

## CO<sub>2</sub> Emisyonu ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Analizi

Araş. Gör. Ayşe ARI

*İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü, İSTANBUL*

Araş. Gör. Fatma ZEREN

*İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İSTANBUL*

### ÖZET

*Bu çalışmanın amacı CO<sub>2</sub> ile kişi başı gelir arasındaki ilişkiyi sorgulayarak Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezini test etmektir. Bu amaç doğrultusunda Akdeniz ülkeleri ele alınarak 2000–2005 dönemi, panel veri yöntemi ile analiz edilmiştir. Ampirik bulgular, CO<sub>2</sub> emisyonu ile kişi başı gelir arasındaki ilişkinin N şeklinde olduğunu ortaya koymuştur. Böylece CO<sub>2</sub> emisyonunun, yüksek ekonomik büyüme düzeylerinde de artabileceği görülmüştür. Bunun yanında çalışmada, nüfus yoğunluğu ve enerji tüketimi değişkenlerinin çevre kirliliği üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. Elde edilen ampirik bulgular, nüfus yoğunluğu ve enerji tüketiminin, CO<sub>2</sub>'yi pozitif yönde etkilediğini ortaya koymuştur.*

**Anahtar Kelimeler:** CO<sub>2</sub> emisyonu, Çevresel Kuznets Eğrisi, ekonomik büyüme, panel veri analizi.

**JEL Sınıflaması:** Q5,04, Q56

### CO<sub>2</sub> Emission and Economic Growth: A Panel Data Analysis

#### ABSTRACT

*The aim of this paper is to test Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis by investigating the relationship between per capita income and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emission. In accordance with this aim, The Mediterranean Countries have been analysed with the panel data method over the period 2000-2005. The empirical results displayed an N-shaped relationship between per capita GDP and CO<sub>2</sub> emission. Thereby, it has seen that CO<sub>2</sub> emission can also increase at the high levels of per capita income. Furthermore, the effects of the population density and energy consumption on the environmental pollution have also been searched in this study. The obtained empirical results indicated that the population density and energy consumption effect CO<sub>2</sub> emission positively.*

**Key Words:** CO<sub>2</sub> emission, Environmental Kuznets Curve, economic growth, panel data analysis.

**JEL Classification:** Q5,04,Q56

### GİRİŞ

Bir ekonominin amaçlarından birisi de büyümeyi maksimize etmektir. Ancak büyüme sürecinde çevresel değişimler olduğunun anlaşılmasıyla, çevre ve büyüme arasındaki ilişki sorgulanmaya başlanmıştır. Özellikle 1990'ların başından itibaren iklim değişiklikleri, küresel ısınma ve çevresel bozulma gündeme gelmiştir. Çevreyle ilgili söz konusu olumsuz gelişmelere sebep olarak ise havadaki karbondioksit gazının artması gösterilmiştir. Böylece dikkatler karbondioksit miktarındaki artışa çekilmiş ve bu artışın gelirle olası ilişkisi sorgulanmıştır. Bunun sonucunda ise, çevre ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki çevre ekonomisindeki yerini almıştır.

Özellikle İkinci Dünya Savaşından sonra ekonomik büyüme en öncelikli uğraşımız haline gelip büyüme oranları artarken, çevresel problemler de beraberinde artmıştır. 1960'lardan itibaren ise büyümenin neden olduğu çevre kirliliği (çevre kalitesindeki azalma), şehirlerin kalabalıklaşması ve şiddet olaylarının artması gibi negatif dışsallıklar ön plana çıkmıştır. Bu düşünceler daha sonra "Club of Rome" adlı rapor ile büyümenin sürmesi durumunda kısıtlı kaynaklarla ilişkili olarak yaşam kabiliyetinin sorgulanmasına neden olmuştur. Böylece söz konusu rapor ile büyümenin sınırları tartışmaya başlanmıştır (Bruvoll ve Medin, 2003:27).

Bu rapor, ekonomik büyümenin yavaşlaması gerektiğine dair bir ihtiyaçtan bahsederek bunu bilimsel bir şekilde göstermiştir. Günümüzde çevreci kuruluşlar ve organizasyonlar da toprak, su ve havanın kirlenme kapasitesine ulaşacağını, bu nedenle büyüme ve tüketimin azalması gerektiğini savunmaktadırlar. Diğer taraftan veri bir kirlilik / ekonomik büyüme oranının olmadığı ileri sürülerek rapor eleştirilmektedir. Ayrıca arz ve talebe yönelik piyasa ayarlamalarının fiyat değişimine, yeni ve ikame kaynakların keşfine ve teknolojik değişmelere yol açacağı ifade edilmektedir. Hatta kirliliğin ekonomik büyümeden değil fiyat sisteminin dışsal etkilerinin içselleştirilememesinden kaynaklandığı savunulmaktadır (Bruvoll ve Medin, 2003:27). Son yıllarda ise bu tartışmanın uzantısı Çevresel Kuznets Eğrisi (Environmental Kuznets Curve, EKC) ile ifade edilmektedir. EKC ise Kuznets (1955) tarafından ileri sürülen teoriye dayanmaktadır.

Çalışmanın izleyen bölümünde EKC teorisi açıklanacaktır. Daha sonra, çalışmanın metodolojisinden bahsedilerek tahmin sonuçlarına yer verilecektir.

## **I. ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİ (EKC)**

Kuznets (1955), 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 olanların servet ve sermaye birikimleri artacaktır. Böylece gelir eşitsizliği ortaya çıkacaktır. Ancak daha sonra, büyümenin faydaları zamanla yüksek ücret ve gelir artışı şeklinde diğer kişilere yansıtacaktır. Böylece ekonomik gelişmenin ilk safhasında artan gelir eşitsizliği, ekonomik gelişmenin sürmesiyle azalacaktır. 1990'larda ise ekonomik büyüme ve gelir eşitsizliği arasındaki ilişkiye benzer şekilde bir ilişkinin de gelir ve çevre kirliliği arasında olduğu savunulmuştur. Kirlilik ve gelir arasında bu tür bir ilişki olduğu ise ilk olarak Grossman ve Krueger (1991,1995) tarafından ortaya konulmuştur. Çevresel Kuznets eğrisi (Environmental Kuznets Curve, EKC) hipotezi, ekonomik büyümenin ilk yıllarında çevresel bozulmanın (kirliliğin) artacağını ancak büyümenin ilerlemesiyle kirliliğin azalacağını savunmaktadır. Az gelişmiş bir ekonomide genellikle tarıma dayalı üretim yapıldığından çevresel kirlenme görülmemektedir. Ancak ekonomik büyümenin ve sanayileşmenin görüldüğü ilk aşamalarda, üretim ve geliri artırmak öncelikli hedeftir. Bu amaç doğrultusunda doğal kaynakların hızla tüketilmesi ve temiz olmayan teknolojilerin kullanılması,

üretim artışıyla birlikte çevre kirliliğini de artıracaktır. Ancak belli bir gelir seviyesine ulaşılmasıyla, insanların bilinçlenmesi ve çevresel kuruluşların faaliyetleri, temiz bir çevreye olan talebi artıracaktır. Böylece temiz teknoloji kullanımı yaygınlaşacaktır. Özetle, büyümeyle birlikte çevre kirliliği artarken belli bir gelir düzeyinden sonra büyüme artıkça çevre kirliliği azalacaktır. Diğer taraftan, Deacon ve Norman (2004) EKC'nin, düşük gelirli ülkelerde kirliliğin arttığı, yüksek gelirli ülkelerde kirliliğin azaldığı, orta gelirli ülkelerde ise gelir-kirlilik ilişkisinin ters-U şeklinde olduğu biçiminde de yorumlanabileceğini belirtmiştir.

EKC hipotezini ele alan çalışmalarda çevre kalitesi; hava ya da su kirliliğini yansıtmak üzere CO<sub>2</sub>, sülfür dioksit (SO<sub>2</sub>), nitrojen oksit (NO<sub>x</sub>) vb. emisyonlar ile ormanların ve tarımsal alanların azalması gibi indikatörler ile ölçülmektedir.

Yapılan araştırmalar ise Çevresel Kuznets eğrisinin şeklinin sabit olmadığını ortaya koymuştur. EKC'nin şekli ekonomik büyümeye politikacıların, halkın, yasal düzenlemelerin, kurumların, organizasyonların vb. aktörlerin verdikleri tepki tarafından belirlenecektir. Son yıllarda çevresel organizasyonların, eğitimin ve kamunun çevre bilincinin gelişmesiyle bilgi ve düzenlemelerin artması, daha basık bir EKC beklentisini gündeme getirmiştir. Başka bir ifadeyle ülkelerin gelir düzeyleri artarken çevresel kalite çok daha az düşebilecektir (Dasgupta vd., 2002:151-152).

EKC önemli politik çıkarımlar da vermektedir. EKC teorisine göre, ekonomik büyüme ve çevre kalitesindeki iyileşme, gelişmekte olan bir ülke için aynı anda gerçekleşemeyebilecektir. Bunu önlemek için devlet, kirlitici enerji kullanımını azaltabilir, temizleyici teknolojiye ağırlık verebilir, çevre dostu olan araştırmaları destekleyebilir, hatta çevreye zarar veren ürünleri yasaklayabilir. Böylece büyüme süreci daha düşük kirlilikle atlatılabilecektir (Deacon ve Norman, 2004:1-2).

## II. LİTERATÜR TARAMASI

EKC ile ilgili olarak yapılan ilk çalışmalar ampirik olup gelir ve kirlilik arasında bir korelasyon olduğunu doğrulamıştır. Ancak söz konusu çalışmalarda, nedensellik konusunda kesin kanıtlar ortaya konulamamıştır. Daha sonraki yıllarda ise konuyla ilgili önemli bir literatür oluşmuştur (Buvoll ve Medin 2003; Deacon ve Norman 2004).

EKC'yi test eden öncü çalışma Grossman ve Krueger (1991)'dir. Daha sonraki çalışmalardan yatay kesit analizini kullanan Torras ve Boyce (1998), SO<sub>2</sub> ve duman için N şeklinde eğri elde etmiştir. Vincent (1997) de, ABD eyaletleri üzerine yaptığı çalışmasında panel veri modeliyle tahmin yaparak N şeklinde EKC'ye ulaşmıştır.

Grossman ve Krueger (1995), geleneksel EKC'nin varlığına rağmen, çevresel kirliliğin, ekonomik büyümenin yan ürünü olmasının kaçınılmaz olmadığını savunmuştur. Çünkü gelişmekte olan ülkeler günümüzde çevre-gelir ilişkisini, gelişmiş ülkelerin geçmiş yaşantılarından ders alarak ve büyüme

sürecinde temiz teknolojiler kullanarak, çevresel kirlenmenin önüne geçebileceklerdir. Benzer şekilde Munasinghe (1999) de ülkelerin kalkınma çabalarını, çevresel ve ekonomik kazanımları birlikte elde edebilecekleri şekilde yeniden yapılandırabileceklerini ifade etmiştir. Bu durum EKC sürecinde “tunneling” olarak adlandırılmıştır. Fakat Blignaut ve De Wit (2004) söz konusu olayın gerçekleşmesi için, politikacıların ciddi bir şekilde uygulamaya yönelik faaliyetlere geçmesi gerektiğini hatırlatmıştır. Bir başka koşul ise, modern teknolojilerin az gelişmiş ülkeler tarafından kısa sürede ithal edilebiliyor olmasıdır.

Cole *vd.*(1997), SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, sudaki nitrat oranı, metan gazı vb. kirlilik indikatörleri için EKC'nın varlığını sınamıştır. Ancak sadece yerel hava kirliliği için ters-U şekline ulaşırken, global kirlilik indikatörleri için gelir arttığında kirliliğin ve dönüm noktasının arttığını gözlemlemiştir. Bu durumda CO<sub>2</sub>, global bir indikatör olması sebebiyle gelir artışıyla birlikte artacaktır. Böylece küresel ısınmanın etkileri diğer ülke ve nesillere etki edecektir. Özetle, Arrow *vd.*(1995)'nin savunduğu gibi CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub>'ye kıyasla global ölçekte bir probleme yol açmaktadır. Çünkü karbon emisyonunu azaltmak, hem uluslararası bir çaba gerektirecek hem de uzun sürecektir.

Karbon emisyonu ve gelir arasındaki uzun dönem ilişkiyi test etmek amacıyla Çin'e ait 1975-2005 dönemi verilerini ise Jalil ve Mahmud (2009) incelemiştir. ARDL modelinin kullanıldığı çalışmanın sonucunda EKC hipotezi doğrulanırken karbon emisyonunu, enerji ve gelir düzeyinin belirlediği ancak ticaretin etkisinin anlamsız olduğu görülmüştür. Karbondioksit emisyonunu dikkate alarak kirlilik ile kişi başı gelir arasında ters-U şeklinde ilişki olduğunu doğrulayan bir başka çalışma da Dijkgraaf ve Vollebergh (1998)'in çalışmasıdır. Söz konusu çalışmada panel yöntemiyle OECD ülkeleri analiz edilmiştir.

Chien *vd.*(2010) ise EKC'nin geçerliliğini su kirliliğini incelemek üzere dinamik panel veri yöntemini kullanarak sorgulamış ve sadece Amerika ve Avrupa bölgeleri için ters-U şeklinde EKC elde etmiştir. Çin'deki 30 ilde 1987–1992 yılları arasındaki atık su, gaz ve katı atıkdaki kirlilik oranlarının, gelir ile ilişkisini sorgulayan Groot *vd.* (2002) ise N şeklinde EKC tespit etmiştir.

Panayotou (1997), SO<sub>2</sub> emisyonunu dikkate aldığı çalışmasında nüfus yoğunluğunu modele dahil ettiğinde her gelir düzeyinde EKC'nin yüksekliğinin arttığını gözlemlemiştir. Nüfus yoğunluğunun çevre kirliliğine olan etkisini pozitif olarak tahmin eden Selden ve Song (1994) ise, bu sonucu, katı çevre düzenlemeleri için baskının az olması ve ulaşımın fazla olmasına bağlamıştır.

Çevre ve gelir ilişkisini Türkiye'de sorgulayan çalışmalardan Halicioğlu (2009), 1960–2005 döneminde, karbon emisyonunda sırasıyla gelir, enerji tüketimi ve dış ticaretin belirleyici olduğu sonucuna ulaşmıştır. Atıcı ve Kurt (2007) ise, EKC hipotezinin doğruluğuna yönelik kanıtlar elde etmiştir. Söz konusu çalışmada Türkiye'nin özellikle 1980 sonrasında çevreyi kirleten sektör ürünlerini ürettiği ve ihraç ettiği sonucuna ulaşılmıştır.

### III. VERİ VE YÖNTEM

Panel veri yöntemi son yıllarda yaygın hale gelmiştir. Çünkü panel veri setinde hem yatay kesit hem de zaman olmak üzere iki boyut mevcuttur. Bir başka ifadeyle panel veri modellerinde, N tane birim ve her birime karşı gelen T adet gözlem bulunmaktadır. İki boyutun bir arada kullanılması daha fazla bilgi kullanımı ve serbestlik derecesinde artış sağlamaktadır. Gözlem sayısındaki artış, ölçülen ilişkiye daha fazla değişkenlik katarak, çoklu doğrusal bağıntı problemini ortadan kaldırmaktadır (Hsiao, 2006:7).

Bu çalışmada kullanılan veriler, Akdeniz Bölgesi ülkelerinin 2000-2005 dönemine ait gözlemlerinden meydana gelmekte olup Dünya Bankasının “World Development Indicator” (WDI) veritabanından elde edilmiştir. Ancak veri mevcudiyeti nedeniyle Akdeniz bölgesi ülkelerinden 17<sup>1</sup> tanesi çalışmada yer almıştır.

EKC fonksiyonunun, havuzlanmış panel regresyon modeli ile gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$E_{it} = \alpha_0 + \beta_1 Y_{it} + \beta_2 Y_{it}^2 + \beta_3 Y_{it}^3 + \beta_4 EN_{it} + \beta_5 NY_{it} + v_{it} \quad (1)$$

$i = 1, \dots, 17; t = 1, \dots, 6$

Yukarıdaki regresyon denkleminde  $i$ , birim sayısını  $t$  ise zaman aralığını göstermektedir. Bağımlı değişken olan  $E_{it}$ , logaritmik kişi başı CO<sub>2</sub> emisyonunu göstermektedir.  $Y_{it}$ , logaritmik kişi başı milli geliri<sup>2</sup>;  $Y_{it}^2$ , logaritmik kişi başı milli gelirin karesini;  $Y_{it}^3$ , logaritmik kişi başı milli gelirin küpünü;  $EN_{it}$  ise logaritmik kişi başı enerji tüketimini<sup>3</sup> ifade etmektedir.  $NY_{it}$  ise nüfus yoğunluğunu (km<sup>2</sup>'ye düşen kişi sayısı) göstermektedir.

EKC hipotezi altında enerji tüketimindeki artış, daha yüksek düzeyde ekonomi faaliyetlerini gerektireceğinden CO<sub>2</sub> emisyonu da artacaktır. Dolayısıyla enerji tüketiminin katsayısının pozitif olması beklenmektedir. Kısaca, enerji tüketiminin artması, üretim ve ekonomik faaliyetlerin dolayısıyla büyüme ve karbon emisyonun artmasıyla sonuçlanacaktır. Diğer taraftan ekonomik büyüme arttıkça enerji tüketim ihtiyacı da artacaktır. Enerji tüketiminin artması ise, büyümekte olan bir ekonomiye işaret edecektir (Apergis ve Payne, 2009:3282-3285; Jalil ve Mahmud, 2009:5168).

Nüfus yoğunluğu katsayısına yönelik önsel beklentiler ise yine pozitif olması yönündedir. Çünkü Panayotou (1997) ile Selden ve Song (1994) çalışmalarında belirtildiği gibi km<sup>2</sup>'ye düşen kişi sayısı arttıkça hem ısınma hem de gıda ihtiyacını karşılamak amacıyla kömür ve ticari olmayan fuel kullanımı

<sup>1</sup> Arnavutluk, Cezayir, Bosna-Hersek, Hırvatistan, Mısır, Fransa, Yunanistan, İsrail, İtalya, Lübnan, Malta, Fas, Slovenya, İspanya, Suriye, Tunus, Türkiye.

<sup>2</sup> 2000 yılı sabit dolar fiyatlarına göre hesaplanan GSYİH değerleridir.

<sup>3</sup> Kişi başı petrol tüketimi kullanılmıştır.

artacaktır. Bunun sonucunda ise enerji tüketimi ve kirlilik oranları yükselecektir. Ayrıca hızlı nüfus artışının özellikle doğal kaynaklara bağımlı ülkelerde doğal kaynaklara zarar vereceği ve çevrenin emisyonu asimile etme kapasitesini azaltacağı da ifade edilmektedir. Diğer taraftan, özellikle gelişmiş ve çevre bilincinin yerleştiği ülkelerde, nüfusun fazla olmasının katı çevre düzenlemelerinin hazırlanması için baskı yapacağı da savunulmaktadır. Ancak hakim olan görüş, nüfus artışının olumsuz etkisinin, olumlu etkisinden çok daha fazla olduğu yönündedir.

Panel verinin bir diğer avantajı ise birimler ve/veya zaman boyunca gözlenemeyen etkileri modele dahil etmesidir.<sup>4</sup> Bu gözlenemeyen etkilerin, sabit veya rassal olmasına göre panel veri modelleri sınıflandırılır. Bir yönlü birim etkili model geçerli ise (1) nolu regresyon modeli aşağıdaki gibi gösterilecektir.

$$E_{it} = \alpha_i + \beta_1 Y_{it} + \beta_2 Y_{it}^2 + \beta_3 Y_{it}^3 + \beta_4 EN_{it} + \beta_5 NY_{it} + v_{it} \quad (2)$$

Bu eşitlikte  $\alpha_i$ , gözlenemeyen birim etkiyi ifade etmektedir. Sabit etkiler varsayımında bu etkilerin açıklayıcı değişkenlerle korelasyonlu olduğu varsayılır. Bu modelin tahmininde birçok yöntem kullanılır. Yaygın olarak kukla değişkenli en küçük kareler ile grup-içi tahmin yöntemi tercih edilir. Kukla değişkenli en küçük kareler tahmin edicisi ile grup-içi tahmin edici yöntemi birbirine eşittir (Hsiao, 2003:33). Etkilerin rassal olduğu varsayımı altında ise, bu etkiler hata terimi bünyesinde değerlendirilir ve (2) ifadesindeki hata terimi,  $\alpha_i + v_{it}$  olmak üzere iki elemanlı olur. Ayrıca rassal etki modellerinde gözlenemeyen etki ile açıklayıcı değişkenler arasında ilişki olmadığı varsayılır. Bu varsayım Hausman testi ile test edilir. Rassal etki varsayımında  $\alpha_i$ 'nin varlığı, aynı yatay-kesit birimlerinin kalıntıları arasında korelasyona neden olur (Hsiao, 2003:35). Bu nedenle genelleştirilmiş en küçük kareler (GEKK) yöntemiyle tahmin edilebilir (Judge, 1988:484). Ancak rassal etki modellerinde hata teriminin varyans kovaryans elemanları  $E(u_i u_i') = W$ , skaler tipte özdeş bir eleman değildir. Genellikle bu matrisin elemanları bilinmemektedir. Bu bilinmeyen elemanlar yerine onlara ait tutarlı tahminler kullanılarak tahmin yapılır ve bu yöntemle esnek GEKK (EGEKK) adı verilir.

Tahmin aşamasından önce veriyi en iyi temsil edecek uygun panel veri modeli türüne karar vermek için testler yapılır. F testi havuzlanmış model ile sabit etki (bir yönlü ve iki yönlü) modeli arasında karar vermeyi sağlarken, LM testi ise rassal etkinin olabileceği varsayımı altında, havuzlanmış model ile rassal etki (bir yönlü-iki yönlü) modelleri arasında uygun modelin seçimine karar vermektedir (Baltagi, 2005:57-66). Rassal etki modelinde birim etki ile açıklayıcı değişkenler

<sup>4</sup> Hem birim hem de zaman boyunca bu gözlenemeyen etkileri dikkate alan modellere iki yönlü panel veri modelleri, yalnızca birim veya yalnızca zaman boyutunu dikkate alan modellere ise bir yönlü modeller adı verilir.

arasındaki korelasyonun sıfır olduğu varsayımı ( $H_0: E(\alpha_i, x_{it})=0$ ), Hausman testi ile sınanır. Bu varsayım sağlanamadığında rassal etki tahmin edicisi olan genelleştirilmiş en küçük kareler tahmin edicisi  $\beta_{GEKK}$ , yansız ve tutarlı değildir. Bu nedenle etkilerin rassal olduğu varsayımı altında uygun tahmin edici seçimi önemlidir.

#### IV. AMPİRİK BULGULAR

Analiz sonucunda elde ettiğimiz bulgular sırasıyla Tablo I ve Tablo II'de verilmiştir. Tablo I'de uygun panel veri modeline karar veren F testi, LM testi ve Hausman testi sonuçları bulunmaktadır.

**Tablo I:** F, LM VE Hausman Testi sonuçları

F Testi	LM Testi	Hausman Testi
$F_{birim} = 149.445^*$	$LM_{birim} = 232.45^*$	$H = 0.337$
$F_{periyod} = 0.391$	$LM_{periyod} = 3.068$	
$F_{birim-periyod} = 113.994^*$	$LM_{birim-periyod} = 235.52^*$	

\* İstatistiklerin %5 düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

Yukarıdaki tabloda görüldüğü üzere, hem sabit hem de rassal etki varsayımı altında yalnızca bir yönlü birim etki modelleri geçerlidir. Rassal etki varsayımı altında ise Hausman testi sonucuna göre  $E(\alpha_i, x_{it})=0$  koşulu sağlandığından esnek genelleştirilmiş en küçük kareler tahmin edicisi (EGEKK) kullanılmıştır. Varyans-kovaryans matrisinin elemanları, Swamy-Arrora ağırlıklarıyla oluşturulmuştur. Modelin tahmin sonuçları ise Tablo II'de verilmiştir.

**Tablo II:** Sabit ve rassal etki modelleri için tahmin sonuçları

Değişkenler	Sabit Etki	Rassal Etki
$Y$	29.348* (2.683)	25.479 (3.353)
$Y^2$	-3.278* (-2.523)	-2.845 (-3.067)
$Y^3$	0.121* (2.372)	0.105 (2.822)
$EN$	0.417* (2.098)	0.611 (7.384)

NY	0.002* (2.921)	0.0001 (0.560)
SABİT	-89.209 (-3.029)	-78.690 (-3.910)
Modelin anlamlılığı ve uygunluğu	$R^2 = 0.993$ $\bar{R}^2 = 0.992$ $F = 620.341^*$	$R^2 = 0.552$ $\bar{R}^2 = 0.529$ $F = 23.750^*$
Otokorelasyon testi	$LM = 9.283^*$	$LM_{\alpha\rho} = 232.515^*$ $LM_{\alpha/\rho} = 151.508^*$ $LM_{\rho/\alpha} = 0.058$
Değişen Varyans Testi	$LM = 81.134^*$	
Dönüm Noktaları	$X_1 = 3622.451$ $X_2 = 19258.35$	$X_1 = 3652.105$ $X_2 = 19157.18$

\* İstatistiklerin %5 düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir. Rassal etki modelindeki otokorelasyonu testi etmek amacıyla kullanılan LM istatistiklerindeki alt indis  $\alpha$  ; birim etkii,  $\rho$  ise otokorelasyon katsayısını göstermektedir.

Tablodan anlaşıldığı üzere hem sabit etki modellerinde hem de rassal etki modellerinde hata terimlerindeki değişen varyans ve otokorelasyon sorununu gidermek için, White cross-section ağırlıkları kullanılmıştır. Böylece her iki modelde de daha anlamlı katsayı tahminleri elde edilmiştir.

$Y = [Y_{it} \ Y_{it}^2 \ Y_{it}^3]$ , EKC fonksiyonun şeklini belirlemektedir.  $Y_{it}, Y_{it}^2$  ve  $Y_{it}^3$ 'ye ait katsayıların işaretlerine göre EKC fonksiyonu ters-U, U, doğrusal, N ya da ters N şeklinde olabilecektir. Bu çalışmada  $Y_{it}, Y_{it}^2$  ve  $Y_{it}^3$ 'ye ait katsayıların işaretleri sırasıyla pozitif, negatif ve pozitifdir. