

## ÇEVRE KİRLİLİĞİ İLE GELİR ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ: PANEL EŞBÜTÜNLEŞME ANALİZİ VE HATA DÜZELTME MODELİ

Halil İbrahim GÜNDÜZ\*

### Özet

*Bu çalışmada, 1960–2008 döneminde 18 OECD ülkesi için Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinin geçerliliği sınanmıştır. Breitung Panel birim kök testi ve ardından yapılan panel eşbütünleşme testleri neticesinde 18 OECD ülkesi için çevre kirliliği ile ekonomik büyüme arasında ilişki olduğu görüldüğünden uzun dönemde söz konusu hipotezin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kısa ve uzun dönemli bu ilişki, panel hata düzeltme modeli yardımıyla tahmin edilmiştir.*

***Anahtar Kelimeler:** Çevre Kirliliği, Ekonomik Büyüme, Panel Birim Kök, Panel Eşbütünleşme, Panel Hata Düzeltme Modeli.*

***JEL Sınıflaması:** C33, Q5, Q56*

## REVIEW OF RELATIONSHIP BETWEEN ENVIRONMENTAL POLLUTION AND INCOME: PANEL COINTEGRATION ANALYSIS AND ERROR CORRECTION MODEL

### Abstract

*This paper deals with the validity of Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis for 18 OECD countries in the 1960-2008 period. Due to the fact that for these countries the relationship between environmental pollution and economic growth is seen as a result of Breitung Panel unit root test and panel cointegration tests, it is concluded that the given hypothesis is valid in the long term. This relationship of short and long-term is estimated with by means of panel error correction model.*

***Keywords:** Environmental Pollution, Economic Growth, Panel Unit Root, Panel Cointegration, Panel Error Correction Model.*

***JEL Classification:** C33, Q5, Q56*

---

\* Araş.Gör., İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü,  
halil.gunduz@istanbul.edu.tr

## 1. Giriş

Kuznets (1955)<sup>1</sup>, ekonomik büyüme ve gelir eşitsizliği arasında ters-U şeklinde bir ilişki olduğunu ileri sürmüştür. Söz konusu hipoteze göre, ekonomik gelişmenin ilk aşamalarında sanayileşme ile birlikte bu faaliyetten ilk olarak gelir artışına sahip olan kesimin servet ve sermaye birikimleri artacaktır. Böylece toplum içerisinde gelir eşitsizliği meydana gelecektir. Ancak zamanla büyümenin faydaları, yüksek ücret ve gelir artışı şeklinde toplumun diğer kesimine de yansımaktadır. Böylece ekonomik gelişmenin ilk safhasında artan gelir eşitsizliği, ekonomik gelişmenin sürmesiyle azalacaktır.

1990'larda ekonomik büyüme ve gelir eşitsizliği arasındaki ilişkiye benzer bir ilişkinin gelir ve çevre kirliliği arasında olduğu savunulmuştur. Bu konudaki ilk çalışma Grossman ve Krueger (1991) tarafından ortaya konulmuştur<sup>2</sup>. Kuznets eğrisine benzerliğinden dolayı Çevresel Kuznets Eğrisi (Environmental Kuznets Curve, EKC) adını verdikleri bu hipoteze göre kirlilik ile ekonomik büyüme arasında ters-U şeklinde bir ilişki bulunabileceğini söylemişlerdir<sup>3</sup>. Ekonomik büyümenin ilk yıllarında çevresel bozulmanın (kirliliğin) artmasını, insanlar için önem arz eden konuların başında temiz hava ve sudan ziyade iş imkânlarının ve gelirin olması ile buna ek olarak toplumun çevresel düzenlemelere daha az önem vermesine bağlamışlardır. Ancak gelirin artmasının etkisiyle dengelerin değişerek önde gelen endüstriyel sektörlerin daha fazla çevreci olmalarıyla beraber insanların çevreye daha fazla değer verecekleri ve düzenleyici kurumların daha etkin olacağını ileri sürmüşlerdir<sup>4</sup>.

Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi altında yatan bir diğer fikir, çevresel malların normal mal olduğu şeklindedir. Buna göre, yüksek gelir artışları daha temiz bir çevreye olan talebi arttıracaktır. Böylelikle çevresel düzenlemeler ve vergiler politik olarak kabul edilebilir hale gelecektir. Bu politik aşamalar yapısal değişikliklere neden olarak daha çevreci üretim süreçlerine ve kaynakların daha etkin kullanılmasına neden olacaktır<sup>5</sup>. Diğer taraftan, Torras ve Boyce (1998), politik hakların ve eğitim seviyesinin EKC üzerindeki rolüne dikkat çekerek, gücün dağılımındaki eşitliğin çevresel gelişim için önemli bir koşul olarak yorumlanabileceğini belirtmişlerdir<sup>6</sup>. Sonuç olarak Çevresel Kuznets Eğrisinin altında yatan temel düşünce, ekonomik büyümeyle birlikte çevre kirliliği artarken belli bir gelir seviyesine ulaşıldıktan sonra ekonomik büyüme artmaya devam ettikçe çevre kirliliğinde azalma görüleceği şeklindedir.

<sup>1</sup> S. Kuznets, "Economic Growth and Income Inequality", **American Economic Review**, 1955, 45 (1), pp. 128.

<sup>2</sup> G. M. Grossman-A. Krueger, "Environmental Impacts of A North American Free Trade Agreement", **Nber Research Working Paper**, 1991, No. 3194, Cambridge.

