

**Citation:** Konak A. & Şahin G. (2019), OECD Ülkeleri Kapsamında Rebound Etkisinin Geçerliliğine Yönelik Bir Sinama, BMIJ, (2019), 7(4): 1361-1382 doi: <http://dx.doi.org/10.15295/bmij.v7i4.1179>

## OECD ÜLKELERİ KAPSAMINDA REBOUND ETKİSİNİN GEÇERLİLİĞİNE YÖNELİK BİR SINAMA

Ali KONAK<sup>1</sup>  
Güller ŞAHİN<sup>2</sup>

Received Date (Başvuru Tarihi): 02/06/2019  
Accepted Date (Kabul Tarihi): 05/08/2019  
Published Date (Yayın Tarihi): 25/09/2019

### ÖZ

Günümüzde üretim teknolojisinde meydana gelen gelişmeler, enerjinin eskiye oranla daha verimli bir şekilde kullanımına olanak sağlamaktadır. Enerjinin daha verimli bir şekilde kullanımı ise, enerji tasarrufunu mümkün kılmakta ve literatürde rebound etkisi olarak adlandırılan iktisadi olgunun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu araştırmanın amacı, 1995-2015 dönemi içerisinde OECD ülkelerinde rebound etkisinin geçerli olup olmadığının incelenmesidir. Amaç doğrultusunda enerji kullanımı, birincil enerji yoğunluğu, Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla ve kentsel nüfus değişkenleri arasındaki ilişki için panel eşbütünleşme analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, birincil enerji yoğunluğundaki artışın, enerji kullanımını artırdığı; ekonomik büyümenin, enerji kullanımında artışa neden olduğu; kentleşme oranlarının yükselmesinin ise, enerji kullanımını azalttığı tespit edilmiştir. Ulaşılan sonuç, 1995-2015 döneminde OECD ülkeleri için enerji yoğunluğundaki artışların, enerji verimliliğini azaltarak enerji kullanımının arttığını göstermiştir. Bu bağlamda, enerji yoğunluğundaki azalışlara bağlı olarak, enerji verimliliğinde görülen artışların piyasada geçerli olan fiyat mekanizması aracılığıyla enerji kullanımında yarattığı pozitif yönlü eğilimi açıklayan rebound etkisinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Birincil Enerji Yoğunluğu, Rebound Etkisi, OECD Ülkeleri, Panel Eşbütünleşme Analizi

**JEL Kodları:** Q43, Q47

## A TEST FOR THE VALIDITY OF THE REBOUND EFFECT IN THE SCOPE OF OECD COUNTRIES

### ABSTRACT

Nowadays, developments in production technology enable energy to be used more efficiently than before. The more efficient use of energy makes energy saving possible and causes the economic phenomenon called rebound effect in the literature. The purpose of this study is to investigate whether rebound effect is valid in OECD countries in the period 1995-2015. For the purpose of the study, panel cointegration analysis was conducted for the relationship between energy use, primary energy density, Gross Domestic Product and urban population variables. As a result of the analysis, the increase in primary energy density increases energy use; economic growth leads to an increase in energy use; It has been determined that increasing urbanization rates reduce energy use. The results showed that the increases in energy density for OECD countries in the period 1995-2015 increased energy use by reducing energy efficiency. In this context, it is concluded that the rebound effect, which explains the positive trend created by the price mechanism in the market due to the increase in energy efficiency due to the decrease in energy intensity, is not valid.

**Keywords:** Primary Energy Density, Rebound Effect, OECD Countries, Panel Cointegration Analysis

**JEL Codes:** Q43, Q47

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi, [alikonak@karabuk.edu.tr](mailto:alikonak@karabuk.edu.tr)

<sup>2</sup> Dr., Kültür ve Sağlık Bilimleri Üniversitesi, [rgullersahin@gmail.com](mailto:rgullersahin@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-1804-8339>

<https://orcid.org/0000-0002-5987-359X>

## 1. GİRİŞ

Ekonomik büyüme ve kalkınma, kuşkusuz bütün ülkelerin temel hedeflerinden biridir. Ekonomik büyümenin gerçekleştirilebilmesi için ise, enerjiye yoğun bir şekilde ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde üretim sürecinin neredeyse tamamında enerji faktörü yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Üretim sürecinin vazgeçilmez bir girdisi olmasından dolayı enerji faktörü, tüm ülke ekonomileri açısından hayati derecede öneme sahiptir (Bilgili vd., 2017: 830). İktisadi faaliyetlerin en önemli girdisi ve üretim sürecinin harekete geçirici gücü niteliğindeki enerji, ülkelerin kalkınmaları ve ekonomik refah düzeylerinin iyileştirilmesi açısından son derece önemlidir. Bir ülke ekonomisinin gelişim göstermesi ve bu gelişim sürecinin devamlılık arz etmesi, üretim ve tüketim sürecinde ihtiyaç duyulan enerjinin ihtiyaçları karşılayacak düzeyde, minimum maliyetle, güvenli bir şekilde ve çevreci yöntemlerle temin edilebilmesine bağlıdır (Çalışkan, 2009: 297). Enerji ihtiyacının önemli bir kısmı, fosil yakıtlar şeklinde tanımlanan petrol, doğal gaz ve kömür kullanımı ile karşılanmaktadır. Fosil yakıtlar zaman içerisinde tükenmekte (yenilenemeyen), ayrıca yeniden oluşumları çok uzun süreçler gerektirmektedir. Aynı zamanda, fosil yakıtlar insan sağlığına, çevreye ve ekosistemlere çeşitli zararlar vermektedir. Belirtilen nedenler doğrultusunda, ekonomik kalkınmanın gerçekleştirilmesi ve refahın artırılması amaçlarına yönelik olarak ülkelerin, fosil yakıtların alternatif niteliğindeki zararsız ya da daha az zararlı durumdaki yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeye başladığı görülmektedir (Adaçay, 2014: 89). Yenilenebilir enerji kaynaklarını temel olarak; güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biyokütle enerjisi, jeotermal enerji, gel-git ve dalga enerjisi, hidroelektrik enerji ve hidrojen enerjisi şeklinde sıralamak mümkündür. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemli özelliği, çeşitli döngüsel süreçler içerisinde kendilerini yenileyebilmeleri nedeniyle kalıcı olarak tüketilememeleridir (Üçgül ve Elibüyük, 2015: 207-208). Ülkelerin enerji temini açısından fosil yakıt tüketimini azaltarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırma yönünde bir eğilim sergilemesi, enerji bağımlılığının azaltılması açısından büyük bir öneme sahiptir. Özellikle, üretim sürecinde girdi olarak ve tüketim sürecinde de nihai mal/hizmet olarak ihtiyaç duyulan enerji kaynaklarına sahip olmayan ülkeler, fosil yakıtlar açısından söz konusu enerji kaynaklarına sahip ülkelere ciddi oranda bağımlı hale gelmiş durumdadır.

Yukarıda açıklanan bilgiler ışığında enerji politikaları belirlenirken fosil enerji kaynaklarının döngüsel yenilenebilir süreçlerinin çok uzun olması; tükenebilir özellikleri, insan sağlığına, çevreye ve ekosistemlere çeşitli zararlar vermeleri nedenlerine bağlı olarak üç temel strateji bulunmaktadır. Bu stratejilerden ilki, fosil enerji kaynaklarının tüketimini

azaltarak, ihtiyaç duyulan enerjinin mümkün olabildiğince yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesidir. Bir diğer önemli strateji, yeni enerji kaynaklarının bulunması için gerekli olan araştırma-geliştirme faaliyetlerine ağırlık verilmesidir. Son strateji ise, ülke ekonomileri açısından çok büyük bir öneme sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarının gerek üretim sürecinde gerekse de nihai mal olarak tüketiminde çok hassas davranılması, mümkün olduğunca enerjinin verimli bir şekilde kullanılması ve enerji verimliliğinin artırılmasıdır. Söz konusu strateji doğrultusunda, enerji kullanımında verimliliğin sağlanması ve bu verimliliğin artırılması amacıyla teknolojinin geliştirilmesine yönelik birtakım yatırımlara ağırlık verildiği görülmektedir. Bu sayede üretim sürecinde enerji kullanımının daha verimli bir şekilde gerçekleştirilmesi mümkün olabilmektedir. Ancak, enerji kullanımında etkinliğin artırılması ve enerjinin daha verimli bir şekilde kullanılması bazı iktisadi sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu sorunların başında, iktisat literatüründe geri-tepme etkisi olarak adlandırılan “rebound etkisi” gelmektedir. Rebound etkisi, temel olarak enerji kullanımının artmasına yol açmaktadır.

Bu araştırmanın amacı, 1995-2015 zaman aralığında OECD ülkelerinde enerji verimliliği ile enerji tüketimi arasındaki ilişkileri açıklayan rebound etkisinin geçerli olup olmadığının incelenmesidir. Amaç kapsamında, araştırmada öncelikle rebound etkisine yönelik teorik çerçeve hakkında bilgi verilmiş, enerji verimliliği ile enerji tüketimi arasındaki ilişki açıklanmış, sonrasında ise konu ile ilgili literatür seçkisine yer verilmiştir. Ardından ampirik analiz alt başlığı altında veri seti, metodoloji ve bulgular açıklanmıştır. Araştırma, sonuç ve politika önerileri kısmı ile tamamlanmıştır.

## **2. REBOUND ETKİSİNİN TANIMI**

Enerji verimliliği ile enerji kullanımı arasındaki ilişkilerin incelenmesi oldukça eskiye dayanmaktadır. Bu konuda 1865 yılında ilk çalışmayı gerçekleştiren Jevons, buhar motorunun, enerji verimliliğinin yanı sıra enerji tüketimini de artırdığını tespit etmiştir. Söz konusu çelişkili durum akademik literatürde “Jevons Paradoksu” olarak adlandırılmıştır (Wang vd., 2018: 2). Literatürde rebound etkisi olarak tanımlanan bu durumda, enerji verimliliğindeki artış, enerji fiyatlarının azalmasına neden olmakta ve enerji fiyatlarındaki azalış sonucu elde edilen iktisadi kazançlar ise enerji tüketiminin artmasına sebebiyet vermektedir (Wang vd., 2014: 126). Bir diğer ifadeyle enerji verimliliğindeki artışlar (enerji yoğunluğundaki azalışlar), üretim sürecinde daha az enerji girdisine ihtiyaç duyulmasına, enerji maliyetlerinin düşmesine ve enerji talebinin azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca, enerji talebindeki azalışlar hem enerji fiyatlarının düşmesine hem de enerjinin nispeten daha

az kullanılması nedeniyle enerji tasarrufunun sağlanmasına imkân tanımaktadır. Ancak, başlangıçta olumlu gibi görünen bu durum, enerji maliyetlerinin düşmesine bağlı olarak enerji tüketiminin artmasıyla sonuçlanmaktadır. Bu bağlamda, enerji verimliliğindeki artışlara bağlı olarak azalış gösteren enerji fiyatları nedeniyle iktisadi kazançlar artmakta, iktisadi kazançlardaki artış ise daha fazla enerji tüketimine neden olmakta ve rebound etkisi ortaya çıkmaktadır (Buluş ve Topallı, 2011: 356). Bir diğer ifadeyle enerji verimliliğindeki artış, uzun vadede enerji talebinin artmasına neden olmaktadır. Enerji fiyatlarındaki azalışa bağlı olarak gerçekleşen enerji talebindeki artış ise, enerji bağımlısı konumundaki ülkelerin enerji bağımlılığının daha da artması, dış ticaret açıklarının büyümesi gibi çeşitli makroekonomik parametre bozuklukları yaratmaktadır.

### 3. REBOUND ETKİSİNİN TÜRLERİ

Enerji verimliliğindeki artışların enerji tüketimindeki etkilerini ortaya koyan rebound etkisi; doğrudan, dolaylı ve ekonomi yanlı etkiler olmak üzere üç tür etki meydana getirmektedir. Sözü edilen bu üç tür rebound etkisi de kendi içerisinde alt başlıklara ayrılmaktadır.

#### 3.1. Doğrudan Rebound Etkisi

Doğrudan rebound etkisi, enerji verimliliğindeki artışa bağlı olarak tüketilen (talep edilen) enerji miktarının azalması sonucunda enerji fiyatlarının azalmasını, üretim sürecinde enerji maliyetlerinin azalmasını ve enerji kullanılarak üretilen ürünün fiyatının düşmesini, bu doğrultuda söz konusu mal ve hizmetlerin daha fazla üretilmeleri nedeniyle enerji tüketiminin artmasını ifade etmektedir (Akıncı vd., 2018: 80). Doğrudan rebound etkisi bir örnek yardımı ile açıklanırsa: Demir-çelik üretimi gerçekleştirilirken kullanılan kömürün (enerji girdisi) kalitesindeki iyileşmeler, üretimin gerçekleştirilmesi sürecinde daha az kömür kullanımına imkân sağlayacaktır. Dolayısıyla üretim sürecinde eskiye oranla daha az kömür kullanılması, demir-çelik üretiminde maliyetlerin azalmasına ve buna bağlı olarak demir-çelik ürünlerinin fiyatının düşmesine neden olacaktır. Demir-çelik ürünlerinin maliyetindeki ve dolayısıyla fiyatındaki azalışlar, demir-çelik ürünlerine olan talebin artmasına neden olacak ve bu doğrultuda artan demir-çelik talebini karşılamak için kullanılan kömür miktarı artış gösterecektir. Enerji verimliliğindeki artış, üretim sürecinde kullanılan (tüketilen) enerji miktarının artış göstermesi ile sonuçlanacaktır.

Doğrudan rebound etkisi, “gelir etkisi” ve “ikame etkisi” olmak üzere iki tür alt etki yaratmaktadır. Gelir etkisi, enerji verimliliğindeki artışlara bağlı olarak aynı miktardaki

Üretim daha az enerji kullanarak, dolayısıyla daha az bir harcama ile gerçekleştirilmesi sonucu reel gelirde meydana gelen artışların, daha fazla enerji tüketime imkân tanması sonucu ortaya çıkan bir etkidir (Zink ve Geyer, 2017: 595). İkame etkisi ise, temelde faydayı maksimize etmek, bu maksimum fayda düzeyini korumak ve maliyetleri minimize etmek için nispeten daha ucuz olan enerji kaynaklarının, daha pahalı enerji kaynakları ile değiştirilmesi ilkesine dayanmaktadır (Akıncı vd., 2018: 80). Bir diğer ifadeyle ikame etkisi, enerji verimliliğindeki artışlara bağlı olarak nispeten ucuzlayan enerjinin, diğer enerji faktörleri ile değiştirilmesini açıklamaktadır. Bu sayede üretim sürecinde maliyetlerde azalışlar söz konusu olabilecek, maliyet azalışları ise mal ve hizmetlerin fiyatlarının dmesine neden olacak, dolayısıyla hem mal hem de hizmetlere yönelik talep artacak ve üretim sürecinde kullanılan enerji miktarında artışlar meydana gelecektir.

### **3.2. Dolaylı Rebound Etkisi**

Dolaylı rebound etkisi, enerji verimliliğindeki artışlara bağlı olarak daha az enerji kullanılması nedeniyle enerji maliyetlerinin, dolayısıyla da enerji tüketimi için yapılan harcamaların azaltılmasını ve tüketiciler açısından parasal tasarrufların sağlanması, sağlanan bu parasal tasarrufların enerji gerektiren diğer mal ve hizmetler için kullanılmasını, diğer mal ve hizmetlere yönelik talep artışlarına neden olmasını, bu nedenle de diğer mal ve hizmetlerin üretiminde kullanılan enerji miktarının artmasını ya da etkilenmesini ifade etmektedir (Freire-Gonzlez, 2011: 32-33). Zhang vd. (2017) dolaylı rebound etkisini, enerji verimliliğindeki artışların, enerji kullanarak üretilen herhangi bir mal ya da hizmetin fiyatını düşürmek suretiyle, tüketicilerin gelirlerinde artıa neden olması ve tüketicilerde meydana gelen bu artışların ise diğer enerji ürünlerine veya hizmetlerine olan talebi artırması sonucu enerji talebinin artması Şeklinde ifade etmektedirler. Bu bağlamda, enerji verimliliğindeki bir artışın enerji gerektiren diğer mal ve hizmetlerin talebini uyararak enerji tüketimini artırdığını söylemek mümkündür. Konuya bir örnek yardımı ile açıklık getirildiğinde: Bir tüketicinin otomobil satın alırken, piyasadaki ortalama bir otomobilden daha az yakıt tkeden bir otomobil satın almaya karar verdiğini kabul edelim. Böylelikle araç, ortalama bir araca göre daha az yakıt tüketecek ve tüketiciler kilometredeki yakıt tüketimini hesaplayarak belli bir miktar tasarruf sağlamış olacak, aynı zamanda karbon ayak izinin de azalmasına yardım edecektir. Tüketiciler, motorlu yakıt tüketimi azaldığı ve buna bağlı olarak tasarrufları artırdığı için, tatile gitme imknı elde etmiş olacak ve elde edilen tasarruflar, motorlu taşıt yakıt tüketiminden tamamen farklı bir Şekilde kullanılmış olacaktır. Ayrıca, tüketicinin tatile gitmesi daha fazla salınım miktarı yaratacak ve dolaylı rebound etkisi olarak adlandırılan etki

ortaya çıkmış olacaktır (Druckman ve Jackson, 2016: 193-194). Dolaylı rebound etkisinin yönü ve büyüklüğü, enerji verimliliği olan ürün ile tüketilen diğer ürünler arasındaki enerji yoğunluğunun farkına bağlıdır (Gillingham vd., 2015: 9). Belirtilen açıklamalara göre, herhangi bir ürünün enerji verimliliğinde meydana gelen bir artış, diğer ürünlere olan talebi dolayısıyla da bu ürünlerin üretilmesi için ihtiyaç duyulan enerji talebini artırmakta ve dolaylı olarak enerji tüketimini yükseltmektedir.

### 3.3. Ekonomi Yanlı Rebound Etkisi

Gossart (2014) ekonomi yanlı rebound etkisinin, enerji fiyatları ve maliyetlerindeki azalışların üretim sürecinde kullanılan ara ve nihai malların fiyatlarında bir azalışa neden olduğu zamanlarda ortaya çıktığını ve bu sayede gerek üretim faaliyetlerinde gerekse de tüketim kalıplarında yapısal değişikliklere neden olduğunu ifade etmektedir. Ekonomi yanlı rebound etkisi, enerji fiyatlarındaki azalışların neden olduğu enerji tüketimi, ekonomik yapıdaki değişiklikler, ekonomik rekabet gibi makroekonomik etkilerin yanı sıra doğrudan ve dolaylı etkilere sahiptir (Thomas ve Azevedo, 2013: 199-200). Bu tür rebound etkisinde, sadece enerji verimliliği sağlanan ürün ya da sektör ile bağlantılı ürünlerde ya da sektörlerde enerji tüketimi artmamakta, aynı zamanda makro ölçekte ekonominin tüm sektörlerinde üretim artışları gerçekleşmekte ve buna bağlı olarak enerji kullanımında büyük çaplı artışlar meydana gelmektedir. Ekonomi yanlı rebound etkisi söz konusu olduğunda, enerji verimliliğindeki artışlar, üretim ya da tüketim gerçekleştirilirken çok daha az enerjinin kullanılmasına neden olmakta ve enerji tüketimindeki azalışlar, üretim maliyetlerinin azalmasını dolayısıyla da kârlılığın artmasını sağlamaktadır. Sektör kârlılığındaki artışlar ise hem sektöre yeni işletmelerin katılmasını hem de enerjiye dayalı üretim gerçekleştiren endüstrilerin, üretim ölçeklerini genişletmelerine ve dolayısıyla, üretim sürecinde kullanılacak enerji taleplerinin artmasına neden olmaktadır (Zhang vd., 2017: 150). Konu bir örnek yardımı ile incelendiğinde: Tüketicilerin kömür kullanarak ısınma ihtiyaçlarını karşıladıkları bir evde oturduklarını varsayalım. Tüketiciler, ısınma ihtiyaçlarını karşılarken doğal olarak belli bir enerji maliyetine katlanmak zorundadır. Bu tüketicilerin daha sonra evlerine daha temiz, daha sağlıklı ve nispeten daha ucuz olan doğal gaz sistemini monte ettirdiğini kabul edelim. Doğal gaz kullanımına başladıktan sonra bu evde yaşayan tüketiciler, artık daha az enerji maliyetine katlanmak zorunda olacaktır ve eski duruma kıyasla bir miktar enerji tasarrufu gerçekleşecektir. Bu evde yaşayan tüketiciler, elde edecekleri tasarrufları biriktirerek belli bir süre sonra evlerine güzel bir mobilya takımı yaptırabilir ya da beyaz eşya satın alabilirler. Dolayısıyla enerji tasarrufu sonucu elde edilen kaynaklar, diğer sektörlerin

üretimini uyarmakta, mobilya sektörü ya da beyaz eşya sektörü gibi diğer sektörler için ürünlerin talebini artırmakta, böylece bu sektörlerde kullanılan enerji tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Enerji verimliliğindeki artışlara bağlı olarak, çok daha az enerji kullanılmakta ve enerji tüketimi azalmakta, sonuçta ise tüketim (üretim) maliyetleri düşmektedir. Bu noktadan sonra üreticiler ve tüketiciler açısından olaya ayrı ayrı bakmakta fayda vardır. Tüketim maliyetlerindeki azalışlar tasarrufları artırmakta, tasarruflar diğer sektörlerde üretilen malların talebi için kullanılmakta, dolayısıyla diğer sektörlerdeki üretim miktarı ve bu üretim için ihtiyaç duyulan enerji talebi (miktarı) artmaktadır. Bu doğrultuda, rebound etkisi bütün ekonomiyi etkileyen bir mekanizma işlevi görmektedir.

#### **4. ENERJİ VERİMLİLİĞİ İLE ENERJİ TÜKETİMİ ARASINDAKİ İLİŞKİ**

Enerji faktörü, ülkeler açısından sürdürülebilir ekonomik kalkınmanın temel unsurlarından biridir. Bu nedenle, bir ülkenin yeterli enerji kaynaklarına ya da enerji üretiminde kullanılan teknolojiye sahip olması, o ülkenin diğer ülkeler karşısında önemli ekonomik üstünlükler elde etmesine ve ilerlemesine olanak sağlamaktadır. Özellikle, sanayi sektöründe yoğun bir şekilde kullanılan enerji faktörü, temini zor ve oldukça maliyetli bir üretim faktörüdür. Bu nedenle, teknolojik gelişmelerden de yoğun bir şekilde yararlanarak enerji faktörünün en verimli şekilde kullanılmasına özen gösterilmesi gerekmektedir. Ayrıca, yeni teknolojilerin, sadece mevcut enerji kaynaklarının verimli bir şekilde kullanımı için değil, aynı zamanda yeni enerji kaynaklarının bulunması için de kullanımı büyük önem taşımaktadır. Günümüz dünyasında enerji talebinin yaklaşık %95'lik kısmı, fosil yakıtlar, nükleer enerji ve hidrolik enerjiden karşılanmaktadır. Bu nedenle yoğun bir şekilde kullanılan söz konusu enerji kaynaklarının gelecek yarım asırda tükenebileceği gerçeği göz önünde bulundurulmalıdır (Adaçay, 2014: 89). Özellikle, yenilenme süreci oldukça uzun süre alan fosil yakıtların gerek sanayi üretiminde gerekse de nihai mal olarak tüketim sürecinde yoğun bir şekilde kullanılması kullanım sınırına yaklaşılmasına neden olmuştur. Diğer taraftan bakıldığında ise, bir çözüm önerisi olarak yenilenebilir kaynaklara yönelmenin olumlu sonuçlar doğurabileceği konusunda geniş bir konsensüs bulunmaktadır. Ancak, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yapılan yatırımların yüksek maliyetli olması ve bünyesinde birtakım riskleri barındırması, bu enerji kaynaklarına yapılacak olan yatırımların iktisadi açıdan kârlı bir yatırım olarak kabul edilememesine neden olmaktadır (Yakıcı Ayan ve Pabuçcu, 2013: 94). Bu nedenle, mevcut fosil yakıtların verimli bir şekilde kullanımı büyük önem taşımaktadır ve teknoloji alanında yaşanan gelişmeler enerji kaynaklarının verimli kullanımı açısından son derece önemlidir.

Bu bağlamda, hem mevcut enerji kaynaklarının miktarının azalması hem de yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimine yönelik yatırımların büyük sermayeler gerektirmesi, enerji verimliliğini artırmaya yönelik yatırımların yapılmasını zorunlu hale getirmiş ve bu doğrultuda teknolojik yatırımlara ağırlık verilmiştir. Enerji verimliliğinin önemli göstergelerinden birisini, enerji yoğunluğundaki azalmalar oluşturmaktadır. Enerji yoğunluğu, bir birim hâsılayı üretmek için eskiye oranla daha az enerji kullanımı anlamına gelmektedir. Enerji yoğunluğunda meydana gelen değişmeler, enerji verimliliğinin en önemli göstergelerinden birini teşkil etmektedir. Enerji tüketiminin GSYH'ye oranı olarak da ifade edilebilen enerji yoğunluğu ile bir birim hâsıla elde edebilmek için ne kadar enerji kullanılması gerektiği ifade edilmektedir (Ulucak ve Koçak, 2018: 2). Bir birim üretim için ihtiyaç duyulan enerji miktarını açıklayan enerji yoğunluğu, gelişmekte olan ülkelerde gelişmiş ülkelere kıyasla daha yüksektir. Böyle bir sonuç, gelişmekte olan ülkelerde enerji verimliliğinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır (Saatçioğlu ve Küçükaksoy, 2004). Bu nedenle, üretim faaliyetleri gerçekleştirilirken enerji yoğunluğunun azaltılmasına, dolayısıyla da enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik çalışmalara ağırlık verilmelidir. Enerji verimliliğinin artırılması sayesinde, enerji yoğunluğu azaltılabilecek ve çok daha az bir enerji kullanarak üretim gerçekleştirilebilecektir. Daha az enerji kullanımı ise, hem enerji tasarrufuna hem de daha az enerji kullanıldığı için parasal tasarrufa olanak tanıyabilecektir. Ancak, uygulamada her zaman beklenen sonuçlar ile karşılaşmamaktadır. Bir diğer ifadeyle, enerji verimliliğindeki artışlar her zaman enerji tasarrufuna imkân sağlayamamaktadır.

## 5. LİTERATÜR SEÇKİSİ

Sanayinin en önemli girdilerinden biri olan enerji faktörünün verimliliği ile kullanılan miktarı arasındaki ilişkileri açıklayan rebound etkisi, gelişmiş ve gelişmekte olan ülke ekonomileri açısından önemli bir inceleme konusu haline gelmiştir. Rebound etkisini açıklamaya yönelik olarak yapılmış araştırmaların incelenmesine dayalı güncel literatür seçkisine aşağıda yer verilmiştir.

Sorrell vd. (2009) tarafından doğrudan rebound etkisinin tahmin edilmesine yönelik olarak hem teorik hem de metodolojik bir bakış açısı sunmak ve deneysel tahminleri özetlemek amacıyla panel veri analizi yöntemi kullanılarak hazırlanmış olan çalışmada, hane halkı enerji hizmetlerine odaklanılmıştır. Yapılan analizde, OECD ülkelerinde hane halkı enerji hizmetleri için doğrudan rebound etkisinin ağırlıklı olarak %30'dan az olduğu sonucuna varılmıştır.



Turner (2009) tarafından İngiltere için enerji verimliliğinde meydana gelen artışların rebound etkisini tespit etmek amacıyla yapılan çalışmada, hesaplanabilir genel denge analizi yöntemi kullanılmıştır. Analiz bulgularında, doğrudan ya da dolaylı enerji taleplerinin çok esnek olmadığı durumlarda bile rebound etkisi açısından olumlu bir sonucun elde edildiğine; rebound etkisinin enerji talebini artırdığı, ancak enerji talebindeki bu artışların düşen enerji fiyatlarının bir sonucu olarak ortaya çıkan negatif gelir, rekabet edilebilirlik ve yatırım indirimleri sayesinde tamamen ya da kısmen dengelendiği sonuçlarına ulaşılmıştır.

Ouyang vd. (2010) hane halkı enerji verimliliğine ilişkin olarak rebound etkisinin, enerji talebi üzerindeki olumsuz etkisini incelemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada, panel veri metodolojisini izlemişlerdir. Sonuçlarda, Çin'de en az %30 seviyesinde gerçekleşen rebound etkisinin, toplam enerji talebini etkileyerek enerji tüketim düzeyini artırdığı tespit edilmiştir.

Lin ve Liu (2012) Çin ekonomisinde teknolojik ilerlemenin, ekonomik büyümeye katkısını tahmin etmek amacıyla yaptıkları çalışmalarında, Malmquist endeksini kullanmışlardır. Ampirik analizde, 1981-2009 döneminde teknolojideki gelişmelerden kaynaklanan rebound etkisinin %53,2 oranında gerçekleştiği, bir diğer ifadeyle incelenen dönemde teknolojide meydana gelen gelişmelerin enerji tüketimini %53,2 oranında artırdığı temel sonucuna ulaşmışlardır.

Evans ve Schafer (2013) çalışmalarında, ABD için havacılık sektöründe rebound etkisinin söz konusu olup olmadığını tespit etmek amacıyla yatay kesit analizi yöntemini kullanmışlardır. Yapılan analiz neticesinde, yakıt tasarruflu hava araçlarının hava ulaşımına olan talebi artırdığını ve rebound etkisinin %19 oranında gerçekleştiğini tespit etmişlerdir.

Saunders (2013) yapmış olduğu çalışmasında, ABD'de faaliyette bulunan 30 sektöre yönelik olarak rebound etkisinin varlığını panel veri analizi yöntemiyle incelemiştir. Analiz bulguları, ülkede faaliyette bulunan 30 sektörde rebound etkisinin istatistiki açıdan anlamlı olduğu, ancak bireysel sektörler bazında bir inceleme yapıldığında rebound etkisinin artan ya da azalan bir eğilim sergilediği sonuçlarını göstermiştir.

Wang vd. (2014) kentsel konutlardaki elektrik kullanımının doğrudan rebound etkisini ampirik olarak incelemek amacıyla hazırlamış oldukları çalışmalarında, Çin'deki 30 eyaletin 1996-2010 dönemine ait verilerinden yararlanarak panel eşbütünleşme ve hata düzeltme modelini kullanarak analiz gerçekleştirmişlerdir. Yapılan analizlerin sonuçlarında, kentsel

konut elektrik tüketiminde belirgin bir rebound etkisinin bulunduğu; uzun vadeli rebound etkisinin %74, kısa vadeli rebound etkisinin ise %72 oranında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Orea vd. (2015) 1995-2011 döneminde ABD’de yer alan 48 eyalette konutların toplam enerji talep fonksiyonunu tahmin etmek amacıyla hazırladıkları ampirik çalışmada, panel veri seti kullanmışlardır. Analiz neticesinde, rebound etkisinin ortalama değerlerinin %56-80 bant aralığında olduğunun bilgisine ulaşılmıştır.

Broberg vd. (2015) yaptıkları çalışmada, İsveç’te endüstriyel enerji kullanımındaki artan verimlilik nedeniyle ortaya çıkan rebound etkisini analiz etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar, ekonomi yanlı rebound etkisinin enerji verimliliğindeki artışın derecesi, iş gücü piyasasının yapısı ve enerji verimliliğindeki artışın maliyet yaratıp yaratmadığı gibi pek çok faktöre bağlı olduğunu göstermiştir. Ayrıca, enerji verimliliğinde meydana gelen %5’lik bir artışın ardından gerçekleşen rebound etkisinin %40-70 aralığında olduğu görülmüştür.

Topallı ve Buluş (2016) çalışmalarında, rebound etkisi ile ilgili olarak gerek teorik ve gerekse de ampirik literatürü detaylı bir şekilde inceleyerek, Türkiye’de gelişim gösteren enerji verimliliğinin enerji tüketimi üzerindeki etkilerini zaman serisi metodjisi ile analiz etmişlerdir. Yapılan ampirik analiz neticesinde, enerji etkinliğindeki gelişmelere bağlı olarak ortaya çıkan rebound etkisinin, Türkiye’de çok önemli boyutlarda olmadığı; hane halkı elektrik tüketimindeki rebound etkisinin %18 olarak gerçekleştiği sonuçlarına ulaşılmıştır.

Zhang ve Peng (2016) 2000-2013 döneminde Çin’deki 29 ilden elde edilen verilere dayanarak konut elektrik tüketiminin farklı senaryolar altında doğrudan rebound etkisini araştırmak için hazırladıkları çalışmada, panel eşik modelini kullanmışlardır. Analiz sonuçları, konut elektrik tüketiminde doğrudan rebound etkisinin ortalama %71.53 olarak gerçekleştiğini ve kişi başına düşen GSYH’deki artış ile yağışlardaki azalışların doğrudan rebound etkisinin azalmasına neden olduğunu göstermiştir.

Shahbaz vd. (2017) çalışmalarında, 1972-2011 dönemine ait çeyreklik veri seti ile Pakistan’da nüfus, teknolojik gelişme ve refahın enerji talebi üzerindeki etkisini zaman serisi analiz yöntemi ile araştırmışlardır. Araştırma bulgularında, teknolojik gelişmelerin enerji talebi üzerinde pozitif bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu sonuç, belirtilen dönem aralığında Pakistan için rebound etkisi hipotezinin desteklendiğini belirtmiştir.

Zhang vd. (2017) 2001-2012 döneminde Çin’deki özel otomobillerin CO<sub>2</sub> açısından rebound etkisini tahmin etmek amacıyla hazırladıkları araştırmalarında, öncelikle iki aşamalı yaklaşık ideal talep, ardından etki faktörlerini analiz etmek için panel veri modelinden

faydalanmışlardır. Analiz sonuçları, Çin'deki özel otomobillerin CO<sub>2</sub> salınımlarının süper koruma etkisine, kısmi rebound etkisine ve geri tepme etkisine sahip olduğunu; özel otomobillerin toplam CO<sub>2</sub> rebound etkisinin zaman içinde genel bir yakınlaşma eğilimi gösterdiğini; hane halkı harcamaları ve nüfus yoğunluğunun, özel otomobiller ile bağlantılı olarak toplam CO<sub>2</sub> rebound etkisi üzerinde hem negatif hem de pozitif etkiler yarattığını ortaya koymuştur.

Belaïda vd. (2018) Fransa'da konut gazı tüketimi açısından rebound etkisinin büyüklüğünü tahmin etmek amacıyla yapmış oldukları çalışmada, 1983-2015 dönemine ait yıllık verilerden yararlanarak zaman serisi analizi yapmışlardır. Elde edilen ampirik bulgular, modelde kullanılan değişkenlerin eşbütünleşik olduğunu; konut gazı kullanımında net bir şekilde rebound etkisinin bulunduğunu; konut gazı talebindeki doğrudan rebound etkisinin kısa vadede yaklaşık %53, uzun vadede ise yaklaşık %60 gerçekleştiğini göstermiştir.

Akıncı vd. (2018) çalışmalarında, rebound etkisinin enflasyon, cari işlemler açığı, enerji üretimi, enerji tasarrufu, enerji tüketimi ve enerji ithalatı açısından Türkiye ekonomisi için geçerliliğini, 1967-2015 dönemi içerisinde zaman serisi analizini kullanarak incelemişlerdir. Yapılan analizde, rebound etkisinin incelenen dönem içerisinde Türkiye ekonomisi için geçerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Kılıçarslan ve Dumrul (2019) 2000-2015 döneminde seçilmiş Avrupa ülkeleri ve Türkiye'den oluşan 23 ülkenin enerji verimliliğinde meydana gelen değişmelerin enerji tüketimi üzerindeki etkisini incelemek amacıyla hazırladıkları çalışmada, panel eşbütünleşme yöntemini kullanmışlardır. Bulgularda, ele alınan ülkelerde enerji verimliliğinde meydana gelen artışların, enerji tüketiminde azalışa yol açması nedeniyle rebound etkisinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Du vd. (2019) tarafından Çin inşaat sektöründe kullanılan kömür, petrol, doğal gaz ve elektrik enerjisi gibi enerji kaynaklarının neden olduğu rebound etkisini incelemek amacıyla yapılan çalışmada, statik hesaplanabilir genel denge modeli kullanılmıştır. Analiz sonuçlarında, en yüksek rebound etkisinin ortalama %99,20 oranı ile doğal gaz; en düşük rebound etkisinin ise ortalama %83,47 oranı ile elektrik verimliliğinde gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Yang vd. (2019) çalışmalarında, 1996-2014 döneminde Çin'deki 29 ilin panel verilerine dayanarak kentsel hane halkı enerji kullanımının uzun ve kısa vadeli doğrudan rebound etkisini ölçmek için hata düzeltme modelini uygulamışlardır. Sonuçlar, kentsel hane

halkı enerji kullanımının doğrudan geri tepme etkisinin uzun vadede %45, kısa vadede %20 olduğunu; geçmiş enerji verimliliği iyileştirme politikalarının etkinliğini, ülkenin doğu, orta ve batı bölgesinde rebound etkisinin, sırasıyla, uzun dönemde %46, %26 ve %89, kısa dönemde ise %35, %17 ve %78 olduğunu göstermiştir.

## 6. AMPİRİK ANALİZ

### 6.1. Veri Seti ve Özellikleri

Bu araştırmanın amacı, 1995-2015 döneminde OECD ülkelerinde rebound etkisinin geçerli olup olmadığını incelemektir. Amaç kapsamında, panel eşbütünleşme modelini yansıtan denklik aşağıdaki şekilde kurulmuştur:

$$EK_{it} = \beta_{0it} + \beta_{1it}EY_{it} + \beta_{2it}GSYH_{it} + \beta_{3it}N_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6.1)$$

Modelde yer alan değişkenlerden  $EK$ , enerji kullanımını (kişi başına petrol eşdeğeri, kg);  $EY$ , birincil enerji yoğunluğunu (2011\$ satın alma gücü paritesi, GSYH);  $GSYH$ , gayri safi yurtiçi hasılayı (cari ABD\$);  $N$ , kentsel nüfusu (toplam);  $\beta_0$ , sabit parametreyi;  $\beta_1, \beta_2$  ve  $\beta_3$ , bağımsız değişkenlerin katsayılarını,  $\varepsilon$  ise hata terimini simgelemektedir.

Alt simge  $i$ , 36 OECD ülkesini oluşturan Avusturya, Belçika, Almanya, Avusturalya, ABD, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Fransa, Danimarka, Hollanda, Finlandiya, İrlanda, İngiltere, İsrail, İzlanda, İtalya, İsveç, İspanya, İsviçre, Kanada, Japonya, Kore, Letonya, Lüksemburg, Litvanya, Macaristan, Norveç, Polonya, Meksika, Slovenya, Slovak Cumhuriyeti, Portekiz, Şili, Yeni Zelanda, Türkiye ve Yunanistan örneklem kümesini;  $t$  ise 1995-2015 dönem aralığını göstermektedir.

$n = 36$  ve  $T = 21$  olmak üzere,  $N = 756$  model boyutuna sahip dengeli panel veri modeli içerisinde yer alan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 1 içerisinde özetlenmektedir.

**Tablo 1.** Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	Gözlem Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
$ln_{ek}$	756	8.2147	0.4878	6.959	9.808
$ln_{ey}$	756	1.6293	0.3643	0.667	2.956
$ln_{gsyh}$	756	26.3366	1.6994	22.1988	30.5335
$lnn$	756	16.0250	1.5472	12.4093	19.3836

Değişkenlere ait veri setlerine, Dünya Bankası'nın Dünya Gelişme Göstergeleri web sayfasından ulaşılmıştır. Analize ait işlemler, EViews ile Stata ekonometri programları içerisinde yer alan işlevler sayesinde gerçekleştirilmiştir.

## 6.2. Metodoloji

Panel eşbütünleşme metodolojisi izlenerek yapılan bu araştırmada, çözümlene işlemlerinden önce tüm değişkenlerin logaritmaları alınmıştır. Logaritma alma işlemi, değişkenler arasındaki ilişki belirlenirken doğrusal olarak sapmasız bir analiz yapmak için gereklidir. Araştırmanın analiz kısmında serilere öncelikle yatay kesit bağımlılığı (cross-sectional dependence/CD), ardından birim kök testleri uygulanmıştır. Akademik literatürde sık kullanıma sahip olması nedeniyle, yatay kesit bağımlılığı ya da birimler arası korelasyon ile birim kök testlerine ilişkin metodoloji hakkında bilgilendirmeye ihtiyaç duyulmamıştır.

Analizin bir sonraki aşamasında, değişkenler arasındaki olası bir ilişki için Pedroni panel eşbütünleşme metodolojisi izlenmiştir. Pedroni eşbütünleşme testi, Engle-Granger iki aşamalı (artıklara dayalı) eşbütünleşme testine dayanmaktadır. Engle-Granger (1987) eşbütünleşme testinde,  $I(1)$  değişkenleri kullanılarak gerçekleştirilen sahte bir regresyonun kalıntıları incelenmektedir. Değişkenler eşbütünleşme ilişkisi içerisinde ise, artıklar  $I(0)$ ; aksi takdirde değişkenler  $I(1)$  olmaktadır. Pedroni (1999, 2004), Engle-Granger çerçevesini panel verilerini içeren testler için genişletmiştir. Pedroni panel eşbütünleşme testinde, uzun dönemli varyansın hem parametrik hem de parametrik olmayan çekirdek tahmini kullanılmaktadır.

Pedroni, eşbütünleşme ilişkisi için heterojen etkileşimlere ve enine kesitlerde eğilim katsayılarına izin veren birkaç test önermiştir. Aşağıdaki gibi bir regresyon yazıldığında:

$$y_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \beta_{1i}\pi_{1i,t} + \beta_{2i}\pi_{2i,t} + \dots + \beta_{Mi}\pi_{Mi,t} + e_{i,t} \quad (6.2)$$

$$t = 1, \dots, T; i = 1, \dots, N; m = 1, \dots, M$$

Regresyondaki  $y$  ve  $\pi$ 'nin birinci mertebeden  $I(1)$  eşbütünleşmeye sahip olduğu varsayılmaktadır.  $\alpha_i$  ve  $\delta_i$  parametreleri, birim ve trend etkilerini belirtmektedir.

Eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını açıklayan  $H_0$  yokluk hipotezi altında, artıklar ( $e_{i,t}$ )  $I(1)$  olmaktadır. Genel yaklaşım, öncelikle Denklem (6.2)'den artıkları elde etmek, sonrasında ise artıkların  $I(1)$  olup olmadığını test etmektir. Her bir yatay kesit birimi için:

$$e_{i,t} = \rho_i e_{i,t-1} + u_{i,t} \quad (6.3)$$

$$e_{i,t} = \rho_i e_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{\rho_i} \Psi_{ij} \Delta e_{i,t-j} + v_{i,t} \quad (6.4)$$

Pedroni, panel eşbütünleşme olmadığını belirten  $H_0$  hipotezi için istatistik oluşturma metotlarını açıklar ( $\rho_i = 1$ ). Burada iki alternatif hipotez söz konusudur:

1.  $\rho_i = \rho < 1$  boyut içi veya panel istatistik testinin ifade edildiği tüm  $i$ 'ler için homojen alternatif,
2.  $\rho_i < 1$  boyutlar arası veya grup istatistik testi olarak da adlandırılan tüm  $i$ 'ler için heterojen alternatiftir.

Pedroni panel eşbütünleşme istatistiği ( $\mathfrak{N}_{N,T}$ ), Denklem (6.3) veya Denklem (6.4) içerisindeki artıklardan oluşturulmuştur. Farklı  $N$  ve  $T$ 'lerin gücü ve boyutu için değişen derecelerdeki özelliklere sahip, toplam on bir test istatistiği üretilmiştir.

Pedroni, standartlaştırılmış istatistiğin asimptotik olarak normal dağılım sergilediğini göstermektedir:

$$\frac{\mathfrak{N}_{N,T} - \mu\sqrt{N}}{\sqrt{v}} \Rightarrow N(0,1) \quad (6.5)$$

Denklemdaki  $\mu$  ve  $v$ , Monte Carlo tarafından uyum terimleridir.

### 6.3. Bulgular

Panel eşbütünleşme analizinin ilk aşamasında, sahte regresyon problemini önlemek amacıyla serilerin durağanlık derecelerini belirlemek için panel birim kök sınamaları yapılmıştır. Birim kök sınamalarından önce birimler arası eş zamanlı korelasyonun bilgisini veren yatay kesit bağımlılığı test edilmiştir. Modelin  $n = 36$  ve  $T = 21$  yapısı dikkate alındığında,  $n > T$  koşulunu yerine getiren Bias-corrected LM ve Pesaran CD yatay kesit bağımlılığı bulguları Tablo 2 içerisinde raporlanmaktadır.

**Tablo 2.** Yatay-Kesit Bağımlılığı Sınama Bulguları

Değişken	Test	İstatistik Değeri
<i>lnek</i>	Bias-corrected scaled LM	94.7017 <sup>a</sup>
	Pesaran CD	24.8457 <sup>a</sup>
<i>lney</i>	Bias-corrected scaled LM	239.3118 <sup>a</sup>
	Pesaran CD	84.6556 <sup>a</sup>
<i>lngsyh</i>	Bias-corrected scaled LM	298.1185 <sup>a</sup>
	Pesaran CD	105.3670 <sup>a</sup>
<i>lnn</i>	Bias-corrected scaled LM	287.8492 <sup>a</sup>
	Pesaran CD	48.7838 <sup>a</sup>

Not: a notasyonu, olasılık değerleri için  $H_0$  yokluk hipotezinin reddedildiğini göstermektedir.

Birimler arası yatay kesit bağımlılığının olmaması durumunda, uygun birim kök testleri olarak 1. kuşak birim kök sınamalarının yapılmasına karar verilmiştir. Birimler arasında heterojenliğe izin vermesi nedeniyle daha güçlü bulgulara ulaşılabilmesi için 1. kuşak birim kök sınamalarından 2. grup testleri içerisine dâhil olan Im, Pesaran, Shin (IPS) ile Fisher Phillips-Perron (Fisher PP) testleri uygulanmıştır.

**Tablo 3.** Birim Kök Sınama Bulguları

Değişken	IPSc	IPSc&T	Fisher PP <sub>C</sub>	Fisher PP <sub>C&amp;T</sub>	Sonuç
<i>ln<sub>ek</sub></i>	4.04	3.05	1.59	0.74	<i>I</i> = (1)
<i>Δln<sub>ek</sub></i>	-10.04*	-9.47*	-19.42*	-17.64*	
<i>ln<sub>ey</sub></i>	5.07	-1.60**	7.78	-1.03	<i>I</i> = (1)
<i>Δln<sub>ey</sub></i>	-10.72*	-7.66*	-20.99*	-15.65*	
<i>ln<sub>gsyh</sub></i>	2.02	3.30	2.88	5.99	<i>I</i> = (1)
<i>Δln<sub>gsyh</sub></i>	-6.88*	-3.13*	-8.33*	-4.13*	
<i>ln<sub>n</sub></i>	5.08	-4.00*	6.13	3.86	<i>I</i> = (1)
<i>Δln<sub>n</sub></i>	-4.35*	-4.16*	-0.49	0.83	

Not: \* ve \*\* simgeleri, sırasıyla, 0.01 ve 0.10 düzeylerindeki anlamlılığı; C simgesi kesme terimli, C&T simgesi ise kesme terimli-trendli modelleri ifade etmektedir. Gecikme değerleri, Schwartz bilgi ölçütüne göre otomatik seçilmiştir.

IPS ve Fisher PP birim kök sınama bulguları, kesme terimli ve kesme terimli-trend içeren modeller için tahmin edilmiştir. Tablo 3 incelendiğinde; bulguların değişkenlerin 1. fark düzeylerinde *I* = (1) durağan olduklarını açıkladığı görülmektedir.

Analizin ikinci aşamasında, değişkenler arasında olası bir ilişimin kanıtlarını sunan Pedroni panel eşbütünlük testi yapılmış ve bulgular Tablo 4 içerisinde gösterilmiştir. Tablo 4'te yer alan grup içi ve gruplar arası t-istatistikleri ile olasılık değerleri, modele dâhil edilen değişkenler arasında ilişkinin bulunduğunu ifade etmektedir. Bu bağlamda, model içerisine yer alan enerji kullanımı, enerji yoğunluğu, GSYH ve kentsel nüfus değişkenleri arasında eşbütünlük ilişkisinin bulunduğunu söylemek mümkündür.



**Tablo 4.** Pedroni Eşbütünleşme Sınama Bulguları

Grup içi	t-ist.	p-değeri	Ağırlıklandırılmış t-ist.	p-değeri
Panel v-istatistiği	-1.0616	0.8558	-0.6618	0.7460
Panel rho-istatistiği	2.4980	0.9938	1.8103	0.9649
Panel PP-istatistiği	-1.3906	0.0822***	-2.4528	0.0071
Panel ADF-istatistiği	-1.9120	0.0279**	-2.8477	0.0022
Gruplar arası	t-ist.	p-değeri		
Grup rho- istatistiği	3.888311	0.9999		
Grup PP- istatistiği	-2.933696	0.0017*		
Grup ADF- istatistiği	-5.162848	0.0000*		
NOT: *, ** ve *** notasyonları, sırasıyla, 0.01, 0.05, 0.10 anlam düzeylerine; p simgesi ise, olasılık değerine işaret etmektedir.				

Grup içi ve gruplar arası ADF ve PP t-istatistik değerlerine göre  $H_0$  temel hipotezinin reddedildiği durumda, ulaşılan sınama bulgusu doğrultusunda değişkenlere ait uzun dönem katsayıların bilgisine ulaşabilmek amacıyla Pedroni (2000) tarafından geliştirilen panel FMOLS (Tamamen Değiştirilmiş Sıradan En Küçük Kareler) analizi yapılmıştır.

**Tablo 5.** Panel FMOLS Sınama Sonuçları

Değişken	Katsayılar	Standart Hata	t-ist	p-değeri
<i>ln<sub>ey</sub></i>	0.6824*	0.0365	18.6738	0.0000
<i>ln<sub>syh</sub></i>	0.2722*	0.0147	18.5136	0.0000
<i>ln<sub>n</sub></i>	-0.4063*	0.0610	-6.65111	0.0000
$R^2$	0.98			
$\bar{R}^2$	0.98			
Not: * notasyonu, katsayıların 0.01 düzeyindeki anlamlılığı açıklamaktadır.				

Tablo 5 içerisinde yer alan  $R^2$  belirginlik katsayısı, enerji kullanımındaki değişimin bağımsız değişkenler tarafından yaklaşık %98 oranında açıklandığını; p-olasılık değeri ise aralarında eşbütünleşme ilişkisi bulunan değişkenlerin uzun dönemli katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ifade etmektedir. Bu doğrultuda katsayı tablosu, enerji yoğunluğunun ve GSYH'nin, enerji kullanımını artırdığını; kentsel nüfusun ise, enerji kullanımını azalttığını göstermektedir.

Bulgulardan ulaşılan sonuçlara dayanarak kurulan vektör, tüm katsayıların 0.01 kritik düzeyinde istatistiksel anlamlılık altında aşağıdaki denkliği yansıtmaktadır:

$$EK_{it} = 0.682EY_{it} + 0.272GSYH_{it} - 0.406N_{it} \quad (6.6)$$

Kurulan model tam logaritmik yapıda olduğu için, tahminler elastikiyet göstermektedir. Buna göre,  $lney$  ve  $gsyh$  değişkenleri %1 arttığında, sırasıyla  $lnek$  değişkeni yaklaşık %0,68 ve %0,27 artmakta;  $lnn$  değişkeni %1 arttığında ise,  $lnek$  yaklaşık %0.40 azalmaktadır. Bununla birlikte, enerji kullanımını açıklayan en güçlü parametrenin enerji yoğunluğu olduğu gözlemlenmektedir.

## 7. SONUÇ VE POLİTİKA ÖNERİLERİ

Bu araştırmada, 1995-2015 dönem aralığı içerisinde OECD ülkelerinde rebound etkisinin geçerli olup olmadığı analiz edilmiştir. Bu kapsamda, enerji yoğunluğu, GSYH ve kentsel nüfusun, enerji kullanımı üzerindeki etkisi yatay kesit bağımlılığı, birim kök sınamaları, Pedroni eşbütünleşme ve FMOLS metodolojileri kullanılarak incelenmiştir.

Elde edilen bulgular bütünsel olarak ele alındığında, birincil enerji yoğunluğundaki artışların, enerji kullanımını artırdığı; ekonomik büyümenin enerji kullanımında artışlara neden olduğu; kentleşme oranındaki yükselmenin, enerji kullanımını azalttığı sonuçlarına ulaşılmıştır. Sonuç doğrultusunda, enerji kullanımındaki artışların enerji yoğunluğundaki artış aracılığıyla enerji verimliliğini azaltması ve bu nedenle de aynı miktar üretimi ya da tüketimi gerçekleştirmek için daha çok enerjiye ihtiyaç duyulması nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir. Bu kapsamda, 1995-2015 dönem aralığında incelenen örneklem kümesi kapsamında, iktisat literatüründe enerji yoğunluğundaki azalışlara bağlı olarak ortaya çıkan enerji verimliliğindeki artışların, piyasada fiyat mekanizması aracılığıyla enerji kullanımında neden olduğu artış yönlü eğilimi açıklayan rebound etkisinin geçerli olmadığı söylenmektedir. Bununla birlikte, daha yüksek gelir düzeyine sahip ülkelerin enerji taleplerinin yoğun olması, kuramsal açıklamaları karşılamaktadır. Kentsel nüfus artışının enerji kullanımını azaltması

ise, toplumsal bilinç düzeyi ve farkındalığın yüksek olması durumunda, enerji-tasarrufuna yönelik iyileştirmeler kapsamında değerlendirilmektedir.

Enerji, büyüme ve nüfus parametreleri arasındaki etkileşimde, geri-bildirim mekanizmasının işlediği bilinmektedir. Bu doğrultuda enerji kullanımı; enerji yoğunluğu, büyüme ve kentsel nüfus tarafından yönlendirilmektedir. Dolayısıyla, gelecek projeksiyonların belirlenmesinde söz konusu faktörlere dayalı olarak simülasyonların yapılmasına salık verilmektedir. Ele alınan örneklem kümesi ölçeğinde, enerji-büyüme-nüfus politikalarının belirlenmesi, politika çıktılarına ait olası önlemlerin tasarlanması ve geri-bildirim mekanizmalarının değerlendirilmesine ilişkin kararlar, makro iktisadi politika hedefleri ile birlikte tutarlı, gerçekçi ve kontrol edilebilir çıktı sağlayabilen analizler ve araçlarla desteklenmelidir.

## KAYNAKÇA

Adaçay, F. R. (2014). Türkiye İçin Enerji ve Kalkınmada Perspektifler. Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 6(2): 87-103.

Akıncı, M., Sevinç, H. ve Yılmaz, Ö. (2018). Jevons Paradoksu: Enerji Etkinliği ve Rebound Etkisi Üzerine Ekonometrik Bir Analiz. Fiscoeconomia, 2(1): 77-98.

Belaïda, F., Bakaloglou, S. and Roubaud, D. (2018). Direct Rebound Effect of Residential Gas Demand: Empirical Evidence From France. Energy Policy, (115): 23-31.

Bilgili, F., Koçak, E., Bulut, Ü. and Kuşkaya, S. (2017). Can Biomass Energy Be An Efficient Policy Tool For Sustainable Development?. Renewable and Sustainable Energy Reviews, (71): 830-845.

Broberg, T., Berg, C. and Samakovlis, E. (2015). The Economy-Wide Rebound Effect From Improved Energy Efficiency in Swedish Industries-A General Equilibrium Analysis. Energy Policy, (83): 26-37.

Buluş, A. and Topallı, N. (2011). Energy Efficiency and Rebound Effect: Does Energy Efficiency Save Energy?. Energy and Power Engineering, (3): 355-360.

Çalışkan, Ş. (2009). Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılık ve Enerji Arz Güvenliği Sorunu. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, (25): 297-310.

Druckman, A. and Jackson, T. (2016). Understanding Households as Drivers of Carbon Emissions, in: Taking Stock of Industrial Ecology, p. 181-203, Eds. R. Clift and A. Druckman, Springer, Cham.

Du, Q., Li, Z., Li, Y., Bai, L., Li, J. and Han, X. (2019). Rebound Effect of Energy Efficiency in China's Construction Industry: A General Equilibrium Analysis. Environmental Science and Pollution Research International, 26(12): 12217-12226.

Engle, R. F. and Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. Econometrica, 55: 251-276.

Evans, A. and Schafer, A. (2013). The Rebound Effect in the Aviation Sector. Energy Economics, 36: 158-165.

Freire-González, J. (2011). Methods to Empirically Estimate Direct and Indirect Rebound Effect of Energy-Saving Technological Changes in Households. Ecological Modelling, (223): 32-40.

Gillingham, K., Rapson, D. and Wagner, G. (2015). The Rebound Effect and Energy Efficiency Policy. Fondazione Eni Enrico Mattei Research Paper Series (FEEM) Working Paper No. 107. pp. 1-38. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2550710>.

Gossart, C. (2014). Rebound Effects and ICT: A Review of the Literature, in: ICT Innovations for Sustainability. Advances in Intelligent Systems and Computing: 310, p. 435-448, Eds. L. M. Hilty, and B. Aebischer, Switzerland: Springer International Publishing.

Kılıçarslan, Z., ve Dumrul, Y. ( 2019). Enerji Rebound Etkisinin Panel Veri Yöntemi İle Analizi. Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, 15(1): 1-13.

Lin, B. and Liu, X. (2012). Dilemma between Economic Development and Energy Conservation: Energy Rebound Effect in China. *Energy*, 45(1): 867-873.

Orea, L., Llorca M. and Filippini, M. (2015). A New Approach to Measuring The Rebound Effect Associated to Energy Efficiency Improvements: An Application To The US Residential Energy Demand. *Energy Economics*, (49): 599-609.

Ouyang, J., Long, E. and Hokao, K. (2010). Rebound Effect in Chinese Household Energy Efficiency and Solution for Mitigating It. *Energy*, 35(12): 5269-5276.

Pedroni, P. (1999). Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61: 653-70.

Pedroni, P. (2000). Fully-Modified OLS for Heterogeneous Cointegrated Panels. *Advances in Econometrics*, (15): 93-130.

Pedroni, P. (2004). Panel Cointegration; Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis. *Econometric Theory*, 20: 597-625.

Saatçioğlu, C. ve Küçükaksoy, İ. (2004). Türkiye Ekonomisinin Enerji Yoğunluğu ve Önemli Enerji Taşıma Projelerinin Ekonomiye Etkisi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (11): 19- 40.

Saunders, H. D. (2013). Historical Evidence for Energy Efficiency Rebound in 30 US Sectors and a Toolkit for Rebound Analysts. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(7): 1317-1330.

Shahbaz, M., Chaudhary, A. R. and Ozturk, I. (2017). Does Urbanization Cause Increasing Energy Demand İn Pakistan? Empirical Evidence From STIRPAT Model. *Energy*, (122): 83-93.

Sorrell, S., Dimitropoulos, J. and Sommerville, M. (2009). Empirical Estimates of the Direct Rebound Effect: A Review. *Energy Policy*, 37(4): 1356-1371.

Thomas, B. A. and Azevedo, I. L. (2013). Estimating Direct and Indirect Rebound Effects for U.S. Households with Input-Output Analysis Part 1: Theoretical Framework. *Ecological Economics* (86): 199-210.

Topallı, N. ve Buluş, A. (2016). The Rebound Effect: Empirical Evidence from Turkey. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(1): 29-38.

Turner, K. (2009). Negative Rebound and Disinvestment Effects in Response to an Improvement in Energy Efficiency in the UK Economy. *Energy Economics*, 31(5): 648-666.

Ulucak, R. ve Koçak E. (2018). Rebound Effect for Energy Consumption: The Case of Turkey. *Econworld-VIII. International Conference on Economics*, pp. 1-10 Amsterdam.

Üçgöl, İ. ve Elibüyük, U. (2015). Yenilenebilir ve Alternatif Enerji Çeşitleri, İçinde: Çevre Eğitimi ve Enerji. ss. 207-208, Ed. A. A. Kocaeren, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Wang, Z., Lu, M., and Wang, J. C. (2014). Direct Rebound Effect on Urban Residential Electricity Use: An Empirical Study in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (30): 124-132.

Wang, Q., Gao, Z., Tang, H., Yuan, X. and Zuo, J. (2018). Exploring the Direct Rebound Effect of Energy Consumption: A Case Study. *Sustainability* 10(259): 1-21.

Yakıcı Ayan, T. ve Pabuçcu, H. (2013). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yatırım Projelerinin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi İle Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3): 89-110.

Yang, Q.-R., Zhang, K., Yuan, X.-X. and Liang Q.-M. (2019). Evaluating the Direct Rebound Effect of China's Urban Household Energy Demand. *Energy Procedia*, 158: 4135-4140.

Zhang, Y. J. and Peng, H-R. (2016). Measuring the Direct Rebound Effect of China's Residential Electricity Consumption. *Energy Procedia*, (104): 305-310.

Zhang, Y. J., Liua, Z., Qin, C. X. and Tan, T. D. (2017). The Direct and Indirect CO<sub>2</sub> Rebound Effect for Private Cars in China. *Energy Policy*, 100: 149-161.

Zink, T. and Geyer, R. (2017). Circular Economy Rebound. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3): 593-602.