000)	-13,2571 (0,0000)	-15,1204 (0,0000)	-14,5285* (0,0000)

*%1 anlamlılığı, **%5 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tabloda görüldüğü gibi, seriler düzey değerlerde birim kök taşımaktadır. Dolayısıyla birinci farkları alındığında seriler %1 anlam düzeyinde durağan hale gelmiştir.

Araştırmada serilerin durağanlığından sonraki kısımda, değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkinin belirlenebilmesi ve değişkenlerin bütünlük olup olmadıkları tespit etmek için eşbütünlük testlerinin yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda panel veri analizlerinde sıklıkla kullanılan Pedroni, Kao ve Johansen Eşbütünlük testleri gerçekleştirilecektir. Pedroni (2000) Eşbütünlük testi analizlerde heterojenliğe izin veren yedi testten oluşmaktadır. Bu testlerin dördü grup içi, geriye kalan üç test ise grup arası kategorisinde yer almaktadır. Bu testler, değişkenler arasında dinamik ve sabit etkilerin alternatif hipoteze eşbütünlük vektör ile panel kesitlerin farklı olmasına imkân tanımaktadır. Araştırmada kullanılan diğer bir eşbütünlük testi olan Kao (1999)'a göre; seriler DF (Dickey-Fuller) ve ADF (Augmented Dickey-Fuller) testlerini dikkate alarak panel eşbütünlük analizini gerçekleştirmektedir. Johansen-Fisher Eşbütünlük testi Johansen (1988) eşbütünlük testinden üretilmiştir. Diğer iki panel eşbütünlük testlerinden farklı olarak bu test, her bir birime ayrı ayrı uygulanan testin iz ve maksimum

olasılık değerlerini toplu halde sunabilmektedir. Bu çalışmadaki eşbütünlük test sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo: 4
Eşbütünlük Testlerinin Sonuçları

$lnef_{it} = \alpha + \beta_1 ln gdp_{it} + \beta_2 ln to_{it} + \beta_3 ln fd_{it} + \beta_4 ln rec_{it} + \beta_5 ln r\&d_{it} + u_{it}$				
Pedroni Panel Eşbütünlük Testi				
(Within - Dimension)				
	t-ist.	Olasılık	Ağırlıklandırılmış t-ist.	Olasılık
Panel v-Statistic	6,105875*	0,0000	3,012561*	0,0000
Panel rho-Statistic	-2,925084*	0,0015	-2,015547*	0,0045
Panel PP-Statistic	-2,205486*	0,0026	-1,961530*	0,0126
Panel ADF-Statistic	-3,504290*	0,0005	-2,030545*	0,0219
(Between - Dimension)				
	t-ist.	Olasılık		
Group rho-Statistic	-2,483605*			0,0081
Group PP-Statistic	-1,854620*			0,0149
Group ADF-Statistic	-3,546025*			0,0000
Kao Panel Eşbütünlük Testi				
	t-ist.	Olasılık		
ADF	2,519560**			0,0102
Residual variance	11245024			
HAC variance	12045065			
Johansen-Fisher Panel Eşbütünlük Testi				
H₀	Fisher İz testi	Olasılık	Fisher mak. özdeğer testi	Olasılık
None	61,05*	0,0000	64,85*	0,0000
At most 1	21,45	0,3560	21,05	0,3495

* %1 anlamlılık düzeyini, ** %5 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tabloda Pedroni panel eşbütünlük test sonuçlarına göre, hem grup-içi hem de gruplar-arası gerçekleştirilen yedi testte seriler %1 anlam düzeyinde istatistiki olarak anlamlı çıkmıştır. Bu sonuç seriler arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Kao panel eşbütünlük test sonuçlarına göre sıfır hipotezi (H_0 : seriler arasında eşbütünlük yoktur) %5 anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir. Johansen Fisher panel eşbütünlük testinde ise sıfır hipotezi (H_0 : seriler arasında eşbütünlük yoktur) %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir. Bu kapsamda değişkenler arasında uzun dönemli anlamlı bir ilişki söz edilebilir.

