

# Malzeme Kuznets Eğrisi Hipotezi Geçerli mi? CIVETS Ülkelerinden Ampirik Kanıtlar

Gizem MUKİYEN AVCI\* 

## ÖZ

Ekonomik büyüme ile çevresel bozulma ilişkisi literatürde genellikle Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezi ile araştırılırken son yıllarda malzeme kullanımını merkeze alan Malzeme Kuznets Eğrisi (MKC) hipotezine dayalı çalışmalara da ilginin arttığı görülmektedir. Bu ilginin odağındaki temel gerekçe çevresel bozulmayı ölçmede malzeme kullanımının CO<sub>2</sub> emisyonlarına kıyasla daha kapsamlı veri içermesidir. EKC hipotezinden türetilen MKC hipotezi de ekonomik büyüme ile çevresel bozulma arasındaki ilişkinin kuadratik formda olduğunu ve ekonomik büyüme ile malzeme kullanımı arasında önce pozitif daha sonra ise negatif yönlü bir ilişkinin bulunduğunu ileri sürmektedir. Bu çalışmada son yıllarda büyüme performanslarıyla gelişen piyasalar olarak öne çıkan CIVETS ülkelerinde MKC hipotezinin geçerliliğinin test edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla diğer çalışmalardan farklı olarak malzeme kullanımını temsilen malzeme ayak izi değişkeni kullanılmıştır. 1975-2019 dönemi için panel eşbütünleşme analizinin gerçekleştirildiği çalışmada elde edilen bulgulara göre i) panel için MKC hipotezi geçerlidir; ii) ülkeler bazında Kolombiya haricinde Endonezya, Güney Afrika, Mısır, Türkiye ve Vietnam'da MKC hipotezi geçerlidir. Ayrıca çalışmada malzeme ayak izini maksimum yapan kişi başı gelir düzeyleri de hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Malzeme Kuznets Eğrisi, Malzeme Ayak İzi, CIVETS Ülkeleri, Panel Eşbütünleşme Analizi.

## Is the Material Kuznets Curve Hypothesis Valid? Empirical Evidence from CIVETS Countries

### ABSTRACT

The Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis is generally employed in the literature to examine the relationship between economic growth and environmental degradation, however there is also growing attraction to studies based on the Material Kuznets Curve (MKC) hypothesis, which focuses on material use. This interest is mainly driven by the fact that considering environmental degradation with more comprehensive information by material use instead of CO<sub>2</sub> emissions. The MKC hypothesis, which was derived from the EKC hypothesis, also claims a quadratic relationship between economic growth and environmental degradation, suggesting that there is initially a positive and then a negative link between economic growth and material use. This study aims to examine the MKC hypothesis' validity for CIVETS countries, which are known as emerging markets thanks to their recent growth performances. Unlike earlier research, this study measures material usage via the material footprint variable. By employing panel cointegration analysis for the period 1975-2019, findings show that i) the MKC hypothesis is valid for the panel; ii) individual basis of countries, the MKC hypothesis is valid for Indonesia, South Africa, Egypt, Turkey, and Vietnam, except for Colombia. Additionally, the study assessed the per capita income levels that maximize the material footprint.

**Keywords:** Material Kuznets Curve, Material Footprint, CIVETS Countries, Panel Cointegration Analysis.

### 1. Giriş

Dünyada nüfusun her geçen gün artış kaydetmesi, üretim ve tüketim eğiliminin yükselmesine neden olmaktadır. Üretim ve tüketim eğilimindeki artış ise nihayetinde dünya malzeme talebini artırmaktadır. Bunun yanı sıra ekonomik büyümeyi hedefleyen ülkelerin iktisadi faaliyetlerinin temelinde genellikle doğal kaynakların, yenilenemeyen ve/veya yenilenebilir enerji kaynakların, maden ve minerallerin yer alması da malzeme tüketim talebinin artış göstermesine yol açmaktadır.

Günümüzde malzeme tüketim talebindeki artışa bağlı olarak doğal kaynakların ve malzemelerin küresel boyutta aşırı kullanımı nedeni ile gelecek nesillerin kaynaklarını tehlikeye atan çevresel bozulmalar yaşanmaktadır. Sınırlı olan kaynakların kullanımındaki sürekli aşım, gıda üretimini tehlikeye atma riskiyle

\* **Corresponding Author/Sorumlu Yazar**, Dr. Öğr. Üyesi/Asst. Prof, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi/Zonguldak Bülent Ecevit University, gmavci@beun.edu.tr  
Makale Gönderim ve Kabul Tarihleri/Article Submission and Acceptance Dates: 29.08.2023-17.12.2023

**Citation/Atf:** Avci, G. M. (2023). Malzeme kuznets eğrisi hipotezi geçerli mi? Civets ülkelerinden ampirik kanıtlar. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 52, 336-351. <https://doi.org/10.52642/susbed.1351678>

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License



birlikte olağandışı sıcak hava dalgaları, orman yangınları, kuraklık ve sel gibi doğa olaylarının normalin üstünde gerçekleşmesine neden olmaktadır. Genel anlamda toprak, hava ve su kirliliği, biyoçeşitlilik kaybı, sera gazı emisyon artışı, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çeşitli çevre sorunları artış göstermektedir (Global Footprint Network, 2023; IPCC, 2023). Çevre sorunlarının ciddi boyutlara ulaşmasına neden olan bu süreç ivedi bir şekilde tüm sektörlerde kaynak verimliliğinin artırılması, israfın azaltılması, malzeme kullanımını etkinliğinin sağlanması ve sürdürülebilir politikaların uygulanmasını gerektirmektedir.

Bu bağlamda öne çıkan dünya ortak planlarından biri, 2030 yılına kadar gezegenin korunması, aşırı yolsuzluğun önlenmesi ve eşitsizliğin azaltılmasına yönelik Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleridir. On yedi hedeften oluşan planın on ikinci hedefi sorumlu tüketim ve üretim ile ilgili olup (SDG, 2023), söz konusu hedef doğrultusunda çevresel bozulmalara karşı küresel boyutta malzeme kullanımının azaltılması ve malzeme ayak izinin (Material Footprint- MF) küçültülmesi son derece önem arz etmektedir.

Biyoyakıt, fosil yakıt, metal cevher ve metal olmayan minerallerin toplamı olan ve nihai tüketim taleplerini karşılamak için çıkarılan toplam ham madde miktarını ifade eden MF, aynı zamanda ekonomik büyümenin desteklenmesi için çevreye uygulanan baskıların da bir göstergesidir. Küresel MF yıllar içinde artış gösteren bir eğilim sergilemiştir. Buna göre 1990 yılında 43 milyar metrik ton iken 2000 yılında 54 milyara ve 2019 yılında da 95,9 milyar metrik tona yükselmiştir. Dolayısıyla MF’de 1990 yılından 2019 yılına yaklaşık yüzde 123 artış yaşanmıştır.

MF ile ilgili iki önemli tespit söz konusudur. Birincisi söz konusu değişkenin nüfus artışından ve ekonomik büyümeden daha hızlı bir artış göstermesidir. İkincisi ise küresel boyutta toplam artışın tutarlı bir seyir izlemesine karşın, bölgesel olarak eşitsizlikler göstermesidir. 2019 yılında Kuzey Afrika ve Batı Asya ile Avrupa ve Amerika’da MF, yerli malzeme tüketiminin üzerinde seyrederken, Latin Amerika, Karayipler ve Sahra altı Afrika’da MF yerli malzeme tüketiminin altında seyretmektedir (The Sustainable Development Goals, 2023, s. 36-37). Benzer bir şekilde 2019 yılında genel olarak yüksek gelirli ülkelerin düşük gelirli ülkeler ile karşılaştırıldığında çok daha fazla çevresel ayak izi bıraktığı görülmektedir. Yüksek gelirli ülkelerde (24 metrik ton) kişi başına MF, düşük gelirli ülkelere (2.5 metrik ton) kıyasla yaklaşık 10 kat daha fazladır (The Sustainable Development Goals, 2023, s. 69). Bu durum ülkeler arası gelir düzeyi ve malzeme tüketim eşitsizliklerinin varlığını ortaya koymakta ve ekonomik büyüme ile MF arasındaki ilişkinin araştırılması noktasında önemli bir motivasyon kaynağı haline gelmektedir. Bu noktadan hareketle bu çalışmada ekonomik büyüme ile malzeme tüketimi arasında kuadratik ilişkinin varlığı Malzeme Kuznets Eğrisi (Material Kuznets Curve-MKC) yardımıyla araştırılmaktadır.

MKC yaklaşımı teorik olarak Simon Kuznets (1955)’in çalışmasına dayanan bir yaklaşımdır. Kişi başına gelir düzeyi ile gelir dağılımı arasındaki ilişkinin incelendiği Kuznets’in çalışmasında, ekonomik büyümenin belirli bir noktaya kadar gelir dağılımında bozulmaya neden olacağı, belirli noktadan sonra ise gelir dağılımındaki bozulmayı azaltacağı görüşü savunulmaktadır. Söz konusu bulgularda iki değişken arasındaki ilişki ters U şeklinde bir eğilim sergilediği için literatürde “Kuznets Eğrisi” ve değişkenler arasındaki ilişki de “Kuznets Hipotezi” olarak adlandırılmaktadır.

