



ARAŞTIRMA MAKALESİ | RESEARCH ARTICLE

EKOLOJİK AYAK İZİ İLE OECD ÜLKELERİNE YÖNELİK ÇEVRESEL  
KUZNETS EĞRİSİNİN ARAŞTIRILMASI<sup>1</sup>

Fatih AKIN

Öğr. Gör. Dr., Erzincan Binali Yıldırım  
Üniversitesi, Refahiye Meslek Yüksekokulu  
fatih.akin@erzincan.edu.tr

0000-0002-7741-4004

Ali ŞEN

Prof. Dr., Ali Şen İnönü Üniversitesi, İktisadi ve  
İdari Bilimler Fakültesi, ali.sen@inonu.edu.tr

0000-0001-9456-2220

**Atıf / Citation:** Akın, F. & Şen, A. (2024). Ekolojik ayak izi ile OECD ülkelerine yönelik çevresel Kuznets eğrisinin araştırılması. *İnönü Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, (İNİJOSS), 13(2), 307-333.

<https://doi.org/10.54282/inijoss.1514029>

Öz

Son zamanlarda ulusların başlıca endişelerinden biri küresel ısınma, özellikle de küresel ısınmanın gezegen üzerindeki zararlı etkileri ve yaşam standartları üzerindeki dolaylı etkileri olmuştur. Sanayi devriminin başlaması, dünya ölçeğinde büyük bir sosyal ve ekonomik dönüşümü beraberinde getirmiş ve bu dönüşüm çevre üzerinde de etkili olmuştur. Bu çalışmada, 1980-2014 dönemi için 29 OECD ülkesinde ekonomik büyüme, finansal gelişme, enerji tüketimi ve çevresel kirlilik göstergesi olarak kullanılan Ekolojik Ayak İzi ile Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezinin geçerli olup olmadığı panel veri yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada, değişkenler ve panelin geneli için yatay kesit bağımlılığı ve heterojenlik olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda ikinci kuşak testlerin kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Yatay kesit bağımlılığı içeren ve heterojen olduğu tespit edilen modelin durağanlık analizi için Reese & Westerlund tarafından ortaya konulan ikinci kuşak testlerinden PANICCA panel birim kök testi kullanılmıştır. Uzun dönemde değişkenler arasında eşbütünleşme olup olmadığını belirlemek için GUW testi kullanılmıştır. Eşbütünleşme varlığından sonra CCE ve AMG parametre tahmincileri kullanılarak katsayıların anlamlı olup olmadığına bakılmıştır. Elde edilen CCE ve AMG tahminci sonuçlarına göre; ÇKE hipotezinin, tüm panel için geçerli olmadığı, ancak tek tek ülkelere bakıldığında ise Lüksemburg ve Yunanistan'da geçerli olduğu

<sup>1</sup> Bu çalışma; birinci yazarın "Çevresel Kuznets Eğrisinin Ekolojik Ayak İzi Üzerinden Araştırılması: OECD Ülkelerine Yönelik Panel Veri Analizi" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir. İnönü Üniversitesi/ Sosyal Bilimler Enstitüsü/İktisat Anabilim Dalı/ (Danışman: Prof. Dr. Ali Şen)

tespit edilmiştir. Ayrıca, 29 OECD ülkesinin çoğunda ekolojik ayak izi, artan enerji kullanımı ve finansal gelişmenin bir sonucu olarak arttığı bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ekonomik büyüme, Panel veri analizi, Çevresel Kuznets Eğrisi, Ekolojik ayak izi, OECD

## INVESTIGATING THE ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE FOR OECD COUNTRIES WITH ECOLOGICAL FOOTPRINT

### Abstract

One of the main concerns of nations in recent times has been global warming, particularly its detrimental effects on the planet and its indirect effects on living standards. The onset of the industrial revolution has brought about a major social and economic transformation on a global scale and this transformation has also had an impact on the environment. In this study, the Ecological Footprint, which is used as an indicator of economic growth, financial development, energy consumption and environmental pollution in 29 OECD countries for the period 1980-2014, and the validity of the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis are analyzed using panel data method. In the study, it was determined that there was cross-sectional dependence and heterogeneity for the variables and the panel as a whole. In this case, it is concluded that second-generation tests should be used. PANICCA panel unit root test, one of the second-generation tests proposed by Reese & Westerlund, was used for the stationarity analysis of the model, which was found to be heterogeneous and contain cross-section dependence. The GUW test was used to determine whether there is cointegration between the variables in the long run. After the existence of cointegration, CCE and AMG parameter estimators are used to check whether the coefficients are significant. According to the CCE and AMG estimator results obtained; it was determined that the EKC hypothesis was not valid for the entire panel, but when looking at individual countries, it was valid in Luxembourg and Greece. Moreover, in most of the 29 OECD countries, the ecological footprint is found to increase as a result of increased energy use and financial development.

**Keywords:** Economic growth, Panel data analysis, Environmental Kuznets Curve, Ecological footprint, OECD.

### GİRİŞ

Sanayi devrimiyle hızlı ekonomik büyüme, kentleşme, teknolojik ilerleme ve nüfus artışıyla birlikte enerji talebinde de büyük bir artış meydana gelmiştir. Ekonomik büyüme ve çevresel bozulma arasındaki bağlantıyı anlamak, insanların küresel enerji talebinin bir sonucu olarak daha zor hale gelmektedir. Bu durum kömür, petrol ve doğal gaz gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarının ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir kısmını sağlamasına bağlanabilir. Üretim ve tüketim uygulamalarında yenilenemeyen enerjinin kullanılması sonucunda yerel, bölgesel ve küresel olarak çevresel ve doğal kaynaklarda bozulma meydana gelmiştir. Dolayısıyla, yenilenemeyen enerji tüketimi, enerji talebinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır ve iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya neden olan sera gazı emisyonlarını artırmaya başlamıştır.

Artan enerji talebini karşılama zorunluluğu, ülkelerin yenilenemeyen yakıtlara aşırı bağımlılığının ardındaki gerekçedir. Kişi başına düşen gelire ölçülen ulusal üretimdeki ve refahtaki büyüme, enerji büyümesinin ana itici güçleridir. Bu iki faktördeki büyümeye bağlı olarak enerji talebi her zaman artmaktadır. Dolayısıyla, bu kavram altında artan refah ve enerji tüketimi - yani bir ulusun kişi başına düşen geliri ve enerji tüketimi - sıkı bir şekilde ilişkilendirilmiştir.

Yani, ekonomik büyüme kullanımını artıran enerji tüketimine bağlı olduğundan, sera gazı emisyonları ile hareket etmektedir. Başlıca sera gazı olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonları, ekonomik büyüme, insan refahı, finansal kalkınma, sanayileşme ve kentleşme ile yakından bağlantılıdır (Sarkodie ve Ozturk, 2020). Sonuç olarak, sanayi devriminin çok yönlü ekonomik genişleme, fosil yakıtlardan elde edilen enerjinin kullanılabilirliğini artırdı ve bu da karbondioksit emisyonlarında istikrarlı bir artışa neden olmuştur. Bu süreç, ciddi çevresel zararlara ve küresel iklim değişikliğine zemin hazırlamıştır.

İklim değişikliği ve küresel ısınmanın 20. yüzyılın sonlarında dünya için büyük bir tehdit oluşturmasından bu yana, akademisyenler çevresel bozulma ve ekonomik büyüme arasındaki bağlantıya odaklanmışlardır. Politika yapıcılar artık bu değişkenler arasında pozitif ya da negatif bir ilişki olup olmadığına büyük önem vermektedir. Çünkü çevreyi koruyarak ekonomik büyümeyi maksimize etmek neredeyse her ülkenin amacıdır. Çevresel bozulma ile ekonomik büyüme arasındaki bağlantıyı inceleyen Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) teorisi, 1990'larda bu tartışmada temel argüman olarak öne sürülmüştür. Grossman ve Krueger'e (1991, 1995) göre ÇKE hipotezi; ülke ekonomisi büyüdükçe ilk aşamalarda gelir ve çevre kirliliğinin birlikte artacağı, ancak belli bir büyüme düzeyinden sonra çevre kirliliğinin azalacağını öne sürmüştürler. Yani önce çevre kalitesi bozulur, sonra ise kişi başına düşen gelir arttıkça çevre kalitesi iyileşmektedir.

Çalışmanın buradan hareketle amacı, OECD ülkelerinde enerji tüketimi, finansal gelişme ve ekonomik büyümenin, çevresel faktör olarak ele alınan ekolojik ayak izi ile ekonometrik analiz yardımıyla ÇKE hipotezinin geçerliliği incelemektir. Bu amacın gerçekleştirilebilmesi için ekonomik büyüme, finansal gelişme, enerji tüketimi ve çevresel kirlilik göstergesi olarak kullanılan ekolojik ayak izi ile ÇKE hipotezi teorik ve uygulamalı literatürü kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Ayrıca çalışmada, 1980-2014 dönemi için ekolojik ayak izinin ekonomik büyüme, finansal gelişme ve enerji tüketimi gibi değişkenlerden ne kadar etkilendiği de ortaya konulmuştur. Diğer bir amaç ise, OECD ülkelerinde ÇKE hipotezinin analiz edileceği bu çalışma ile Türkiye'de bu konuda sınırlı olan akademik çalışmalara ve güncel araştırmalara da katkı sağlamaktır. Bu çalışmanın diğer benzer çalışmalardan ayıran en önemli özelliklerin başında, çevre-iktisadi gelişme ilişkisinde ekolojik ayak izi kavramının kapsamlı bir çevresel faktör olarak ekonometrik analizde yerini almasıdır. Araştırmada veri kısıtlılığı nedeniyle, 1980-2014 dönemi ele alınmıştır.

Çalışmanın temel hipotezi, "OECD ülkelerinde Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) geçerli" olduğu şeklindedir. Yani, OECD ülkelerinde ÇKE ilişkisinin Ters-U şeklinde olması beklenmektedir.

Çalışmanın ana hipotezi bu iken ara hipotezi OECD ülkelerinde ekolojik ayak izini, enerji tüketimi ve finansal gelişmenin pozitif yönde etkilemesi beklenmektedir. Çalışmanın yöntemi ise panel veri analiz yöntemi ile ampirik analiz yapılmıştır. Çalışma giriş bölümü, teorik çerçeve, literatür taraması, ampirik analiz ve sonuç kısmından oluşmaktadır.

## 1. TEORİK ÇERÇEVE

Teorik çerçeve başlığı altında sırasıyla ekolojik ayak izi ve Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) kavramları açıklanacaktır.

### 1.1. Ekolojik Ayak İzi Kavramı

Ekolojik ayak izi son yıllarda, sürdürülebilir kalkınmanın potansiyel bir toplu göstergesi olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Günümüzde ülkelere, bölgelere, sanayiye, ürün değerlendirmeleri ve bireysel vaka incelemelerine (Rees, 1992; Wackernagel ve Rees, 1996; Rees, 1997; Simmons ve Chambers, 1998) uygulanarak popülaritesinin de artmasına neden olmuştur. Çoğunlukla çevresel sürdürülebilirliğe önem veren bu kavram, William Rees ve Mathis Wackernagel'in çalışmaları sonucu 1990'lı yıllarda ortaya atılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, Ekolojik Ayak İzinin açıklanmasıyla birlikte popüler bir yaklaşıma neden olmuştur. Bu kavram nispeten yeni bir formülasyon olmasına rağmen, eğitim ve bilinçlendirme kampanyaları ve kamu politikası geliştirme bağlamında yaygın olarak benimsenmektedir (Simmons vd., 2000: 378).

Ekolojik ayak izi, ülkeler arasında çevresel performansı karşılaştırabilen ve bu ülkelerin sürdürülebilir kalkınmaya doğru nasıl ilerlediğine dair fikir vermek için faydalı bir araç olarak da hizmet etmektedir. Aynı zamanda, bilimsel araştırmalara konu olan Ekolojik Ayak İzi medyanın, devletlerin ve kamuoyunun da dikkatini çekmiştir. Ayrıca, ekolojik kıtlığı değerlendirmeye ve arz ile talebi karşılaştırmaya yardımcı olarak, doğadaki insan ihtiyaçlarının iyi bir göstergesidir (Cranston, 2010: 4).