Analizde seriler arasında eşbütünlük ilişkisinin tespit edilmesinden sonra bu ilişkinin katsayı tahmini yapılabilir. Bu kapsamda Pedroni'nin (2000) geliştirdiği FMOLS yöntemi ile katsayı tahmini yapılmakta ve tahmin edilen katsayıların tutarlılığı incelenmektedir. Bu yöntem, kesitler arasında heterojenliğe izin veren, hata terimi ile açıklayıcı değişkenlerin arasındaki korelasyonu hesaplamakta ve sabit etkili tahminlerde değişen varyans ve otokorelasyon sonucu ortaya çıkan sapmaları düzeltmektedir. Analizde kullanılan örnekleme birden fazla eşbütünlük vektörün olması durumunda DOLS yöntemi ile tahmin yapılabilir. Bu yöntemde içsellik problemi ortadan kalkmakta ve dinamik yapıya dikkat edilmektedir. Ayrıca, FMOLS ve DOLS katsayı tahmin testleri birinci düzeyde durağanlık varsayımına dayanmaktadır. FMOLS - DOLS test sonuçları Tablo 5'te görülmektedir.

Tabloda FMOLS test tahmin sonuçlarına göre; bağımsız değişkenlerden $ln gdp$ %5 diğer dört değişken ise %1 düzeyinde anlamlılığa sahiptir. Kişi başına düşen gelirden, dış

açıklıkta ve doğrudan yabancı yatırımlarda ortaya çıkan %1 puanlık artış ekolojik ayak izini sırasıyla yaklaşık olarak %0,21, %0,29 ve %0,39 artırırken, yenilebilir enerji tüketimi ve ar-ge harcamalarındaki %1 puanlık artış ise ekolojik ayak izini sırasıyla %0,71 ve %0,55 azaltmaktadır. DOLS test tahmin sonuçlarına göre; bağımsız değişkenlerden lngdp %10 diğer dört değişken ise %1 düzeyinde anlamlı çıkmıştır. Kişi başına düşen gelirden, dışa açıklıkta ve doğrudan yabancı yatırımlarda meydana gelen %1 puanlık artış ekolojik ayak izini sırasıyla yaklaşık olarak %0,35, %0,22 ve %0,19 artırırken, yenilebilir enerji tüketimi ve ar-ge harcamalarındaki %1 puanlık artış ise ekolojik ayak izini sırasıyla %0,77 ve %0,49 azaltmaktadır. Panel veri analizindeki tahmin test sonuçlarında kişi başına düşen gelir, dışa açıklık ve doğrudan yabancı yatırım değişkenleri ile ekolojik ayak izi arasında doğrusal bir ilişki mevcut iken, yenilebilir enerji tüketimi ve ar-ge harcaması değişkenleri ile ekolojik ayak izi arasında ise ters yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Analiz sonucunda elde edilen bulgular; Asıççı ve Acar (2015), Al-Mulali vd. (2016), Adedoyin (2020), Gülmez vd. (2021) ve Kılınç (2021) çalışmalarıyla örtüşmektedir. Fakat Bagliani (2008), Wang (2013), Hervieux-Darne (2015) Ansari (2022) ve Murshed (2022) çalışmalarıyla ise çelişmektedir.

Tablo: 5
Panel FMOLS-DOLS Test Sonuçları

FMOLS Test Tahmin Sonuçları			
Değişken	Katsayı	t-istatistik	Olasılık
Lngdp	0,210542	0,085462**	0,0250
Lnto	0,291245	3,084562*	0,0012
Lnfdi	0,389214	3,284567*	0,0020
Lnrec	-0,710421	3,784520*	0,0000
lnr&d	-0,550802	3,280140*	0,0000
DOLS Test Tahmin Sonuçları			
Lngdp	0,350401	1,085462***	0,0564
Lnto	0,220245	3,084562*	0,0018
Lnfdi	0,188543	2,074520*	0,0010
Lnrec	-0,770542	9,754285*	0,0000
lnr&d	-0,490802	7,452105*	0,0000

*%1 anlamlılık düzeyini, **%5 anlamlılık düzeyini ve ***%10 ifade etmektedir.

5. Sonuç

Küresel iklim değişikliği, buzulların erimesi, karbon salınımı ve küresel ısınmanın artması gibi bileşenlerin her geçen gün daha çok gündeme gelmesi günümüzde ekonomik büyüme, dışa açıklık, yenilebilir enerji, temiz enerji için kullanılan ar-ge harcamaları ve doğrudan yabancı yatırım değişkenlerinin küresel olarak önemini artırmıştır. Bu bileşenlerin ekolojik ayak izine etkisinin araştırılması önem arz etmektedir. Böylelikle araştırmada dünya nüfusunun ve ticaretinin önemli bir kısmına sahip BRICS-T ülkelerinde 1992-2018 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak bu değişkenlerin ekolojik ayak izine etkisi incelenmiştir.

Ekolojik ayak izini düşürebilmek için temelde insan tüketiminin biyolojik kapasitenin altına düşürülmesi, yenilebilir enerji tüketiminin artırılması ve enerji teknolojilerinde verimliliği artıracak politikalar uygulanmalıdır. Özellikle birincil enerji kaynağı olan fosil yakıtların sınırlandırılması ve yenilebilir enerji üretiminin gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda toplam enerji tüketimi içerisinde yenilebilir enerji tüketim

payının artması için enerji alanında ar-ge harcamalarının artırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. BRICS-T ülkelerinde ekolojik ayak izinin incelendiği bu çalışmanın sonuçlarına göre; yenilebilir enerji tüketimi ve ar-ge harcamalarındaki artış ekolojik ayak izini azaltırken, kişi başına düşen gelir, dışa açıklık ve doğrudan yabancı yatırımlarındaki artışlar ekolojik ayak izini artırmaktadır.

Sonuç olarak ülkeler ekonomik, sosyal ve enerji politikalarını oluştururken ekolojik ayak izini azaltabilecek yöntemleri tercih etmelidirler. Günümüzde enerji fiyatlarındaki artış, Rusya-Ukrayna savaşının derinleşmesi sonucunda küresel enerji krizinin ortaya çıkması gibi nedenler ülkeleri yenilebilir enerji üretimine yöneltmektedir. Bu kapsamda yenilebilir enerji kaynak üretiminin artırılması, enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi, gereksiz tüketimden kaçınılması ve sürdürülebilir yeni teknolojilere yatırım yapılması ekolojik ayak izini düşürebilecek yöntemler arasında sayılabilir.

Kaynaklar

- Adedoyin, F.F. et al. (2020), "An Assessment of Environmental Sustainability Corridor: The Role of Economic Expansion and Research and Development in EU Countries", *Science of The Total Environment*, 713(1), 1-10.
- Al-Mulali, U. & I. Ozturk (2015), "The Effect of Energy Consumption, Urbanization, Trade Openness, Industrial Output, and The Political Stability on The Environmental Degradation in The MENA (Middle East And North African) Region", *Energy*, 84(1), 382-389.
- Al-Mulali, U. et al. (2015), "Does Moving Towards Renewable Energy Cause Water and Land Inefficiency? An Empirical Investigation", *Energy Policy*, 93, 303-314.
- 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, 1-14.
- Aşıcı, A.A. & S. Acar (2016), "Does Income Growth Relocate Ecological Footprint?", *Ecological Indicator*, 61, 707-714.
- Bagliani, M. et al. (2008), "A Consumption-Based Approach to Environmental Kuznets Curves Using The Ecological Footprint Indicator", *Ecological Economics*, 65(3), 650-661.
- Bel, G. & S. Joseph (2018), "Climate Change Mitigation and The Role of Technological Change: Impact on Selected Headline Targets of Europe's 2020 Climate and Energy Package", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 3798-3807.
- Doytch, N. (2020), "The Impact of Foreign Direct Investment on The Ecological Footprints of Nations", *Environmental and Sustainability Indicators*, 8, 1-13.
- Duman, E. (2018), *Teknolojik-Ekonomik Büyüme Modelleri ve Türkiye*, İksad Publication House, İstanbul.
- Gallagher, K.P. (2009), "Economic Globalization and The Environment", *Annual Review of Environment and Resources*, 34(1), 279-304.
- Ghita, S.I. et al. (2018), "Perspectives of Ecological Footprint in European Context Under the Impact of Information Society and Sustainable Development", *Sustainability*, 10(9), 1-25.