Kuznets eğrisi literatürde pek çok çalışmaya öncülük etmiştir. Orijinal Kuznets eğrisinden hareketle geliştirilen ve çevre kirliliği ile gelir arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalar “Çevresel Kuznets Eğrisi” (EKC) ve “Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi” olarak adlandırılmaktadır. Ekonomik büyüme ve çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi yansıtan EKC hipotezine göre ekonomik büyümenin artması durumunda, belirli düzeye kadar kaynak tüketme oranı kaynak yenilenme oranını aşacağı için, atık üretimi, CO<sub>2</sub> emisyonu ve çevre kirliliği artacaktır. Büyüme düzeyi belirli bir seviyeye ulaştıktan sonra ise çevresel kalite artmaya başlayacak, atık üretimi ve CO<sub>2</sub> emisyonu düşecek ve dolayısıyla çevre kirliliği azalacaktır (Yandle, Vijayaraghavan, & Bhattarai, 2002). Diğer bir ifade ile EKC hipotezi; ekonominin gelişimine bağlı olarak ortaya çıkan teknolojik ilerleşim ve toplumda artan bilinç ve tutumlar sayesinde çevreye duyarlı politikaların üretileceğini ileri sürmektedir. Dolayısıyla orijinal Kuznets eğrisinde olduğu gibi EKC hipotezinde de değişkenler arasında (büyüme-çevresel kalite) ters U şeklinde bir ilişkinin varlığı beklenmektedir.

İlk defa Grossman & Krueger (1991; 1995) tarafından test edilen ve literatürde oldukça ilgi gören EKC hipotezi daha sonraları bazı eleştiriler ile karşı karşıya kalmıştır. İlk olarak hipotezin ekonomik ve çevresel olarak ortak bir kabul ya da reddetme düzeyine ulaşamamış olması eleştiri konusu olmuştur. Elde edilen

bulgular ülkeye, sektöre, analizde kullanılan metodolojiye ve kullanılan değişkenlere göre farklılık göstermektedir. Diğer yandan analizlerin genellikle CO<sub>2</sub> emisyonlarına dayanması da bir diğer eleştiri konusu olarak görülmektedir. Çevresel bozulmayı temsilen sadece CO<sub>2</sub> emisyonlarının ölçü olarak kullanılması çevresel bozulmayı artıran diğer kirlleticilerin göz ardı edilmesine neden olmaktadır (Sahoo, Saini, & Villanthenkodath, 2021, s. 37690). Ülkelerin ithal mallara olan talepleri ve doğrudan yabancı yatırımlar CO<sub>2</sub> emisyonunun etkisinin net bir şekilde anlaşılmasını engellemektedir. Gelişmiş ülkelerin tüketim taleplerine bağlı olarak ortaya çıkan çevre kirliliğini, “Kirlilik Sığınağı Hipotezi” doğrultusunda zayıf çevre politikaları ve standartlarına sahip olan az gelişmiş ülkelere yönlendirmeleri de ülkelerin bireysel olarak çevreye etkilerinin tespit edilmesini engellemektedir. Üçüncü olarak ülkeler çevre bilinci açısından belirli bir bilinçe ulaşsa ve yenilenebilir enerji kaynakları kullansalar bile yeni teknolojiler yeni toksinlerin ve minerallerin kullanılmasını gerektirecektir. Dolayısıyla ülkelerin belirli bir gelir düzeyine ulaşması durumunda bile çevresel bozulmada azalma yaşanmayabilir (Fernström & Järvinen, 2022, s. 6-8) Tüm bu eleştiriler CO<sub>2</sub> ve diğer sera gazı emisyonlarını ele alan analizler yerine daha geniş kapsamlı bir şekilde EKC'nin analiz edilmesini gerektirmektedir. Bu nedenle EKC hipotezi genişletilerek CO<sub>2</sub> emisyonu yerine malzeme kullanımını dikkate alan MKC hipotezi geliştirilmiştir.

MKC hipotezi, benzer bir şekilde ekonomik gelişmenin farklı aşamalarındaki malzeme tüketimi üzerine yoğunlaşmaktadır (Focacci, 2005; 2007). Ekonomik gelişmenin özellikle tarım sektörüne dayalı ilk aşamalarında, malzeme kullanımı düşük olacaktır. İlerleyen aşamalarda, ekonomik gelişme düzeyi ilerledikçe, ekonomi sanayileşip, yol, bina, elektrik ağları, boru hatları gibi altyapıya olan talep arttıkça malzeme kullanımı artacaktır. Böylece ekonomiler, küçük ölçekli tarım koşullarından büyük ölçekli endüstriyel toplumlara doğru olgunlaştıkça, çevre üzerindeki olumsuz etkiler de artacaktır. Ekonomik gelişme daha da ilerledikçe, ekonomi sanayi sektöründen hizmet sektörüne dayalı bir ekonomiye dönüşecektir. Hizmete dayalı ekonomi ile birlikte de kaynakların daha verimli kullanılması, doğal kaynak çıkarımı ve enerji üretimine bağımlılığın azalması zamanla malzeme kullanımını ve çevresel bozulmayı azaltıcı yönde etkileyecektir. Dolayısıyla başlangıçta ekonomik büyüme düzeyi ile malzeme kullanımı arasındaki pozitif yönlü ilişki, EKC hipotezinde de olduğu gibi, belirli bir ekonomik büyüme düzeyinden sonra tersine dönecek ve nihayetinde ters U şeklinde bir ilişki meydana gelecektir (Jaunky, 2014, s. 375). Ülkelerin malzeme kullanımının artıştan, azalışa döndüğü ekonomik gelir düzeyleri pek tabii ülkelere ve çevresel göstergelere göre farklılık gösterecektir.

Bu çalışmada MKC hipotezi çerçevesinde CIVETS ülkelerinde 1975-2019 yılları arasında ekonomik gelişme düzeyi ile malzeme kullanımı arasındaki ilişkinin, diğer bir ifade ile MKC hipotezinin geçerliğinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmanın izleyen ikinci bölümünde araştırma sorusuyla ilgili ampirik çalışmalar ele alınmıştır. Üçüncü bölümde araştırmanın metodolojisine ve bulgularına değinilmiştir. Sonuç kısmında ise bulgular doğrultusunda değerlendirmeler yapılarak öneriler sunulmaktadır.

## 2. Literatür Taraması

MKC kavramı literatürde ilk olarak Focacci (2005; 2007) tarafından kullanılmış olsa da malzeme kullanımı ile ekonomik büyüme ilişkisini araştıran çalışmalar 1970'li yıllara kadar dayanmaktadır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde malzeme kullanımının, gerek ele alınan tek bir malzeme üzerinden (bakır, metal, alüminyum vb.) gerekse toplam malzeme cinsinden hesaplanan malzeme yoğunluğu endeksi üzerinden değerlendirildiği görülmektedir. Söz konusu çalışmalarda artan ekonomik büyüme ile malzeme yoğunluğunun azalıp azalmadığı incelenmektedir. Son yıllarda ise malzeme yoğunluğu endeksi yerine malzeme tüketimine ilişkin olarak yurt içi malzeme tüketimi ve/veya MF değişkenlerinin kullanıldığı görülmektedir.

Malzeme yoğunluk endeksi üzerinden değerlendirme yapan ve malzeme tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların başında Malenbaum, Cichowski, Mirzabagheri, & Riordan (1973)'nin çalışması yer almaktadır. Çalışmada öncelikle 1950-1975 dönemleri arasında 10 dünya bölgesi ve 12 metal ve mineral için GSYİH başına ağırlık cinsinden (ton) bir malzeme yoğunluk (MI) endeksi oluşturulmuştur. Ardından malzeme yoğunluğunun görsel seyri incelendiğinde söz konusu dönemde metal yoğunluğunun çan şeklinde bir eğilim sergilediği görülmüştür. Tablo1'de malzeme yoğunluğu üzerinden değerlendirmelerin yapıldığı çalışmalar özetlenmiştir.

**Tablo 1.** Malzeme Yoğunluğu-Ekonomik Büyüme İlişkisine Dayalı Çalışmalara İlişkin Literatür Özeti

Yazarlar	Ülke	Yıl	İlgili Değişken	Yöntem	Bulgular
(Malenbaum, Cichowski, Mirzabagheri, & Riordan, 1973)	10 ülke	1950-1975	12 metal ve maden cevheri kullanım yoğunluğu	Grafik değerlendirme	Ters U hipotezi geçerlidir.
(Lohani & Tilton, 1993)	30 az gelişmiş ülke	1977-1987	Çelik kullanım yoğunluğu	Kesit veri analizi	Ters U hipotezi geçerlidir.
(Rogich, 1996)	ABD	1970-1989	Kağıt, ahşap, metal, plastik için MI	Dağılım diyagramı	Güçlü bir bulgu yok.
(Guzman, Nishiyama, & Tilton, 2005)	Japonya	1960-2000	Bakır tüketimi yoğunluğu	Zaman serisi analizi	Ters U hipotezi geçerlidir.
(Focacci, 2005)	Fransa, İtalya, Japonya, İngiltere, ABD	1960-1995	Alüminyum, bakır, kurşun, nikel, kalay, çinko toplam kullanım MI	OLS	MKC Hipotezi geçerli değildir.
(Focacci, 2007)	Brezilya, Çin, Hindistan	1960-1995	Alüminyum, bakır, kurşun, nikel, kalay, çinko toplam kullanım MI	OLS	MKC Hipotezi geçerli değildir.
(Wärell & Olsson, 2009)	61 ülke	1970-2004	Çelik MI	EKKY	Ters U hipotezi geçerlidir.
(Jaunky, 2012)	20 yüksek gelirli ülke	1970-2009	Alüminyum MI	Granger Nedensellik, VECM, DOLS	8 ülke için MKC geçerlidir.
(Jaunky, 2014)	16 yüksek gelirli ülke	1966-2010	Bakır MI	Di Torio-Fachin Eş bütünleşme, VECM	3 ülke için MKC geçerlidir.

Tablo 1’de yer alan çalışmalar, malzeme kullanımına ilişkin hesaplanan malzeme yoğunluğu endeksine dayalı analizleri kapsamaktadır. Malzeme yoğunluğu endeksinin yanı sıra son yıllarda malzeme kullanımı ile ilgili olarak literatürde iki gösterge daha kullanılmaktadır. Bunlardan ilki malzeme kullanımının üretime dayalı göstergesi olan Yurt İçi Malzeme Tüketimidir (Domestic Material Consumption-DMC). İkincisi ise son yıllarda literatürde daha yaygın bir şekilde tercih edilen, malzeme kullanımının tüketime dayalı göstergesi olan ve Hammadde Tüketimi olarak da adlandırılan Malzeme Ayak İzi (Material Footprint-MF)’dir. MF, ithalatta yer alan malzemeler de dahil olmak üzere, bir ülkenin nihai talebini karşılayacak üretim için çıkarılan tüm malzemeleri ölçmektedir (Pothen & Welsch, 2019, s. 108). Wiedmann vd. (2015), tarafından geliştirilen MF değişkeni, doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı ve yüksek gelirli ülkelerden gelen malzeme talebini ölçmekte ve ülkeler arası sürdürülebilirliğin incelenmesi açısından önemli bir değişken olmaktadır.

MF ve gelir düzeyi arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaları iki grupta ele almak mümkündür. Bunlardan ilki malzeme kullanımını belirleyen faktörleri inceleyen çalışmalardır. Söz konusu çalışmalar malzeme kullanımını etkileyen faktörlerden biri olarak gelir düzeyinin modele dahil edildiği ve diğer faktörlerin yanı sıra gelir düzeyinin malzeme kullanımı üzerindeki etkisinin analiz edildiği çalışmalardır (Ansari, Haider, & Khan, 2020; Sahoo, Saini, & Villanthenkodath, 2021). İkinci grupta ise bu çalışmanın da konusu ile ilgili olan, MKC hipotezinin geçerliliğini analiz eden çalışmalar yer almaktadır (Canas, Ferrao, & Conceicao, 2003; Bringezu, Schütz, Steger, & Baudisch, 2004; Vehmas, Luukkanen, & Kaivo-Oja, 2007; Pothen & Welsch, 2019; Fernström & Järvinen, 2022; Turgut & Sarıöz Gökten, 2022). Her iki çalışma grubu da gelir düzeyi ve malzeme kullanımı arasındaki ilişkiyi ve/veya MKC hipotezinin bir unsurunu ele aldığı için literatür taraması kapsamında incelenmeyi gerektirmektedir. Literatüre ilişkin çalışmalar şöyle özetlenebilir:

Ansari, Haider, & Khan (2020), EKC hipotezinin geçerliliğini 1991-2017 yılları arasında 37 Asya ülkesi için ekolojik ayak izi (EF) ve MF değişkenlerinin bağımlı değişken olarak alındığı iki ayrı model üzerinden incelemiştir. Modellerde bağımsız değişken olarak GSYİH, GSYİH<sup>2</sup>, kentleşme, enerji tüketimi, küreselleşme değişkenleri yer almaktadır. Gelir değişkenlerinin EF ve MF üzerindeki etkisi EKC hipotezinin geçerliliği hakkında bilgi vermektedir. EF açısından Orta ve Doğu Asya ülkelerinde EKC hipotezinin geçerliliğine ilişkin kanıtlar tespit edilmiştir. Bulgular MF açısından değerlendirildiğinde ise EKC hipotezinin Orta Asya hariç tüm ülkelerde geçerli olduğu sonucuna varılmıştır.

Sahoo, Saini, & Villanthenkodath (2021) çalışmalarında 1990-2016 yılları arasında BRICS ülkelerinde MF'nin belirleyicilerini araştırmıştır. Belirleyiciler olarak yenilenebilir enerji tüketimi, kentleşme, beşeri sermaye, ticaret, doğal kaynaklar ve GSYİH değişkenlerinin yer aldığı model çerçevesinde ekonomik büyüme ile MF arasında uzun dönemde pozitif bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Malzeme kullanımı ile GSYİH arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalardan biri olan Canas, Ferrao, & Conceicao (2003)'nün çalışmasında, 1960-1998 yılları arasında 16 sanayileşmiş ülke için EKC hipotezinin geçerliliği test edilmektedir. Bağımlı değişken olarak doğrudan malzeme girdisinin kullanıldığı çalışmada genel anlamda EKC hipotezi desteklenmektedir. Bringezu, Schütz, Steger, & Baudisch (2004) ise 1970-2000 yılları arasında 11 ülke ve 15 Avrupa Birliği (AB) ülkesi olmak üzere toplam 26 ülkede GSYİH'nin sırasıyla toplam malzeme gereksinimi ve doğrudan malzeme girdisi üzerindeki etkilerini panel veri yöntemiyle araştırmış ve GSYİH ile malzeme kullanımı arasındaki ilişkinin EKC hipotezi kapsamında ikinci derece ya da kübik olmaktan ziyade doğrusala yakın bir eğilim sergilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Vehmas, Luukkanen, & Kaivo-Oja, (2007) çalışmalarında, 15 AB üyesi ülkede 1980-2000 yılları arasında ekonomik büyüme ile doğrudan malzeme akımları arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Söz konusu dönemde ekonomik büyümeden malzeme akışı bağlantısının zayıf bir şekilde ayrıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Diğer bir ifade ile ekonomideki verimlilik artışına bağlı olarak malzeme yoğunluğunda bir azalma yaşansa da ekonomik büyümeden düşük bir artış hızıyla malzeme kullanımı artmaya devam etmektedir. Dolayısıyla malzeme kullanımında mutlak bir azalma söz konusu değildir.

Pothen & Welsch (2019), 1990-2018 yılları arasında 144 ülkedeki sırasıyla ekonomik büyüme ile malzeme kullanımı ilişkisi ve yerli malzeme tüketimi ilişkisini incelemiştir. Değişkenler arasında kübik formulu bir ilişki tespit edilse de içsellik ve durağanlık durumları dikkate alındığında söz konusu ilişki anlamlı değildir. Bu nedenle analiz sonucunda EKC ve MKC hipotezini destekleyen bir bulguya ulaşılamamıştır.

Fernström & Järvinen, (2022) çalışmalarında 2008-2019 yılları arasında 28 Avrupa ülkesi için ekonomik büyüme ile MF ve CO<sub>2</sub> salınımı ilişkisi araştırılmıştır. MF değişkenini temsilen hammadde tüketiminin kullanıldığı çalışmada MKC'nin geçerliliği araştırılmıştır. Sabit etkiler En Küçük Kareler ve Havuzlanmış Ortalama Grup tahmin yöntemlerinin uygulandığı analiz sonucunda Avrupa için MKC'nin varlığı tespit edilememiştir.

Turgut & Sarıöz Gökten (2022) 1990-2016 dönemleri için G7 ülkelerinde MKC hipotezinin geçerliliğini araştırmıştır. Toplam kişi başına MF değişkeni ile GSYİH arasındaki ilişkinin eş bütünleşme testi ile incelendiği çalışma sonucunda söz konusu ülkeler için MKC hipotezinin geçerliliğine ilişkin kanıt elde edilememiştir.

### 3. Model, Veri Seti ve Ekonometrik Metodoloji

Çalışmada MKC hipotezinin geçerliliği farklı metodolojik aşamalar vasıtasıyla araştırılmıştır. Öncelikle serilere ilişkin yatay kesit bağımlılığın varlığı araştırılmış ve elde edilen bulgular doğrultusunda birim kök testine karar verilmiştir. Eşbütünleşme ilişkisinin araştırılması için modelde yatay kesitsel bağımlılığın varlığı ve eğim katsayılarının homojenliğinin araştırılması gerekmektedir. Bu testlerden elde edilen bulgulardan yararlanarak uygun eşbütünleşme analizi ve uygun uzun dönem katsayılarının tahmini gerçekleştirilmiştir. Takip eden kısımda söz konusu testlere ilişkin teorik bilgiler yer almaktadır.

#### 3.1. Model ve Veri Seti

Çalışmada MKC hipotezinin geçerliliği analiz edilmektedir. Bu bağlamda yükselen piyasalar arasında yer alan ve gösterdikleri büyüme performansı ile ilgi çeken 6 CIVETS (Kolombiya, Endonezya, Vietnam, Mısır, Türkiye ve Güney Afrika) ülkesi için 1975-2019 yılları arasında Malzeme Ayak İzi ve gayrisafı yurt içi hasıla arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Söz konusu dönemin belirlenmesinde veri mevcudiyeti etkili olmuştur. EKC hipotezinden türetilen MKC hipotezi kapsamında ülkelerin belirli bir büyüme düzeyine ulaşınca kadar malzeme kullanımında artış olması, belirli bir gelir düzeyinden sonra ise azalmaya geçmesi beklenmektedir. Bu nedenle değişkenler arasındaki ilişkinin ters U şeklinde olması beklenmektedir. Bu doğrultuda çalışmanın modeli aşağıdaki gibidir:

$$MFPC_{it} = \beta_{0i} + \beta_{1i}GDP_{it} + \beta_{2i}GDP_{it}^2 + u_{it} \quad (1)$$

1 numaralı denklemde yer alan  $i$  yatay kesiti,  $t$  zamanı,  $\beta_0$  sabit terimi,  $\beta_1$  ve  $\beta_2$  eğim parametrelerini ve  $u$  ise hata terimini ifade etmektedir. Modelde bağımlı değişken olan  $MFPC$ , kişi başına düşen malzeme ayak izini (ton) temsil etmektedir. Bağımsız değişkenlerden  $GDP$  değişkeni, kişi başına düşen gayrisafı yurt içi hasılayı (2005 US\$) ve  $GDP^2$  değişkeni ise kişi başına düşen gayrisafı yurt içi hasılanın karesini ifade etmektedir.  $MF$  ve  $GDP$  yıllık verileri Global Material Flows Database'den temin edilmiş olup,  $GDP^2$  verisi yazar tarafından hesaplanmıştır. MKC hipotezinin geçerli olabilmesi için  $\beta_1$  katsayısının istatistiki olarak anlamlı ve pozitif,  $\beta_2$  katsayısının ise istatistiki olarak anlamlı ve negatif olması gerekmektedir.

### 3.2. Ekonometrik Metodoloji

Bu bölümde çalışmanın ampirik analizine ilişkin metodolojiye yer verilmektedir.

#### 3.2.1. Yatay Kesit Bağımlılık Testi

Bu test panel veri analizinde herhangi bir birimde meydana gelen bir şokun diğer birimleri etkilemediği varsayımına dayanmakta olup, “birimler arasında bağımlılık yoktur” temel hipotezi sınanmaktadır. Günümüz küreselleşen dünyasında ülkelerin birbirleriyle olan etkileşimi söz konusu varsayımı güçleştirmektedir. Panel veri modellerinde paneli oluşturan birimler arasında yatay kesit bağımlılığın bulunması, analiz sonuçlarını sapmalı hale getirmektedir (Breusch & Pagan, 1980; Pesaran, 2004). Ayrıca söz konusu durumun varlığı uygulanacak birim kök testleri açısından da önem taşımaktadır. Eğer yatay kesit bağımlılık var ise bu durumu dikkate alan ikinci nesil birim kök testlerinin kullanılması gerekmektedir. Breusch-Pagan (1980) LM testi ve Pesaran (2004) CD testi ile yatay kesit bağımlılık araştırılabilir.

Lagrange çarpanı yaklaşımıyla geliştirilen LM test istatistiği şu şekilde gösterilmektedir (Breusch & Pagan, 1980):

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

2 numaralı eşitlikte  $p_{ij}^2$   $i$ . ve  $j$ . birimlerin kalıntıları arasındaki korelasyon katsayısıdır. Bu test  $N$  sabit ve  $T$  sonsuza giderken uygun bir testtir (Pesaran, 2004, s. 7).  $N$ 'in  $T$ 'den daha büyük olması durumunda ise Pesaran (2004) CD test kullanılmaktadır. Test şu şekildedir:

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

3 numaralı eşitlikte  $p_{ij}$   $i$ . ve  $j$ . birimlerin kalıntıları arasındaki korelasyon katsayısını göstermektedir.

LM ve CD testleri grup ortalaması 0 fakat bireysel ortalamaların 0'dan farklı olması durumunda sapmalı sonuçlar vermektedir. (Pesaran, Ullah, & Yamagata, 2008), bu sapmayı, test istatistiğine varyansı ve ortalamayı da ekleyerek düzeltilmiştir. Sapması düzeltilmiş olan LM testi eşitlik 4'deki gibi gösterilmektedir:

$$LM_{adj} = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{(T-k)p_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{V_{Tij}}} \quad T \rightarrow \infty \text{ ve } N \rightarrow \infty \quad LM_{adj} \rightarrow_d N(0,1) \quad (4)$$

$LM_{adj}$  testi, Pesaran (2004) CD testin istikrarlı olmadığı durumda dahi istikrarlı bulunmuştur.

#### 3.2.2. Panel Birim Kök Testi- CADF Testi

Pesaran (2003) tarafından geliştirilen bu testte yatay kesit bağımlılığı kaldırmak üzere standart ADF testi yatay kesitlerin gecikmeli değerlerinin ortalamaları ve serilerin birinci farkları ile genişletilmiştir (Baltagi, 2005, s. 249). CADF testi şu eşitlik ile hesaplanmaktadır:

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + g_i t + b_i y_{i,t-1} + c_i y_{i,t-1} + \sum_{j=0}^p d_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \sum_{j=0}^p \beta_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

Eşitlikte  $i=1, 2, 3, \dots, t$  ve  $a_i$  sabit terim,  $t$  trend,  $y_{i,t-j}$  gecikme dönemi ve  $\varepsilon_{it}$  standart hata terimidir. Panelin tümü için CADF test sonuçlarını elde edebilmek üzere CIPS istatistiği şu şekilde hesaplanmaktadır (Pesaran, 2006):

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N CADF_i \quad (6)$$

Her iki test için de  $H_0$  hipotezi birim kök vardır şeklindedir. CADF ve CIPS istatistikleri Pesaran (2006) tablo değerleri ile karşılaştırılmakta ve tablo değerinden küçük olduğunda  $H_0$  hipotezi reddedilmektedir.

### 3.2.3. Eğim Katsayılarının Homojenliği Testi

Eşbütünleşme katsayılarının kesitler açısından homojen olup olmadığının belirlenmesi hangi eşbütünleşme tahmin yönteminin kullanılacağına ilişkin bilgi sunmaktadır. Bu bağlamda Pesaran ve Yamagata (2008), Swamy (1970) testini geliştirmiştir. Buna ilişkin gösterim temel bir eşbütünleşme denklemi ile şu şekilde ifade edilebilir (Pesaran & Yamagata, 2008, s. 52):

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i x_{it} + \varepsilon_{it} \quad i = 1, \dots, N \text{ ve } t = 1, \dots, T \quad (7)$$

$\beta_i$  katsayılarının birimler arasında homojen olup olmadığı, Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen iki test istatistiği ile araştırılmaktadır. Büyük örneklem için test  $\Delta = \sqrt{N} \left( \frac{N^{-1}S - k}{2k} \right) \square X_k^2$  iken

küçük örneklem için test ise  $\Delta_{adj} = \sqrt{N} \left( \frac{N^{-1}S - k}{v(T, k)} \right) \square N(0,1)$  olarak formüle edilmektedir. Burada  $N$  kesit

sayısını,  $S$  Swamy test istatistiğini,  $k$  açıklayıcı değişken sayısını,  $v(T, k)$  standart hatayı göstermektedir. Testte eğim katsayılarının birimden birime değişmediğini diğer bir ifade ile homojen olduğunu ifade eden  $H_0 : \beta_i = \beta$  hipotezine karşılık eğim katsayılarını birimden birime değiştiğini ifade eden diğer bir ifade ile heterojen olduğunu ifade eden  $H_1 : \beta_i \neq \beta_j$  ( $i \neq j$ ) hipotezi sınamaktadır. Swamy testine karşılık Delta test daha güçlü bir test olup, ilki sadece birinci kuşak tahminciler öncesinde yapılabilirken, ikincisi ise hem birinci hem de ikinci kuşak tahminciler öncesinde yapılabilir.

### 3.2.4. Eşbütünleşme Testi

Durbin-Hausman (DH) eşbütünleşme testi yatay-kesit bağımlılığın varlığında uzun dönemli ilişkiyi araştırmaktadır. Bu testin avantajı bağımlı değişken  $I(1)$  iken açıklayıcı değişkenlerin  $I(1)$  ve/veya  $I(0)$  olabilmesidir. DH-Panel ( $DH_p$ ) istatistiği ve DH-Grup ( $DH_g$ ) istatistiği olmak üzere iki farklı test söz konusu olup,  $DH_p$  istatistiği panelin bütününde otoregresif parametrenin aynı olduğunu varsaymaktayken;  $DH_g$  istatistiği ise otoregresif parametrenin paneli oluşturan kesitler arasında farklılaşmasına izin vermektedir (Westerlund, 2008, s. 202). Söz konusu testler aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$DH_p = S_n (\phi - \phi)^2 \sum_{i=1}^n \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2 \quad (8)$$

$$DH_g = \sum_{i=1}^n S_i (\phi_i - \phi_i)^2 \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2$$

Testlerin her ikisi için temel hipotez “eşbütünleşme ilişkisi yoktur” şeklindedir.

Bootsrap LM testi (Westerlund & Edgerton, 2007) tarafından geliştirilmiştir. Bu test, McCoskey ve Kao (1998) tarafından geliştirilen Lagrange test çarpanına dayanmaktadır. Söz konusu yöntem yatay kesit bağımlılığı ve eğim heterojenliğini dikkate almakta, eşbütünleşme denkleminde otokorelasyona ve değişen varyansa izin vermekte ve küçük örneklemde dahi etkin sonuçlar vermektedir. Ayrıca LM eşbütünleşme testinin avantajı, sıfır hipotezi tüm yatay kesit birimleri için eşbütünleşmeyi göstermektedir (Westerlund & Edgerton, 2007). Test, eşbütünleşme vardır şeklindeki  $H_0$  hipotezini sınamak üzere şu şekilde hesaplanabilir:

$$LM_N^+ = \frac{1}{NT^2} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{\omega}_t^{-2} S_{it}^2 \quad (9)$$

Denklemden  $S_{it}^2$  ve  $\hat{\omega}_t^{-2}$  sırasıyla kısmi toplam sürecini ve hata teriminin uzun dönem varyansını göstermektedir. (Westerlund & Edgerton, 2007, s. 187) yatay kesit bağımlılık ve otokorelasyon

durumlarında asimptotik normal kritik değerlerin yanıltıcı olabileceğini dolayısıyla bootstrap kritik değerlerinin kullanılmasını önermektedir.

Gengenbach, Urbain, & Westerlund (2016) yatay kesit bağımlılığı göz önünde bulunduran ve hata düzeltme yaklaşımına dayanan bir test önermiştir. Gengenbach, Urbain, & Westerlund (GUV) testi için spesifikasyon şu şekildedir:

$$\Delta_{y_{it}} = d\delta_{y_{it}} + \alpha_{y_{it}}y_{i,t-1} + \omega_{i,t-1}\gamma_i + \nu_i\pi_i + \varepsilon_{y_{it}} = \alpha_{y_{it}}y_{i,t-1} + g_i^d\lambda_i + \varepsilon_{y_{it}} \quad (10)$$

Testin ilk aşamasında model x her bir birim için OLS ile tahmin edilir ve eşbütünleşme yoktur şeklindeki  $H_0$  hipotezi t istatistikleri yardımıyla test edilir. Panele ilişkin test istatistiği her bir birime ait test istatistiğinin ortalaması olarak hesaplanır. Panel test istatistiği şu şekildedir:

$$\bar{T}_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{c_i} \quad (11)$$

Bu test ile panelde eşbütünleşme olmadığını ifade eden  $H_0 : \alpha_{y_1} = \dots = \alpha_{y_N} = 0$  hipotezine karşılık kesitlerin en azından birinde eşbütünleşmenin olduğunu ifade eden  $H_0 : \alpha_{y_i} < 0$  hipotezi test edilmektedir.

### 3.2.5. Eşbütünleşme Katsayılarının Hesaplanması

Uzun dönemli ilişkinin bulunması sonrasında uzun dönemli katsayıların hesaplanması mümkündür. Yatay kesit bağımlılığı dikkate alan tahmincilerden CCE (Pesaran, 2006) ve AMG (Eberhardt & Teal, 2010) tahmincileri kesitler için eğim katsayılarının hesaplanmasına izin vermektedir.

Basitleştirmek için bir ortak değişken ve bir gözlemlenemeyen ortak faktörlü model aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} y_{it} &= \beta_i x_{it} + u_{it} & i &= 1, \dots, N \text{ ve } t &= 1, \dots, T \\ u_{it} &= \alpha_i + \lambda_i f_t + \varepsilon_{it} \\ x_{it} &= \alpha_{2i} + \lambda_i f_t + \gamma_i g_t + e_{it} \end{aligned} \quad (12)$$

12 numaralı denklemlerde  $\beta_i$  birimlere özgü eğim katsayısını göstermektedir.  $u_{it}$  gözlemlenemeyen faktörleri ve hata terimini içermektedir.  $f_t$  ve  $g_t$  gözlemlenemeyen ortak faktörleri,  $\lambda_i$  ise kesitlere ait faktör yüklerini göstermektedir.

CCE tahmin yönteminde; gözlemlenen değişkenler ( $x_{it}$  ve  $y_{it}$ ) ile birlikte gözlemlenemeyen faktörleri temsilen tüm değişkenlerin kesit ortalamaları açıklayıcı değişkenler olarak kullanılmakta ve model EKK ile tahmin edilmektedir. CCEMG tahmincisi ise bireysel CCE tahmincilerinin basit ortalaması ile

$$\hat{b}_{CCMEG} = N^{-1} \sum_{i=1}^N \hat{b}_i \text{ şeklinde hesaplanmaktadır.}$$

AMG tahmin yöntemi CCE yönteminden farklı olarak yatay kesit bağımlılığı ortak dinamik bir süreç olarak modellemektedir. AMG tahmincisi de iki aşamalı bir süreci içermektedir.

$$\text{AMG ilk aşama: } \Delta y_{it} = b' \Delta x_{it} + \sum_{t=2}^T c_t \Delta D_t + e_{it} \quad \hat{c}_t \equiv \hat{\mu}_t \quad (13)$$

$$\text{AMG ikinci aşama: } y_{it} = \alpha_i + b_i' x_{it} + c_i t + d_i \mu_t + e_{it} \quad (14)$$

Burada  $D_t$  zaman kuklalarını,  $\mu_t$  kukla değişkenlerden elde edilen ve yatay kesit bağımlılığı dinamik bir süreç olarak modele dahil eden değişkeni göstermektedir. Ortak dinamik süreç olarak belirtilen ilk aşamada modeldeki değişkenlerin farkı alınmakta ve modele zaman kuklaları eklenerek EKK ile model tahmin edilmektedir. İkinci aşamada ise ilk aşamadan elde edilen kukla değişken katsayıları eklenerek model tahmin edilmektedir. AMG tahmincisi ise birimlere özgü tahmincilerin ortalaması ile  $\hat{b}_{AMG} = N^{-1} \sum_i \hat{b}_i$  şeklinde hesaplanmaktadır.

### 3.3. Analiz Bulguları

Değişkenlere ilişkin yatay kesit bağımlılığın varlığı CD ve LM testleri vasıtasıyla araştırılmış olup, bulgular Tablo 2'de verilmiştir.



**Tablo 2.** Değişkenler İçin Yatay-Kesit Bağımlılık Testleri

	$CD_{lm}$ (BP,1980)		$CD_{lm}$ (Pesaran, 2004)		$CD$ (Pesaran, 2004)		$LM_{adj}$ (PUY, 2008)	
	Test	p-değeri	Test	p-değeri	Test	p-değeri	Test	p-değeri
<i>MFPC</i>	219.739	0.000*	37.380	0.000*	-4.595	0.000*	19.881	0.000*
<i>GDP</i>	311.621	0.000*	54.155	0.000*	-2.124	0.017**	25.756	0.000*
<i>GDP</i> <sup>2</sup>	219.306	0.000*	37.301	0.000*	0.201	0.420	22.925	0.000*

Not: \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla %1, %5 ve %10'da anlamlılığı göstermektedir.  $\Delta y_{i,t} = d_i + \delta_i y_{i,t-1} + \sum_{j=1}^p \lambda_{i,j} \Delta y_{i,t-j} + u_{i,t}$  modelinde gecikme sayısı (p) 1 olarak alınmıştır.

Çalışmada panel boyutunun  $T > N$  özelliğine sahip olması nedeniyle diğer testlere kıyasla daha güçlü sonuç veren  $LM_{adj}$  bulguları değerlendirilebilir. Buna göre Tablo 2'de “kesitler arasında bağımlılık yoktur” şeklindeki  $H_0$  hipotezi reddedilmektedir. Dolayısıyla kesitler arasında yatay kesit bağımlılık sorunu söz konusudur. Diğer testler de bunu destekleyici sonuçlar ortaya koymuştur. Bu bulgu eşbütünleşme analizi prosedüründe yatay kesit bağımlılığı göz önünde bulunduran birim kök yöntemlerinin tercih edilmesini gerektirmektedir. Bu bağlamda CIPS testine ilişkin bulgular Tablo 3'de raporlanmıştır.

**Tablo 3.** CIPS Birim Kök Test Bulguları

Değişkenler	CIPS	
	$I(0)$	$I(1)$
<i>MFPC</i>	-2.137	-5.574*
<i>GDP</i>	-1.304	-3.441*
<i>GDP</i> <sup>2</sup>	-0.890	-2.440**

Not: \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla %1, %5 ve %10'da anlamlılığı göstermektedir. CIPS kritik değerler; %1, %5 ve %10 için sırasıyla -2.55, -2.33 ve -2.21'dir.

Tablo 3 panele ilişkin tüm serilerin  $I(1)$ 'de durağan olduğunu ortaya koymaktadır. Tüm panel birimlerinin t-istatistik değerleri kritik değerlerden düşüktür. Bu bulgu eşbütünleşme ilişkisinin araştırılması için uygun koşulu sağlamaktadır. Hangi eşbütünleşme tahmincilerinin kullanılacağına tespiti için modelde yatay kesit bağımlılığın varlığı ve eğim katsayılarının homojenliğinin araştırılması gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda gerçekleştirilen analiz bulguları Tablo 4'de raporlanmıştır.

**Tablo 4.** Model İçin Yatay Kesit Bağımlılığı ve Homojenite Testleri

<b>Model:</b>			
$MFPC_{it} = \alpha_{it} + \beta_{1i} GDP_{it} + \beta_{2i} GDP_{it}^2 + u_{it}$	Test	p-değeri	
<b>Yatay kesit bağımlılık testleri:</b>			
LM (BP, 1980)	421.381	0.000*	
$CD_{lm}$ (Pesaran, 2004)	74.195	0.000*	
CD (Pesaran, 2004)	20.264	0.000*	
$LM_{adj}$ (PUY, 2008)	61.83	0.000*	
<b>Homojenite testleri</b>			
$\tilde{\Delta}$	21.848	0.000*	
$\tilde{\Delta}_{adj}$	22.889	0.000*	

Not: \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla %1, %5 ve %10'da anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 4 bulgularına göre “modelde yatay kesit bağımlılık yoktur” şeklindeki  $H_0$  hipotezi reddedilmiştir. Diğer yandan delta test bulguları da eğim katsayılarının homojenliğini ifade eden  $H_0$  hipotezinin reddedildiğini göstermektedir. Bu bulgular, yatay kesit bağımlılığı dikkate alan ve heterojen tahmine dayalı eşbütünleşme yöntemlerinin kullanılmasını gerektirmektedir. Bu özelliklere sahip eşbütünleşme yöntemlerine dair bulgular Tablo 5'de verilmiştir.

**Tablo 5.** Panel Eşbütünleşme Test Bulguları

<b>DH</b>			
( $H_0$ : Eşbütünleşme yok)	İstatistik	Olasılık Değeri	
DH_panel	-0.975	0.165	
DH_grup	-1.335	0.091***	
<b>LM bootstrap</b>			
( $H_0$ : Eşbütünleşme var)	İstatistik	Olasılık Değeri	
$LM_N^+$	0.308	0.563	
<b>GUW</b>			
( $H_0$ : Eşbütünleşme yok)	Katsayı	T-bar	Olasılık Değeri
	-0.538	-3.894	$\leq 0.01$

Not: \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla %1, %5 ve %10'da anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 5'de üç farklı panel eşbütünleşme test sonucu raporlanmaktadır. DH test bulgusuna göre heterojenlik varsayımı altında kullanılan DH-grup test istatistiği %10'da anlamlıdır. Buna göre eşbütünleşmenin olmadığını ifade eden  $H_0$  hipotezi reddedilmiştir. Bir diğer eşbütünleşme analizi olan LM bootstrap testi bulgusu da modelde eşbütünleşme ilişkisinin var olduğunu teyit etmektedir. Buna göre "eşbütünleşme vardır" şeklindeki  $H_0$  hipotezi kabul edilmiştir. Son olarak GUW eşbütünleşme testi bulgusu da "eşbütünleşme yoktur" şeklinde ifade edilen  $H_0$  hipotezinin reddedildiğini ortaya koymaktadır. Üç eşbütünleşme test bulgusu da seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin var olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifade ile MF, ekonomik büyüme ve ekonomik büyümenin karesi uzun dönemde eşbütünleşiktir. Söz konusu değişkenler uzun dönemde birlikte hareket etmektedir.

Eşbütünleşme ilişkisi tespit edildikten sonra uzun dönem katsayılarının hesaplanması mümkündür. Buna göre CCE ve AMG tahmincileri ile elde edilen uzun dönem eşbütünleşme katsayıları panel için Tablo 6'da raporlanmıştır.

**Tablo 6.** Panel Eş-bütünleşme Tahmincileri

Değişkenler	CCE				AMG			
	Katsayı	Std. Hata	$\hat{\alpha}$	$p$ -değeri	Katsayı	Std. Hata	$\hat{\alpha}$	$p$ -değeri
GDP	0.0109	0.0047	2.32	0.020**	0.0450	0.0020	2.20	0.028**
GDP <sup>2</sup>	-1.36e-07	6.63e-07	-2.06	0.040**	-4.70e-07	4.35e-07	-1.08	0.279
Sabit	-8.6821	11.4391	-0.76	0.448	-0.7480	1.0852	-0.40	0.686

Not: \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla %1, %5 ve %10'da anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 6'a göre CCE test bulguları panel için istatistiksel olarak anlamlı ve teorik beklenti ile uyumlu sonuçlar ortaya koymaktadır. Buna göre MFPC ile GDP arasında pozitif bir ilişki söz konusu iken MFPC ile GDP<sup>2</sup> arasında negatif bir ilişki söz konusudur. Bu bulgu panel için MKC hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Diğer yandan AMG bulguları ele alındığında ise MFPC ile GDP arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki söz konusuyken GDP<sup>2</sup> ile istatistiksel olarak anlamlı bir bulgu tespit edilememiştir. AMG bulgularında her ne kadar katsayılar teorik beklenti ile uyumlu olsa da istatistiksel olarak desteklenememiştir.

Son olarak panel bazında istatistiksel olarak anlamlı bulguların elde edildiği tahminci CCE tahmincisi olduğundan ülkeler bazında uzun dönem eşbütünleşme katsayıları da söz konusu tahminciye göre hesaplanmış ve Tablo 7'de raporlanmıştır.

**Tablo 7.** Ülkeler Bazında MKC Hipotezinin CCE ile Tahmin Bulguları

Ülke	Sabit	GDP	GDP <sup>2</sup>	GDP* = $-\beta_1/2\beta_2$
Kolombiya	5.588 (0.002)*	0.0025 (0.096)***	1.73e-08 (0.922)	-
Mısır	7.678 (0.004)*	0.0056 (0.000)*	-5.05e-07 (0.030)**	5598.218
Endonezya	1.186 (0.097)***	0.0026 (0.000)*	-3.33e-07 (0.033)**	3920.42
Güney Afrika	-65.3452 (0.001)*	0.0322 (0.000)*	-3.38e-06 (0.000)*	4763.373
Türkiye	-3.3905 (0.063)***	0.0062 (0.000)*	-4.70e-07 (0.001)*	6602.447
Vietnam	2.189 (0.391)	0.0166 (0.000)*	-3.50e-06 (0.000)*	2383.429

Not: \*,\*\* ve \*\*\* sırasıyla %1, %5 ve %10'da anlamlılığı göstermektedir. GDP\*, MFPC'yi maksimum yapan kişi başı gelir düzeyini göstermektedir.

Tablo 7 bulguları Mısır, Endonezya, Güney Afrika, Türkiye ve Vietnam için MKC hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Söz konusu ülkelerde MFPC ile GDP arasında pozitif, GDP<sup>2</sup> arasında ise negatif bir ilişki söz konusudur. Kolombiya için MKC hipotezinin geçerliliği tespit edilememiştir. Diğer yandan MFPC'nin maksimum düzeye ulaştığı kişi başı gelir düzeyleri ise yaklaşık olarak Mısır için 5.598, Endonezya için 3.920, Güney Afrika için 4.763, Türkiye için 6.602 ve Vietnam için 2.383 dolardır. Söz konusu eşik değerlerin üzerindeki her kişi başı gelir düzeyi MFPC'yi azaltmaktadır. Söz konusu değer Kolombiya için katsayıların anlamlı olmaması nedeniyle hesaplanamamıştır.

#### 4. Sonuç

Ülkelerin en temel makroekonomik hedefi ekonomik büyümenin sağlanmasıdır. Ekonomik büyümeyi hedefleyen ülkelerde üretim düzeyinin artmasına bağlı olarak malzeme kullanımında da artış yaşanmaktadır. Diğer yandan talep açısından günümüzde nüfusun ve buna bağlı olarak tüketim talebinin artması da malzeme kullanımını arttırmaktadır. Bu bağlamda ülkeler çevresel bozulma pahasına ekonomik büyüme sağlamayı ve dolayısıyla malzeme kullanım artışını tercih etmektedir. Ancak günümüzde sınırlı kaynakların aşırı kullanımı çevre üzerinde geri dönüşü güç olan sorunlar meydana getirmektedir. Küresel anlamda ekosistemin bozulması, biyoçeşitlilik kaybı, iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi günümüzün en temel sorunlarının ortaya çıkışında üretim ve tüketim sürecinin etkili olduğu apaçık görülmektedir. Söz konusu sorunların gelecek nesiller üzerinde ortaya çıkaracağı ağır maliyetin bugünden uygulanacak politikalar ile hafifletilmesi mümkün görünmektedir. Söz konusu süreç, dünya ülkelerinin birlikte hareket ederek çevreye duyarlı politikaların üretilmesini ve/veya bunların teşvik edilmesini içeren bir süreçtir. Üretilecek olan çözümlerden birisi de malzeme kullanım düzeyinin dolayısıyla MF'nin düşürülmesidir.

Literatürde ülkelerin ekonomik büyüme düzeylerinin çevresel bozulma üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır. Söz konusu çalışmalar temelde Çevresel Kuznets hipotezine dayanmaktadır. Ancak Çevresel Kuznets hipotezinin çevresel bozulmayı genel olarak CO<sub>2</sub> emisyonu üzerinden ele alması literatürün zayıf yönü olarak görülmektedir. Bu bağlamda çevresel bozulmayı daha kapsamlı bir şekilde ölçen bir göstergeye ihtiyaç duyulmuştur. MF biyoyakıt, fosil yakıt, metal cevher ve metal olmayan minerallerin toplamı olup, malzeme tüketim talebinin karşılanması için çıkarılan toplam malzeme miktarını vermektedir. Dolayısıyla literatürde Çevresel Kuznets hipotezi çerçevesinde çevre kirliliği (CO<sub>2</sub> emisyonu) ve ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen çalışmaların yerini zamanla MF değişkenine dayanan Malzeme Kuznets hipotezine ilişkin çalışmalar almıştır.

Çalışmada CIVETS ülkeleri için 1975-2019 döneminde Malzeme Kuznets hipotezinin geçerliliğinin araştırılması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda öncelikle CD ve LM testleri aracılığı ile serilerde yatay kesit bağımlılığın varlığı ve Pesaran CIPS testi ile de birinci farklarında durağan olduğu tespit edilmiştir. Ardından modele ilişkin yatay kesit bağımlılık ve delta homojenlik testleri yardımı ile uygun eşbütünlük tahmincisi tespit edilmiştir. Bu bağlamda seriler arasında uzun dönemli bir ilişki olup olmadığı DH, LM bootstrap ve GUW testleri ile analiz edilmiş ve MPC, GDP ve GDP<sup>2</sup> değişkenlerinin uzun dönemde eşbütünlük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Beklentiler ile uyumlu olarak MF ile GDP arasında pozitif

yönlü ve MF ile GDP<sup>2</sup> arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu bulgular MKC hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir.

Ayrıca ülkeler bazında uzun dönem katsayıları CCE tahmincisi ile hesaplanmış ve ülkeler bazında MKC hipotezinin geçerliliği test edilmiştir. Bulgulara göre Kolombiya dışındaki beş ülkede (Endonezya, Vietnam, Mısır, Türkiye ve Güney Afrika) MKC hipotezinin geçerli olduğu diğer bir ifade ile gelir düzeyi ve MF arasında ters U şeklinde bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla söz konusu ülkelerde belirli bir gelir düzeyine ulaşıncaya kadar MF artmakta, belirli bir gelir düzeyinden sonra ise azalmaktadır. Bu bulgu söz konusu ülkelerde malzeme kullanımını kısıtlamaya yönelik ciddi politikaların gerekli olmadığı yönünde bir değerlendirmeye olanak sunmaktadır. MKC hipotezinin geçerli olması ülkelerde daha yüksek büyüme sağlanması durumunda çevre kirliliğinin azalması anlamına gelmektedir. Çünkü söz konusu ülkelerde ekonomik büyüme düzeyi arttıkça MF azalmaktadır. Elde edilen bu bulgular Jaunky (2012)'nin alüminyum tüketimi üzerinden gerçekleştirdiği analizde Avusturya, Kanada, Danimarka, Finlandiya, Yunanistan, İtalya, Japonya ve Birleşik Krallık için elde ettiği bulgularla ve yine Jaunky (2014)'ün bakır tüketimi üzerinden gerçekleştirdiği analizde Avusturya, İtalya ve Portekiz için elde ettiği bulgularla benzerlik göstermektedir. Diğer yandan analiz sonucunda MKC hipotezinin Kolombiya için geçerli olmadığı tespit edilmiştir. Bunda söz konusu ülkenin malzeme kullanımını azaltmaya yönelik gerekli gelişme seviyesine henüz ulaşmamış olduğu etkili olabilir.

Elde edilen bulgular ile ülkelerin MF'sini maksimum yapan kişi başı gelir düzeylerinin hesaplanması da mümkündür. Bu çerçevede Mısır için 5.598, Endonezya için 3.920, Güney Afrika için 4.763, Türkiye için 6.602 ve Vietnam için 2.383 dolar gelir düzeyinden sonraki her bir artış MF'nin azalma eğilimi göstermesini sağlamaktadır. Ülkeler arasında eşik değerlerin farklılık göstermesi ülkelerin kurumsal yapıları, uluslararası anlaşmaları, uyguladıkları çevre politikaları gibi pek çok faktöre bağlı olabilir.

MKC hipotezinden hareketle ekonomik büyüme ve MF ilişkisi çalışmada quadratik (ikinci dereceden) model ile tahmin edilmiştir. Ancak ikinci dereceden spesifikasyondan elde edilen bulgular, kübik (üçüncü dereceden) modelle de analizin gerçekleştirilebileceğini düşündürmektedir. Bulgular MF'nin düşük gelir seviyelerinden belirli düzeye kadar arttığını, belirli bir noktadan sonra ise azalma yaşandığını gösteriyor. Oysaki kübik formda bir analiz sonucunda MF'nin yeniden bir artışa geçmesi muhtemeldir. İlerleyen çalışmalarda ekonomik büyüme-MF ilişkisi kübik model ile araştırılabilir ve çalışmada elde edilen bulgular karşılaştırılarak değerlendirilebilir.

Sonuç olarak dünya genelinde gün geçtikçe malzeme kullanımının arttığı ve malzeme kullanımının çevre sorunlarına yol açtığı şüphe götürmemektedir. Bu bağlamda ülkelerin MF'nin azaltılması son derece önemlidir. Her ne kadar analize konu olan beş ülkede MKC hipotezinin geçerli olması nedeni ile malzeme kullanımını azaltmaya/durdurmaya yönelik ciddi politikalara gerek olmasa da yine de üretimlerinin yeşil teknoloji kullanımına yönlendirilmesi teşvik edilmelidir. Dünya kaynaklarının sınırlı olması, ülkelerin bireysel politikalarından ziyade dünya genelinde tüm ülkelerin çevreyi korumaya yönelik politikalar uygulamasını gerektirmektedir. CO<sub>2</sub> emisyonu ve MF artışı nihayetinde tüm gezegeni etkilemektedir. Bu bağlamda ülkelerin öncelikle başta petrol ve kömür olmak üzere yenilenemeyen enerji tüketimini azaltmaya ve yerine yenilenebilir enerji kullanımını arttırmaya yönelik politikaları uygulaması, enerji tasarrufu sağlayan daha etkin teknolojileri teşvik etmesi ve nihayetinde döngüsel bir ekonomik modeli gündemlerine alması gerekmektedir.

## 5. Extended Abstract

The production and consumption processes appear to be closely tied to the most important current environmental issues, including ecosystem degradation, biodiversity loss, climate change, and global warming. It is crucial that countries around the world develop environmentally friendly policies and collaborate to find solutions or create sustainable solutions to these issues. In this sense, reducing material use and, consequently, the material footprint, is one of the solutions that should be developed. Numerous research investigating the relationship between economic growth and environmental degradation have been published in the literature. These studies are largely based on the EKC hypothesis. However, the fact that the EKC hypothesis deals with environmental degradation via CO<sub>2</sub> emission is seen as a weakness of that literature. In this context, an indicator that measures environmental degradation more

comprehensively is needed. The material footprint is the sum of biofuel, fossil fuel, metal ore, and non-metallic minerals, giving the total amount of material mined to meet the material consumption demand. Therefore, in the literature, studies examining the relationship between economic growth and environmental degradation (CO<sub>2</sub> emission) within the framework of the EKC hypothesis have been replaced by studies on the Material Kuznets Curve (MKC) hypothesis based on the material footprint variable over time. The MKC hypothesis, which was derived from the EKC hypothesis, also claims a quadratic relationship between economic growth and environmental degradation, suggesting that there is initially a positive and then a negative link between economic growth and material use.

This study aims to investigate the validity of MKC hypothesis for CIVETS countries. In this respect the relationship between Material Footprint and GDP for the six CIVETS (Colombia, Indonesia, Vietnam, Egypt, Turkey, and South Africa) countries -which are emerging markets and draw attention with their economic performance- is investigated for the period of 1975 to 2019. In the study, the dependent variable MFPC represents the material footprint (tonnes) per capita. Among the independent variables, the GDP variable represents the gross domestic product per capita (2005 US\$) and the GDP<sup>2</sup> variable represents the square of the gross domestic product per capita. MF and GDP annual data were obtained from the Global Material Flows Database, and GDP<sup>2</sup> data was calculated by the author. In order for the MKC hypothesis to be valid, the GDP coefficient must be statistically significant and positive, and the GDP<sup>2</sup> coefficient must be statistically significant and negative.

Using a variety of methodological steps, the study investigates the validity of the MKC hypothesis. First, the presence of cross-sectional dependence is investigated via the Breusch-Pagan (1980) LM test and the Pesaran (2004) CD test. According to findings the null hypothesis of no cross-sectional dependency is rejected. Second, stationarity of the series are investigated by employing Pesaran (2006) CIPS test and it is decided that the variables are stationary at  $I(1)$ . Third, homogeneity of the slope coefficients is investigated by using delta test developed by Pesaran and Yamagata (2008), and the null hypothesis of slope coefficients are homogeneous is rejected. Fourth, the long-run relationship among series is investigated through employing cointegration tests (Westerlund, 2008; Westerlund & Edgerton, 2007; Gengenbach, Urbain, & Westerlund, 2016). The findings of all three tests indicate that there is a long-run relationship among series. Finally, the long-run elasticity is estimated via CCE (Pesaran, 2006) and AMG (Eberhardt & Teal, 2010) estimators for both panel and individual countries. Significant results are obtained via CCE estimator, and findings show that MKC hypothesis is valid for panel. In terms of individual countries, the MKC is valid for Indonesia, South Africa, Egypt, Turkey, and Vietnam, except for Colombia. On the other hand the per capita income levels that maximize the material footprint are approximately 3.920, 4.763, 5.598, 6.602, and 2.383 dollar for Indonesia, South Africa, Egypt, Turkey, and Vietnam, respectively.

As a result, there is no question that the use of materials is growing every day and causing environmental issues around the world. It is crucial in this situation to lower the MF of countries. Although there is no need for serious policies to reduce or stop the use of materials, since the MKC hypothesis is valid for the five countries that are the subject of the analysis, it should still be encouraged to direct their production to the use of green technology. However, the earth is impacted by CO<sub>2</sub> emissions and material footprint increase. In this framework, countries must enact policies to decrease their use of non-renewable energy, particularly coal and oil, and increase their use of renewable energy, as well as to promote more energy-saving technology and, finally, to prioritize a circular economic model.

**Keywords:** Material Kuznets Curve, Material Footprint, CIVETS Countries, Panel Cointegration Analysis.

**Çıkar Çatışması Beyanı / Conflict of Interest**

Çalışmada herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.  
There is no conflict of interest with any institution or person in the study.

**İntihal Politikası Beyanı / Plagiarism Policy**

Bu makale İntihal programlarında taranmış ve İntihal tespit edilmemiştir.  
This article was scanned in Plagiarism programs and Plagiarism was not detected.

**Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı / Scientific Research and Publication Ethics Statement**

Bu çalışmada Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi kapsamında belirtilen kurallara uyulmuştur.  
In this study, the rules specified within the scope of the Higher Education Institutions Scientific Research and Publication Ethics Directive were followed.

**Kaynakça**

- Ansari, M. A., Haider, S., & Khan, N. A. (2020). Environmental Kuznets curve revisited: An analysis using ecological and material footprint. *Ecological Indicators*, 115(106416), 1-14.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*. England.: John Wiley&Sons Ltd. West Sussex.
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.
- Bringezu, S., Schütz, H., Steger, S., & Baudisch, J. (2004). International comparison of resource use and its relation to economic growth: The development of total material requirement, direct material inputs and hidden flows and the structure of TMR. *Ecological Economics*, 51, 97-124.
- Canas, A., Ferrao, P., & Conceicao, P. (2003). A new environmental Kuznets curve? Relationship between direct material input and income per capita: Evidence from industrialised countries. *Ecological Economics*, 46(2), 217-229.
- Eberhardt, M., & Teal, F. (2010). Productivity analysis in global manufacturing production. *Oxford, Department of Economics, Discussion Paper Series* (515).
- Fernström, E., & Järvinen, P. (2022). *A European Material Kuznets Curve*. Stockholm University.
- Focacci, A. (2005). Empirical relationship between total consumption-GDP ratio and per capita income for different metals of a series of industrialised nations. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 5(4), 347-377.
- Focacci, A. (2007). Empirical analysis of the relationship between total consumption-GDP ratio and per capita income for different metals: The cases of Brazil, China and India. *International Journal of Social Economics*, 34(9), 612-636.
- Gengenbach, C., Urbain, J. P., & Westerlund, J. (2016). Error correction testing in panels with common stochastic trends. *Journal of Applied Econometrics*, 31(6), 982-1004.
- Global Footprint Network. (2023). *Earth Overshoot Day*. <https://www.overshootday.org/newsroom/press-release-june-2023-english/>.
- Grossman, G. M. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement. *National Bureau of Economic Research* (Working paper no. 3914).
- Guzman, J. I., Nishiyama, T., & Tilton, J. E. (2005). Trends in the intensity of copper use in Japan since 1960. *Resources Policy*, 30 (1), 21-27.
- IPCC. (2023). *AR6 Synthesis Report: Climate Change*. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_LongerReport.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf).
- Jaunky, V. C. (2012). Is there a material Kuznets curve for aluminium? Evidence from rich countries. *Resources Policy*, 37, 296-307.
- Jaunky, V. C. (2014). Does a material Kuznets curve exist for copper? *Economic Paper*, 33(4), 374-390.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1-28.
- Lohani, P. R., & Tilton, J. E. (1993). A cross-section analysis of metal intensity of use in the less developed countries. *Resources Policy*, 19(2), 145-154.
- Malenbaum, W., Cichowski, C., Mirzabagheri, F., & Riordan, J. (1973). Materials requirements in the United States and abroad in the year 2000. (No. PB-219675).
- McCoskey, S., & Kao, C. (1998). A residual-based test of the null of cointegration in panel data. *Econometric reviews*, 17(1), 57-84.
- Pesaran, H. A. (2003). Simple panel unit root test in the presence of cross section dependence. *University of Cambridge, Faculty of Economics (DAE). Cambridge Working Papers*.
- Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. SSRN: <https://ssrn.com/abstract=572504> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.572504>
- Pesaran, M. H. (2006). Estimation and inference in large heterogeneous panels with a multifactor error structure. *Econometrica*, 74, 967-1012.
- 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.
- Pothen, F., & Welsch, H. (2019). Economic development and material use. Evidence from international panel data. *World Development*, 115, 107-119.
- Rogich, D. G. (1996). Material use, economic growth, and the environment. *Nonrenewable Resources*, 5, 197-210.
- Sahoo, M., Saini, S., & Villanthenkodath, M. A. (2021). Determinants of material footprint in BRICS countries: An empirical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 37689-37704.
- SDG. (2023). *Sustainable Development Goals*. <https://sdgs.un.org/goals>.
- Swamy, P. A. (1970). Efficient inference in a random coefficient regression model. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 311-323.
- The Sustainable Development Goals. (2023). *Special Edition, United Nations*. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023.pdf>.
- Turgut, E., & Sariöz Gökten, Y. (2022). Malzeme Kuznets eğrisi malzeme ayak izi için geçerli mi? G7 ülkeleri örneği. *Fiscaoeconomia*, 6(2), 823-841.
- Vehmas, J., Luukkanen, J., & Kaivo-Oja, J. (2007). Linking analyses and environmental Kuznets curves for aggregated material flows in the EU. *Journal of Cleaner Production*, 15(17), 1662-1673.
- Wårell, L., & Olsson, A. (2009). Trends and developments in the intensity of steel use: An econometric analysis. In *Securing the Future and 8th ICARD: 23-26/06/2009*. Sweden: A.Curran Associates, Inc.
- Westerlund, J. (2008). Panel cointegration tests of the Fisher effect. *Journal of applied econometrics*, 23(2), 193-233.
- Westerlund, J., & Edgerton, D. L. (2007). A panel bootstrap cointegration test. *Economics letters*, 97(3), 185-190.
- Wiedmann, T. O., Schandl, H., Lenzen, M., Moran, D., Suh, S., & West, J. &. (2015). The Material footprint of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(20), 6271-6276.
- Yandle, B., Vijayaraghavan, M., & Bhattarai, M. (2002). The environmental Kuznets curve. A primer. *PERC Research Study*, 2(1), 1-38.