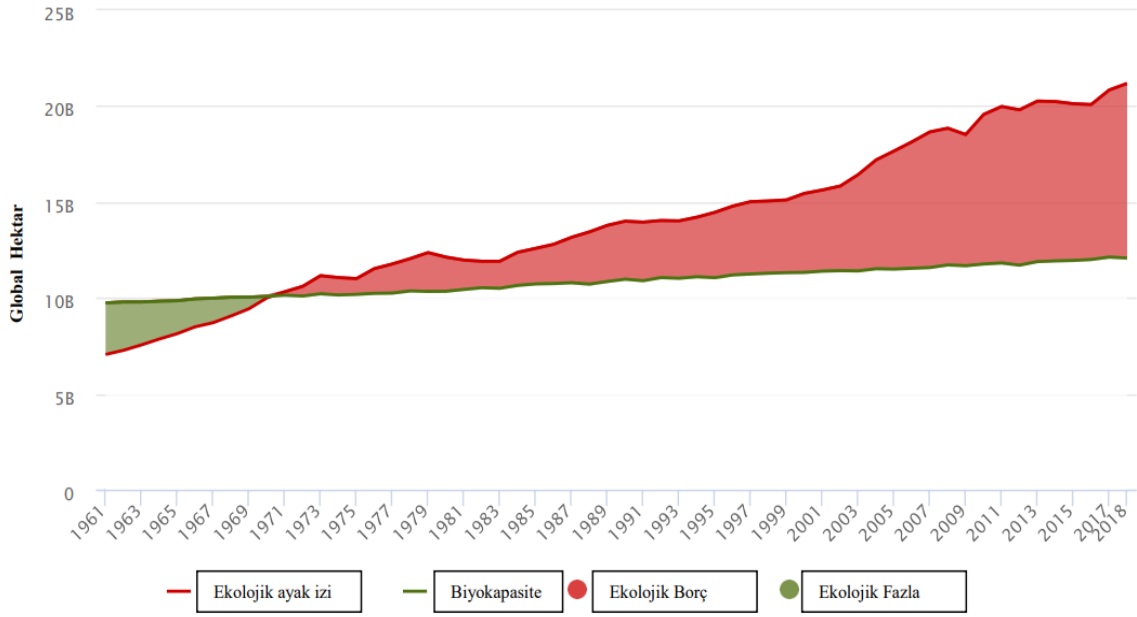
Ekolojik Ayak İzi; bir bireyin, bir şehrin, bir ülkenin, bir bölgenin veya insanlığın tükettiği kaynakları üretmek ve ürettiği atıkları absorbe etmek için ne kadar biyolojik olarak ne kadar verimli arazi ve su alanını kullandığını ölçen, geçerli teknolojiyi ve kaynak yönetimini kullanan bir kaynak muhasebesi aracı olarak ifade edilmektedir (Wackernagel ve Rees, 1996: 9). Ekolojik ayak izi, küresel hektar (gha) olarak ölçümü gerçekleştirilmektedir (Wiedman ve Lenzen, 2007; WWF, 2012: 8; Tosunoğlu, 2014: 139). Denklem (1)'de ekolojik ayak izinin hesaplanması verilmiştir (Lin vd., 2018: 3).

$$EF_{production} = \frac{P}{Y_w} * EQF \quad (1)$$

Burada:

- $EF_{production}$  = Üretimin ekolojik ayak izi,
- $P$  = Yıllık ton cinsinden üretim (veya hasat),
- $Y_w$  = Yılda hektar başına ton olarak dünya ortalama verimidir ve
- $EQF$  = Denklik faktörüdür.

1961-2018 yılları arasında dünyada Ekolojik Ayak İzi ve Biyokapasite (gha) Şekil 1’de yer almaktadır.



Şekil 1. 1961-2018 Yılları Arasında Dünyada Ekolojik Ayak İzi ve Biyokapasite(gha)

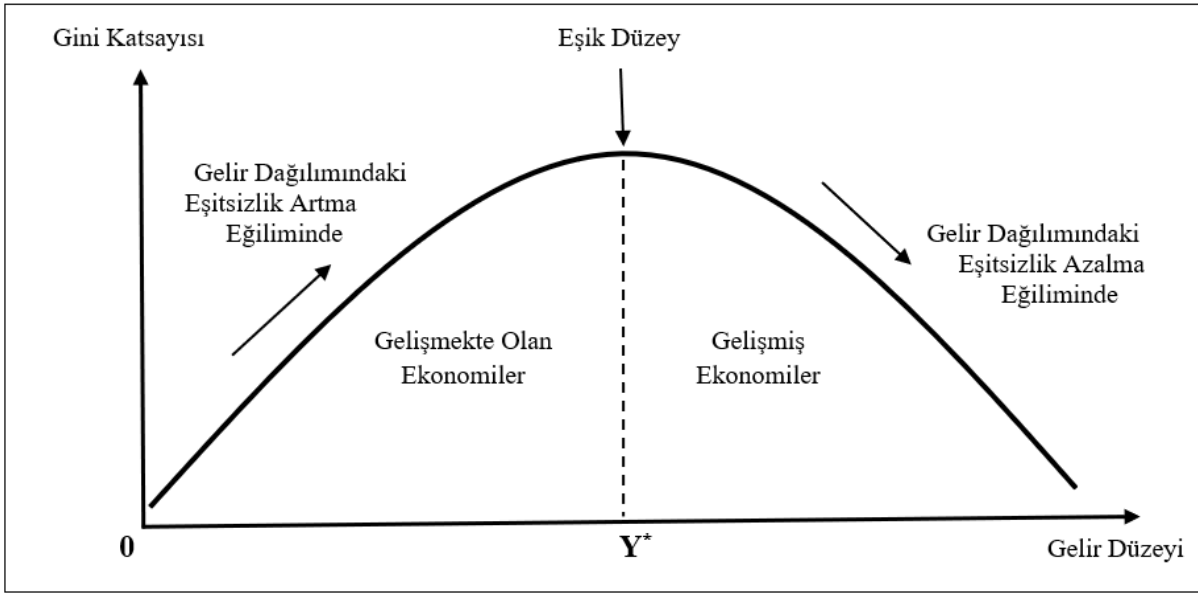
Kaynak: [www.footprintnetwork.org](http://www.footprintnetwork.org), 2024.

Şekil 1’de 1961-2018 yılları arasında dünyada Ekolojik Ayak İzi ve Biyokapasiteye (gha) bakıldığında, 1971 yılına kadar biyokapasite ekolojik ayak izinden büyük olmasına rağmen, bu yıldan sonra ekolojik ayak izi biyokapasiteden daha büyük hale gelmiştir. Yani, dünyada 1971 yılına kadar ekolojik fazla var iken, bu yıldan sonra ekolojik borç artmaya başlamıştır. 1961 yılında biyokapasite yaklaşık 9.74 milyar global hektar (gha) alanı, 2018 yılında ise yaklaşık 12.08 milyar global hektar (gha) alanı kapsamaktadır. Yani, biyokapasite global hektar (gha) alan 1961-2018 yılları arasında yaklaşık yüzde %24 oranında artmıştır. 1961 yılında ekolojik ayak izi yaklaşık 7.05 milyar global hektar (gha) alanı, 2018 yılında ise yaklaşık 21.18 milyar global hektar

(gha) alanı kapsamaktadır. Yani, ekolojik ayak izi global hektar (gha) alan 1961-2018 yılları arasında yaklaşık yüzde %200 oranında artmıştır.

## 1.2. Çevresel Kuznets Eğrisi Kavramı

Simon Kuznets (1955), gelir artışının ilk aşamalarında gelir dağılımının daha eşitsiz hale geldiğine, ancak ekonomik büyüme devam ettikçe sonunda daha eşit hale geldiğine inanmaktaydı. Kişi başına düşen gelir ile mevcut ampirik olarak gözlemlenen gelir eşitsizliği arasındaki değişen ilişki, Kuznets Eğrisi olarak bilinen çan şeklindeki (Ters-U) bir eğri ile temsil edilmektedir (Yandle vd., 2002: 2). Şekil 2’de Kuznets Eğrisi gösterilmiştir.



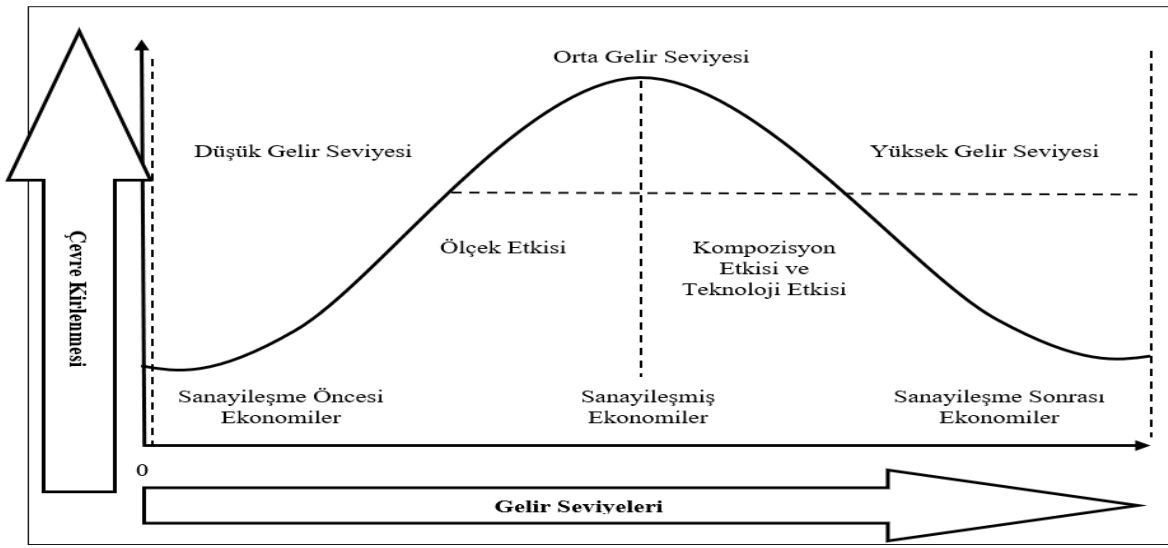
Şekil 2. Kuznets Eğrisi (Ters-U)

Kaynak: Yandle vd., 2002: 3; Nişancı vd., 2017: 148.

1990’lı yıllara gelindiğinde çevresel kirliliğin artmasıyla birlikte Kuznets’in ekonomik büyüme ile gelir eşitsizliği arasındaki ilişkiyi, Grossman ve Krueger (1991, 1995), çevresel bozulma ile kişi başına düşen gelir arasında Ters-U şeklinde bir ilişkiye atıfta bulunarak Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezini öne sürmüştürler; yani çevre kalitesi önce bozulur, sonra kişi başına düşen gelir arttıkça iyileşmektedir (Fang vd., 2018). Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) genellikle ekonomik büyüme ile çevresel kalite arasındaki ilişkiyi tanımlamak için kullanılmaktadır (Panayotou, 2000). Ekonomi büyüdükçe çevresel bozulmanın artacağını, ancak belli bir büyüme düzeyinden sonra azalacağını savunan görüşe “Çevresel Kuznets Eğrisi” denilmektedir (Dinda, 2004: 433). 1993 yılında Panayotou ilk defa çalışmasında ÇKE adını kullanmıştır. Çevresel Kuznets Eğrisi aşağıda Şekil 3’teki gibi gösterilmektedir.