- Global Footprint Network (2022), *Supply And Demand, Explore Data*, <https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.126881989.991414474.158101356414209274.60.1581013564#/exploreData>, 10.10.2022.
- Global Footprint Network (2022), *Our Ecological Footprint, Our Work*, <<https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>>, 09.10.2022.
- Grossman, G.M. & A.B. Krueger (1991), "Environmental Impacts of A North American Free Trade Agreement", *National Bureau Economic Research*, 39(14), 1-57.
- Gülmez, A. vd. (2021), "Ekonomik Büyüme, Ticari Açıklık ve Enerji Tüketiminin Ekolojik Ayak İzine Etkileri: G7 Ülkeleri İçin Panel Eşbütünleşme Analizi", *Econder International Academic Journal*, 5(2), 329-342.
- Hervieux, M.S. & O. Darné (2015), "Environmental Kuznets Curve And Ecological Footprint: A Time Series Analysis", *Economics Bulletin*, 35(1),814-826.
- Hsiao, C. (2003), *Analysis of Panel Data*, 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge.
- Johansen, S. (1988), "Statistical Analysis of Cointegration Vectors", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(1), 231-254.
- International Energy Services (2022), *Statistics, Online Data Services, R&D Budgets*, <<http://wds.iea.org/WDS/Common/Login/login.aspx>>, 08.10.2022.
- Irshad, H. & A. Hussain (2017), "Analysis of Ecological Efficiency and Its Influencing Factors in Developing Countries", Pakistan Institute of Development Economics, Department of Environmental Economics, *Working Paper*, No. 11.
- Kao, C. (1999), "Spurious Regression and Residual-Based Tests for Cointegration in Panel Data", *Journal of Econometrics*, 90, 1-44.
- Kazgan, G. (1985), *Ekonomide Dışa Açık Büyüme*, Altın Kitaplar Yayınevi, İstanbul.
- Kılınç, E.C. (2021), "Ekolojik Ayak İzi-Enerji Ar-Ge Harcamaları İlişkisi: OECD Ülkeleri Örneği", *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi İİBF Dergisi*, 14(2), 527-541.
- Le, T.H. et al. (2016), "Trade Openness and Environmental Quality: International Evidence", *Energy Policy*, 92, 45-55.
- Murshed, M. et al. (2022), "Foreign Direct Investments, Renewable Electricity Output, And Ecological Footprints: Do Financial Globalization Facilitate Renewable Energy Transition and Environmental Welfare in Bangladesh?", *Asia-Pacific Financial Markets*, 29, 33-78.
- Pata, U.K. & V. Yıllancı (2020), "Financial Development, Globalization and Ecological Footprint in G7: Further Evidence from Threshold Cointegration and Fractional Frequency Causality Tests", *Environmental and Ecological Statistics*, 27(2020), 803-825.
- Pedroni, P. (2000), "Fully-Modified OLS for Heterogeneous Cointegrated Panels", *Advances in Econometrics*, 15, 93-130.
- The World Bank (2022), *Countries and Economies, Data*, <<https://data.worldbank.org/country>>, 08.09.2022.
- Wackernagel, M. & W. Rees (1996), *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, New Society Publishers, Philadelphia.
- Wang, Y. et al. (2013), "Estimating the Environmental Kuznets Curve for Ecological Footprint At The Global Level: A Spatial Econometric Approach", *Ecological Indicator*, 34, 15-21.