<sup>3</sup> G. M. Grossman-A. Krueger, "Economic Growth and the Environment", **Quarterly Journal of Economics**, 1995, 110(2), 353-377.

<sup>4</sup> S. Dasgupta-B. Laplante-H. Wang-D. Wheeler, "Confronting the Enviromental Kuznets Curve", **The Journal of Economic Perspectives**, 2002, Vol. 16, No. 1. Pp. 147-168.

<sup>5</sup> A. Bruvoll-H. Medin H, "Factoring the Environmental Kuznets Curve: Evidence from Norway", **Discussion Papers**, 2000, No. 275. Statistics Norway, Research Department.

<sup>6</sup> B. Torras- J.K. Boyce, "Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets Curve", **Ecological Economics**, 1998, 25, 147-162.

## 2. Literatür Özeti

Çeşitli ülke grupları ve farklı kirleticiler için panel veriler ile Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerliliğini sınanan çalışmaların bazılarında EKC hipotezi reddedilirken, bazılarında ise reddedilememiştir. Selden ve Song (1994), 22 OECD ve 8 gelişmekte olan ülke için 1979–1987 döneminde SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SPM ve CO kirleticilerinin satın alma gücü paritesine göre belirlenmiş kişi başı GSYİH ile ilişkisini kuadratik fonksiyon şeklinde incelemişlerdir<sup>7</sup>. 4 kirleticinin de kişi başı GSYİH ile aralarında ters-U şeklinde ilişki olduğunu bulmuşlardır. Holtz-Eakin ve Selden (1995), çeşitli ülke grupları için panel veri kullanarak 1951–1986 döneminde kişi başı CO<sub>2</sub> emisyonunu kişi başı GSYİH ile açıkladığı çalışmada, kuadratik fonksiyon için ekonomik büyümenin CO<sub>2</sub> emisyonunu önemli ölçüde etkilemediği sonucuna ulaşmışlardır<sup>8</sup>. Cole, Rayner ve Bates (1997), OECD ülkeleri için 1970–1992, 1975–1990, 1970–1990 dönemlerinde kişi başı gelir ile çevre kirliliğine neden olan birçok kirletici arasındaki kuadratik fonksiyonel ilişkiyi panel veri kullanarak incelemişlerdir<sup>9</sup>. Anlamlı Çevresel Kuznets Eğrisi ilişkisi sadece yerel hava kirleticilerinde bulunmuştur. Global ölçekteki kirlilikte dönüm noktaları büyük standart hatalar ile tahmin edilmiştir. Stern ve Common (2001), 1960–1990 döneminde 73 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke için, sülfür emisyonu ile satın alma gücü paritesine göre belirlenmiş kişi başı GSYİH arasındaki kuadratik fonksiyonel ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında, yüksek gelirli ülkeler için sülfür emisyonu ile kişi başı gelir arasında ters-U şeklinde ilişkiye ulaşmışlardır<sup>10</sup>. Emisyonun azalması, gelirden çok zamanla ilgili çıkmıştır. Halkos (2003), 73 OECD ve OECD dışı ülke için 1960–1990 döneminde Stern ve Common'ın 2001'deki çalışmasında olduğu gibi, sülfür emisyonu ile satın alma gücü paritesine göre belirlenmiş kişi başı GSYİH arasındaki ilişkiyi incelemiştir<sup>11</sup>. Stern ve Common'ın 2001'deki çalışmasındaki bulgulara paralel olarak, sülfür emisyonu ile kişi başı gelir arasındaki ters-U ilişkisi reddedilememiştir.

Dijkgraaf ve Vollebergh (1998), 24 OECD ülkesi için 1960–1997 döneminde CO<sub>2</sub> emisyonu ile kişi başı GSYİH arasındaki ilişkiyi kübik formda incelemişlerdir<sup>12</sup>. Ülkelerin varsayılanın aksine homojen olmadıkları görülmüştür. CO<sub>2</sub> emisyonu için

<sup>7</sup> T.M. Selden-D. Song, “Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?”, **Journal Of Environmental Economics And Management**, 1994, 27, 147-162.

<sup>8</sup> D. Holtz-Eakin-M.T. Selden, “Stoking The Fires? CO<sub>2</sub> Emissions And Economic Growth”. **NBER Working Paper**, 1992, #4248.

<sup>9</sup> M.A. Cole,-A.J. Rayner-J.M. Bates, “The Environmental Kuznets Curve: An Empirical Analysis. *Environment and Development Economics*”, 1997, 2 (04), 401–416.

<sup>10</sup> D.I. Stern-M.S. Common, “Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur?”, **Journal of Environmental Economics and Environmental Management**, 2001, 41, 162-178.

<sup>11</sup> G.E. Halkos, “Environmental Kuznets Curve For Sulfur: Evidence Using GMM Estimation and Random Coefficient Panel Data Models”, **Environment and Development Economics**, 2003, 8, 581–601.

<sup>12</sup> E. Dijkgraaf-H.R.J. Vollebergh, “Growth and/or (?) Environment: Is There A Kuznets Curve for Carbon Emissions?”, **2nd Biennial Meeting of The European Society of Ecological Economics**, 1998, 4-7 March, Geneva.

Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi reddedilmiştir. Perman ve Stern (2003), 74 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede 1960–1990 döneminde Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini test etmek için eşbütünleşme analizi yapmışlardır. Analizde sülfür emisyonu ile satın alma gücü paritesine göre belirlenmiş kişi başı GSYİH değişkenleri kullanılmıştır<sup>13</sup>. Çalışmada tüm panel için eşbütünleşme ilişkisi ve sülfür emisyonu ile kişi başı GSYİH arasında kuadratik fonksiyonel bir ilişki bulunmuştur. Bireysel olarak ülkelerin çoğu için kuadratik fonksiyonel ilişki bulunamazken, eşbütünleşmenin varlığı tespit edilmiştir. Sonuçlar, sülfür emisyonunun Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini sınamada uygun olmadığını göstermektedir. Zarzoso ve Morancho (2004), 22 OECD ülkesi için 1975–1998 döneminde Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini CO<sub>2</sub> kirleticisini kullanarak havuzlanmış ortalama grup tahmincisi ile belirlemeye çalışmışlardır<sup>14</sup>. N şeklinde (kübik) elde ettikleri Çevresel Kuznets eğrisinde ülkeler arasında büyük ölçüde heterojenlik olduğu bulgusuna ulaşmışlardır. Song, Zheng ve Tong (2008), Çin'in 29 Bölgesinde 1985–2005 dönemi için kişi başı atık gaz, atık su ve katı atıklar emisyonu ile kişi başı GSYİH arasındaki ilişkiyi Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi çerçevesinde kübik formda panel birim kök ve eşbütünleşme testleriyle incelenmişlerdir<sup>15</sup>. Çalışmanın sonuçlarına göre şu bulgulara ulaşmışlardır: Ekonomik büyümenin artmasıyla beraber çevresel problemler artarak devam etmektedir. Sadece birkaç yüksek gelirli bölge için gelir artışı bir noktadan sonra çevresel gelişmeyi arttırmaktadır. Çevresel problemlerin çözümü için ciddi önlemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Zeren ve Arı (2011), 17 Akdeniz Bölgesi ülkesi için panel verilerle 2000–2005 döneminde CO<sub>2</sub> ile kişi başı gelir arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmada Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezini kübik formda araştırmışlardır<sup>16</sup>. CO<sub>2</sub> emisyonu ile kişi başı gelir arasında N şeklinde ilişki olduğunu bulmuşlardır.

Görüldüğü gibi literatürde yapılan son dönemdeki çalışmalar, çevre kirliliği ile ekonomik büyüme arasındaki ters-U (kuadratik) şeklindeki ilişkidenden ziyade N şeklinde (kübik) ilişki üzerinde yoğunlaşmaktadır.

### 3. Model, Veri Seti ve Kullanılan Değişkenler

Bu çalışmada, çevre kirliliği ve gelir arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkiler Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi çerçevesinde incelenmiştir. Literatürdeki son gelişmelerin paralelinde söz konusu ilişkinin, sera gazı etkisine sahip başlıca kirletici olan CO<sub>2</sub> değişkeni kullanılarak kübik formda Çevresel Kuznets Eğrisine uygunluk gös-

<sup>13</sup> R. Perman-D.I. Stern, "Evidence From Panel Unit Root and Cointegration Tests That the Environmental Kuznets Curve Does Not Exist", **The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, 2003, 47:3, 325–347.

<sup>14</sup> I.M. Zarzoso-A.B. Morancho, "Pooled Mean Group Estimation of an Environmental Kuznets Curve For CO<sub>2</sub>", **Department of Economics, Universitat Jaume I**, 2004, 12071 Castello N, Spain.

<sup>15</sup> T. Song-T. Zheng-L. Tong, "An Empirical Test of the Environmental Kuznets Curve in China: A Panel Cointegration Approach". **China Economic Review**, 2008, 19, 381–392.

<sup>16</sup> F. Zeren-A. Arı, "CO<sub>2</sub> Emisyonu ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Analizi", **Yönetim ve Ekonomi**, 2011, Cilt:18 Sayı:2

terip göstermediği araştırılmıştır. Bu çalışmada kullanılan veriler, OECD ülkelerinin 1960–2008 dönemine ait gözlemlerinden meydana gelmekte olup Dünya Bankasının “World Development Indicator” (WDI) veri tabanından elde edilmiştir. Ancak veri mevcudiyeti nedeniyle OECD ülkelerinden 18 tanesi<sup>17</sup> çalışmada yer almıştır. Çalışmada kullanılan değişkenler, simgeleri ve ilgili açıklamalar Tablo.1’de verilmiştir.

Çalışmada öncelikle, Breitung (2000) panel birim kök testi yardımıyla değişkenlerin durağanlık mertebeleri incelenmiştir<sup>18</sup>. Daha sonra panel eşbütünlük testleri ile uzun dönemde çevre kirliliği ve gelir arasında N şeklinde kübik bir ilişkinin varlığı araştırılmıştır. Uzun ve kısa dönemli bu olası ilişkiler N şeklinde kübik bir yapıya sahip EKC fonksiyonu üzerinden panel hata düzeltme modeliyle modellenerek, 18 OECD ülkesi için 1960-2008 dönemi verileri kullanıldığında çevre kirliliği ve gelir arasındaki ilişkide hangi aşamaya gelindiği belirlenmeye çalışılmıştır.

**Tablo 1: Çevre Kirliliği İle Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Analizinde Kullanılan Değişkenlere Ait Bilgiler**

Değişken	Simge	Açıklama
logaritmik kişi başı CO <sub>2</sub> emisyonu	lnCO <sub>2</sub> <sub>it</sub>	Metrik ton
logaritmik kişi başı milli gelir	lnG <sub>it</sub>	2000 yılı sabit dolar fiyatlarına göre hesaplanan GSYİH
logaritmik kişi başı milli gelirin karesi	lnG <sub>it</sub> <sup>2</sup>	
logaritmik kişi başı milli gelirin küpü	lnG <sub>it</sub> <sup>3</sup>	

#### 4. Yöntem ve Uygulama

Çevre kirliliği ile gelir arasındaki ilişkiyi incelemeye başlamadan önce her iki değişkenin de durağan olup olmadığının araştırılması gerekmektedir. Değişkenler, deterministik ve/veya stokastik trendin varlığı nedeniyle durağanlık özelliğine sahip olmayabilirler. Değişkenlerin durağan olması; ortalamasının ve varyansın zaman içinde sabit olması ve gecikmeli iki zaman periyodundaki değişkenlerin kovaryansının değişkenler arasındaki gecikmeye bağlı olup zamandan bağımsız olması anlamına gelmektedir (Gujarati, 2004, s.712)<sup>19</sup>. Durağan olmayan değişkenlerin uzun dönemde

<sup>17</sup> Ülkeler: Avustralya, Avusturya, Kanada, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Yunanistan, İzlanda, İtalya, Japonya, Hollanda, Norveç, Portekiz, İspanya, İsveç, Türkiye, Birleşik Krallık, Amerika Birleşik Devletleri (A.B.D.).

<sup>18</sup> J. Breitung, “The Local Power of Some Unit Root Tests for Panel Data. In: B. Baltagi (Ed.), Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels”, **Advances in Econometrics**, 2011, 15, JAI: Amsterdam, 161–178.

<sup>19</sup> D. Gujarati, **Basic Econometrics (4.Edition)**, New York, NY: The McGraw-Hill Companies, 2004.

birlikte hareket edip etmediklerini sınamak için eşbütünleşme testleri yapılmaktadır ve eğer ilişkili iseler bu ilişki tahmin edilmektedir.

Çalışmada, Breitung (2000) panel birim kök testinden faydalanılmıştır. Bu test, her bir birimin kendi otoregresif parametresine sahip olmasına izin vermesi ve testin küçük örneklerde diğer testlerden daha güçlü olması avantajlarından dolayı tercih edilmiştir.

Breitung panel birim kök testinde standart t istatistiklerinin kullanılabilmesi için regresyonlar hesaplanmadan önce veri dönüştürülmesi gerekmektedir. (Baltagi, 2005, s. 243)<sup>20</sup> Breitung panel birim kök testinde temel hipotez, birimlere ait seriler birim kök içermektedir şeklinde kurulurken; alternatif hipotez, birimlere ait serilerin durağan olduğu şeklinde kurulmaktadır.

Değişkenlere ait düzey ve 1.fark Breitung panel birim kök test sonuçları Tablo.2’de verilmiştir.

**Tablo 2: Breitung Panel Birim Kök Testi Sonuçları**

Değişkenler	Düzyey		1. Fark	
$\ln CO_{2,it}$	5.1577	(1.0000)	-11.7253	(0.0000)
$\ln G_{it}$	16.1433	(1.0000)	-7.0761	(0.0000)
$\ln G_{it}^2$	16.4680	(1.0000)	-7.7912	(0.0000)
$\ln G_{it}^3$	16.7820	(1.0000)	-8.5397	(0.0000)

Not: Olasılık değerleri parantez içindedir.

Breitung panel birim kök testi sonuçlarına göre düzeyde bütün değişkenler için birimlere ait serilerin birim köklü olduğu temel hipotezi reddedilememiş; %95 güven düzeyinde değişkenlerin birim köklü oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Ancak, değişkenlerin 1.farkları alındığında birimlere ait serilerin %95 güven düzeyinde 1.mertebeden durağan oldukları görülmüştür.

Değişkenlere ait serilerin birim kök içerdiği durumda, bu serilerin doğrusal bileşimleri durağan olabilmektedir. Bu da, değişkenler arasında uzun dönemde ilişkiye işaret etmektedir. Uzun dönemli bu ilişkinin tespit edilebilmesi için panel eşbütünleşme testleri yapılmaktadır.

Çalışmada kullanılan panel eşbütünleşme testleri; Kao (1999)<sup>21</sup>, Pedroni

<sup>20</sup> B. H. Baltagi, **Econometric Analysis of Panel Data, Third Edition**, Chichester: John Wiley&Sons, Inc, 2005.

<sup>21</sup> C. Kao, C., “Spurious Regression and Residual Based Tests for Cointegration in Panel Data”. **Journal of Econometrics**, 1999, 90, 1-44.

(1999, 2004)<sup>22</sup> eşbütünleşme testleridir<sup>23</sup>. Her iki test için de temel hipotez “eşbütünleşme yoktur” şeklinde kurulurken alternatif hipotez “eşbütünleşme vardır” şeklinde kurulmaktadır. Test sonuçları Tablo.3’de verilmiştir.