Şekil 3’te verilen ÇKE grafiğine göre, sanayi öncesi ve tarım ekonomileriyle ilişkili kişi başına düşen düşük gelir seviyelerinde, geçim düzeyindeki ekonomik faaliyetlerden nispeten

etkilenmeyen oldukça bozulmamış çevresel koşullar beklenebilir. Kalkınma ve sanayileşme ilerledikçe, doğal kaynakların ve kirletici emisyonların artan kullanımı, daha az verimli ve nispeten kirli teknolojilerin artması, malzeme üretimindeki artışlara yüksek öncelik verilmesi ve büyümenin çevresel sonuçlarının göz ardı edilmesi veya bilinmemesi, çevresel zararın artmasına katkıda bulunmaktadır. Sanayileşme sonrası son aşamalarda ise, daha temiz teknolojilere, bilgiye dayalı faaliyetlere ve hizmetlere geçiş, çevrenin korunmasına, daha iyi bir çevre için ödeme yapma yeteneğinin ve isteğinin artmasına, çevresel dışsallıkların daha iyi içselleştirilmesine katkıda bulunacağı umulmaktadır. Yapılan tüm bu iyileştirmeler çevresel kaliteyi de artırmış olacaktır (Munasinghe, 1999: 95-96).



Şekil 3. Çevresel Kuznets Eğrisi (Ters-U)

Kaynak: Panoyotou, 1993: 3; Sarkodie ve Strezov, 2018: 99.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Grossman ve Krueger (1991) ilk olarak ÇKE hipotezini geliştirmiştir. Bu çalışmanın ardından, ÇKE hipotezini araştıran ve farklı dönemlerde farklı ekonometrik modeller, değişkenler kullanılarak çok çeşitli ülkeler ve bölgeler için farklı sonuçları bulan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda; CO<sub>2</sub> emisyonu, SO<sub>2</sub> emisyonu, ekolojik ayak izi (EF) vb. gibi çevresel değişkenler bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Panel veri yöntemiyle yapılan çalışmalar Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1. Literatür Taraması**

Yazar (Yıl)	Çevre Değişkeni	Ülke Grubu (Periyot)	Yöntem	ÇKE İlişkisi
Grossman ve Kruger (1991)	SO <sub>2</sub>	NAFTA (1977, 1982, 1988)	Panel Regresyon Analizi (PRA)	ÇKE ilişkisi, 1977 ve 1982'de N-şeklinde, 1988'de ise doğrusal azalma şeklinde tespit edilmiştir.
Shafik ve Badyopadhyay (1992)	SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	149 Ülke (1960-1990)	PRA	ÇKE ilişkisi, Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Panayotou (1993)	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	54-68 ülkenin (1987-1988)	Kesit verilerle EKKY	ÇKE ilişkisi, Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Selden ve Song (1994)	CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>	30 Ülke (1979-1987)	Kesit verilerle EKKY ve PRA	ÇKE ilişkisi Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Holtz-Eakin ve Selden (1995)	CO <sub>2</sub>	130 Ülke (1951-1986)	PRA	ÇKE ilişkisi Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Roberts ve Grimes (1997)	CO <sub>2</sub>	47 Ülke (1982-1994)	Kesit verilerle EKKY	ÇKE ilişkisi Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Torras ve Boyce (1998)	SO <sub>2</sub>	42 Ülke (1977-1991)	Kesit verilerle Regresyon Analizi	ÇKE ilişkisi N-şekilli tespit edilmiştir.
Agras ve Chapman (1999)	CO <sub>2</sub>	35 Ülke (1971-1989)	PRA	ÇKE ilişkisi yok.
Stern ve Common (2001)	SO <sub>2</sub>	73 Ülke (1960-1990)	PRA	ÇKE ilişkisi, Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Cole (2004)	SO <sub>2</sub>	18 Ülke (1980-1997)	PRA	ÇKE ilişkisi, Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Richmond ve Kaufman (2006)	CO <sub>2</sub>	36 Ülke (1973-1997)	PRA	ÇKE ilişkisi yok.
Bagliani vd. (2008)	EF	141 ülke (2001)	OLS ve Ağırlıklı LS	ÇKE ilişkisi yok.
Caviglia-Harris vd. (2009)	EF	146 Ülke (1961-2000)	Panel Sabit Etkiler (PSE), İki Aşamalı En Küçük Kareler Yöntemi (2SLS) ve Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM)	ÇKE ilişkisi yok.
Tamazian ve Rao (2010)	CO <sub>2</sub>	Geçiş Ekonomisi Olan 24 Ülke (1993-2004)	GMM Yöntemi	ÇKE ilişkisi, Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Arı ve Zeren (2011)	CO <sub>2</sub>	Akdeniz Ülkeleri (2000-2005)	PRA	ÇKE ilişkisi N-şekilli tespit edilmiştir.
Wang (2012)	CO <sub>2</sub>	98 Ülke (1971-2007)	Tamamen Modifiye Edilmiş Sıradan En Küçük Kareler (FMOLS)	ÇKE ilişkisi yok.
Wang vd. (2013)	EF	150 ülke (2005)	Mekânsal Ekonometrik Yaklaşım	ÇKE ilişkisi yok.



Bölük ve Mert (2014)	CO <sub>2</sub>	16-AB Ülkesi (1990-2008)	PSE ve Panel Rastgele Etkiler (PRE)	ÇKE ilişkisi yok.
Cho vd. (2014)	CO <sub>2</sub>	22-OECD Ülkesi (1971-2000)	FMOLS	ÇKE ilişkisi, Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Hervieux ve Darne (2015)	EF	7 Latin Amerika Ülkesi (1961-2007)	Zaman Serisi Eşbütünleşme Analizi	ÇKE ilişkisi yok.
Acar ve Aşıcı (2015)	EF	105 Ülke (2006)	Kesit Analizi	ÇKE ilişkisi, Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Al-mulali vd. (2015)	EF	Gelire Göre 93 ülke (Yüksek, Üst Orta, Düşük Orta Ve Düşük Ülkeler) (1980-2008)	PSE ve GMM	ÇKE ilişkisi düşük ve düşük orta gelirli ülkeler için geçerli olmadığı, ancak üst orta ve yüksek gelirli ülkeler için Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Al-mulali vd. (2016)	EF	58 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke (1980-2009)	PSE ve GMM	ÇKE ilişkisi, Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Aşıcı ve Acar (2016)	EF	116 ülke (2004-2008)	PSE	ÇKE ilişkisi, Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Ozturk vd. (2016)	EF	Gelire göre 144 ülke (düşük, düşük orta, üst orta ve yüksek ülkeler) (1988-2008)	GMM yöntemi	ÇKE ilişkisinin düşük ve düşük orta gelirli ülkeler için geçerli olmadığı, ancak üst orta ve yüksek gelirli ülkeler için Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Sapkota ve Bastola (2017)	CO <sub>2</sub>	14 Latin Amerika Ülkesi (1990-2015)	PSE ve PRE	ÇKE ilişkisi, Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Lau vd. (2018)	CO <sub>2</sub>	18-OECD Ülkesi (1995-2015)	GMM ve FMOLS	ÇKE ilişkisi, Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Sarkodie ve Strezov (2018)	EF	4 ülke (Avustralya, Gana, Çin ve ABD) (1971-2013)	ARDL/PMG Yöntemi	Avustralya ve Çin'de ÇKE ilişkisi Ters-U şeklinde olduğu, ancak Gana ve ABD için ilişki olmadığı tespit edilmiştir.
Destek vd. (2018)	EF	15-AB ülkesi (1980-2013)	FMOLS ve DOLS	ÇKE ilişkisi U-şeklinde tespit edilmiştir.
Ulucak ve Bilgili (2018)	EF	45 ülke için (Düşük, orta ve yüksek gelirli ülkeler) (1961-2013)	CUP-FM ve CUP-BC	ÇKE ilişkisi Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Aşıcı ve Acar (2018)	EF	87 ülke (2004-2010)	PSE	ÇKE ilişkisi yok.
Aydın vd. (2019)	EF	26-AB Ülkesi (1990-2013)	Panel Yumuşak Geçiş Regresyon (PSTR) Analizi	ÇKE ilişkisi Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Destek ve Sarkodie (2019)	EF	11 Yeni Sanayileşmiş Ülke (1977-2013)	AMG	ÇKE ilişkisi Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.

Omojolaibi ve Nathaniel (2020)	EF	12 MENA Ülkesi	AMG ve DOLS	ÇKE ilişkisi Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Bekun vd. (2021)	CO <sub>2</sub>	E-7 Ülkeleri (1995-2016)	AMG, CCE-MG ve Driscoll-Kray Tahmincisi	ÇKE ilişkisi Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.
Xu vd. (2022)	EF	Gelişmekte Olan 7 Ülke (1992-2020)	FMOLS, DOLS ve AMG	ÇKE ilişkisi yok.
Frodyma vd. (2022)	CO <sub>2</sub>	28-AB Ülkesi (1970-2017)	Panel ARDL Yöntemi	ÇKE ilişkisi yok.
Hasan vd. (2023)	CO <sub>2</sub>	BRICS Ülkeleri (1990-2020)	FMOLS ve DOLS	ÇKE ilişkisi Ters-U şeklinde tespit edilmiştir.

Literatürde ÇKE hipotezine yönelik yapılan panel veri analizi çalışmalarının önemli bir kısıtlılığı, karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonunu çevresel kaliteyi ölçmede bir gösterge olarak kullanmalarıdır. Çünkü karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonu, genellikle enerji tüketiminden kaynaklanan çevreye olan zararın sadece bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu nedenle, küresel düzeyde daha kapsamlı bir çevresel değişken olan ve Wackernagel & Rees (1996) tarafından geliştirilen Ekolojik Ayak İzi, araştırmacıların daha güvenilir sonuçlar elde etmeleri için çevrenin daha uygun bir temsili olabilir. Balıkçılık alanı ayak izi, yerleşik arazi ayak izi, otlatma alanı ayak izi, ekili alan ayak izi, orman ayak izi ve karbon ayak izi gibi altı alt bileşenden oluşan ekolojik ayak izi, her halükârda karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonunu içermektedir. Yani Ekolojik Ayak İzi, farklı kirlilik türlerinin çevre üzerindeki etkilerini hem iyi ölçmekte hem de çevresel sorunları kapsamlı bir şekilde ele almaktadır (Yılcı ve Pata, 2020). Nitekim bu çalışmanın literatüre özgün bir katkısı, ÇKE hipotezini araştırırken çevresel bir değişken olarak ekolojik ayak izinin kullanılması ve bunun 29 OECD ülkesine uygulanmasıdır.

### 3. AMPİRİK ANALİZ

#### 3.1. Veri Seti ve Model

Çalışmada, Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezinin geçerliliğini test etmek için, 29 OECD ülkesinin (Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Şili, Kolombiya, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İrlanda, İsrail, İtalya, Japonya, Güney Kore, Lüksemburg, Meksika, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, Polonya, Portekiz, İspanya, İsveç, İsviçre, Türkiye, İngiltere ve ABD) 1980-2014 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak panel veri analiz yöntemi ile incelenmiştir. Bu çalışma veri kısıtı nedeniyle, 1980-2014 dönemini, 29 OECD ülkesini ve 35 yılı kapsayan toplam 1015 gözlemden oluşmaktadır. Ülkelerin seçimi temel olarak veri mevcudiyetine dayanmaktadır. Analize konu olan 29 OECD ülkesi için çevresel kirlilik göstergesi olarak ekolojik ayak izi kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak ekolojik ayak izi (EF), bağımsız değişken olarak da ekonomik büyüme (GDP), ekonomik büyümenin karesi (GDP<sup>2</sup>), enerji tüketimi (EU) ve finansal

gelişme (FD) olmak üzere bir bağımlı dört bağımsız değişken kullanılmıştır. Ayrıca değişkenlerin doğal logaritmaları alınarak ve ekonometrik paket programlar kullanılarak analizler yapılmıştır. Tablo 2’de çalışmada kullanılan değişkenler ve açıklamaları verilmiştir.

