

Batı Avrupa Ülkelerinde Doğrudan Yabancı Yatırımların Ekolojik Ayak İzi Üzerindeki Etkisi: Panel Veri Analizi *

The Impact of Foreign Direct Investment on Ecological Footprint in Western European Countries: Panel Data Analysis

ÖZET

Doğrudan yabancı yatırımlar, ev sahibi ülkeler için iktisadi büyümede önemli bir sermaye kaynağı iken çevresel etki boyutunda da iki farklı şekilde ele alınmaktadır. Bunlardan ilki, çevresel düzenlemelerin gevşek olduğu ülkelerde doğrudan yabancı yatırımlar yoluyla kirli endüstrilerin ev sahibi ülkede meydana getireceği çevresel bozulmaları bildiren Kirlilik Sığınağı hipotezidir. Diğer durum ise yine doğrudan yabancı yatırımların temiz üretim teknolojilerinin yayılımını ve çevre yanlısı uygulamalar ile çevresel kaliteyi artırıcı etkisini ifade eden Kirlilik Hale hipotezidir. Bu çalışmada Batı Avrupa ülkelerinde Kirlilik Hale hipotezinin geçerliliği, 2000-2022 yıl aralığı için panel veri analizi ile test edilmiştir. Analizde doğrudan yabancı yatırımlar, kirliliği temsilen ele alınan ekolojik ayak izini azaltma yönünde olumlu bir etkisinin olduğunu göstermektedir. Ancak bu etkinin sınırlı kaldığı görülmektedir. Bu sonuç, hâlihazırda Batı Avrupa ülkelerinde çevresel düzenlemeler sıkı olduğu için doğrudan yabancı yatırımların çevre kalitesini artırıcı etkisinin görece düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Söz konusu ülke grubunda çevre dostu üretime ve de yenilenebilir enerji teknolojilerine yatırım yapmak isteyen çok uluslu firmalar için finansal destek ve vergi indirimi sağlandığı takdirde yeşil doğrudan yabancı yatırımlar cazip bir noktaya geldiğinde, söz konusu etkinin artacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Doğrudan Yabancı Yatırımlar, Kirlilik Hale Hipotezi, Kuvvetli VIF, Panel Veri Analizi.

ABSTRACT

While foreign direct investment is an important source of capital for host countries in economic growth, it is also handled in two different ways in terms of its environmental impact. The first one is the Pollution Haven hypothesis, which reports the environmental degradation in the host country caused by dirty industries through foreign direct investment in countries with weak environmental regulations. The other case is the Pollution Halo hypothesis, which refers to the spillover effect of foreign direct investment on the diffusion of cleaner production technologies pro-environmental practices, and environmental quality. In this study, the validity of the Pollution Halo hypothesis in Western European countries is tested with panel data analysis for the period 2000-2022. The analysis shows that foreign direct investments have a positive impact on reducing the ecological footprint, which is taken as a representative of pollution. However, this effect appears to be limited. This result suggests that the impact of foreign direct investment on improving environmental quality is relatively low in Western European countries as they currently have strict environmental regulations. This effect is expected to increase when green foreign direct investments are made attractive by providing financial support and tax incentives for multinational firms that want to invest in environmentally friendly production and renewable energy technologies in this group of countries.

Keywords: Foreign Direct Investment, Pollution Halo Hypothesis, VIF Robust, Panel Data Analysis.

GİRİŞ

İnsanlık tarihi var olduğu günden bu yana yaşamış olduğu çevrede birçok problemle karşılaşmaktadır. Bu problemlerin kaynağı, bazen doğanın kendi döngüsel süreci ya da insanların sebep olduğu problemlerden meydana gelmektedir. 18. yüzyıl sonrası ortaya çıkan sanayileşme olgusu ve fosil yakıtların keşfi gibi nedenlerden dolayı gelişmiş ülkeler, ekonomik büyüme ve kalkınma, teknolojinin gelişmesi ve ulaşım sektörlerinin fazlaşması gibi konularda önde gelen ülke konumuna geçmişlerdir. Yaşanan bu gelişmeler ışığında ülkelerin üretim miktarları ve üretim sürecinin en büyük girdisi olan enerji talebi arttıkça yenilenebilir enerji yerine fosil yakıtlar kullanılmış, sera gazları atmosferde tehdit oluşturmaya başlamıştır. 1990 yılından itibaren çevresel sorunlar dikkat çeker hale

Kubra Göger¹
Okyay Uçan²

How to Cite This Article

Göger, K. & Uçan, O. (2025).
“Batı Avrupa Ülkelerinde
Doğrudan Yabancı Yatırımların
Ekolojik Ayak İzi Üzerindeki
Etkisi: Panel Veri Analizi”
International Social Sciences
Studies Journal, (e-ISSN:2587-
1587) Vol:11, Issue:3; pp:478-493.
DOI:
<https://doi.org/10.5281/zenodo.15062728>

Arrival: 19 January 2025
Published: 25 March 2025

Social Sciences Studies Journal is
licensed under a Creative
Commons Attribution-
NonCommercial 4.0 International
License.

* Bu çalışma Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünde, Prof. Dr. Okyay UÇAN danışmanlığında yürütülen doktora tezinden türetilmiştir.

¹ Doktora Öğrencisi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Niğde, Türkiye, ORCID ID: 0000-0002-5096-9106

² Prof. Dr., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Niğde, Türkiye, ORCID ID: 0000-0001-5221-4682

gelmiş, iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi sorunlar geniş kitlelerce önlem alınması gereken bir durum olmuştur. Son yıllarda uluslararası ticaretin hacmi çok hızlı bir şekilde yükselmiştir. Uluslararası ticaret, ekonomik kalkınma için önemli etkenlerden biri olmasına rağmen çevresel problemlerin de ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu doğrultuda ekolojik ayak izi kavramı önem kazanmaktadır. Ekolojik ayak izi, tüketim ve biyolojik kapasitenin optimal dengede olması için niceliksel bir araç olarak tanımlanmaktadır. Ekolojik ayak izi, çevre kirliliğinin en kapsamlı göstergesi olarak kullanılmaktadır. Karbon emisyonu ile kıyaslandığında ekolojik ayak izinin daha ayrıntılı şekilde betimlenmesi, ekolojik ayak izinin altı adet alt bileşeninin olmasından kaynaklanmaktadır. Alt bileşenler, karbon, orman ürünleri, tarım, otlak, balıkçılık ve yapılaşma alanlarıdır. Ayrıca çevre kirliliği ile ilgili çalışmalarda ekolojik ayak izinin tercih edilmesindeki bir başka nokta ise kolay hesaplanabilir olmasıdır. Ekolojik ayak izi, bireylerin doğal kaynaklara olan talebin bileşik göstergesi olarak çevre üzerindeki insan merkezli baskıyı temsil eder ve dünyanın yenilenme kapasitesi ile ilişkilendirilmiş bir metrik olarak tanımlanabilir. Bu sebeple, çevresel kalitenin bozulması olarak ekolojik ayak izi gösterge olarak kullanılmaktadır.

Sanayileşme olgusundan sonra ülkeler arasındaki dış ticaret faaliyetleri artmakta ve ürün çeşitliliğiyle birlikte üretim faktörlerinin de değiştiği görülmektedir. Sanayileşme sürecinin tamamlanmış gelişmiş ülkeler çevre kirliliğine engel olabilmek için katı çevre politikalarını benimsemişlerdir. Bununla birlikte firmalar, üretimde çevre dostu olan ara malı kullanarak, atık yönetimine ve filtre kullanımına özen göstererek birçok alanda düzenlemeler yapmışlardır. Aynı zamanda bu düzenlemeler, üretim maliyetlerinin artmasına da sebep olmuştur. Bundan dolayı gelişmiş ülkeler, kirliliğe sebep olan üretimleri, kendi ülkelerinden daha az gelişmiş ülkelere kaydırmaktadır. Söz konusu gelişmiş ülkeye göre daha az gelişmişlik seviyesine sahip olan ülkeler ise dışarıdan ülkeye gelen yabancı yatırımların ülkelerinde oluşturduğu yeni istihdam olanakları, katma değeri, iş turizmini, teknolojik gelişmeleri olumlu yönde etkilediğinden daha düşük çevre standartları uygulayıp, gelişmiş ülkenin kirli endüstrilerini kabul etmektedir.

Global alanda kirliliğe sebep olan endüstrilerin taşınmasından dolayı literatürde iki farklı hipotez yer almaktadır. Bunlardan birincisi, kirlilik sığınağı hipotezi iken ikincisi ise kirlilik hale hipotezidir. Gelişmiş ülkelerin katı çevre politikaları sebebiyle esnek çevre politikalarını benimsemiş kendinden daha az gelişmiş olan ülkelere taşıdığı kirli endüstrilerin söz konusu olan ülkede kirliliği artırmasıyla meydana gelen duruma kirlilik sığınağı hipotezi adı verilmektedir. Bunun tersi durumda göreceli olarak daha çok gelişmiş olan ülkelerin, ileri düzey teknolojilerinin yatırımlarını yapacakları oldukları ülkeye taşınmasıyla bölge kalkınmış ve kirlilik seviyesi de azalmış ise bu durumda da kirlilik hale hipotezi geçerli olmaktadır.

Teorik yaklaşımlar ışığında, doğrudan yabancı yatırımların, çevre kirliliği üzerine olan etkisi Batı Avrupa ülkeleri için incelenmektedir. Bilindiği kadarıyla, Batı Avrupa ülkeleri için, 2000-2022 yılları arasında ekolojik ayak izi, doğrudan yabancı yatırımlar, enerji tüketimi ve yeşil büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmanın daha olmadığı ve ekonometrik kısımda yer alan çoklu doğrusal bağlantının tespitine farklı bir bakış açısının sunulması, bu çalışmanın motivasyonunu oluşturmaktadır. Çalışmanın ilk bölümünde çevresel kirlilik göstergesi olarak ekolojik ayak izi ve söz konusu hipotezler hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümünde analiz sonucuna bağlı olarak elde edilen hipotez hakkında açıklama yapılmıştır. Üçüncü bölümde literatür özeti sunulmuş ve dördüncü bölümde ampirik analiz için kullanılan model, veri seti ve bulgulara yer verilmiştir. Sonuç kısmında ise elde edilen ampirik bulgular neticesinde genel yargılar ve politika önerileri sunulmuştur.

KİRLİLİK HALE HİPOTEZİ

Gelişmiş ülkelerde var olan katı çevre uygulamaları ve çevre standartlarının yüksek olmasının yanı sıra üretim maliyetleri de yüksek olduğundan firmalar, çevre standartlarının yüksek olmadığı, esnek çevre politikaları yürüten, üretim maliyetlerinin düşük olduğu ülkelere üretim kaynaklarını aktarmaktadırlar. Bu durum karşısında gelişmiş ülkeye göre gelişmişlik düzeyi daha düşük olan ülke kirlilik sığınağına dönüşebileceği gibi doğrudan yabancı yatırımlar arttıkça teknoloji transferi ve yönetim organizasyonunda bilgi ve beceri oluşturacağı için temiz bir çevrenin sürdürülebilirliğini de sağlayabilmektedir (Zarsky, 1999: 2). Bu hipotez, doğrudan yabancı yatırımların söz konusu gelişmişlik seviyesi düşük olan ülkenin kalkınmasına katkıda bulunacağını ileri sürmektedir. Bunun yanı sıra ileri teknolojinin yer edinmesinde, yönetim becerilerinin gelişmesinde, üretim tekniklerinde inovasyonların yaşanmasında da etkili olduğu düşünülmektedir (Kızılkaya vd., 2016: 261).

Zarsky (1999), yaptığı çalışmada, söz konusu ülkeler için doğrudan yabancı yatırımların çevreyi pozitif yönde etkilemesinin iki nedene bağlı olduğunu vurgulamıştır. Birincisi, çevre kirliliğindeki azalmanın nedeni firma dışı bir itici faktör olabilmektedir. Örneğin, gelişmiş ülkedeki bazı firmaların gelişmekte olan firmalardan daha temiz teknolojiyi kullanmasından dolayı çevre kirliliği üretimin kaydırıldığı ülkede de azalabilmektedir. İkinci faktör ise yabancı firmalar, yerli firmalara göre daha gelişmiş yönetim becerilerine sahip olduğu için temiz üretim gerçekleştirebilmektedir. Kirlilik sığınağı ve kirlilik hale hipotezleri bu yüzden taban tabana zıtlık içermektedir.

Kirlilik hale hipotezinin geçerli olabilmesi için doğrudan yabancı yatırımların taşındığı ülkede temiz üretim gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir.

Kirlilik hale hipotezinde, uluslararası ticaret vasıtasıyla çevre kirliliğine duyarlı teknolojilerin ev sahibi ülkeye taşınmasına sebep olduğundan çevre kirliliğini azaltıcı etkisinin olduğu savunulmaktadır (Aller vd., 2015: 57). Doğrudan yabancı yatırımların bir ülkeye girmesi o ülkeye sadece sermaye girişi olduğu yönünde nitelendirilmemeli, yabancı yatırımlarla yerli firmalara gelişmiş teknolojilerin tanıtılmasıyla küresel alanda rekabet fırsatı da yarattığı belirtilmelidir (Görg ve Strobl, 2004: 137). Özetle, doğrudan yabancı yatırım yapan firmalar, uyguladıkları yeşil teknoloji yöntemi ile üretimlerini taşıdıkları ülkede de çevre bilincinin oluşmasına katkı sağlayacaklardır.

LİTERATÜR ÖZETİ

1950 yıllarında gelişmekte olan ülkelerin sanayileşme sürecine girmesinde gelişmiş ülkelerin payının oldukça fazla olduğu görülmektedir. Gelişmiş ülkelerin, üretim maliyetlerini düşürme istekleri ve kirli endüstrilerini görece daha az gelişmiş ülkelere kaydırmaları ile gelişmekte olan ülkeler de sanayileşme süreci hızlanmıştır. Üretim faaliyetlerini başka ülkelere kaydıran gelişmiş ülkeler genellikle coğrafi konum açısından yakın olan ülkeleri tercih etmektedir. Bu sayede taşıma maliyetlerini azaltma amacı gerçekleştirilmiş olacaktır. Üretim yeri için ülke belirleyen gelişmiş ülkeler, üretim maliyeti minimizasyonunun yanında söz konusu ülkedeki vasıflı işçi seçimine de önem vermektedir. Bu noktada ortaya çıkan iki hipotez, doğrudan yabancı yatırımların taşınan ülkede fayda sağlayıp sağlamadığı konusunda görüş ayrılığı içerisinde savunulmaktadır. Bu sebeple, doğrudan yabancı yatırımlarının çevresel kalite üzerindeki etkisi araştırma konusu olmuştur.

Tablo 1: Literatür Taraması

Yazar	Ülke Sayısı Dönem	Yöntem	Değişkenler	Sonuç
Gökalp ve Yıldırım (2004)	Türkiye (1989-2001)	Regresyon Analizi	Sülfür dioksit, doğrudan yabancı yatırımlar	Doğrudan yabancı yatırımların payı arttıkça ülkede sülfür dioksit emisyonunun azaldığı sonucuna ulaşılmıştır.
Dinda (2006)	OECD Ülkeleri (1965-1990)	Rassal Etkiler Modeli	Karbon emisyonu, doğrudan yabancı yatırımlar	Yapılan analiz sonucuna göre söz konusu ülke grubu için doğrudan yabancı yatırımların karbon emisyonunu azalttığı elde edilmiştir.
Liang (2006)	Çin (1996-2002)	Zaman Serisi Analizi	Doğrudan yabancı yatırımlar, hava kirliliği	Değişkenler arasında negatif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Doğrudan yabancı yatırımlar arttıkça çevreye fayda sağlamaktadır.
Kirkulak vd. (2011)	Çin (2001-2007)	Zaman Serisi Analizi	Doğrudan yabancı yatırımlar, hava kirliliği	Bu çalışmada doğrudan yabancı yatırımların hava kalitesini artırdığı tespit edilmiştir.
Hao ve Liu (2014)	Çin (1995-2011)	Sabit Etkiler Analizi, GMM Modeli	Kişi başına düşen karbon emisyonu ve kişi başına düşen doğrudan yabancı yatırımlar	Çin için o dönem aralığı temel alındığında doğrudan yabancı yatırımların karbon emisyonunu azalttığı bulunmuştur.
Şahinöz and Fotourehchi (2014)	Türkiye (1974-2011)	Zaman Serisi Analizi	Doğrudan yabancı yatırımlar, karbon emisyonu	Analiz sonucuna göre Türkiye için kirlilik sığınağı hipotezinin geçerli olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır.
Yıldırım (2014)	İzlanda Panama ve Zambia (1980-2009)	Panel Nedensellik Çapraz Korelasyon Analizi	Kişi başına enerji kullanımı, içe dönük doğrudan yabancı yatırımlar ve CO ₂	Doğrudan yabancı yatırımların karbon emisyonunu azalttığı elde edilmiştir.
Zeren (2015)	Fransa, ABD, İngiltere, Kanada (1970-2010)	Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Test Yöntemleri	Doğrudan yabancı yatırımlar, karbon emisyonu	Çalışmanın sonucunda Fransa, ABD ve İngiltere için kirlilik hale hipotezinin, Kanada için ise kirlilik sığınağı hipotezinin geçerli olduğu elde edilmiştir.
Zhu vd., (2016)	ASEAN-5 Ülkeleri (1981-2001)	Panel Kantil Regresyon Metodu	Doğrudan yabancı yatırımlar, ticari açıklık, karbon emisyonları	Yapılan analiz sonucunda bu ülke grubunda için ticari açıklığın karbondioksit emisyonlarını azalttığı bilgisi elde edilmiştir.
Yıldırım vd., (2017)	Türkiye (1974-2013)	ARDL, VECM Granger Nedensellik	Kişi başına karbon salınımı, kişi başı reel gayri safi milli hâsıla, kişi başına enerji tüketimi, kişi başı doğrudan yabancı yatırımlar	ARDL sonucuna göre reel milli hâsıla ve enerji tüketimi çevre kirliliğine neden olmaktadır. Bunun yanı sıra doğrudan yabancı yatırımların belli bir düzeye kadar kirliliği artırıp daha sonra azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.
Akar (2018)	27 OECD Ülkesi (2002-2012)	Panel Veri Analizi	Çevresel performans endeksi, doğrudan yabancı yatırımlar, çevresel politikaların sıklığı endeksi	Yapılan uygulamanın sonucuna göre kirlilik sığınağı hipotezinin geçerli olmadığı sonucu elde edilmiştir.
Murthy and Gambhir	Hindistan (1991-2014)	Zaman Serisi Analizi	Büyüme, doğrudan yabancı yatırımlar, karbon emisyonu	Analiz sonucuna göre Hindistan'da hem Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezinin hem de

(2018)				kirlilik sığınağı hipotezinin geçerli olduğu vurgulanmıştır.
Destek ve Okumus (2019)	Yeni Sanayileşmiş 10 Ülke (1982-2013)	Panel Veri Analizi	Ekolojik ayak izi, enerji kullanımı, doğrudan yabancı yatırımlar	Ampirik bulgulara bakıldığında enerji tüketimi ekolojik ayak izini artırmış ve doğrudan yabancı yatırımlar ve ekolojik ayak izi arasında ters-U ilişkisi saptanmıştır.
Ali vd., (2020)	İslam İşbirliği Teşkilatı Ülkeleri (1991-2016)	DCCE yaklaşımı	Ticari açıklık, doğrudan yabancı yatırımlar ve çevre kalitesi	Yapılan analiz sonucuna göre ticari açıklık ve doğrudan yabancı yatırımlar, ekolojik ayak iziyle pozitif yönde ilişki içerisindedir.
Salenia vd., (2020)	MENA Bölgesindeki 14 Ülke (2004-2016)	Panel Kantil Regresyon Analizi	Doğrudan yabancı yatırımlar, enerji tüketimi, ticari açıklık ve karbon emisyonu	Analiz sonucuna göre ticari açıklığın karbon emisyonunu pozitif etkilediği elde edilmiştir. Doğrudan yabancı yatırımların ise karbon emisyonunu azalttığı bulgusuna ulaşılmıştır. Kirlilik sığınağı hipotezi geçersizdir.
Musah vd., (2022)	G-20 Ülkeleri (1992-2018)	Panel Veri Analizi	Enerji tüketimi, doğrudan yabancı yatırımlar, karbon emisyonu	Analiz sonucunda doğrudan yabancı yatırımların ve enerji tüketiminin karbon emisyonlarını artırdığı sonucu elde edilmiştir.
Usman vd., (2022)	Pakistan (1990-2017)	Zaman Serisi Analizi	Yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemeyen enerji tüketimi, karbon emisyonu, ticari açıklık	Analiz sonucuna göre yenilenemeyen enerji tüketiminin ve ticari açıklığın çevre üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğu saptanmıştır.
Naqvi vd., (2023)	87 Orta Gelirli Ülke (1990-2017)	Amg, Dumitrescu-Hurlin Causality	Doğrudan yabancı yatırım, ekonomik büyüme, doğal kaynaklar, kentleşme, biyokütle enerji kullanımı, ekolojik ayak izi	Doğrudan yabancı yatırımlarda meydana gelen artış, orta gelirli ülkelerde ekolojik ayak izini artırmaktadır. Kirlilik sığınağı hipotezi desteklenmektedir.
Abbasi vd., (2023)	Seçili Asya Ülkeleri (1985-2020)	Panel Veri Analizi	Karbon dioksit emisyonu, doğrudan yabancı yatırım girişi, doğrudan yabancı yatırımların karesi, ekonomik büyüme, ekonomik büyümenin karesi, turizm, kentleşme, enerji tüketimi	Kentleşme, kişi başına düşen gayrisafi yurtiçi hâsıla, enerji tüketimi ve doğrudan yabancı yatırım girişi karbon dioksit emisyonunu pozitif, gayri safi yurtiçi hâsıla karesi, turizm ve doğrudan yabancı yatırım karesi ise negatif yönde etkilediği görülmüştür.
Saqib vd., (2023)	16 Avrupa Ülkesi (1990-2020)	AMG, Dumitrescu and Hurlin Panel Causality	Doğrudan yabancı yatırımlar, ekolojik ayak izi, GDP, GDP'nin karesi, yenilenebilir enerji, enerji yapısı	Doğrudan yabancı yatırım ve ekolojik ayak izi arasında negatif korelasyonlu bir ilişki çıkmıştır. Bu durum kirlilik hale hipotezini destekler niteliktedir.
Barış (2024)	Yüksek Doğrudan Yabancı Yatırım Alan 19 Ülke (1990-2021)	Panel ARDL, PMG	Ekolojik ayak izi, doğrudan yabancı yatırımlar, yenilenebilir enerji, ekonomik büyüme	Doğrudan yabancı yatırımlar, ekolojik ayak izini pozitif yönde etkilediği bulunmuştur. Ayrıca modele kontrol değişken olarak eklenen ekonomik büyüme, ekolojik ayak izini artırırken, yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izini azalttığı bulunmuştur.
Padhan and Bhat (2024)	Gelişmekte Olan 46 Ülke (2010-2020)	GMM	Ekolojik ayak izi, tüketime dayalı karbon emisyonu, üretime dayalı karbon emisyonu, ekonomik büyüme, ithalat, yenilenebilir enerji tüketimi, sanayileşme	Analiz sonucunda doğrudan yabancı yatırımların çevresel bozulmayı temsilen ele alınan ekolojik ayak izi ile tüketime ve üretime dayalı karbon emisyonunu azalttığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca ekonomik büyüme, ithalat ve sanayileşme ekolojik ayak izini artırırken, yenilenebilir enerji tüketimi azaltmaktadır.
Çelik ve Ünlü (2024)	MINT Ülkeleri (1960-2021)	OLS, FMOLS	Kişi başı karbon dioksit salınımı, ticaret	Ülke ekonomilerinin dışa açılma oranını ifade eden ticaret yoğunluğunda meydana gelen artış çevre kirliliğini artırıcı yönde etki gösterdiği bulunmuştur. Kirlilik sığınağı hipotezi geçerlidir.

VERİ SETİ VE MODEL

Çalışma kirlilik hale hipotezinin tespitini, ekolojik ayak izi ve doğrudan yabancı yatırımları kullanarak açıklamayı hedeflemektedir. Ülke grubu olarak Batı Avrupa ülkeleri³ tercih edilmiştir. Batı Avrupa ülkeleri çoğunca gelişmiş çevre politikalarına sahip olmakla birlikte katı emisyon düzenlemeleri ile ön planda olan bir ülke grubudur. Bu nedenle çok uluslu firmaların çevre dostu temiz yatırımlarına teşvik olabilmektedirler. Ayrıca söz konusu ülkelerde çevre bilinci yüksek ve çevre ile alakalı inovasyonlar oldukça yaygın seyretmektedir. Çalışmada verilerin bulunabilirliği dikkate alındığında panelde yer alan ülke grubunun tamamı analize dâhil edilememiştir.

³ Belçika, Almanya, Fransa Hollanda, Avusturya ve İsviçre.

Kirlilik hale hipotezini test ederken literatürden de anlaşılacağı üzere genellikle CO₂ emisyonu tercih edilmektedir. CO₂ emisyonları sera gazı ve hava kirliliği gibi etkileri temsil etmektedir. Ekolojik ayak izi ise biyolojik kapasite, karbon ayak izi, su tüketimi ve arazi kullanımı gibi daha geniş bir çevresel gösterge simgesidir. Doğrudan yabancı yatırımların tarım ve biyolojik çeşitlilik gibi etkileri de göz önüne alındığında çalışmada çevre kirliliğini temsilen bağımlı değişken olarak ekolojik ayak izi seçilmiştir. Global Footprint Network veri tabanından alınmıştır. Söz konusu bağımlı değişken yapıları, karbon, tarım arazisi, balık tutma alanları, orman ürünleri ve otlak alanının toplamından oluşmaktadır. Kirlilik hale hipotezini test etmek için bağımsız değişken olarak doğrudan yabancı yatırım net girişler ele alınmıştır. World Bank veri tabanından elde edilmiştir. Doğrudan yabancı yatırımların ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini azaltacağı düşünüldüğü için enerji inovasyonu modele eklenmiştir. Gösterge olarak enerji teknolojisi patentleri içerisinde yer alan temiz enerji patentleri ele alınmıştır. Söz konusu seriye The International Energy Agency veri tabanından ulaşılmıştır. Ayrıca ekolojik ayak izini etkileyeceği düşünülen enerji tüketimi ve yeşil büyüme serileri de modele bağımsız değişken olarak dâhil edilmiştir. Enerji tüketimi olarak nihai enerji tüketimi içerisinde yer alan petrol ürün kaynağı tüketimi dikkate alınmıştır. Benzer şekilde enerji tüketimi içinde The International Energy Agency veri tabanı kullanılmıştır. Son olarak yeşil büyümeyi temsilen yenilenebilir elektrik üretimi OECD veri tabanından alınıp analiz gerçekleştirilmiştir. Serilere ait açıklamaların yer aldığı tablo ile fonksiyonel ve ekonometrik model aşağıda verilmiştir.

Tablo 2: Verilerin Tanıtılması ve Model

Değişkenler	Açıklama	Kaynak
LNFP	Ekolojik Ayak İzi (Yapılı Arazi, Karbon, Tarım Arazisi, Balık Tutma Alanları, Orman Ürünleri ve Otlak Alanı Endekslerinin Toplamı) "Kişi Başına Düşen Küresel Hektar"	Global Footprint Network
FDI	Doğrudan Yabancı Yatırımlar (Net Girişler) "GSYH'a oranı"	World Bank
LNEI	Enerji İnovasyonu (Temiz Enerji Patentleri ⁴)	IEA
LNEC	Enerji Tüketimi (Petrol Ürünleri Kaynağından tüketilen Toplam Nihai Enerji) "TJ"	IEA
LNGG	Yeşil Büyüme (Yenilenebilir Elektrik Üretimi) "Elektrik Üretiminin Yüzdesi"	OECD
<i>Fonksiyonel Model</i>		
$LNFP = f(FDI, LNEI, LNEC, LNGG)$		
<i>Ekonometrik Model</i>		
$LNFP_{it} = \beta_0 + \beta_1 FDI_{it} + \beta_2 LNEI_{it} + \beta_3 LNEC_{it} + \beta_4 LNGG_{it} + \varepsilon_{it}$		

Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir.

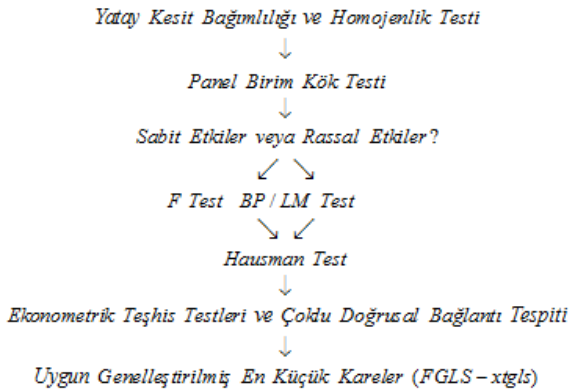
Analizde 2000-2022 yıl aralığı temel alınmıştır. Yine yılların belirlenmesinde verilerin bulunabilirliğine dikkat edilmiştir. Yıllık veriler ile çalışılmış, verilerin analizinde Eviews, Stata ve Gauss ekonometrik paket programlarından yararlanılmıştır. Bu çalışmada kirlilik hale hipotezi test edilirken model aşamasında Padhan and Bhat (2024) yaklaşımı, doğrudan yabancı yatırımlar ve ekolojik ayak izi kullanılarak referans alınmıştır, fakat modelde yer alan diğer bağımsız değişkenler farklılık göstermektedir. Tablo 2 de yer alan modelde β_0 , sabit terimi ifade ederken "i" alt indisi ele alınan altı Batı Avrupa ülkelerini ve "t" alt indisi de yirmi üç yılı temsil etmektedir. "u" ise hata terimini belirtmektedir. Ayrıca serilerin önünde yer alan "LN" serilerin logaritmik dönüşümünü bildirmektedir. Modelde yer alan FDI serisinin serinin eksi değerlere sahip olmasından dolayı logaritması alınmamıştır.

EKONOMETRİK YÖNTEM VE BULGULAR

Batı Avrupa ülkelerinde kirlilik hale hipotezini test etmek amacıyla ele alınan çalışmada gözlem sayısı kesit sayısından büyük olmakla birlikte (T>N) panel zaman serisi analizi kullanılmıştır. Panel zaman serisi analizi, panel veri analizinin özel bir türüdür ve zaman boyutuna daha fazla dikkat çekmektedir. Serilerin durağanlığı gibi metodolojiler söz konusu analizde oldukça önemlidir. Analizde modelin heterojenliğine bakılmış ve beraberinde seriler arasında yatay kesit bağımlılığının varlığı incelenmiştir. Elde edilen sonuca göre ikinci nesil panel birim kök testi uygulanmıştır. Çıkan bulgular dâhilinde kısa dönemli klasik panel veri modelleri test edilmiştir. Testler sonucunda karar kılınan modeli direkt olarak yorumlamadan önce modelin ekonometrik sorunları içerip

⁴ Tarımsal Enerji Verimliliği, Karbon Yakalama ve Depolama, Sanayi Enerji Verimliliği veya İkamesi, Yenilenebilir Enerji, Rüzgâr, Hava-Demir Yolu-Deniz, Enerji Verimliliği, Nükleer, Güneş, E-Mobilite, Biyoenerji, Şebeke, Diğer Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Depolama, Bina Enerji Verimliliği, Hidrojen ve Yakıt Hücreleri, Binalarda Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu, Araç Yakıt Verimliliği.

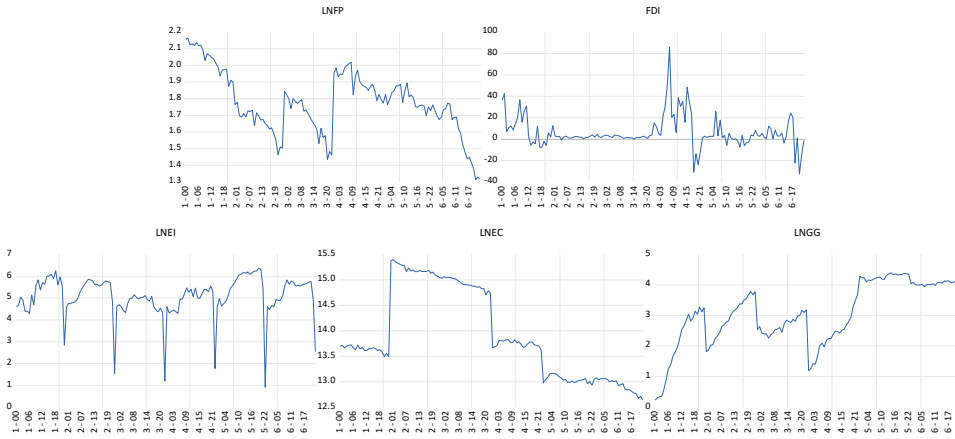
içermediğine bakılmıştır. Bu bilgiler dâhilinde uygun tahminci ile analiz raporlanmıştır. Metodolojik çerçeveyi gösteren akış şeması Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1: Metodolojik Akış Şeması

Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir.

Veri setinin yapısı test seçimlerinde önem taşımaktadır. Analizde seçim yaparken değişkenlerin sabitli veya trendli etkisini görmek adına serpilme diyagramları aşağıda verilmiştir.



Şekil 2: Serpilme Diyagramları

Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir.

Grafik sonuçlarına bakıldığında LNFP, LNEC ve LNGG serilerinin sıfırdan farklı bir başlangıç noktalarına sahip oldukları için intercept, yukarı ve aşağıda yönde devam eden bir eğilim gösterdikleri için de trend etkisi içerdikleri anlaşılmaktadır. FDI serisinde intercept özelliği olduğu, ancak yukarı ve aşağı ani düşüşler devamlı olmadığı için trend özelliğinin yer almadığı düşünülmektedir. Son olarak LNEI serisinde de intercept özelliği olduğu, fakat belirgin bir artış veya azalış eğiliminden ziyade sabit bir seviyede belirli dalgalanmaların olduğu görülmektedir. Bu nedenle değişkenin sadece intercept özelliği taşıdığı söylenebilmektedir.

Yatay Kesit Bağımlılığı ve Homojenlik Testi

Panel veri analizinde serilerin yansız ve tutarlı olması için ayrıca hesaplanan standart hataların doğru çıkması için analize başlamadan önce yatay kesit bağımlılığının varlığı kontrol edilmelidir. Yatay kesit bağımlılığı, birimler arasında korelasyon olma durumunu ifade etmektedir. Bu çalışmada birimler, ele alınan Batı Avrupa ülkelerini temsil etmektedir. Bu durumun tespiti için analizin (T:23; N:6) durumu da göz önüne alındığında Breusch ve Pagan (1980), Pesaran CD (2004) ve Pesaran vd. (2008) PUY testlerinden yararlanılmıştır. Burada Breusch ve Pagan (2008) tarafından geliştirilen LM testi, gözlem sayısının kesit sayısından fazla olduğu (T>N) durumlarda kullanılmaktadır. Bu duruma alternatif olarak Pesaran (2004) tarafından geliştirilen CD test hem kesit sayısının gözlem sayısından büyük (N>T) hem de gözlem sayısının kesit sayısından büyük (T>N) olduğu durumlarda kullanılabilir. Sırası ile LM, LM_{adj} ve CD test istatistikleri aşağıda verilmiştir.

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \quad (1)$$

$$LM_{adj} = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \frac{(T-k)\hat{\rho}_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{\sqrt{v_{Tij}^2}} \quad (2)$$

$$CD = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \rho_{ij}} \quad (3)$$

Yatay kesit bağımlılığından sonra panel birim kök testine gitmeden heterojenlik sınaması da yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada heterojenlik sınaması hem delta ve düzeltilmiş delta testi ile hem de Hsiao (1986) testi ile gerçekleştirilmiştir. Delta ve düzeltilmiş delta testinin denklem olarak gösterimine aşağıda sırasıyla değinilmiştir.

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1} \tilde{S} - k}{\sqrt{2K}} \right) \quad (4)$$

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1} \tilde{S} - E(\tilde{Z}_{it})}{\sqrt{VAR(\tilde{Z}_{it})}} \right) \quad (5)$$

Hsiao (1986) testi 2003 yılında Hsiao tarafından güncellenmiştir. Söz konusu test üç durumdan oluşmaktadır. H₁ durumunda sıfır hipotez katsayıların homojen olduğunu bildirirken alternatif hipotez ise heterojen olduğunu benzer durumun H₂ içinde geçerli olduğu bildirilmektedir (Ergün, 2024: 39). Tablo 3'te Batı Avrupa ülkelerine ait yatay kesit bağımlılığı ve heterojenlik sonuçlarına değinilmiştir.

Tablo 3: Yatay Kesit Bağımlılığı ve Homojenlik Test Sonucu

Yatay Kesit Bağımlılığı Testi								
	<i>Bireysel Sonuçlar</i>					<i>Grup Sonuçları</i>		
	LNFP	FDI	LNEI	LNEC	LNCG	LM	LM _{adj}	LM CD
Pesaran	-2,928	-2,025	-2,034	-2,571	-2,315			
CD(2004)	(0,002)***	(0,021)**	(0,021)**	(0,005)***	(0,010)**	80,87	26,04	8,798
LM _{adj}	7,110	5,099	2,513	35,180	11,858	(0,000)***	(0,000)***	(0,000)***
PUY(2008)	(0,000)***	(0,000)***	(0,006)***	(0,000)***	(0,000)***			
Homojenlik Testi								
	<i>Pesaran&Yamagata(2008) Delta</i>				<i>Hsiao(1986)</i>			
Delta	5,070 (0,000)***				H ₁	H ₂		H ₃
Delta _{adj}	5,897 (0,000)***				1167,237 (8,1E-120)***	82,05958 (6,63E-56)***		129,4334 (2,65E-48)***

Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir.

Not: (), olasılık değerlerini ifade etmektedir. *, %10, **, %5 ve ***, %1 hata payını bildirmektedir. Yatay kesit bağımlılığın için grup sonuçlarında yer alan LM; Breusch & Pagan (1980), LM_{adj}; Pesaran, Ullah & Yamagata (2008) bias-adjusted LM ve LM CD; Pesaran (2004) CD testlerini temsil etmektedir.

Tablo 3 sonuçlarına bakıldığında yatay kesit bağımlılığı için Pesaran CD (2004), LM_{adj} (2008) ve Breusch & Pagan LM (1980) testlerinin “yatay kesit bağımlılığı yoktur” şeklinde kurulan sıfır hipotezleri, hem grup olarak hem de her bir seri için reddedilmektedir. Dolayısıyla serilerin yatay kesit bağımlılığına sahip oldukları anlaşılmaktadır. Buradan ele alınan Batı Avrupa ülkelerinin birinde meydana gelen bir şokun panelde yer alan diğer ülkeleri de etkileyebileceği yorumu yapılabilmektedir.

Hsiao testinde H₁, H₂ ve H₃'ün sıfır hipotezleri homojenliği bildirmektedir. H₁ ve H₂'nin alternatif hipotezi heterojenliği ifade ederken H₃'ün alternatif hipotezi kısmi homojenliği gösterdiği yukarıda açıklanmış idi. Tablo sonucuna göre söz konusu test için her üç durumda da sıfır hipotezler güçlü bir şekilde reddedilmektedir. H₃'e göre kısmi homojen sonucu çıkmıştır. Ancak H₁ ve H₂ aynı sonucu verdiği için dolayı değişkenlerin heterojen olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca Pesaran & Yamagata (2008) testine göre hem Delta hem de Düzeltilmiş Delta “eğim katsayıları homojendir” şeklinde kurulan sıfır hipotezi reddetmektedir. Analizin devam eden sürecinde bu bilgiler dâhilinde uygulamalara yön verilmiştir.

Panel Birim Kök Testi

Yatay kesit bağımlılığı ve heterojenlik testleri ile değişkenler ve model sınıandıktan sonra elde edilen bulgulara göre birinci nesil veyahut ikinci nesil panel birim kök testleri uygulanmaktadır. Şayet yatay kesit bağımlılığı var ise ikinci nesil panel birim kök testlerine gidilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada yatay kesit bağımlılığı ve heterojenlik söz konusu olduğu için Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CADF (Cross Sectional Augmented Dickey Fuller) testinden yararlanılmıştır. Söz konusu test, ADF (Augmented Dickey Fuller) testinin yatay kesit ortalamalarının alınarak genişletilmiş halidir. Her bir kesit için ayrı ayrı durağanlığı sorgular ve panelin geneli için de bir sonuç ortaya çıkarmaktadır. Sıfır hipotezi veri setinde birim kök vardır, alternatif hipotez ise seri durağandır şeklinde kurulmuştur. Teste ait CADF denklemi ve CIPS istatistiği aşağıda sırası ile verilmiştir (Pesaran, 2007: 269-277).

$$\Delta y_{it} = a_i + b_i y_{i,t-1} + c_i \bar{y}_{i,t-1} + d_i \Delta \bar{y}_i + e_{it} \quad (6)$$

$$t_i(N, T) = \frac{\Delta y' i \bar{M}_w y_{i,-1}}{\hat{\sigma}(y'_{i,-1} \bar{M}_w y_{i,-1})^{1/2}} \quad (7)$$

$$CIPS(N, T) = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_i(N, T) \quad (8)$$

Test istatistiği ile çalışmaların uygunluğuna göre Pesaran'ın kritik tablolarına bakılıp kıyaslama yapılmaktadır. Beraberinde sıfır hipotezi hakkında karar verilip serinin birim kök içerip içermediği sonucuna varılmaktadır. Teste ait sonuçlar aşağıdaki tabloda raporlanmıştır.

Tablo 4: Panel Birim Kök Test Sonucu

Pesaran (CIPS) Sonuçları									
Değişkenler	Hesaplanan Değerler			Tablo Değerler					
				%1	%5	%10			
LNFP (C+T)	-3,5685***			-3,14	-2,88	-2,74			
FDI (C)	-4,2025***			-2,59	-2,34	-2,21			
LNEI (C)	-2,97***			-2,59	-2,34	-2,21			
LNEC (C+T)	-3,1657***			-3,14	-2,88	-2,74			
Seviyede LNNG (C+T)	-0,6110			-3,14	-2,88	-2,74			
1.Farkında ΔLNNG (C)	-5,0461***			-2,60	-2,34	-2,21			
Pesaran (CADF) Sonuçları									
Ülke & Değişken	1	2	3	4	5	6	Tablo Değerler		
LNFP (C+T)	-4,6519** [2]	-1,9968 [1]	-6,2529*** [0]	-3,3170 [0]	-4,1370** [0]	-1,0555 [2]	%1 -4,91	%5 -3,97	%10 -3,54
FDI (C)	-3,1449* [0]	-9,8589*** [0]	-1,4957 [2]	-3,2474* [0]	-4,3219*** [0]	-3,1462* [0]	%1 -4,30	%5 -3,42	%10 -2,99
LNEI (C)	-3,1675* [0]	-1,9256 [0]	-2,4058 [0]	-3,3414* [0]	-3,7441** [2]	-3,2920* [2]	%1 -4,30	%5 -3,42	%10 -2,99
LNEC (C+T)	-3,3933 [0]	-4,3649** [2]	-3,9839** [0]	-4,4576** [1]	-1,1396 [2]	-1,552 [2]	%1 -4,91	%5 -3,97	%10 -3,54
Seviyede LNNG (C+T)	0,3415 [2]	-0,2438 [1]	-1,8386 [1]	0,6229 [2]	-0,6593 [1]	-1,8891 [2]	%1 -4,91	%5 -3,97	%10 -3,54
1.Farkında ΔLNNG (C)	-3,4431** [0]	-6,496*** [0]	-5,6199*** [0]	-0,6577 [2]	-6,9804*** [0]	-7,1461*** [0]	%1 -4,33	%5 -3,42	%10 -3,00

Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir.

Not: C, değişkenin sabitli olduğunu ifade ederken C+T, hem sabitli hem de trendli olduğunu bildirmektedir. []: Serilerin ADF uzunluklarını temsil etmektedir. Pesaran CADF sonuç kısmında yer alan 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 sırasıyla Belçika, Almanya, Fransa, Hollanda, Avusturya ve İsviçre'yi göstermek adına uyarlanmıştır. Gecikme uzunluğu, veriler yıllık olduğu için "2" olarak belirlenirken bilgi ölçütü olarak Akaike tercih edilmiştir.***, %1 hata payını**, %5 hata payını ve *, %10 hata payını imgelemektedir.

Tablo 4 sonuçlarına bakıldığında bağımlı değişken olarak ele alınan LNFP serisinin birim kök vardır şeklinde kurulan sıfır hipotezi panel kısmı için %1 hata payında reddettiği görülmektedir. Dolayısıyla seri seviyede durağan çıkmıştır. Kesit sonuçlarına bakıldığında Belçika, Fransa ve Avusturya da durağan çıkmıştır. FDI serisinde hesaplanan değer tablo değerden büyük çıkmakla birlikte %1 hata payında sıfır hipotez reddedilmiştir. FDI serisinin de seviyede durağan olduğu görülmüştür. Kesit sonucunda Belçika, Hollanda ve İsviçre %10 hata payında durağan Almanya ve Avusturya'nın %1 hata payında durağan olduğu anlaşılmaktadır. LNEI serisinin benzer şekilde %1 hata payında sıfır hipotezi reddederek seviyede durağan olduğu bulunmuştur. Belçika, Hollanda ve İsviçre'nin %10 hata payında, Avusturya'nın ise %5 hata payında birim kök içermediği görülmüştür. LNEC değişkenine bakıldığında %1 hata payında birim kök olmadığını seviyede durağan çıktığını göstermektedir. Kesit sonuçları değerlendirildiğinde ise Almanya, Fransa ve Hollanda'nın %5 hata payında durağan oldukları anlaşılmıştır. Son olarak LNNG serisi incelendiğinde birim kök vardır şeklinde kurulan sıfır hipotezi

reddedemediği dolayısıyla birim kök içerdiği sonucuna varılmıştır. Söz konusu yorum ele alınan LNKG serisinde tüm kesitler için de benzer çıkmıştır. Bu nedenle 1. farkında bakılıp Δ LNKG serisinin bu sefer %1 hata payında sıfır hipotezi reddettiği ve böylece LNKG serisinin 1.derece de entegre olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 1. farkında kesit sonucunda ise Almanya, Fransa, Avusturya ve İsviçre %5, Belçika %5 hata payında sıfır hipotezi reddederek durağan olduğu görülmektedir. Serilere ait kesit sonuçları da panel sonuçlarını destekler nitelikte çıkmıştır. Bağımlı değişken $I(0)$ çıktığı için bağımsız değişkenlerden herhangi biri veya birkaçı farklı derece de entegre olsa dahi uygulanması gereken analiz kısa dönemli analizdir. Bu çalışmada LNFP serisi bağımlı değişken olarak ele alındığından dolayı LNKG serisi $I(1)$ çıkarsa dahi seviyede durağan olacak şekilde farkı alınarak modele Δ LNKG $I(0)$ şeklinde eklenmiştir.

Model Seçiminde Kullanılan Testler

Doğru modelin seçimi ve raporlanması noktası başlangıçta sabit etkiler (Fixed Effect-FE) ile havuzlanmış en küçük kareler (Pooled Least Squares-POLS) arasında karar vermek için F testinden, rassal etkiler (Random Effect-RE) ile POLS arasında karar vermek için Breusch ve Pagan Lagrange çarpanı (BPLM) testinden ve şayet RE ve FE arasında kalırsa Hausman testinden oluşmaktadır. Beraberinde elde edilen modelin katsayıları direkt olarak yorumlanmadan önce modelde kesit bağımlılığı (Cross Section Dependence-CD), değişen varyans (Heteroscedasticity-HC) ve otokorelasyon (Autocorrelation-AC) sorunlarının olup olmadığı kontrol edilmelidir. Şayet bu sorunlardan biri veyahut bir kaçına rastlanıldığı takdirde panel düzeltilmiş standart hatalar (Panel Corrected Standard Errors-PCSE) ve uygun genelleştirilmiş en küçük kareler (Feasible Generalized Least Squares-FGLS) tahmin yöntemleri zaman boyutunun kesit boyutundan fazla ($T > N$) olduğu durumlarda tercih edilmelidir. Driscoll-Kraay tahmincisi ise kesit sayısının gözlem sayısından fazla ($N > T$) olduğu durumlarda kullanılabilir. Ayrıca bağımsız değişkenler arasında güçlü bir bağlantıyı ifade eden çoklu doğrusal bağlantı (ÇDB) sorununun tespiti için çalışmada geniş bir alana yer verilmiştir. Bu çalışmada öncelikle F, BPLM ve Hausman testlerine yer verilmiştir. Daha sonra modelde ekonometrik sorunların tespiti için AC'de Born ve Breitung (2016) Q(p), HC'de Levene (1960) Brown ve Forsythe (1974) ve CD'de Pesaran (2004) testlerine yer verilmiştir. Beraberinde FGLS tahmin yöntemi ile katsayılar yorumlanmıştır.

F Test

Gruplar arasında farklılıklar söz konusu ise yatay kesit birimleri arasında farklılığın varlığı sıfır hipotezde test edilmelidir. Şayet birimlere (ülkelere) göre farklılık söz konusu ise FE söz konusu değilse POLS geçerlidir. Bu bağlamda testin sıfır hipotezi POLS, alternatif hipotezi ise FE'yi bildirmektedir. Sıfır hipotez reddedilirse FE, reddedilemezse POLS modelinin geçerli olduğu sonucuna varılmaktadır. F testine ait denkleme aşağıda yer verilmiştir (Greene, 2003: 289).

$$F(n-1, nT-n-K) = \frac{(R_{LSDV}^2 - R_{POOLED}^2) / (n-1)}{(1 - R_{LSDV}^2) / (nT-n-K)} \quad (9)$$

Breusch & Pagan (1980) LM Test

Breusch ve Pagan (1980) LM testi birimlerin bireysel etkilerinin tesadüfi olup olmadığını test etmektedir. Söz konusu test, rassal birim etkilerin varyansının sıfıra eşit olduğunu alternatif hipotez altında sınamaktadır (Tatoğlu, 2012: 173). RE etkiler modeli panel veri analizinde temel iki modelden bir tanesidir. Ancak RE etkiler modelinde korelasyonun sıfır olması gibi ağır bir varsayım yer aldığı için testin mutlaka Hausman testinden onay alması gerekmektedir. Şayet korelasyonun sıfır olması sağlanmazsa RE modeli yanlış tahmin yapar ve bu durumda FE modelinin kullanımı daha doğru olacaktır. Teste ait istatistik aşağıdaki gibidir (Greene, 2018: 410).

$$LM = \frac{nT}{2(T-1)} \left[\frac{\sum_{i=1}^n \left[\sum_{t=1}^T e_{it} \right]^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T e_{it}^2} - 1 \right]^2 \quad (10)$$

$$H_0 : \sigma_u^2 = 0 \quad (11)$$

$$H_a : \sigma_u^2 > 0 \quad (12)$$

Eşitlikteki istatistik ki-kare dağılımına sahip olup bir serbestlik derecesine sahiptir. Testin sıfır hipotezi POLS modelini, alternatif hipotez ise RE modelinin varlığını bildirmektedir. Eğer sıfır hipotez reddedilirse modelin POLS reddedilemezse RE modelinin geçerli olduğu sonucuna varılmaktadır.

Hausman Test

Panel verinin iki temel modeli olan RE ve FE arasında seçim yapabilmek için uygulanan bir testtir. Hausman (1978) testinin sıfır hipotezi modelin RE, alternatif hipotezi ise FE olduğunu bildirmektedir. Söz konusu test iki model arasında karar verirken k serbestlik derecesini ki-kare dağılımı ile test ederek uygulamaktadır (Baltagi, 2001: 20). Panel veri analizinde model seçim aşamasında oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Hausman testinin test istatistiği aşağıdaki gibidir (Cameron ve Trivedi, 2015: 243).

$$H = (\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE})' [V(\hat{\beta}_{FE}) - V(\hat{\beta}_{RE})]^{-1} (\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE}) \quad (13)$$

Şayet sıfır hipotez reddedilirse modelin FE, reddedilemezse FE olduğu anlaşılmaktadır. Tersini durumda ise RE modelin geçerli olduğu görülmektedir.

Otokorelasyon Testi

Otokorelasyon (AC) birbirini izleyen hata terimleri arasında ilişki olma durumunu ifade etmektedir. Bu bir sorundur. Eğer modelde (AC) sorunu varsa standart hatalar yanlış hesaplanabilmektedir. Olasılık ve istatistik değerlerinin güvenilir olmama ihtimali yüksektir. Anlamlı olmayan katsayıların anlamlı çıkabilmesi veya tam tersi durumlar buna örnek olarak verilebilmektedir. Ayrıca hata teriminin yapısı ihlal edileceğinden kısa dönemli tahminler etkin çıkmayabilir. Bu durumların tespiti için ekonometride belli başlı AC testleri bulunmaktadır. Bu çalışmada analizin uygunluğuna göre söz konusu sorunun olup olmadığını saptamak adına Born ve Breitung (2016) $Q(\rho)$ yöntemi ile test gerçekleştirilmiştir. Söz konusu test FE modelleri için geliştirilmiştir. $Q(\rho)$ istatistiği ρ -sıra AC'yi test etmektedir. Artıkları dönüştürerek sonlu örneklem sapmasını ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Testin sıfır hipotezi ρ -sıra AC'nin olmadığını, alternatif hipotez ise olduğunu bildirmektedir. Bu hipotez ise ρ serbestlik dereceli ki-kare dağılımı ile test edilmektedir.

Değişen Varyans Testi

Hata terimi varyansı sabittir, varyans değişiyorsa bu bir sorun olarak algılanmaktadır ve heteroskedastisite olarak adlandırılmaktadır. İstenen durum değişen varyansın olmamasıdır. Sabit etkili modelde bu sorunun olup olmadığı Levene (1960) ve beraberinde Brown ve Forsythe (1974) tarafından geliştirilen test ile sınanmıştır. Testin sıfır hipotezi homoskedastisite, alternatif hipotez ise heteroskedastisite varlığını bildirmektedir. Sıfır hipotez reddedilirse modelin değişen varyansa sahip olduğu eğer reddedilemezse bu sorunun olmadığı anlaşılabilmektedir.

Yatay Kesit Bağımlılığı Testi

Kesit bağımlılığı (CD), panel verilerdeki farklı birimler arasında bir ilişki durumunun olmasını ifade etmektedir. Kısa dönemli analizde modellerin CD'ye sahip olup olmadığı analiz edilmelidir. Çünkü CD'nin varlığı regresyon analizinin doğruluğunu etkileyebilmektedir. Analizde sabit etkili modelin CD içerip içermediği, tahmin edilen FE modelinde artıkların tahmini üzerine Pesaran (2004) CD testi ile gerçekleştirilmiştir. Söz konusu testin sıfır hipotezi kesit bağımlılığının olmadığını, alternatif hipotez ise olduğunu bildirmektedir. Sıfır hipotez reddedilirse modelin CD'ye sahip olduğu, reddedilmezse olmadığı anlamına gelmektedir.

Çoklu Doğrusal Bağlantı Sınaması

Çoklu doğrusal bağlantı (ÇDB), bağımsız değişkenler arasında güçlü bir bağlantı olma durumudur. Bu durum modelin katsayılarının yüksek standart hata vermesine neden olup tahminin güvenilir olmasını olumsuz etkileyebilmektedir. ÇDB varsa, hesaplanan katsayıların t-istatistikleri küçülebilir ve katsayıların anlamlılıkları yanıltıcı çıkabilmektedir. Değişkenlerin anlamsız olmasına neden olabilmektedir. Ayrıca ÇDB varsa bağımsız değişkenler arasında yüksek korelasyonun serilerin birbirini açıklamada birbirinin yerini alması anlamına da gelebilmektedir. Analizde bu sorun Variance Inflation Factor (VIF) yöntemi ile test edilmiştir. En az iki bağımsız değişken olması gerekmektedir. VIF burada her bir bağımsız değişkenin diğer bağımsız değişkenler ile ne kadar güçlü bir korelasyona (r_{xixj}) sahipliğini ölçmektedir. VIF yönteminin istatistiği aşağıda verilmiştir.

$$VIF = \frac{1}{1 - r^2_{xixj}} \quad (14)$$

Burada "xi" ve "xj" bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon katsayısı değerini bildirmektedir. Bu değer sıfır (0) ile bir (1) arasındadır. Sıfır hiç ilişki olmadığını, bir ise tam bağlantı olduğunu ifade etmektedir. Bu durumda ara değer (0,5) verildiği zaman çoklu doğrusal bağlantının varlığını sorgulamak mantıklı olacaktır. Bağımsız değişkenler arasında hiç ilişki olmama, tam bağlantı olma durumu ve ara değer durumu sırası eşitlik 15, 16 ve 17 de verilmiştir.

$$r_{xixj} = 0 \text{ ise}; VIF = \frac{1}{1-(0^2)} = 1 \quad (15)$$

$$r_{xixj} = 1 \text{ ise}; VIF = \frac{1}{1-(1^2)} = \infty \quad (16)$$

$$r_{xixj} = 0,5 \text{ ise}; VIF_{robust} = \frac{1}{1-(0,5^2)} \approx 1,33 \quad (17)$$

Burada 1,33 değerinin çok üstündeki değerler çoklu doğrusal bağlantının varlığını ifade etmektedir. Literatürde genellikle bu değer 5'ten veya 10'dan büyükse çoklu doğrusal bağlantı sorununa işaret ettiği yönünde ortak bir görüş yer almaktadır. Bu analizde daha önce literatürde belirtilmemiş olan bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon değerine (0,5) verilerek bir eşik değer oluşturmak hedeflenmiştir. Daha robust bir karar verebilmek için bu eşik değerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda literatüre yeni bir bakış açısı sunmak ayrıca çalışmanın amaçları arasında yer almaktadır.

Uygun Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (FGLS) Tahmini

Panel veri modellerinde AC, HC ve CD problemleri ile karşılaşılabilir. Modelde bu sorunlar varken modelin tahmin sonuçları güvenilir sonuçlar vermemektedir. Söz konusu ihlaller katsayı tahminlerinin tutarlı olmasını ve standart hataların doğruluğunu bozabilmektedir. Dolayısıyla, tahminler hem tutarsız hem de yanlış sonuç verebilmektedir. Beraberinde olasılık değerleri hatalı olabilmektedir. Bu durumda uygulanması gereken tahmin yaklaşımları Parks (1967) yöntemi olarak da geçen uygun genelleştirilmiş en küçük kareler (FGLS) ve panel düzeltilmiş Standart hatalar (PCSE) olmalıdır. Bu analizin uygunluğuna göre FGLS yaklaşımı tercih edilmiştir. Söz konusu tahminciye büyük örneklerde ve buna ek olarak gözlem sayısının kesit sayısından büyük ($T > N$) veya eşit olduğu şartlarda faydalanılabilmektedir (Reed ve Ye, 2011: 985-986). Aksi durumlarda, FGLS tahmin yönteminin performansı düşük sonuç vermektedir (Beck ve Katz, 1995: 638). Model seçim aşamasında tanıtılan F, Breusch ve Pagan (1980) LM ve Hausman (1978) testlerine Tablo 5'te, AC, HC, CD ve ÇDB testi sonucuna Tablo 6'da ve son olarak FGLS tahmin sonuçlarına Tablo 7'de yer verilmiştir.

Tablo 5: Model Seçim Sonuçları

Test Türü	İstatistik	Olasılık	Hipotez	Sonuç
F Testi	$\chi^2(5)$ 1078,02	0,000***	$H_0: POLS$ $H_a: FE$	FE Geçerlidir
BP LM Test	$\bar{\chi}^2(01)$ 353,86	0,000***	$H_0: POLS$ $H_a: RE$	RE Geçerlidir
Hausman Test	$\chi^2(4)$ 81,33	0,000***	$H_0: RE$ $H_a: FE$	FE Geçerlidir
<i>Karar: Model Sabit Etkilidir</i>				
Zaman Etkisinin Kontrolü	F(21, 101) 7,42	0,000***	$H_0: \lambda_t = 0$ $H_0: \lambda_t \neq 0$	Zaman Etkisi Vardır

Model

$$LNFP_{it} = \beta_0 + \beta_1 FDI_{it} + \beta_2 LNEI_{it} + \beta_3 LNEC_{it} + \beta_4 DLNGG_{it} + u_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir.

Not: $H_0: \lambda_t = 0$; Tüm zaman etkileri sıfırdır, yani zaman değişkeninin etkisi yoktur iken alternatif hipotez ise en az bir zaman etkisi sıfırdan farklıdır anlamına gelmektedir. “ u_i ” Kesit sabit etkiyi, “ λ_t ” zaman sabit etkiyi ve “ ε_{it} ” hata terimini bildirmektedir. ***, %1 hata payını **, %5 hata payını ve *, %10 hata payını imgelemektedir.

Tablo 5 sonuçları incelendiğinde panel veride temel iki modeli sınamamıza izin veren F ve Breusch ve Pagan LM testleri sıfır hipotezi %1 hata payında reddettiği görülmektedir. Dolayısıyla F testi FE modelini gösterirken, diğer test RE modelinin geçerli olduğunu bildirmektedir. Sonuçlar FE ve RE modelini gösterdiği için karar vermek adına Hausman testinden onay alınması gerekmektedir. Söz konusu testte RE modelini içeren sıfır hipotez %1 hata payında reddedilmektedir. Bu nedenle modelin FE olduğu kararına varılmıştır. FE modelinin her zaman tutarlı olması nedeniyle çıkan sonuç analiz açısından güvenilir olmuştur. Ancak FE modelinde hesaplanan katsayıları değerlendirmeden önce modelde ekonometrik sorunların olup olmadığının sonuçlarına Tablo 6 da değinilmiştir.

Tablo 6: Ekonometrik Teşhis Sonuçları

Test Türü	Test Adı	İstatistik	Olasılık	Sonuç
AC Test	Born ve Breitung (2016)	Q(p) 143,13	0,000***	AC Var
HC Test	Levene-Brown-Forsythe (1960)-(1974)	W0: 1,5081 W50: 1,3297 W10: 1,4522	0,1918 0,2558 0,2102	HC Yok
CD Test	Pesaran CD (2004)	16,98	0,000***	CD Var
ÇDB Tespiti	Korelasyon Katsayıları	$VIF = \frac{1}{1-r^2}$	Değer	Sonuç

<i>FDI-LNEI</i>	-0,098	$\frac{1}{1 - (-0,098^2)}$	1,009	ÇDB Yok
<i>FDI-LNEC</i>	-0,040	$\frac{1}{1 - (-0,040^2)}$	1,001	ÇDB Yok
<i>FDI-LNGG</i>	-0,404	$\frac{1}{1 - (-0,404^2)}$	1,190	ÇDB Yok
<i>LNEI-LNEC</i>	-0,149	$\frac{1}{1 - (-0,149^2)}$	1,022	ÇDB Yok
<i>LNEI-LNGG</i>	0,193	$\frac{1}{1 - (0,193^2)}$	1,038	ÇDB Yok
<i>LNEC-LNGG</i>	-0,432	$\frac{1}{1 - (-0,432^2)}$	1,220	ÇDB Yok

Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir.

Not: “r” burada korelasyon katsayısını ifade etmektedir. ***, %1 hata payını **, %5 hata payını ve *, %10 hata payını imgelemektedir.

Tablo 6 sonuçları değerlendirildiğinde AC sorununun tespiti için uygulanan test, AC'nin varlığını bildiren sıfır hipotezi %1 hata payında reddettiği görülmektedir. Benzer şekilde CD sorununun varlığını saptamak için uygulanan testte de kesit bağımlılığının varlığını bildiren sıfır hipotez %1 hata payında reddedilmiştir. Ancak HC sorununun tespiti için uygulanan testte HC yoktur ifade eden yokluk hipotezi reddedilememiştir. Dolayısıyla çift yönlü sabit etkili modelin AC ve CD sorununa sahip olduğu, ancak HC sorununu içermediği sonucuna varılmıştır. Bu durumun, sabit etkili modelin kesit boyutunun küçük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca modelde ÇDB sorunu da VIF testinde korelasyon matrisi sonucu hesaplanan istatistik sonucuna göre bağımsız değişkenler arasındaki güçlü bağlantıyı gösteren ara değerden (0,5) küçük çıkarak söz konusu sorunun olmadığını göstermektedir. Modelde ekonometrik sorunların olduğu gözlemlendiği için sabit etkili modelin FGLS yöntemi ile katsayıları tahmin edilmiştir. Modelde AC ve CD olduğu için FE tahmincisi sapmasız kalsa dahi etkin olmamaktadır. FGLS yöntemi, hata terimlerindeki bağımlılığı ve korelasyonu öneme alır ve varyans-kovaryans matrisini yeniden tahmin ederek daha etkin tahminlerin sağlanmasına olanak tanımaktadır. FGLS tahmin sonuçlarına Tablo 7'de yer verilmiştir.

Tablo 7: Sabit Etkili Modelin FGLS Tahmin Sonuçları

LNFP	Katsayı	Standart Hata	z	Olasılık
FDI	-0,00057	0,0001	-3,40	0,001***
LNEI	0,01013	0,0061	1,64	0,101
LNEC	0,20704	0,0562	3,68	0,000***
DLNGG	-0,02779	0,0151	-1,84	0,066*

Nihai Model

$$\widehat{LNFP}_{it} = -0,7224 - 0,00057FDI_{it} + 0,01013LNEI_{it} + 0,20704LNEC_{it} - 0,02779\Delta LNGG_{it}$$

Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir.

Not: Wald χ^2 (30): 22267,79, Olasılık (0.000) çıkmakla birlikte model bütün olarak anlamlı bulunmuştur. . ***, %1 hata payını **, %5 hata payını ve *, %10 hata payını imgelemektedir.

Doğrudan yabancı yatırımlar (FDI) modelde istatistiki olarak anlamlıdır. Doğrudan yabancı yatırımlardaki bir birimlik artış ekolojik ayak izini (LNFP) yaklaşık % 0,00057 oranında azaltmaktadır. Bu sonuç Batı Avrupa ülkelerinde kirlilik hale hipotezini destekler nitelikte çıkmıştır. Yani FDI çevresel sürdürülebilirliği artırıyor şeklinde düşünülebilmektedir. Enerji inovasyonu (LNEI) modelde anlamlı çıkmamıştır. Bu nedenle yorumlanmamıştır. Nihai enerji tüketimi içerisinde yer alan petrol ürünleri kaynağından tüketilen nihai enerjiyi ifade eden enerji tüketimi (LNEC) modelde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Enerji tüketiminde meydana gelen %1'lik bir artış, ekolojik ayak izini (LNFP) % 0,2070 oranında artırmaktadır. Bu sonuç literatürle de benzerlik taşımaktadır. Sonuç olarak fosil yakıt tüketiminin ekolojik ayak izine zarar verdiği bilinmektedir. Son olarak yeşil büyümeyi temsilen ele alınan farkı alınmış yenilenebilir elektrik üretimi (Δ LNGG) modelde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Yeşil büyümede meydana gelen %1'lik bir artış ekolojik ayak izini (LNFP) ortalama %0,0277 oranında azaltmaktadır. Yenilenebilir enerji üretiminin artmasıyla birlikte çevresel etkilerin %10 hata payında azaldığı görülmektedir.

SONUÇ

Sanayi devrimiyle birlikte küreselleşmenin ve dış ticaretin artması, üretim ve tüketimin artmasına sebep olmuştur. Artan üretim faaliyetleri ise çevre üzerinde bir baskı oluşturmaktadır. Çevresel kirliliğe engel olabilmek adına yapılan sayısız anlaşmalar ve konferanslara rağmen, kirlilik istenilen rakamlara düşürülemedince, bu konuyu ele alan çalışmalar literatürde sıkça karşılaşılan bir hale gelmiştir. Bu doğrultuda çevre kirliliğini en kapsamlı şekilde temsil ettiği düşünülen ekolojik ayak izi, çevre kirliliğine etkisini ölçmek adına doğrudan yabancı yatırımlar, enerji tüketimi ve yeşil ekonomiyi temsilen yenilenebilir enerji üretimi analize dahil edilmiştir. Çalışma, Batı Avrupa

ülkelerinde 2000-2022 yıl aralığı için kirlilik hale hipotezinin geçerliliğini sınamaktadır. Ekonometrik analizde, seriler arasında yatay kesit bağımlılığı olduğu için ikinci nesil panel birim kök testi uygulanmıştır. Birim kök analizine göre başta bağımlı değişken LNFP seviyede durağan çıktığı ve beraberinde LNGG hariç diğer bağımsız değişkenlerde $I(0)$ olduğu için kısa dönemli analiz uygulanmıştır. Ayrıca LNGG serisinin farkı alınarak seviyede durağan hale getirilmiş (Δ LNGG) ve beraberinde kısa dönemli analiz modeline dâhil edilmiştir. Uygun model seçiminden sonra modelin otokorelasyon ve kesit bağımlılığı içerdiği görülmüş bu nedenle gözlem sayısı kesit sayısından büyük ($T > N$) olduğu için FGLS tahmincisinin yapılması uygun görülmüştür.

Batı Avrupa ülkelerinde temelde ele alınan kirlilik hale hipotezinin FGLS tahmin sonuçlarına bakıldığında, FDI'da meydana gelen bir birimlik artış LNFP'yi % 0,00057 oranında azaltmaktadır. Bu sonuç doğrultusunda söz konusu ülkeler için kirlilik hale hipotezinin geçerli olduğu kanısına varılmıştır. Doğrudan yabancı yatırımların marjinal etkisinin küçük olmasının sebebi ise Batı Avrupa ülkelerinin katı çevre uygulamalarını benimsemesi ile açıklanabilir. Gelir düzeyi yüksek olan ekonomilerde doğrudan yabancı yatırımlar temiz sektörler yöneldiği için ekolojik ayak izini büyük oranda değiştirmesi olağan bir durumdur. İki değişken arasında oluşan ilişki için şunlar söylenebilir. Birincisi, doğrudan yabancı yatırımlar sürdürülebilir sektörler yönlendirilip, yeşil teknoloji ve düşük karbonlu üretim için yatırım yapan firmalara vergi indirimleri ve sübvansiyonlar sağlanabilir. Bunun yanı sıra bu şirketlere ek teşvikler sunulabilir. Doğrudan yabancı yatırımları ülkesine çekmek isteyenler, çevre dostu üretim yapan firmalara güvenli ve cazip yatırım ortamı sağlayabilir. Yabancı yatırımların çevreyi olumlu yönde etkilemesi adına karbon fiyatlandırması yapılarak yatırımcı temiz yatırımlara yönlendirilebilir. İkincisi, yabancı yatırımlara ev sahipliği yapan ülkelerin enerji verimliliği yüksek olan teknolojilere yatırımları yönlendirmesi için çeşitli regülasyonlar geliştirilmelidir. Çevre dostu üretim zorunlu bir hale getirilmeli, atık yönetimi ve düşük karbonlu üretim standartları yatırım öncesinde belirlenmelidir. Üçüncüsü, yerel ve yabancı firmalar arasında sürdürülebilir üretim teknikleri konusunda teşvik eden ortaklıklar kurulmalı ve bu alanda oluşturulan projeler desteklenmelidir. Dördüncüsü ise çevresel etki düzenlemelerin zorunlu olarak yapılması şartıdır. Yabancı yatırımların çevreye etkisini analiz etmek için düzenli raporlama ve denetim mekanizmaları oluşturularak veri sistemleri kurulmalıdır. Bu şekilde yabancı yatırımların transfer edildiği ülkede ekolojik ayak izi en aza indirgenmiş olacaktır. Sonuç olarak, doğrudan yabancı yatırımlar, ekolojik ayak izi üzerinde minör değişiklikler oluşturduğu için söz konusu ülke grubunda yatırımların daha sürdürülebilir ve yeşil alanlara kaydırılması gerekmektedir.

Ayrıca modelde LNFP'yi etkileyeceği düşünüldüğü için eklenen LNEC (enerji tüketimi) serisinde meydana gelen %1'lik bir artış LNFP'yi % 0,20704 oranında artırmaktadır. Fosil yakıt tüketimine bağlı enerji tüketimleri karbon emisyonunu artırarak çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Batı Avrupa ülkelerinde yenilenebilir enerji kullanımı yüksek olsa da petrol ve petrol türevi enerji kaynakları da yoğun şekilde hala kullanılmaktadır. Bu çıkarımlar, Batı Avrupa ülkelerinde fosil yakıt bağımlılığının önemli bir sorun olduğunu göstermektedir. Burada FDI'nın sağladığı çevreci yatırımlar, yenilenemez enerji tüketiminden kaynaklanan çevresel tahribatı dengeleyememektedir. Söz konusu ülkelerde yeşil enerji yapılanması hızlandırılmalıdır. Yabancı yatırımların çevre üzerinde iyileştirici etkisinin artırılması için yeşil yatırımlar teşvik edilmelidir. Karbon fiyatlandırması gibi önlemler hızlı bir şekilde alınırsa enerji tüketiminin çevresel maliyeti yatırım kararlarına yön verebilir. Söz konusu ülkede yabancı yatırımların faydalarını belirgin bir şekilde görmek için enerji dönüşüm uygulamalarının hızlandırılması gerekmektedir.

Son olarak yeşil büyümeyi temsilen ele alınan yenilenebilir enerji üretimindeki (LNGG) %1'lik bir artış, LNFP'yi % 0,02779 oranında azaltmaktadır. Bu durum, yeşil büyümenin çevresel sürdürülebilirliği pozitif bir şekilde etkilediğini göstermektedir. Bu etki, yabancı yatırımların etkisinden daha fazla olmasına rağmen sınırlı seviyede seyretmektedir. Etkinin ekolojik ayak izinin daha belirgin şekilde düşürmesini sağlamak için yenilenebilir enerji üretimi daha fazla artırılmalıdır. Bunun için yenilenebilir enerji santral kurulumları artırılmalıdır. Kurulum sürecinde lisans ve bürokratik engeller azaltılarak güneş ve rüzgâr santralleri çoğaltılmalıdır. Devletin ve özel sektörün eş anlı bir şekilde yenilenebilir enerji katılımları teşvik edilmelidir. Bunun yanı sıra yenilenebilir enerji kaynakları dengeli bir şekilde dağıtılmalı ve enerji üretimi tek kaynağa bağlı olmamalı, çeşitlendirilmelidir. Bir başka yöntem ise enerji depolarının yaygınlaştırılmasıdır. Enerji üretiminde yeterli depolama alanı olmadığı zaman enerji başka ülkelere satılmaktadır. Bunun yerine büyük ölçekli batarya sistemleri geliştirilerek bu sorun çözüme kavuşturulabilir. Büyük ölçekli sanayi sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı teşvik edilmelidir. Ulaşım sektöründe de elektrikli araçların şarj istasyonları yenilenebilir enerjiyle yapılandırılmalı ve yenilenebilir enerjinin payı fazlalaştırılmalıdır. Bir diğer çözüm önerisi ise fosil yakıt bağımlılığını azaltmak adına yenilenebilir enerji üretimi artarken aynı zamanda fosil yakıt üretim ve tüketiminin de aşamalı olarak azaltılmasıdır. Yenilenebilir enerji üretirken de rüzgâr ve güneş santrallerinin doğa üzerindeki etkisi minimize edilmeli, geri dönüştürülebilir malzemelerle üretim sağlanırken, çevresel ayak izi azaltılmalıdır. Yenilenebilir enerji üretiminin ekolojik ayak izini azalttığı bulgusu, üretim kapasitelerinin hızlı bir şekilde artırılması ve fosil yakıt üretiminin sonlandırılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, doğrudan yabancı yatırımlar, enerji tüketimi, enerji

üretimi ve ekolojik ayak izi arasındaki bu ilişki yeşil ekonomiye geçiş sinyalleri vermektedir. Sürdürülebilir bir kalkınmanın sağlanabilmesi için sürdürülebilir üretim tekniklerinin kullanılması gerekmektedir. Gelecek çalışmalar için daha detaylı çevresel göstergeler ile kapsamlı veri kullanımı dâhilinde sektörel bazda inceleme yapılmasının makul olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Abbasi, M. A., Nosheen, M. & Ur Rahman, H. (2023). An approach to the pollution haven and pollution halo hypotheses in Asian countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(17), 49270-49289.
- Akar, I. (2018). OECD Ülkelerinde CO₂ Emisyonu ile Dış ticaret Arasındaki İlişki: Bir Panel Veri Analizi. Eskişehir: (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi), Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ali, S., Yusop, Z., Kaliappan, S.R. & Chin, L. (2020). Dynamic Common Correlated Effects of Trade Openness, FDI, and Institutional Performance on Environmental Quality: Evidence From OIC Countries. *Environ Sci Pollut Res* 27, 11671-11682.
- Aller, C., Ductor, L. & Herrerias, M. J. (2015). The World Trade Network and The Environment. *Energy Economics*, 52, 55-68.
- Baltagi, B. H. (2001). *Econometric Analysis of Panel Data*. (Second Edition b.), Jhon Wiley & Sons Ltd.
- Barış, S. (2024). Doğrudan Yabancı Yatırımlar Ekolojik Ayak İzini Artırıyor mu? Yüksek Doğrudan Yabancı Yatırım Alan Ülkeler İçin Bir Analiz. *Journal of Academic Opinion*, 4(2), 52-63.
- Beck, N. & Katz, J. N. (1995). What to do (and not to do) with Time-Series Cross-Section Data. *American Political Science Review*, 89(3), 634-647.
- Born, B. & Breitung, J. (2016). Testing for Serial Correlation in Fixed-Effects Panel Data Models. *Econometric Reviews*, 35(7), 1290-1316.
- Breusch, T. S. & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. *Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.
- Brown, M. B. & Forsythe, A. B. (1974). "Robust Tests for Equality of Variances", *Journal of The American Statistical Association*, 69(346), 364-367.
- Cameron, A. C. & Trivedi, P. K. (2015). Count Panel Data. Chapter 8, B. H. Baltagi (Ed.), *The Oxford Handbook of Panel Data*, Oxford University Press, New York, 233-256.
- Çelik, S. & Ünlü, A. (2024). Ticari Açıklık ve Çevre Kirliliği İlişkinine Yönelik Ampirik Kanıtlar: MINT Ülkeleri Örneği. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(89), 144-158.
- Destek, M.A. & Okumus, I. (2019). Does Pollution Haven Hypothesis Hold in Newly Industrialized Countries? Evidence From Ecological Footprint. *Environ Sci Pollut Res*, 26, 23689-23695.
- Dinda, S. (2006). Globalization and Environment: Can Pollution Haven Hypothesis Alone Explain the Impact of Globalization on Environment?. MPRA Paper No. 50590, 1-21.
- Ergün, Ü. R. (2024). Gemi İnşa Sanayi İhracatına Demir Çelik Sektörünün Etkileri: Panel Veri Analizi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(2), 30-53.
- Global Footprint Network. (2024). Ecological Footprint Data. (Erişim Tarihi: 3 Eylül 2024). <https://data.footprintnetwork.org/#/countryTrends?type=BCpc,EFCpc&cn=5001>.
- Gökalp, M. F. & Yıldırım, A. (2004), Dış Ticaret ve Çevre: Kirlilik Sığınakları Hipotezi Türkiye Uygulaması. *Yönetim ve Ekonomi*, 11(2), 99-113.
- Görg, H., & Strobl, E. (2005). Foreign Direct Investment and Local Economic Development: Beyond Productivity Spillovers. *Does Foreign Direct Investment Promote Development*, 137-158.
- Greene, W. H. (2003). *Econometrics Analysis*. (5th ed.). Prentice Hall, NJ.
- Greene, W. H. (2018). *Econometric Analysis*. Eighth Edition, Pearson: New York.
- Hao, Yu ve Liu, Yi Ming (2015). Has the Development of FDI and Foreign Trade Contributed to China's CO₂ Emissions? An Empirical Study with Provincial Panel Data. *Natural Hazards*, 76 (2), 1079-1091.
- Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251-1271.

- Hsiao, C. (1986). *Analysis of Panel Data*. Cambridge University Press.
- Hsiao, C. (2003). *Analysis of Panel Data*. New York: Cambridge University Press.
- International Energy Agency. (2024). *Energy Technology Patents Data Explorer*. (Erişim Tarihi: 8 Eylül 2024). <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-technology-patents-data-explorer>.
- Kızılkaya, O., Sofuoğlu, E. & Çoban O. (2016). Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi ve Çevre Kirliliği Analizi: Türkiye. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt:6, Sayı: 2, 255-272.
- Kirkulak, B., Qui, B. & Yin, W. (2011). The Impact of FDI on Air Quality: Evidence from China. *Journal of Chinese Economic and Foreign Trade Studies*, 4, 2, 81-98.
- Levene, H. (1960). Robust Tests for Equality of Variance. In *Contributions to Probability and Statistics*, ed 1. Olkin (Palo Alto, CA: Stanford University Press), 278-292.
- Liang, F. H. (2006). Does Foreign Direct Investment Harm the Host Country's Environment? Evidence from China. University of California, Berkeley.
- Murthy, K. V. B., & Gambhir, S. (2018). Trade from resource-rich countries avoids the existence of a global pollution haven hypothesis. *Australasian Accounting, Business and Finance Journal*, 12(2), 134-156.
- Musah, M., Mensah, I.A., Alfred, M., Mahmood, H., Murshed, M., Omari-Sasu, A. Y., Boateng, F., Nyeadi, J. D. & Coffie, C. P. K (2022). Reinvestigating The Pollution Haven Hypothesis: The Nexus Between Foreign Direct Investments And Environmental Quality In G-20 Countries. *Environ Sci Pollut Res*, 29, 31330-31347.
- Nagvi, S. A. A., Hussain, M., Hussain, B., Shah, A. A. R., Nazir, J. & Usman, M. (2023). Environmental sustainability and biomass energy consumption through the lens of pollution Haven hypothesis and renewable energy-environmentalkuznets curve. *Renewable Energy*, 212, 621-631.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2024). *OECD Data Explorer: Green Growth Indicators*. OECD, (Erişim Tarihi: 1 Eylül 2024). <https://data-explorer.oecd.org/>.
- Padhan, L. & Bhat, S. (2024). Pollution haven or pollution halo in the context of emerging economies: A two-step system GMM approach, *Environment, Development and Sustainability*.
- Pesaran, M. H. (2004). *General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels*. Cambridge Working Papers in Economics No. 045, University of Cambridge.
- Pesaran, M. H. (2007). A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 256-312.
- 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. *The Econometrics Journal*, 11(1), 105-127.
- Reed, W. R. & Ye, H. (2011). "Which Panel Data Estimator Should I Use?"; *Applied Economics*, 43(8), 985-1000.
- Salehnia, N., Karimi Alavijeh, N. & Salehnia, N. (2020). Testing Porter And Pollution Haven Hypothesis Via Economic Variables And CO₂ Emissions: A Cross-Country Review With Panel Quantile Regression Method. *Environ Sci Pollut Res*, 27, 31527-31542.
- Saqib, N., Ozturk, I., Usman, M., Sharif, A. & Razzaq, A. (2023). Pollution Haven or Halo? How European countries leverage FDI, energy, and human capital to alleviate their ecological footprint. *Gondwana Research*, 116, 136-148.
- Şahinöz Z, A. & Fotourehchi, Z. (2014). Kirlilik Emisyonu ve Doğrudan Yabancı Sermaye Yatırımları: Türkiye için "Kirlilik Sığınağı Hipotezi Testi. *Sosyo-ekonomi*, 21, 187-210.
- Tatoğlu, F. Y. (2012). *Panel Veri Ekonometrisi*. 1. Baskı, Beta Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.
- Usman, M., Kousar, R., Makhdum, M.S.A., Yaseen, M. R. & Nadeem, A. M. (2022). "Do Financial Development, Economic Growth, Energy Consumption, And Trade Openness Contribute To Increase Carbon Emission In Pakistan? An Insight Based On ARDL Bound Testing Approach. *Environ Dev Sustain*.

- Yıldırım, E. (2014). Energy Use, CO₂ Emission and Foreign Direct Investment: Is There any Inconsistence between Causal Relations?. *Front. Energy*, 8(3), 269-278.
- Yıldırım, M., Destek, M. A., & Nakipoğlu Özsoy, F. (2017). Doğrudan Yabancı Yatırımlar ve Kirlilik Sığınağı Hipotezi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18, 99- 111.
- Zarsky, L. (1999). Havens, Halos And Spaghetti: Untangling The Evidence About Foreign Direct Investment and the Environment. *Conference On Foreign Direct Investment and the Environment, Paris*, 1-25.
- Zeren, F. (2015). Doğrudan Yabancı Yatırımların CO2 Emisyonuna Etkisi: Kirlilik Hale Hipotezi mi Kirlilik Cenneti Hipotezi mi?. *Journal of Yasar University*, 10(37), 6381-6477.
- Zhu, H., Duan, L., Guo, Y. & Yu, K. (2016). The effects of FDI, economic growth and energy consumption on carbon emissions in Asean-5: evidence from panel quantile regression. *Economic Modelling*, 58, 237-248.
- World Bank. (2024). (Erişim Tarihi: 17 Eylül 2024).
<https://databank.worldbank.org/>.