**Tablo 3: Eşbütünleşme Testleri Sonuçları**

Testler	Bağımlı Değişken: $\ln CO_{2it}$		Bağımsız Değişkenler: ( $\ln G_{it}, \ln G_{it}^2, \ln G_{it}^3$ )	
<b>Pedroni Panel Eşbütünleşme Testi</b>	<b>Ağırlıklandırılmamış İstatistikler</b>		<b>Ağırlıklandırılmış İstatistikler</b>	
<b>Panel v-stat</b>	-2526.583	(1.0000)	2.9979	(0.0014)*
<b>Panel rho-stat</b>	-2.865943	(0.0021)*	-1.7141	(0.0433)*
<b>Panel pp-stat</b>	-3.575111	(0.0002)*	-2.2736	(0.0115)*
<b>Panel adf-stat</b>	-3.592082	(0.0002)*	-2.2981	(0.0108)*
<b>Group rho-stat</b>	-1.463106	(0.0717)	-	-
<b>Group pp-stat</b>	-2.578462	(0.0050)*	-	-
<b>Group adf-stat</b>	-2.464560	(0.0069)*	-	-
<b>Kao Panel Eşbütünleşme Testi</b>	<b>t İstatistiği</b>		<b>Olasılık Değeri</b>	
	-3.057483		(0.0011)*	

(\*) “Eşbütünleşme yoktur” temel hipotezinin %5 anlamlılık düzeyinde reddedilebileceğini göstermektedir. Olasılık değerleri parantez içindedir. Kullanılan model sabitli trendsiz modeldir.

Tablo 3’den görüldüğü gibi, panel eşbütünleşme testlerinin büyük bir kısmının sonucunda “eşbütünleşme ilişkisi yoktur” temel hipotezi reddedilerek, değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı saptanmıştır. Uzun ve kısa dönemli ilişkiler, panel hata düzeltme modelleriyle modellenebilmektedir.

Çalışmada kullanılan yöntemler: Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi (PMGE, Pesaran, Shin ve Smith (1999))<sup>24</sup> ve Ortalama Grup Tahmincisidir (MGE,

<sup>22</sup> P. Pedroni, “Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Repressors”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 1999, Special Issue, 653-670.

<sup>23</sup> P. Pedroni, “Panel Cointegration: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis”, *Econometric Theory*, 2004, 20, 597-625.

<sup>24</sup> M.H. Pesaran-Y. Shin-R.P. Smith, “Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels”, *Journal of the American Statistical Association*, 1999, 94: 621-634.

Pesaran ve Smith (1995)<sup>25</sup>. Her iki yöntem sayesinde hem uzun dönemli hem de kısa dönemli parametre tahminleri elde edilebilmektedir.

Ortalama grup tahmin yönteminde, uzun dönem parametresi birimler için oluşturulan otoregresif dağıtılmış gecikmeli modellerin (ARDL) uzun dönem parametrelerinin ortalaması kullanılarak elde edilmektedir. Sonuç olarak MGE yönteminde uzun dönem parametreleri birimlere göre değişebilmektedir. Havuzlanmış ortalama grup tahmin yöntemi ise, sabit parametrenin ve eğim parametrelerinin birimden birime değişmesine izin veren MGE tahmin yöntemi ile sabit parametrenin değişmesine izin veren ancak eğim parametresini sabit tutan sabit etkiler tahmin yönteminin birleşiminden meydana gelmektedir. PMGE yönteminde, uzun dönem parametreleri sabit kalırken kısa dönem parametreleri değişebilmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2012, s.243)<sup>26</sup>.

Tahminciler arasında seçim yapmak için kullanılmakta olan Hausman testi MGE ile PMGE arasında tercih yapmak için de kullanılabilir (Yerdelen Tatoğlu, 2012, s.255-256)<sup>27</sup>. Hausman testinde temel ve alternatif hipotez aşağıdaki gibidir:

$H_0$ : Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi etkindir.

$H_1$ : Ortalama Grup Tahmincisi tutarlıdır.

Test sonuçları Tablo 4’de verilmektedir.

**Tablo 4: Hausman Testi Sonuçları**

Test	Test İstatistiği	Olasılık Değeri	Sonuç
Hausman	4.93	0.0848	$H_0$ reddedilemez.

Test istatistiğine ait olasılık değeri 0.05’ten büyük olduğu için havuzlanmış ortalama grup tahmincisinin etkin olduğunu söyleyen temel hipotez reddedilememiştir. Uzun dönem parametrelerinin birimden birime değişmediği, tüm panel için sabit olduğu kabul edilebilmektedir.

Tüm panel için havuzlanmış ortalama grup tahmincisinden elde edilen uzun ve kısa dönem katsayıları Tablo.5’de verilmiştir.

<sup>25</sup> M.H. Pesaran-R.P. Smith, “Estimating Long-Run Relationships from Dynamic Heterogeneous Panels”, *Journal of Econometrics*, 1995, 68, 79-113.

<sup>26</sup> F. Yerdelen Tatoğlu, *İleri Panel Veri Analizi (1.Baskı)*, İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., 2012.

<sup>27</sup> Yerdelen Tatoğlu, a.g.k.



**Tablo 5: Panel Uzun ve Kısa Dönem Katsayıları:  
Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi**

Uzun Dönem Katsayıları	Tahmin Değeri	Olasılık Değeri
$\varphi_1$	21.23502	0.001
$\varphi_2$	-1.952736	0.006
$\varphi_3$	0.0594662	0.024
<b>Hata Düzeltme Katsayısı (<math>\gamma</math>)</b>	-0.2074855	0.000
Kısa Dönem Katsayıları	Tahmin Değeri	Olasılık Değeri
$\lambda_{11}$	-234.1004	0.001
$\lambda_{21}$	24.20405	0.002
$\lambda_{31}$	-0.8315722	0.002
$\alpha_0$	-15.43978	0.000

Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisinde kurulan hata düzeltme modeli için gecikme uzunluğu yapılan testler sonucunda 1 olarak belirlenmiştir ve model aşağıda yer almaktadır:

$$\begin{aligned} \Delta \ln \text{CO}_2_{it} = & \alpha_0 + \gamma \ln \text{CO}_2_{it-1} + \varphi_1 \ln G_{it} + \varphi_2 \ln G_{it}^2 + \varphi_3 \ln G_{it}^3 \\ & + \lambda_{11} \Delta \ln G_{it-1} + \lambda_{21} \Delta \ln G_{it-1}^2 + \lambda_{31} \Delta \ln G_{it-1}^3 + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

Hata düzeltme katsayısı ( $\lambda$ ) tüm panel için -0.2074855'dir, görüldüğü gibi negatif ve istatistiki olarak anlamlıdır. Uzun dönem dengesizliğin yaklaşık %20'si bir sonraki dönemde giderilmektedir. Uzun dönemde tüm panel için Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerli olduğu söylenebilir. Havuzlanmış ortalama grup tahmincisi-nden elde edilen uzun dönem katsayıları yaklaşık olarak  $\ln G_{it}$  için 21.235,  $\ln G_{it}^2$  için -1.953 ve  $\ln G_{it}^3$  için 0.059 çıkmıştır. Uzun ve kısa dönem parametre tahminleri tüm panel için istatistiki olarak anlamlıdır.

Uzun dönem katsayılarının anlamlı ve işaretlerinin  $\ln G_{it}$  için pozitif,  $\ln G_{it}^2$  için negatif,  $\ln G_{it}^3$  için pozitif çıkması uzun dönemde Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezine ait kübik fonksiyonun N şeklinde olduğunu göstermektedir. Çevresel Kuznets Eğrisinin uzun dönem fonksiyonu N şeklinde bulunduğu için fonksiyona ait ekstremum noktaların hesaplanması gerekmektedir<sup>28</sup>. Buna göre tüm panel için; kişi başı gelir, 23429.44 dolar olana kadar kişi başı CO<sub>2</sub> emisyonunda artış meydana gelecektir ve kişi başı CO<sub>2</sub> emisyonu maksimum değerine ulaşacaktır. Kişi başı gelirin bu değerinden sonra kişi başı CO<sub>2</sub> emisyonunda azalma başlayacaktır. Dönüm noktası 56765.76

<sup>28</sup> Ekstremum noktalar, birinci türevi alınan fonksiyonun sıfıra eşitlenmesiyle bulunmuştur.

dolardır. Bu değerden sonra fonksiyon artık içbükey görünümünden dışbükey görünüme geçecektir ve minimum kişi başı CO<sub>2</sub> emisyonuna kişi başı gelirin 137321.77 dolar olduğu noktada ulaşılacaktır. Tüm panel için çalışma döneminde ortalama kişi başı gelir 16939.27 dolardır ve kişi başı CO<sub>2</sub> emisyonunu maksimum yapacak noktaya ulaşamamıştır. Ortalama kişi başı gelir, fonksiyonun içbükey olduğu bölüme denk gelmektedir. Bu da, tüm panel için kirliliğin gelirden daha hızlı arttığı bölgede olduğunu göstermektedir.

1960-2008 döneminde incelenen 18 OECD ülkesi için Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi hata düzeltme katsayıları *Ek A*'da verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere hata düzeltme katsayısı sadece Avustralya, Yunanistan, Japonya ve ABD için anlamsız çıkmıştır. Söz konusu dönemde bu dört ülke için, uzun dönemde Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi geçerli değilken diğer ülkelerde geçerli bulunmuştur.

Söz konusu ülkeler için Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi kısa dönem katsayıları *Ek B*'de verilmiştir. Kısa dönem katsayıları Danimarka, Fransa ve Hollanda için istatistiki olarak anlamlı çıkarken, bir tek Portekiz için hem istatistiki hem iktisadi olarak anlamlı çıkmıştır. Kısa dönemde sadece Portekiz için Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi geçerlidir.

#### 4. Sonuç

1990'lardan itibaren küresel ısınma ve iklim değişimleri, sürekli gündemi meşgul eden konular arasında yer almaktadır. İklimde yaşanan bu değişimlerin ekonomiye olan etkisi ise, hem politika yapıcılarının hem de akademisyenlerin büyüme-çevre ilişkisine verdikleri önemi ve bu konuda yapılan çalışmalarını arttırmaktadır.

Bu çalışmada da çevre kirliliği ve büyüme arasındaki ilişki incelenmeye çalışılmış ve bu bağlamda Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerliliği ekonometrik olarak sınanmıştır. Breitung panel birim kök testinden sonra uzun dönemli ilişkinin varlığını araştırmak için uygulanan panel eşbütünleşme testleri sonucunda 18 OECD ülkesi için çevre kirliliği ile ekonomik büyüme arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğu görülmüştür. Çevre kirliliği ile ekonomik büyüme arasındaki uzun dönemli ilişki, uygun panel hata düzeltme modeliyle tahmin edilmiştir. 1960-2008 döneminde incelenen 18 OECD ülkesi için Çevresel Kuznets Eğrisi fonksiyonu kübik formda çıkmıştır. Tüm panel için ortalama kişi başı gelirin, kişi başı CO<sub>2</sub> emisyonunu maksimum yapacak düzeye gelemediği, ancak kişi başı CO<sub>2</sub> emisyonunun kişi başı gelirden daha hızlı arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmada elde edilen bulgular, CO<sub>2</sub> kirleticisini kullanarak Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini ülke grupları için panel veri analiziyle sınanan Zarzoso ve Morancho (2004) ile Zeren ve Arı (2011) çalışmalarında elde edilen Çevresel Kuznets Eğrisinin N şeklinde kübik elde edilmesi sonucuyla paralellik gösterirken, Holtz-Eakin ve Selden (1995) ile Dijkgraaf ve Vollebergh (1998)'in sonuçlarıyla farklılıklar göstermektedir.

Dünyada gözlenmekte olan ekonomik büyüme ve kirlilik artışının seyri dikkate alındığında, bu çalışmanın sonuçları ile paralellik gösterecek şekilde kirliliğin

---

ekonomik büyümeden daha hızlı arttığı dikkat çekmektedir. Özellikle iklim ve çevredeki bozulma ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Politika yapıcıların ve ekonomiyi yönetenlerin öncelik hedef olarak belirledikleri ekonomik büyüme, çevrede yol açtığı tahribatı telafi edememekte aksine daha da hızlandırmaktadır.

Bununla birlikte çeşitli kuruluşlar, iklim değişimlerine dikkat çekmek amacıyla çeşitli faaliyetlerde bulunarak havadaki sera gazı ve karbondioksit miktarının azaltılması gerektiğine işaret etmektedirler. Birleşmiş Milletler öncülüğünde 1997 yılında hazırlanan Kyoto Protokolü de, bu amaç doğrultusunda ülkelerin onayına sunulmuştur. Ancak, Kyoto Protokolü gibi uluslararası bağlayıcılığı olan antlaşmaların varlığına rağmen, dünyadaki sera gazı emisyonu hala artmaya devam ettiğinden en azından dünya ölçeğinde maksimum dönüm noktasına gelinememiştir. Diğer taraftan, özellikle 20. yüzyıl sonrasında, gelişmiş ülkelerde hem çevresel yasal düzenlemeler hem de insanların çevreye olan duyarlılıklarının arttığı da bir gerçektir. Hatta son yıllarda gelişmekte olan ülkelerde de çevre bilincinde ciddi gelişmeler yaşanmaktadır. Politika yapıcılar da ekonomik büyümeyle ülke refahını artırırken gerekli yasal çevresel düzenlemeleri yaparak çevrenin zarar görmemesini sağlamayı amaçlamaktadırlar. Aksi takdirde, çevredeki olası bozulmayı göz önünde bulundurmadan sadece ekonomik büyümeye odaklanılması, gelecekte çevresel bozulmayı daha da artıracaktır. Çevredeki bozulma ise, zincirleme olarak tarımsal üretimi, insan sağlığını ve doğal düzeni etkileyecektir. Bütün bu olumsuz gelişmeler nihayetinde ekonomi için de sorun teşkil edebilecektir. Bu nedenle, politika yapıcılar ekonomik büyüme sürecinde çevreye özen göstermeli ve çevresel bozulmaya fırsat vermeyecek şekilde önlemlerini almalıdırlar. Firmaların temiz teknolojiler kullanması için gerek yasal düzenlemeler yapılmalı gerekse finansal kolaylık sağlanmalıdır. Ayrıca hidrojen enerjisi gibi çevre dostu enerji çeşitlerinin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

### **Kaynakça**

- ARELLANO, M. ve Bover, O., "Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models", **Journal Of Econometrics**, 1995, 68 , pp. 29-52.
- BALTAGI, B. H. (2005), **Econometric Analysis of Panel Data, Third Edition**, Chichester: John Wiley&Sons, Inc.
- BREITUNG, J., "The Local Power of Some Unit Root Tests for Panel Data. In: B. Baltagi (Ed.), *Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels*", **Advances in Econometrics**, Vol. 15, JAI: Amsterdam, 2000, pp. 161–178.
- BRUVOLL, A. ve Medin H., "Factoring the Environmental Kuznets Curve: Evidence from Norway", **Discussion Papers**, No. 275., 2000, Statistics Norway, Research Department.
- COLE, M.A., Rayner A.J. ve Bates J.M., "The Environmental Kuznets Curve: An Empirical Analysis", **Environment and Development Economics**, 1997, 2 (04), 401–416.
- DASGUPTA, S., Laplante B., Wang H. ve Wheeler, D., "Confronting the Environmental Kuznets Curve", **The Journal of Economic Perspectives**, 2002, Vol. 16, No. 1. Pp. 147-168.
- DIJKGRAAF E. ve Vollebergh, H.R.J., "Growth and/or (?) Environment: Is There A Kuznets Curve for Carbon Emissions?", **2nd Biennial Meeting of The European Society of Ecological Economics**, 1998, 4-7 March, Geneva.
- GROSSMAN, G.M. ve Krueger A., "Environmental Impacts of A North American Free Trade Agreement", **Nber Research Working Paper**, 1991, No. 3194, Cambridge.
- GROSSMAN, G.M. ve Krueger A., "Economic Growth and the Environment", **Quarterly Journal of Economics**, 1995, 110(2), 353–377.
- GUJARATI, D. (2004), **Basic Econometrics (4.Edition)**, New York, NY: The McGraw-Hill Companies.
- HALKOS, G.E., "Environmental Kuznets Curve For Sulfur: Evidence Using GMM Estimation and Random Coefficient Panel Data Models", **Environment and Development Economics**, 2003, Vol:8, pp. 581–601.
- HOLTZ, E. D. ve Selden M.T., "Stoking The Fires? CO<sub>2</sub> Emissions And Economic Growth", **NBER Working Paper**, 1992, #4248.
- KAO, C., "Spurious Regression and Residual-Based Tests for Cointegration in Panel Data", **Journal of Econometrics**, 1999, 90, pp. 1-44.
- KUZNETS, S., "Economic Growth and Income Inequality", **American Economic Review**, 1955, 45, pp 1-28.
- PEDRONI, P., "Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors", **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, 1999, Special Issue, 653-670.

- 
- PEDRONI, P., “Panel Cointegration: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis”, **Econometric Theory**, 20, 2004, 597–625.
- PERMAN, R. ve Stern D. I., “Evidence From Panel Unit Root and Cointegration Tests That the Environmental Kuznets Curve Does Not Exist”, **The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, 2003, 47:3, 325–347.
- PESERAN, M.H. ve Smith R. P., “Estimating Long-Run Relationships from Dynamic Heterogeneous Panels”, **Journal of Econometrics**, 1995, 68, pp. 79-113.
- PESERAN, M.H., Shin Y. ve Smith R. P., “Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels”, **Journal of the American Statistical Association**, 1999, 94, pp. 621-634.
- TORRAS, B. ve Boyce J.K., “Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets Curve”, **Ecological Economics**, 1998, 25, pp. 147-162.
- SELDEN, T.M. ve Song D., “Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?”, **Journal Of Environmental Economics And Management**, 1994, 27, pp. 147-162.
- STERN, D. I. ve Common M. S., “Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur?”, **Journal of Environmental Economics and Environmental Management**, 2001, 41, pp. 162-178.
- SONG, T., Zheng T. ve Tong L., “An Empirical Test of the Environmental Kuznets Curve in China: A Panel Cointegration Approach”, **China Economic Review**, 2008, 19, 381–392.
- YERDELEN TATOĞLU, F. (2012), **İleri Panel Veri Analizi (1.Baskı)**, İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.
- ZEREN, F. ve Arı A., “CO2 Emisyonu ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Analizi“, **Yönetim ve Ekonomi**, 2011, Cilt:18 Sayı:2.
- ZARZOSO, I.M. ve Morancho A.B., “Pooled Mean Group Estimation of an Environmental Kuznets Curve For CO2”, **Department of Economics**, 2004, Universitat Jaume I, 12071 Castello N, Spain.

**Ek A. Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi Hata Düzeltme Katsayıları (HDK)**

Ülkeler	HDK	Olasılık değeri
Avustralya	-.0375076	0.346*
Avusturya	-.2887385	0.005
Kanada	-.1602607	0.033
Danimarka	-.3843806	0.000
Finlandiya	-.2392613	0.001
Fransa	-.1932519	0.000
Yunanistan	-.047417	0.172*
İzlanda	-.6706073	0.000
İtalya	-.1148322	0.000
Japonya	-.0641609	0.261*
Hollanda	-.2275917	0.001
Norveç	-.2079011	0.004
Portekiz	-.1333995	0.000
İspanya	-.2338598	0.040
İsveç	-.0999683	0.045
Türkiye	-.437923	0.002
Birleşik Krallık	-.0990116	0.049
A.B.D	-.0946657	0.071*

(\*) işareti tahmin değerlerinin %95 güven düzeyinde istatistiki olarak anlamsız olduğunu göstermektedir.

**Ek B. Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi Hata Düzeltme Modeli Kısa Dönem Katsayıları**

Ülkeler	lng	lng2	lng3
Avustralya	14.677 (0.941)	-1.102 (0.958)	0.025 (0.972)
Avusturya	-202.271 (0.250)	20.819 (0.256)	-0.711 (0.264)
Kanada	-131.274 (0.599)	13.669 (0.597)	-0.472 (0.595)
Danimarka	-995.79 (0.030)*	101.28 (0.030)*	-3.427 (0.029)*
Finlandiya	-422.42 (0.096)	43.672 (0.097)	-1.502 (0.098)
Fransa	-698.27 (0.004)*	75.055 (0.004)*	-2.6794 (0.003)*
Yunanistan	-123.51 (0.112)	14.248 (0.111)	-0.544 (0.112)
İzlanda	-163.44 (0.328)	16.473 (0.333)	-0.5508 (0.340)
İtalya	-3.912 (0.964)	0.568 (0.951)	-0.0221 (0.947)
Japonya	-47.303 (0.444)	4.864 (0.437)	-0.1634 (0.439)
Hollanda	-587.76 (0.009)*	61.335 (0.009)*	-2.127 (0.008)*
Norveç	-329.759 (0.202)	32.3012 (0.211)	-1.0568 (0.219)
Portekiz	166.17 (0.007)*	-20.017 (0.006)*	0.8041 (0.005)*
İspanya	135.85 (0.121)	-16.410 (0.102)	0.6560 (0.085)
İsveç	529.322 (0.166)	55.496 (0.154)	-1.9337 (0.143)
Türkiye	-106.199 (0.240)	13.476 (0.236)	-0.566 (0.234)
Birleşik Krallık	74.088 (0.648)	-6.568 (0.691)	0.1908 (0.734)
A.B.D	-263.34 (0.077)	26.508 (0.074)	-0.886 (0.072)

Parantez içindeki değerler olasılık değerleridir.

(\*) işaretli tahmin değerlerinin %95 güven düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.