**Tablo 2. Çalışmada Kullanılan Değişkenler ve Açıklamaları**

Değişkenler	Kısaltmalar	Açıklama	Veri Kaynağı	Dönem
<b>Ekolojik Ayak İzi</b>	EF	Kişi başına küresel hektar	Küresel Ayak İzi Ağı	1980-2014
<b>Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla</b>	GDP	Kişi başına (sabit 2010 US \$)	Dünya Bankası	1980-2014
<b>Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla Karesi</b>	GDP <sup>2</sup>	GSYİH’in karesel formu	Yazar tarafından hazırlanmıştır.	1980-2014
<b>Enerji Tüketimi</b>	EU	Kişi başına petrol kg	Dünya Bankası	1980-2014
<b>Finansal Gelişme</b>	FD	Finansal kurumlara ve Finansal piyasalara ulaşım	Uluslararası Para Fonu	1980-2014

Seçilen 29 OECD ülkesinin her biri için enerji tüketimi, finansal gelişme, ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi kurmak için Al-mulali vd., (2015) ve Bekun vd. (2021) çalışmalarından hareketle oluşturulan model Denklem 2’de verilmiştir.

$$EF_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 GDP_{it} + \beta_2 GDP_{it}^2 + \beta_3 EU_{it} + \beta_4 FD_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Genel olarak, modelin tahmini  $\beta_i$  katsayılarının anlamlılığını test eder. Bu denklem ile muhtemel 7 sonuç meydana gelebilir (Dinda, 2004: 431-455):

- Eğer  $\beta_1=\beta_2=\beta_3=0$  olduğu zaman GDP ile EF arasında herhangi bir ilişki yoktur.
- Eğer  $\beta_1>0$  ve  $\beta_2=\beta_3=0$  olduğu zaman GDP ile EF arasında monoton artan veya doğrusal bir ilişki vardır.
- Eğer  $\beta_1<0$  ve  $\beta_2=\beta_3=0$  olduğu zaman GDP ile EF arasında ters bir ilişki vardır.
- Eğer  $\beta_1>0$ ,  $\beta_2<0$  ve  $\beta_3=0$  olduğu zaman GDP ile EF arasında Ters-U şeklinde bir ilişki (ÇKE) vardır. Yani Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi geçerlidir.
- Eğer  $\beta_1<0$ ,  $\beta_2>0$  ve  $\beta_3=0$  olduğu zaman GDP ile EF arasında U-şeklinde bir ilişki vardır.
- Eğer  $\beta_1>0$ ,  $\beta_2<0$  ve  $\beta_3>0$  olduğu zaman GDP ile EF arasında N-şeklinde bir ilişki vardır.
- Eğer  $\beta_1<0$ ,  $\beta_2>0$  ve  $\beta_3<0$  olduğu zaman GDP ile EF arasında Ters-N şeklinde bir ilişki vardır.

### 3.2. Ekonometrik Yöntem

Analizin modeli kurulduktan sonra yapılması gereken ilk adım, yatay kesit bağımlılık testi yapılmaktadır. Eğer seriler arasında yatay kesit bağımlılık var ise birinci kuşak birim kök testi, yok ise ikinci kuşak birim kök testi kullanılmaktadır. Birim kök testi yapıldıktan sonra tüm seriler aynı mertebeden durağan olursa panel eşbütünleşme analizi gerçekleştirilir. Panel eşbütünleşme testi yapılırken de yatay kesit bağımlılık ve homojeniteyi dikkate alan ikinci kuşak panel eşbütünleşme testleri ve panel eşbütünleşme katsayı tahminleri ile analizi yapılmış olmaktadır. Sırasıyla, çalışmada kullanılan ekonometrik kısımlar açıklanacaktır.

Yatay kesit bağımlılığı, tüm ülkeleri etkileyen ekonomi genelindeki şoklar gibi gözlemlenemeyen ortak faktörlerden kaynaklanabilir (Sarafidis ve Wansbeek, 2012). Yatay kesit bağımlılık testinin yapılmadan analizlerin yapılması, ülkeler ve bölgeler arasında yanıltıcı sonuçların ortaya çıkmasına neden olabilir (Baltagi, 2005: 8). Dolayısıyla, bir panel birim kök testi yapılmadan önce yanıltıcı sonuçların önüne geçilebilmesi için yatay kesit bağımlılık testinin yapılması çok önemli hale gelmiştir. Panel veri setlerinde yatay kesit bağımlılığını analiz etmek için çeşitli yöntemler vardır. Bu yöntemler; Breusch-Pagan (1980)  $CD_{LM1}$  testi, Pesaran (2004)  $CD_{LM2}$  testi, Pesaran (2004)  $CD_{LM}$  testi ve Pesaran vd., (2008) Bias-adjusted  $CD_{LM}$  testidir. Bu testlerin denklemleri aşağıda verilmiştir.

Breusch-Pagan (1980)  $CD_{LM1}$  testi:

$$CD_{LM1} = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \sim X_{N(N-1)/2}^2 \quad (3)$$

Pesaran (2004)  $CD_{LM2}$  testi:

$$CD_{LM2} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (T \hat{\rho}_{ij}^2 - 1) \stackrel{asy}{\sim} N(0,1) \quad (4)$$

Pesaran (2004)  $CD_{LM}$  testi:

$$CD_{LM} = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left( \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \right) \stackrel{asy}{\sim} N(0,1) \quad (5)$$

Pesaran vd., (2008) Bias-adjusted  $CD_{LM}$  testidir.

$$CD_{LMadj} = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \left[ \hat{\rho}_{ij}^2 \left( \frac{T-K-\hat{\rho}_{ij}-\hat{\mu}_{Tij}}{V_{Tij}} \right) \right] \stackrel{asy}{\sim} N(0,1) \quad (6)$$

Verilen bu testlerin hipotezleri aşağıdaki gibi kurulmaktadır:

$H_0$ : Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

$H_1$ : Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Panel veri analizinin ilk adımlardan biri olan yatay kesit bağımlılığının yanı sıra eğim katsayısının homojenlik varsayımı da kontrol edilmesi gereklidir. Değişkenlerin homojen ya da heterojen olması uygulanacak eşbütünleşme testlerinin şeklini belirlemektedir. Pesaran ve Yamagata (2008), tarafından geliştirilen Delta ( $\Delta$ ) testleri  $\tilde{\Delta}$ : Büyük örneklem ve  $\tilde{\Delta}_{adj}$ : Küçük örneklem- homojenliğin test edilmesinde kullanılmaktadır (Pesaran ve Yamagata, 2008: 50-93). Bu testlerin denklemleri aşağıda verilmiştir.

$\tilde{\Delta} = \sqrt{N} \frac{N^{-1}\hat{S}-k}{\sqrt{2k}} \quad (7)$	$\tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \frac{N^{-1}\hat{S}-k}{var(t,k)} \quad (8)$
---	--

Delta ( $\Delta$ ) testi ile ilgili hipotezler aşağıdaki gibidir.

$H_0$ :  $\beta_i = \beta$  eğim katsayıları homojendir.

$H_1$ :  $\beta_i \neq \beta$  eğim katsayıları heterojendir.

Panel veri analizlerinde yatay kesit bağımlılığın varlığı modelde ikinci kuşak birim kök testlerin uygulanmasını zorunlu hale getirmiştir (Nazlıoğlu, 2010: 142). Reese & Westerlund (2016) tarafından ortaya konulan PANICCA testi, ortak faktör modellemesine dayalı ve yatay kesit bağımlılığını dikkate alan güncel ikinci kuşak panel birim kök testidir.

PANICCA testi, Bai ve Ng'nin (2004, 2010) kalıntı ve faktörlerin ayrı ayrı durağanlığını test eden PANIC testi ile Pesaran'ın (2007) ve Pesaran vd., (2013) tarafından yatay kesit ortalamalarından (CA) fark almak üzerine kurulu tek ve çok faktörlü testleri bir araya getiren yeni bir test olarak Reese ve Westerlund (2016) tarafından ortaya konulmuştur (Tatoğlu, 2020: 100). Bai ve Ng (2010) tarafından  $P_a$ ,  $P_b$  ve panel modifiyeli Sargan-Bhargava (PMSB) olmak üzere üç test istatistiği önerilmiştir (Reese ve Westerlund, 2016: 966-968). PANICCA birim kök test istatistikleri aşağıdaki gibi hesaplaması yapılır.

**p = 0 için;**

$$P_{a,0} = \frac{\sqrt{NT}(\hat{\rho}_0^+ - 1)}{\sqrt{2\hat{\Phi}_0^4 / \hat{\omega}_\varepsilon^4}} \sim N(0,1) \quad (9)$$

$$P_{b,0} = \frac{\sqrt{NT}(\hat{\rho}_0^+ - 1)}{\sqrt{\hat{\Phi}_\varepsilon^4 / [\hat{\omega}_\varepsilon^8 N^{-1} T^{-2} \sum_{i=1}^N (\hat{e}_{i-1}^1)^2 \hat{e}_{i-1}^1]}} \sim N(0,1) \quad (10)$$

$$PMSB_0 = \frac{\sqrt{N}[N^{-1}T^{-2} \sum_{i=1}^N (\hat{e}_{i-1}^1)' \hat{e}_{i-1}^1 - \hat{\omega}_\epsilon^2/2]}{\sqrt{\hat{\Phi}_\epsilon^4/3}} \sim N(0,1) \quad (11)$$

**p = 1 için;**

$$P_{a,1} = \frac{\sqrt{NT}(\hat{\rho}_0^+ - 1)}{\sqrt{36\hat{\sigma}_\epsilon^4 \hat{\Phi}_\epsilon^4 / 5\hat{\omega}_\epsilon^8}} \sim N(0,1) \quad (12)$$

$$P_{b,1} = \frac{\sqrt{NT}(\hat{\rho}_0^+ - 1)}{\sqrt{6\hat{\sigma}_\epsilon^4 \hat{\Phi}_\epsilon^4 / [5\hat{\omega}_\epsilon^2 N^{-1}T^{-2} \sum_{i=1}^N (\hat{e}_{i-1}^1)' \hat{e}_{i-1}^1]}} \sim N(0,1) \quad (13)$$

$$PMSB_1 = \frac{\sqrt{N}[N^{-1}T^{-2} \sum_{i=1}^N (\hat{e}_{i-1}^1)' \hat{e}_{i-1}^1 - \hat{\omega}_\epsilon^2/6]}{\sqrt{\hat{\Phi}_\epsilon^4/45}} \sim N(0,1) \quad (14)$$

Bu verilen hesaplamalarda sırasıyla  $\hat{\sigma}_\epsilon^4$ ,  $\hat{\omega}_\epsilon^4 \hat{\Phi}_\epsilon^4$ ,  $\hat{\sigma}_{\epsilon,i}^4$ , ve  $\hat{\omega}_{\epsilon,i}^4 \hat{\Phi}_{\epsilon,i}^4$  sırasıyla CA'yı temsil etmektedir. Verilen bu testlerin hipotezleri aşağıdaki gibi kurulmaktadır:

$H_0$ : Birim kökün var olduğu,

$H_1$ : Birim kökün olmadığı yani serinin durağan olduğu varsayılmaktadır.

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, yatay kesit bağımlılığına ve heterojenliğe izin vermesinden dolayı güncel ikinci kuşak panel eşbütünleşme testlerinden biri olan Gengenbach, Urbain ve Westerlund (2016) testi kullanılmıştır. Gengenbach, Urbain ve Westerlund (2016) tarafından ortaya konulan panel eşbütünleşme testi, ortak faktör yapısı kullanılarak hata düzeltme modeline dayanmaktadır. Gengenbach, Urbain ve Westerlund (2016) panel eşbütünleşme testinin veri üretme süreci aşağıdaki 15'teki denklemde verilmiştir.

$$\Delta y_i = d\delta_{y,x_i} + \alpha_{y_i} y_{i-1} + \omega_{i-1} \gamma_i + v_i \pi_i + \varepsilon_{y,x_i} = \alpha_{y_i} y_{i-1} + g_i^d \lambda_i + \varepsilon_{y,x_i} \quad (15)$$

Testin ilk aşamasında her birim için modelin OLS tahmini elde edilmekte ve  $H_0: \alpha_{y_i} = 0$  hipotezi t testi yardımıyla uygulanmaktadır.  $(T-1-p) \times (T-1-p)$  boyutlu projeksiyon matrisi;

$$M_A = I_{T-1-p} - A(A'A)A' \quad (16)$$

olarak ifade edildiğinde  $\alpha_{y_i}$ 'nin OLS tahmincisi;

$$\hat{\alpha}_{y_i} = \frac{y'_{i,-1} M_{g_i^d} \Delta y_i}{y'_{i,-1} M_{g_i^d} \Delta y_{i-1}} \quad (17)$$

ve varyansı şu şekilde kurulur;

$$\sigma_{\hat{\alpha}_{yi}}^2 = \frac{\sigma_{\hat{\alpha}_{y,x_i}}^2}{y'_{i,-1} M_{g_i^d} \Delta y_{i-1}} \quad (18)$$

şeklindedir. Burada,  $\sigma_{\hat{\alpha}_{y,x_i}}^2 = T^{-1}(\Delta y_i - \hat{\alpha}_{y_i} y_{i,-1})' M_{g_i^d} (\Delta y_i - \hat{\alpha}_{y_i} y_{i,-1})$ 'dir.

t istatistiği aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$t_{c_i} = t_{\alpha_{y_i}} = \frac{\hat{\alpha}_{y_i}}{\hat{\sigma}_{\hat{\alpha}_{y_i}}} \quad (19)$$

Panel test istatistikleri ise, birim test istatistiklerinin ortalamasıdır.

$$\bar{t}_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{c_i} \quad (20)$$

Verilen bu testlerin hipotezleri aşağıdaki gibi kurulmaktadır:

$H_0: \alpha_{y_1} \dots \dots \alpha_{y_N} = 0$  ise eşbütünleşme ilişkisi yoktur.

$H_1: en az bir i için \alpha_{y_1} < 0$  ise eşbütünleşme ilişkisi vardır.

Yatay kesit bağımlılık ve heterojenlik durumunda, birinci kuşak uzun dönem panel eşbütünleşme parametre tahmincilerin uygulanması yetersiz tahminler sağlayabilir. Ancak, yatay kesit bağımlılığını ve heterojenlik problemlerini hesaba katan ikinci kuşak uzun dönem panel eşbütünleşme parametre tahmincilerinden, Pesaran'ın (2006) ortaya koyduğu Ortak İlişkili Etkiler (Common Correlated Effects- CCE) ve Eberhardt ve Bond (2009) tarafından geliştirilen Genişletilmiş Ortalama Grup (Augmented Mean Group- AMG) çalışmada kullanılmıştır.

### 3.3. Ampirik Bulgular

Değişkenler ve model için yatay kesit bağımlılık test sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3. Yatay Kesit Bağımlılık Test Sonuçları**

CD Testler	EF	GDP	EU	FD	Model
<b>CD<sub>LM1</sub> (BP, 1980)</b>	3524.666 (0.000) ***	12705.580 (0.000) ***	6227.406 (0.000) ***	10247.86 (0.000) ***	3513.174 (0.000) ***
<b>CD<sub>LM2</sub> (Pesaran, 2004)</b>	109.443 (0.000) ***	431.630 (0.000) ***	204.291 (0.000) ***	345.381 (0.000) ***	109.040 (0.000) ***
<b>CD<sub>LM</sub> (Pesaran, 2004)</b>	21.097 (0.000) ***	112.597 (0.000) ***	45.832 (0.000) ***	98.032 (0.000) ***	20.978 (0.000) ***
<b>CD<sub>LMadj</sub> (PUY, 2008)</b>	272.300 (0.000) ***	492 (0.000) ***	519.5 (0.000) ***	423.2 (0.000) ***	36.491 (0.000) ***

Not: \*\*\*, \*\*, ve \* sırasıyla 1, 5, ve 10% anlamlılık düzeyini istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir. Parantez içerisindeki değerler olasılık değerleri göstermektedir.

Tablo 3'te değişkenler ve model için yatay kesit bağımlılık sonuçlarına bakıldığında, tüm testlerde anlamlı sonuçlar çıkmıştır. Tüm anlamlılık düzeylerinde (%1, %5 ve %10)  $H_0$  hipotezi reddedilirken,  $H_1$  hipotezi kabul edilmektedir. Dolayısıyla paneli oluşturan birimler arasında (değişkenlerde) ve modelde yatay kesit bağımlılığı var olduğu anlaşılmaktadır. Model için homojenlik test sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4. Model İçin Homojenlik Testleri**

Homojenlik Testleri	Test istatistiği	Olasılık değeri
$\Delta$	16.443	0.000***
$\Delta_{adj}$	18.064	0.000***

Not: \*\*\*, \*\*, ve \* sırasıyla 1, 5, ve 10% anlamlılık düzeyini istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 4'te model için homojenlik testi sonuçlarına bakıldığında, tüm testlerde anlamlı sonuçlar çıkmıştır. Tüm anlamlılık düzeylerinde (%1, %5 ve %10)  $H_0$  hipotezi reddedilirken,  $H_1$  hipotezi kabul edilmektedir. Yani, parametrelerin heterojen olduğu, aynı zamanda birimden birime değiştiği görülmektedir. Yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci kuşak PANICCA panel birim kök testi kullanıldığı ve sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

**Tablo 5. PANICCA Panel Birim Kök Testi Sonuçları**

Değişkenler	Düzyer Değeri					
	Sabitli			Sabit ve Trendli		
	Pa	Pb	PMSB	Pa	Pb	PMSB
EF	-0.929 (0.176)	-0.966 (0.167)	0.591 (0.723)	5.067 (0.999)	9.092 (0.999)	14.153 (0.999)
GDP	1.094 (0.863)	1.209 (0.887)	1.417 (0.922)	9.984 (0.999)	40.384 (0.999)	101.124 (0.999)
GDP <sup>2</sup>	1.052 (0.854)	1.159 (0.877)	1.381 (0.916)	9.997 (0.999)	40.403 (0.999)	100.951 (0.999)
EU	3.067 (0.999)	5.192 (0.999)	9.648 (0.999)	8.048 (0.999)	26.755 (0.999)	65.086 (0.999)
FD	1.866 (0.051) *	-1.566 (0.058) *	-0.159 (0.437)	7.935 (0.999)	24.383 (0.999)	55.089 (0.999)
Değişkenler	1.Fark Değeri					
EF	-14.897 (0.000) ***	-5.191 (0.000) ***	-1.621 (0.002) ***	-15.965 (0.000) ***	-7.026 (0.000) ***	-2.081 (0.018) **
GDP	-32.109 (0.000) ***	-10.41 (0.000) ***	-3.218 (0.000) ***	-26.563 (0.000) ***	-11.78 (0.000) ***	-3.569 (0.000) ***
GDP <sup>2</sup>	-30.738 (0.000) ***	-10.169 (0.000) ***	-3.215 (0.000) ***	-25.841 (0.000) ***	-11.552 (0.000) ***	-3.548 (0.000) ***
EU	-28.336 (0.000) ***	-8.162 (0.000) ***	-2.198 (0.014) **	-20.173 (0.000) ***	-9.342 (0.000) ***	3.074 (0.001) ***
FD	-26.514 (0.000) ***	-7.369 (0.000) ***	-1.963 (0.024) **	-27.149 (0.000) ***	-10.696 (0.000) ***	-2.756 (0.002) ***

Not: \*\*\*, \*\*, ve \* sırasıyla 1, 5, ve 10% anlamlılık düzeyini istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir. Parantez içerisindeki değerler olasılık değerleri göstermektedir.

Tablo 5'te PANICCA panel birim kök testi sonuçlarına göre tüm değişkenler hem sabitli hem de sabit ve trendli istatistik ve olasılık değerlerine bakıldığında, değişkenlere ait serilerin düzeyde



durağan olmadığı, yani birim kök içerdiğini; dolayısıyla değişkenlere ait serilerin birinci farkları alındığında durağanlaşmıştır. Modelin yatay kesit bağımlılığı ve heterojenlik içermesinden dolayı, Gengenbach, Urbain ve Westerlund (2016) Panel Eşbütünleşme Testi kullanıldığı ve sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6. GUV (2016) Panel Eşbütünleşme Testinin Sonuçları**

d.y	Katsayı	T-bar	p-değeri
Y (t-1)	-0.889	-3.782	<=0.01

Tablo 6'da model için GUV panel eşbütünleşme sonuçlarına bakıldığında, p-değeri <=0.01 olduğundan dolayı  $H_0$  hipotezinin reddedildiğini, modelde kullanılan değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu anlaşılmaktadır. Yani bu durum, değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olduğunu göstermektedir.

Eşbütünleşme tespit edildikten sonra uzun dönem parametre tahmini yapılmaktadır. Yatay kesit bağımlılığını ve heterojenlik problemlerini hesaba katan ikinci kuşak uzun dönem panel eşbütünleşme parametre tahmincilerinden, Pesaran'ın (2006) ortaya koyduğu Ortak İlişkili Etkiler (Common Correlated Effects- CCE) tahmincisi ve Eberhardt ve Bond (2009) tarafından geliştirilen Genişletilmiş Ortalama Grup (Augmented Mean Group- AMG) tahmincisi kullanıldığı ve sonuçları Tablo 7 ve Tablo 8'de verilmiştir.

**Tablo 7. CCE Panel Eşbütünleşme Parametre Tahmin Sonuçları**

Ülkeler	C	GDP	GDP <sup>2</sup>	EU	FD	ÇKE Şekli
Panel	2.002 (0.45)	0.390 (0.54)	-0.140 (0.65)	0.602 (0.00) ***	0.214 (0.08) *	Ters-U
Avustralya	-0.483 (0.95)	-0.008 (0.99)	0.119 (0.95)	0.744 (0.28)	0.367 (0.63)	U-şekli
Avusturya	-3.066 (0.23)	-1.858 (0.24)	0.835 (0.29)	0.880 (0.00) ***	0.108 (0.59)	U-şekli
Belçika	0.760 (0.74)	-1.769 (0.32)	0.918 (0.31)	0.273 (0.38)	-0.417 (0.11)	U-şekli
Kanada	-13.156 (0.00) ***	-1.222 (0.53)	0.776 (0.43)	1.784 (0.00) ***	0.665 (0.27)	U-şekli
Şili	-23.603 (0.00) ***	-1.736 (0.60)	0.958 (0.57)	0.141 (0.54)	-0.041 (0.94)	U-şekli
Kolombiya	-3.101 (0.08) *	1.115 (0.28)	-0.480 (0.35)	0.293 (0.00) ***	0.003 (0.97)	Ters-U
Danimarka	5.053 (0.06) *	0.821 (0.61)	-0.356 (0.66)	-0.010 (0.94)	0.288 (0.18)	Ters-U
Finlandiya	19.828 (0.00) ***	1.933 (0.64)	-0.893 (0.66)	0.280 (0.57)	0.445 (0.34)	Ters-U
Fransa	-0.471 (0.86)	1.582 (0.37)	-0.707 (0.42)	-0.644 (0.18)	0.457 (0.28)	Ters-U
Almanya	-1.266 (0.59)	0.062 (0.95)	0.030 (0.96)	1.023 (0.00) ***	0.243 (0.19)	İlişki yok
Yunanistan	4.009 (0.22)	5.356 (0.01) **	-2.577 (0.02) **	0.662 (0.00) ***	-0.606 (0.01) **	Ters-U
İrlanda	-1.518 (0.58)	0.595 (0.75)	-0.399 (0.66)	1.216 (0.00) ***	1.078 (0.00) ***	Ters-U

Received / Geliş Tarihi: 10.07.2024

Accepted / Kabul Tarihi: 10.10.2024

İsrail	-10.462 (0.00) ***	-3.237 (0.32)	1.601 (0.33)	0.418 (0.08) *	0.110 (0.62)	U-şekli
İtalya	-2.286 (0.25)	0.411 (0.74)	-0.095 (0.87)	0.510 (0.01) **	-0.045 (0.84)	Ters-U
Japonya	-6.530 (0.00) ***	0.091 (0.94)	0.014 (0.98)	0.494 (0.01) **	0.086 (0.67)	İlişki yok
Güney Kore	56.413 (0.00) ***	8.906 (0.17)	-4.177 (0.20)	1.778 (0.00) ***	2.706 (0.00) ***	Ters-U
Lüksemburg	-10.509 (0.00) ***	4.803 (0.04) **	-2.399 (0.04) **	0.134 (0.27)	0.000 (0.99)	Ters-U
Meksika	4.815 (0.52)	-0.868 (0.84)	0.543 (0.81)	-0.480 (0.40)	-0.020 (0.95)	U-şekli
Hollanda	4.044 (0.27)	2.395 (0.51)	-1.212 (0.51)	0.854 (0.01) **	-0.956 (0.09) *	Ters-U
Yeni Zelanda	4.967 (0.47)	-10.127 (0.01) **	4.924 (0.02) **	0.498 (0.26)	-0.306 (0.50)	U-şekli
Norveç	25.119 (0.00) ***	7.391 (0.22)	-3.703 (0.21)	0.390 (0.27)	1.007 (0.08) *	Ters-U
Polonya	-4.987 (0.18)	1.614 (0.44)	-0.805 (0.45)	0.960 (0.00) ***	0.134 (0.31)	Ters-U
Portekiz	8.441 (0.01) **	-0.948 (0.63)	-0.822 (0.41)	0.212 (0.07) *	-0.794 (0.00) ***	U-şekli
İspanya	-3.753 (0.20)	-1.170 (0.55)	0.733 (0.45)	0.492 (0.01) **	0.337 (0.28)	U-şekli
İsveç	16.387 (0.00) ***	0.828 (0.83)	-0.474 (0.81)	0.705 (0.09) *	-0.014 (0.98)	Ters-U
İsviçre	4.933 (0.03) **	-1.648 (0.42)	0.813 (0.43)	1.176 (0.00) ***	0.464 (0.04) **	U-şekli
Türkiye	-8.666 (0.00) ***	0.615 (0.71)	-0.232 (0.78)	0.990 (0.00) ***	0.181 (0.10)	Ters-U
İngiltere	5.211 (0.16)	-1.636 (0.51)	0.881 (0.48)	0.466 (0.32)	0.666 (0.22)	U-şekli
ABD	-8.043 (0.00) ***	-0.974 (0.54)	0.455 (0.56)	1.207 (0.00) ***	0.077 (0.69)	U-şekli

Not: \*\*\*, \*\*, ve \* sırasıyla 1, 5, ve 10% anlamlılık düzeyini istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir. Parantez içerisindeki değerler olasılık değerleri göstermektedir.

**Tablo 8. AMG Panel Eşbütünlük Parametre Tahmin Sonuçları**

Ülkeler	C	GDP	GDP <sup>2</sup>	EU	FD	ÇKE Şekli
Panel	-3.553 (0.00) ***	-0.163 (0.76)	0.158 (0.55)	0.473 (0.00) ***	0.182 (0.08) *	U-şekli
Avustralya	-9.759 (0.00) ***	-0.123 (0.97)	0.179 (0.92)	1.152 (0.00) ***	0.209 (0.45)	U-şekli
Avusturya	-6.203 (0.00) ***	-0.493 (0.78)	0.254 (0.78)	0.951 (0.00) ***	-0.081 (0.63)	U-şekli
Belçika	-3.271 (0.00) ***	-0.508 (0.75)	0.286 (0.72)	0.548 (0.00) ***	0.077 (0.68)	U-şekli
Kanada	-6.383 (0.01) **	0.151 (0.94)	0.005 (0.99)	0.795 (0.00) ***	0.088 (0.76)	İlişki yok
Şili	-2.125 (0.06) *	-1.825 (0.70)	0.968 (0.68)	0.376 (0.04) **	0.460 (0.26)	U-şekli
Kolombiya	-2.151 (0.00) ***	0.625 (0.53)	-0.249 (0.61)	0.304 (0.00) ***	-0.082 (0.40)	Ters-U
Danimarka	0.730 (0.35)	1.200 (0.44)	-9.528 (0.50)	0.038 (0.70)	0.496 (0.00) ***	Ters-U
Finlandiya	2.663 (0.34)	4.038 (0.30)	-1.859 (0.34)	-0.380 (0.27)	0.874 (0.01) **	Ters-U
Fransa	-1.111 (0.29)	1.782 (0.27)	-0.764 (0.34)	0.068 (0.63)	0.272 (0.10)	Ters-U
Almanya	-6.086 (0.00) ***	-2.446 (0.09) *	1.254 (0.08) *	0.865 (0.00) ***	-0.497 (0.00) ***	U-şekli
Yunanistan	-7.205 (0.00) ***	4.461 (0.08) *	-2.180 (0.09) *	1.045 (0.00) ***	0.010 (0.94)	Ters-U
İrlanda	-3.832 (0.00) ***	-1.021 (0.66)	0.503 (0.66)	0.730 (0.00) ***	0.097 (0.73)	U-şekli
İsrail	-4.686 (0.00) ***	-1.293 (0.68)	0.585 (0.71)	0.945 (0.00) ***	0.190 (0.37)	U-şekli
İtalya	-4.849 (0.00) ***	0.479 (0.71)	-0.144 (0.82)	0.614 (0.00) ***	0.217 (0.08) *	Ters-U
Japonya	-2.449 (0.00) ***	0.718 (0.70)	-0.263 (0.77)	0.266 (0.00) **	-0.282 (0.08) *	Ters-U

<b>Güney Kore</b>	-6.900 (0.01) **	-1.451 (0.89)	0.998 (0.84)	0.016 (0.97)	0.050 (0.96)	U-şekli
<b>Lüksemburg</b>	-1.640 (0.16)	4.263 (0.21)	-2.022 (0.24)	0.277 (0.10)	2.640 (0.00) ***	Ters-U
<b>Meksika</b>	0.682 (0.85)	-0.776 (0.86)	0.531 (0.81)	-0.301 (0.59)	-0.330 (0.33)	U-şekli
<b>Hollanda</b>	-4.425 (0.01) **	-1.677 (0.51)	0.971 (0.45)	0.443 (0.09) *	0.055 (0.80)	U-şekli
<b>Yeni Zelanda</b>	0.650 (0.88)	-12.41 (0.01) **	6.164 (0.01) **	0.237 (0.62)	0.472 (0.35)	U-şekli
<b>Norveç</b>	-0.773 (0.84) ***	-0.245 (0.97)	0.232 (0.94)	0.075 (0.85)	-0.356 (0.36)	U-şekli
<b>Polonya</b>	-5.907 (0.00) ***	-0.048 (0.97)	0.070 (0.93)	0.854 (0.00) ***	-0.082 (0.40)	U-şekli
<b>Portekiz</b>	-5.278 (0.00) ***	2.115 (0.36)	-0.933 (0.42)	0.599 (0.00) ***	-0.455 (0.00) ***	Ters-U
<b>İspanya</b>	-6.272 (0.00) ***	-0.731 (0.71)	0.466 (0.64)	0.802 (0.00) ***	0.318 (0.11)	U-şekli
<b>İsveç</b>	1.166 (0.63)	0.061 (0.98)	0.080 (0.97)	-0.144 (0.63)	0.381 (0.17)	İlişki yok
<b>İsviçre</b>	-3.387 (0.00) ***	2.609 (0.19)	-1.215 (0.22)	0.421 (0.00) ***	-0.094 (0.58)	Ters-U
<b>Türkiye</b>	-4.705 (0.00) ***	0.336 (0.84)	-0.136 (0.87)	0.753 (0.00) ***	0.001 (0.98)	Ters-U
<b>İngiltere</b>	-1.057 (0.38)	-1.855 (0.42)	1.021 (0.38)	0.145 (0.39)	0.408 (0.08) *	U-şekli
<b>ABD</b>	-8.472 (0.00) ***	-0.660 (0.64)	0.324 (0.65)	1.224 (0.00) ***	0.232 (0.06) *	U-şekli

Not: \*\*\*, \*\*, ve \* sırasıyla 1, 5, ve 10% anlamlılık düzeyini istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir. Parantez içerisindeki değerler olasılık değerleri göstermektedir.

Tablo 7’de 29 OECD ülkesinin CCE panel eşbütünleşme katsayı sonuçlarına bakıldığında, GDP ve GDP<sup>2</sup> değişkenlerinin olasılık değerleri istatistiki olarak anlamsız çıkmıştır. Yani, panelin geneli için ÇKE hipotezi var olsa da (Ters-U), istatistiki olarak anlamsız bulunmuştur. Dolayısıyla ÇKE hipotezi geçerli değildir. Ülke bazında ÇKE hipotezi (Ters-U) sonuçlarına bakılırsa, Yunanistan ve Lüksemburg’ta geçerlidir. U-şeklindeki ilişki ise, istatistiki olarak sadece Yeni Zelanda’da geçerli olmuştur.

EU ve FD değişkenlerine ait katsayılar ise panelin geneli için istatistiki olarak anlamlı çıkmıştır. Dolayısıyla panelin geneli için, EU ve FD değişkenlerindeki artış, ekolojik ayak izini pozitif bir yönde artışına neden olacaktır. Ülke bazında kişi başına enerji tüketiminin artışı, ABD, İtalya, Avusturya, Kanada, Kolombiya, İsviçre, Almanya, Yunanistan, İrlanda, Türkiye, Portekiz İspanya, İsveç, Hollanda ve Güney Kore’de kişi başına ekolojik ayak izini artırdığı istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Enerji tüketiminin, ekolojik ayak izini en çok artırdığı ülke Kanada’dır. Ülke bazında finansal gelişmenin artışı, kişi başına ekolojik ayak izini İrlanda, Güney Kore, Norveç, İsviçre’de artırırken, Yunanistan, Hollanda, Portekiz’de azalttığı istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Finansal gelişmenin, kişi başına ekolojik ayak izini en çok artırdığı ülke Güney Kore olurken, en çok azalttığı ülke ise Hollanda’dır.

Tablo 8’de 29 OECD ülkesinin AMG panel eşbütünleşme katsayı sonuçlarına bakıldığında, GDP ve GDP<sup>2</sup> değişkenlerinin olasılık değerleri istatistiki olarak anlamsız çıkmıştır. Yani, panelin geneli

Received / Geliş Tarihi: 10.07.2024

Accepted / Kabul Tarihi: 10.10.2024

için ÇKE hipotezinin U-şeklinde ve istatistiki olarak anlamsız bulunmuştur. Dolayısıyla ÇKE hipotezi geçersizdir. Ülke bazında ÇKE hipotezi (Ters-U) sonuçlarına bakıldığında, Yunanistan'da geçerlidir. U-şeklindeki ilişki ise, istatistiki olarak Almanya ve Yeni Zelanda'da geçerli olmuştur.

EU ve FD değişkenlerine ait katsayılar ise panelin geneli için istatistiki olarak anlamlı çıkmıştır. Dolayısıyla panelin geneli için, EU ve FD değişkenlerindeki artış, ekolojik ayak izini pozitif bir yönde artışına neden olacaktır. Ülke bazında kişi başına enerji tüketiminin artışı, Portekiz, Avustralya, Avusturya, Belçika, İspanya, Kanada, Şili, Türkiye, Kolombiya, Almanya, Yunanistan, İrlanda, İsrail, ABD, İtalya, Japonya, Hollanda, Polonya ve İsviçre kişi başına ekolojik ayak izini artırdığı istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Enerji tüketiminin, ekolojik ayak izini en çok artırdığı ülke ABD'dir. Ülke bazında finansal gelişmenin artışı, kişi başına ekolojik ayak izini Danimarka, Finlandiya, İtalya, Lüksemburg, İngiltere, ABD'de artırırken, Almanya, Japonya, Portekiz'de azalttığı istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Finansal gelişmenin, kişi başına ekolojik ayak izini en çok artırdığı ülke Lüksemburg olurken, en çok azalttığı ülke ise Portekiz'dir.

## SONUÇ

Küresel ısınma ve özellikle bunun gezegen ve dolaylı olarak insan refahı üzerindeki zararlı etkileri, son yıllarda önemli bir küresel sorun haline gelmiştir. Sanayi devriminin başlangıcından bu yana, toplumu ve ekonomiyi olduğu kadar çevreyi de etkileyen önemli küresel değişiklikler meydana gelmiştir. 1970'lerden bu yana, küresel ölçekte en sık sorulan sorulardan bazıları çevre kirliliği, iklim değişikliği ve küresel ısınma ile ilgilidir. Gayri Safi Milli Hasılanın (GSMH) istikrarlı bir şekilde artırılması, sanayi devriminden 1970'lere kadar ulusal makroekonomik kalkınma programlarının temel bir bileşeni olmuştur. Başka bir deyişle hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler istikrarlı ekonomik büyümeyi en önemli hedef haline getirmiştir. Gelişmiş ve özellikle de gelişmekte olan ülkelerin benimsediği ekonomik büyüme odaklı politikalar nedeniyle çevresel ve sosyo-kültürel boyutlar ya göz ardı edilmiş ya da ikinci plana atılmıştır. Nitekim 1970'lerden bu yana artan sanayileşme, kentleşme, gelir artışı, teknolojik gelişme, finansal gelişme ve nüfus artışı çevresel kaygıları da beraberinde getirmiştir. Sonuç olarak, uluslar ekonomik büyüme ve kalkınma stratejilerini geliştirirken artık çevresel hususları da dikkate almaya başlamışlardır.

Grossman ve Krueger (1991, 1995), 1990'larda artan çevre kirliliğine yanıt olarak, çevresel bozulma ile kişi başına düşen gelir arasında Ters-U şeklinde bir ilişki olduğunu ifade eden Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezini geliştirmiştir. Kuznets'in (1955) ekonomik büyüme ve gelir eşitsizliği arasındaki ilişkisi bu hipotez için ilham kaynağı olmuştur. Buradan hareketle bu çalışmada, 1980-2014 dönemi için 29 OECD ülkesinde ekonomik büyüme, finansal gelişme, enerji tüketimi ve çevresel kirlilik göstergesi olarak kullanılan ekolojik ayak izi ile Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerli olup olmadığı panel veri yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir.

Çalışmada sırasıyla değişkenler ve tüm panel için yatay kesit bağımlılık testleri yapılmıştır. Modelin homojen mi yoksa heterojen mi olduğunu tespit etmek için Delta testi uygulanmıştır. Durağanlık testinde, modelin heterojen yapısı ve yatay kesit bağımlılığı nedeniyle Reese & Westerlund tarafından ortaya atılan ikinci nesil test olan PANICCA (2016) panel birim kök testi kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki uzun dönemli bağlantı, modern ikinci nesil panel eşbütünleşme testlerinden biri olan Gengenbach, Urbain ve Westerlund (2016) testi uygulanarak tespit edilmiştir. Son olarak, çalışmada uzun dönemde değişkenler arasında eşbütünleşme tespit edildiği için modelin katsayılarını yorumlamak için Pesaran (2006) tarafından ortaya konulan ikinci nesil uzun dönem panel eşbütünleşme parametre tahmincilerinden Ortak İlişkili Etkileri (CCE) ve Eberhardt ve Bond (2009) tarafından geliştirilen Artırılmış Ortalama Grubu (AMG) kullanılmıştır.

Çalışmada incelenen 29 OECD ülkesi için CCE ve AMG tahmincilerin ortak sonuçlarına bakıldığında, panelin geneli için ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı tespit edilmiştir. Ülke bazında ise ÇKE hipotezine bakıldığında, Yunanistan ve Lüksemburg'ta geçerli olduğu, diğer ülkelerde geçerli olmadığı bulgusu elde edilmiştir. Ayrıca enerji tüketimi ve finansal gelişmedeki artış, 29 OECD ülkesinin çoğunda ekolojik ayak izini artırmaktadır.

Elde edilen bu sonuçlar literatürde yer alan Agras ve Chapman (1999), Richmond ve Kaufman (2006), Bagliani vd. (2008), Caviglia-Harris vd. (2009), Wang (2012), Bölük ve Mert (2014), Hervieux ve Darne (2015), Aşıcı ve Acar (2018), Xu vd. (2022) ve Froydma vd. (2023) çalışmalarıyla paralel sonuçlar elde edilmiştir. Araştırmada elde edilen bulgular sonucunda araştırmaya konu olan OECD ülkelerinde ekolojik ayak izini azaltmak için önerilen politikalar:

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı teşvik edilmelidir.
- Bireysel ekolojik etkiyi azaltmak için enerji tasarrufuna yönelik çok sayıda strateji bulunmaktadır. Örneğin; kullanılmadığı zamanlarda ışıklar, fanlar, televizyonlar vb. ev aletleri fişten çekilmeli ve kapatılmalıdır.
  - Tek kullanımlık plastik kullanımı azaltılmalıdır.
  - Toplu taşıma araçları kullanılmalıdır. Çünkü bu sayede daha az enerji tüketilecek ve çevreye verilen zarar azalacaktır.
  - Organik ve yerel olarak yetiştirilen ürünler geleneksel ürünlere tercih edilmelidir. Bu sayede uzun nakliye yollarının, enerji tüketen soğuk zincirlerin veya ısıtılmalı seraların kullanımı azalacak, dolayısıyla çevreye verilen zarar da azalacaktır.

- Paradan tasarruf etmek ve çevreyi korumak için insanlar sadece gerçekten ihtiyaç duydukları ve çevre için güvenli olan ürünleri satın almalıdır.

- Geri dönüşümü teşvik edici politikalar yapılmalıdır.

- Eğitimin her kademesinde çevre ile ilgili derslere yer verilmeli, seminerler ve paneller düzenlenmelidir.

Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin OECD ülkeleri için panel veri analizi kullanılarak incelendiği bu çalışmayı takip edecek çalışmalarda, farklı ülke grupları ve değişkenlere yer verilerek literatüre önemli katkılar sağlanabilir.

## EXTENDED ABSTRACT

Since climate change and global warming posed a major threat to the world in the late 20th century, scholars have focused on the link between environmental degradation and economic growth. Policymakers now pay great attention to whether there is a positive or negative relationship between these variables. This is because maximizing economic growth while protecting the environment is the goal of almost every country. The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory, which examines the link between environmental degradation and economic growth, was put forward as the main argument in this debate in the 1990s. According to Grossman and Krueger, the EKC hypothesis suggests that as a country's economy grows, income and environmental pollution will increase together in the initial stages, but after a certain level of growth, environmental pollution will decrease. In other words, environmental quality deteriorates first and then improves as per capita income increases.

The aim of this study is to examine the validity of the EKC hypothesis with the help of econometric analysis of energy consumption, financial development and economic growth in OECD countries with the ecological footprint, which is considered as an environmental factor. In order to achieve this objective, the theoretical and applied literature on economic growth, financial development, energy consumption and ecological footprint, which are used as indicators of environmental pollution, and the EKC hypothesis have been extensively researched. In addition, the study also reveals how much the ecological footprint is affected by variables such as economic growth, financial development and energy consumption for the period 1980-2014. Another aim of this study is to contribute to the limited academic studies and current research on this subject in Turkey by analyzing the EKC hypothesis in OECD countries. One of the most important features of this study that distinguishes it from other similar studies is that the ecological footprint concept is included in the econometric analysis as a comprehensive environmental factor in the environment-economic development relationship. Due to data limitations, the study covers the period 1980-2014.

The main hypothesis of the study is that "Environmental Kuznets Curve (EKC) is valid in OECD countries". In other words, it is expected that the EKC relationship in OECD countries will have an inverted-U shape. While this is the main hypothesis of the study, the null hypothesis is that energy consumption and financial development are expected to positively affect the ecological footprint in OECD countries. The method of the study is empirical analysis with panel data analysis method.

In the study, cross-sectional dependence tests are conducted for the variables and the whole panel, respectively. The Delta test was applied to determine whether the model is homogeneous or heterogeneous. In the stationarity test, PANICCA (2016) panel unit root test, which is the second generation test introduced by Reese & Westerlund, is used due to the heterogeneous structure of the model and cross-section dependence. The long-run link between the variables is identified by applying the Gengenbach, Urbain and Westerlund (2016) test, which is one of the modern second generation panel cointegration tests. Finally, since cointegration was found between the variables in the long-run, we used Common Correlated Effects (CCE), a second generation long-run panel cointegration parameter estimator introduced by Pesaran (2006), and the Augmented Mean Group (AMG) developed by Eberhardt and Bond (2009) to interpret the coefficients of the model.

When the joint results of the CCE and AMG estimators for the 29 OECD countries examined in the study are examined, it is determined that the EKC hypothesis is not valid for the entire panel. On a country basis, the EKC hypothesis is valid in Greece and Luxembourg, but not in other countries. Moreover, the increase in energy consumption and financial development increases the ecological footprint in most of the 29 OECD countries. These results are in parallel with the studies of Agras and Chapman (1999), Richmond and Kaufman (2006), Bagliani et al. (2008), Caviglia-Harris et al. (2009), Wang (2012), Bölük and Mert (2014), Hervieux and Darne (2015), Aşıcı and Acar (2018), Xu et al. (2022) and Froydma et al. (2023). As a result of the findings obtained in the research, the policies recommended to reduce the ecological footprint in OECD countries that are the subject of the research:

- The use of renewable energy sources should be encouraged.
- There are numerous strategies for saving energy to reduce individual ecological impact. For example, household appliances such as lights, fans, televisions, etc. should be unplugged and turned off when not in use.
- Reduce the use of single-use plastics.

- Public transportation should be used. This is because less energy will be consumed and environmental damage will be reduced.
- Organic and locally grown products should be preferred to conventional products. This will reduce the use of long transportation routes, energy-consuming cold chains or heated greenhouses, thereby reducing environmental damage.
- To save money and protect the environment, people should only buy products that they really need and that are safe for the environment.
- Policies to encourage recycling should be established.
- Environment-related lessons should be included at all levels of education, and seminars and panels should be organized.

In the studies that will follow this study, in which the Environmental Kuznets Curve hypothesis is examined using panel data analysis for OECD countries, significant contributions to the literature can be made by including different country groups and variables.

**Çıkar Çatışması Bildirimi/ Conflict of Interest Statement:**

Yazar, bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve yayımlanmasına ilişkin herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir. / The authors declared no potential conflict of interest regarding the research, authorship, and publication of this article.

**Destek/Finansman Bilgileri/ Support Financing Information:**

Yazar, bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve yayımlanması için herhangi bir finansal destek almamıştır. / The authors have received no financial support for the research, authorship, and publication of this article.

**Yazar Katkı Oranı: / Author Contribution Rate:** Yazarların katkı oranı eşittir. (Çalışma doktora tezinden üretilmiştir) / The contribution rates of all authors are equal. (The study was retrieved from a dissertation)

## KAYNAKÇA

- Acar, S. & AŞICI, A. A. (2015). Does Income Growth Relocate Ecological Footprint?. (No. 938), 1-20. Dokki, Giza. <https://erf.org.eg/app/uploads/2015/12/938.pdf> (Erişim Tarihi: 20.10.2021).
- Agras, J. & Chapman D. (1999). A Dynamic Approach to the Environmental Kuznets Curve Hypothesis. *Ecological Economics*, 28, 267-277.
- Al-mulali, U., Weng-Wai, C., Sheau-Ting, L. & Mohammed, A. H. (2015). Investigating the Environmental Kuznets Curve (EKC) Hypothesis By Utilizing the Ecological Footprint As An Indicator of Environmental Degradation. *Ecological Indicators*, 48(3), 15-23.
- Al-mulali, U., Solarin, S. A., Sheau-Ting, L. & Ozturk, I. (2016). Does Moving Towards Renewable Energy Causes Water and Land Inefficiency? An Empirical Investigation. *Energy Policy*, 93, 303-314.
- Arı, A. & Zeren, F. (2011). CO<sub>2</sub> Emisyonu ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Analizi. *Yönetim ve Ekonomi*, 18(2), 37-47.
- Aşıcı, A. A. & Acar, S. (2016). Does Income Growth Relocate Ecological Footprint?. *Ecological Indicators*, 61, 707-714.
- Aşıcı, A. A. & Acar, S. (2018). How Does Environmental Regulation Affect Production Location of Non-Carbon Ecological Footprint? *Journal of Clean Production*, 178, 927-936.
- Aydin, C., Esen, O. & Aydin, R. (2019). Is the Ecological Footprint Related to The Kuznets Curve A Real Process or Rationalizing The Ecological Consequences of The Affluence? Evidence From PSTR Approach. *Ecological Indicators*, 98, 543-555.



- Bai, J. & Ng, S. (2004). A PANIC Attack on Unit Roots and Cointegration. *Econometrica*, 72(4), 1127-1177.
- Bai, J. & Ng, S. (2010). Panel Unit Root Tests With Cross-Section Dependence: A Further Investigation. *Econometric Theory*, 26(4), 1088-1114.
- Bagliani, M., Bravo, G. & Dalmazzone, S. (2008). A Consumption-Based Approach to Environmental Kuznets Curves Using The Ecological Footprint Indicator. *Ecological Economics*, 65(3), 650-661.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*. (Third Edition), John Wiley and Sons Ltd., New York.
- Bekun, F. V., Gyamfi, B. A., Onifade, S. T. & Agboola, M. O. (2021). Beyond the Environmental Kuznets Curve In E7 Economies: Accounting For The Combined Impacts of Institutional Quality and Renewables. *Journal of Cleaner Production*, 314, 127924.
- Bölük, G. & Mert, M. (2014). Fossil & Renewable Energy Consumption, GHGs (greenhouse gases) and Economic Growth: Evidence From a Panel of EU (European Union) Countries. *Energy*, 74(C), 439-446.
- Breusch, T. S. & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.
- Caviglia-Harris, J. L., Chambers, D. & Kahn, J. R. (2009). Taking the "U" Out of Kuznets: A Comprehensive Analysis of The EKC and Environmental Degradation. *Ecological Economics*, 68, 1149-1159.
- Cho, C. H., Chu, Y. P. & Yang, H. Y. (2014). An Environment Kuznets Curve for GHG Emissions: A Panel Cointegration Analysis. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 9(2), 120-129.
- Cole, M. A. (2004). Trade, The Pollution Haven Hypothesis and the Environmental Kuznets Curve: Examining the Linkages. *Ecological Economics*, 48(1), 71-81.
- Cranston, G. (2010). Carbon and Ecological Footprints For The 21st Century.
- Destek, M. A., Ulucak, R. & Dogan, E. (2018). Analyzing The Environmental Kuznets Curve for The EU Countries: The Role of Ecological Footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 29387-29396.
- Destek, M. A. & Sarkodie, S. A. (2019). Investigation of Environmental Kuznets Curve for Ecological Footprint: The Role of Energy and Financial Development. *Science of The Total Environment*, 650, 2483-2489.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, 49, 431-455.
- Eberhardt, M. & Bond, S. (2009). Cross-Sectional Dependence in Non-Stationary Panel Models: A Novel Estimator. MPRA Paper No. 17870.
- Fang, Z., Huang, B. & Yang, Z. (2018). Trade Openness and the Environmental Kuznets Curve: Evidence from Chinese Cities. *ADB Working Paper*, 1-29.
- Frodyma, K., Papie, M. & Smiech, S. (2022). Revisiting The Environmental Kuznets Curve in The European Union Countries. *Energy*, 241, 122899.
- Gengenbach, C., Urbain, J-P. & Westerlund, J. (2016). Error Correction Testing in Panels with Common Stochastic Trends. *Journal of Applied Econometrics*, 31(6), 982-1004.
- Global Footprint Network. (2021). Ecological Footprint vs Biocapacity (gha per person). <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/> (Erişim Tarihi: 05.05.2021)
- Grossman, G. & Kreuger, A. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *NBER Working Paper*, No. 3914, Erişim Tarihi: 24.05.2021. <http://www.nber.org/papers/w3914.pdf>.
- Grossman, G. & Kreuger, A. (1995). Economic Growth and The Environment. *The Quarterly of Journal Economics*, 110(2), 353-377.
- Hasan, M. B., Wieloch, J., Ali, M. A., Zikovic, S. & Uddin, G. S. (2023). A New Answer to the Old Question of The Environmental Kuznets Curve (EKC). Does it Work for BRICS Countries?. *Resources Policy*, 87B, 104332.
- Hervieux, M. S. & Darne, O. (2015). Environmental Kuznets Curve and Ecological Footprint: A Time Series Analysis. *Economics Bulletin*, 35, 814-826.
- Holtz-Eakin, D. & Selden, T. M. (1995). Stoking the Fires? CO<sub>2</sub> Emissions and Economic Growth. *Journal of Public Economics*, 57, 85-101.
- International Monetary Fund. (2024). Financial Development Index. <https://data.imf.org/> (Erişim Tarihi: 05.05.2021)
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *American Economic Review*, 45, 1-28.
- Lau, L. S., Choong, C. K., Ng, C. F., Liew, F. M. & Ching, S. L. (2018). Is Nuclear Energy Clean? Revisit of Environmental Kuznets Curve Hypothesis in OECD Countries. *Economic Modelling*, 9, 1-9.

- Lin, D., Hanscom, L., Murthy, A., Galli, A., Evans, M., Neill, E., Mancini, M. S., Martindill, J., Medouar, F. Z., Huang, S. & Wackernagel, M. (2018). Ecological Footprint Accounting for Countries: Updates and Results of the National Footprint Accounts, 2012–2018. *Resources*, 2018, 7, 58, 1-22.
- Munasinghe, M. (1999). Is Environmental Degradation an Inevitable Consequence of Economic Growth: Tunneling Through the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 29(1), 89-109.
- Nişancı, M., Aydemir, A. F. & Emsen, Ö. S. (2017). Kuznets Eğrisi ile Ekonomik ve Siyasal Liberalizasyon Uygulamaları Arasındaki İlişkiler. *The Relationships between Economic and Political Liberalization and the Kuznets Curve, International Congerence On Eurasian Economies 2017*, 147-154.
- Omojolaibi, J. & Nathaniel, S. (2020). Assessing the Potency of Environmental Regulation in Maintaining Environmental Sustainability in MENA Countries: An Advanced Panel Data Estimation. *Journal of Public Affairs*, e2526, 1-10.
- Ozturk, I., Al-mulali, U. & Saboori, B. (2016). Investigating the Environmental Kuznets Curve Hypothesis: The Role of Tourism and Ecological Footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 1916-1928.
- Panayotou, T. (1993). Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development. *ILO Technology and Employment Programme Working Paper*, WP238.
- Panayotou, T. (2000). Economic Growth and the Environment. CID Working Papers 56, *Center for International Development at Harvard University*, 1-114.
- Pesaran, M. H. (2004). General Diagnostic Tests For Cross Section Dependence in Panels. *Cesifo Working Paper Series*, 1229, Cambridge.
- Pesaran, M. H. (2006). Estimation And Inference in Large Heterogenous Panels With A Multifactor Error Structure. *Econometrica*, 74(4), 967-1012.
- Pesaran, M. H. (2007). A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312.
- Pesaran, M. H. & Yamagata, T. (2008). Testing Slope Homogeneity in Large Panels. *Journal Of Econometrics*, 142(1), 50-93.
- Pesaran, M. H., Ullah, A., & Yamagata, T. (2008). A Bias-Adjusted LM Test Of Error Cross-Section Independence. *Econometrics Journal*, 11, 105-127.
- Pesaran, M. H., Smith, L. V. & Yamagata, T. (2013). Panel Unit Root Test in The Presence of A Multifactor Error Structure. *Journal of Econometrics*, 175, 94-115.
- Rees, W. E. (1992). Ecological Footprints and Appropriated Carrying Capacity: What Urban Economics Leaves Out. *Environment and Urbanization*, 4, 121-130.
- Rees, W. E. (1997). Is 'Sustainable City' an Oxymoron?. *Local Environment*, 2(3), 303-310.
- Reese, S. & Westerlund, J. (2016). Panicca: Panic on Cross-Section Averages. *Journal of Applied Econometrics*, 31(6), 961-981.
- Richmond, A. K. & Kaufmann, R. K. (2006). Is There a Turning Point in the Relationship Between Income and Energy Use and/or Carbon Emissions?. *Ecological Economics*, 56, 176-189.
- Roberts, J. T. & Grimes, P. E. (1997). Carbon Intensity and Economic Development 1962-1991: A Brief Exploration of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 25(2), 191-198.
- Sapkota, P. & Bastola, U. (2017). Foreign Direct Investment, Income, and Environmental Pollution in Developing Countries: Panel Data Analysis of Latin America. *Energy Economics*, 64, 206-212.
- Sarafidis, V. & Wansbeek, T. (2012). Cross-Sectional Dependence in Panel Data Analysis. *Econometric Reviews*, 31(5), 483-531.
- Sarkodie, S. A. & Strezov, V. (2018). Empirical Study of the Environmental Kuznets Curve and Environmental Sustainability Curve Hypothesis for Australia, China, Ghana And USA. *Journal of Cleaner Production*, 201, 98-110.
- Sarkodie, S. A. & Ozturk, I. (2020). Investigating the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Kenya: A Multivariate Analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 117, 109481.
- Selden, T. M. & Song, D. (1994). Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?. *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), 147-162.
- Simmons, C. & Chambers, N. (1998). Footprinting UK Households: How Big is Your Ecological Garden?. *Local Environment*, 3(3), 355-362.
- Simmons, C., Lewis, K. & Barrett, J. (2000). Two Feet- Two Approaches: A Component-Based Model of Ecological Footprinting. *Ecological Economics*, 32(3), 375-380.
- Shafik, N. & Bandyopadhyay, S. (1992). Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence. *Background Paper for World Development Report 1992*, The World Bank, Washington, D.C.
- Stern, D. I. & Common, M. S. (2001). Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur? *Journal of Environmental Economics and Environmental Management*, 41, 162-178.

- Nazlıoğlu, Ş. (2010). Makro İktisat Politikalarının Tarım Sektörü Üzerindeki Etkileri: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Bir Karşılaştırma, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.
- Tamazian, A. & Rao, B. B. (2010). Do Economic, Financial and Institutional Developments Matter for Environmental Degradation? Evidence From Transitional Economies. *Energy Economics*, 32(1), 137-145.
- Tatoğlu, F. (2020). Panel Zaman Serileri Analizi, (3. baskı), Beta Yayınevi, İstanbul.
- Torras, M. & Boyce, J. K. (1998). Income, Inequality, and Pollution: A Reassessment of the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25(2), 147-160.
- Tosunoğlu, B. T. (2014). Sürdürülebilir Küresel Refah Göstergesi Olarak Ekolojik Ayak İzi. *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 3(5), 154-171.
- Ulucak, R. & Bilgili, F. (2018). A reinvestigation of EKC Model By Ecological Footprint Measurement for High, Middle- and Low-Income Countries. *Journal of Cleaner Production*, 188, 144-157.
- Wackernagel, M. & Rees, W. E. (1996). Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. *New Society Publishers*, Gabriola Island, BC, Canada.
- Wang, K. M. (2012). Modelling the Nonlinear Relationship Between CO<sub>2</sub> Emissions From Oil and Economic Growth. *Economic Modelling*, 29, 1537-1547.
- Wang, Y., Kang, L., Wu, X. & Xiao, Y. (2013). Estimating the Environmental Kuznets Curve for Ecological Footprint at the Global Level: A Spatial Econometric Approach. *Ecological Indicators*, 34, 15-21.
- Wiedmann, T. & Lenzen, M. (2007). On the Conversion Between Local and Global Hectares in Ecological Footprint Analysis. *Ecological Economics*, 60, 673-677.
- World Bank. (2021). GDP per capita (constant 2010 US\$). <https://data.worldbank.org/indicator/> (Erişim Tarihi: 05.05.2021)
- World Bank. (2021). Energy use (kg of oil equivalent per capita). <https://data.worldbank.org/indicator/> (Erişim Tarihi: 05.05.2021)
- WWF. (2012). Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi Raporu, Ofset Yapımevi. <https://www.footprintnetwork.org/resources/data/> (Erişim Tarihi: 21.10.2021)
- Xu, P., Hussain, M., Ye, C., Wang, J., Wang, C., Geng, J., Yiding, L. & Jingwei, C.(2022). Natural Resources, Economic Policies, Energy Structure, and Ecological Footprints' Nexus in Emerging Seven Countries. *Resources Policy*, 77, 102747.
- Yandle, B., Vijayaraghavan, M. & Bhattarai, M. (2002). The Environmental Kuznets Curve. *PERC Research Study*, 02-1, 1-24.
- Yılancı, V. & Pata, U. K. (2020). Convergence of Per Capita Ecological Footprint Among the ASEAN-5 Countries: Evidence from A Non-Linear Panel Unit Root Test. *Ecological Indicators*, 113, 106178.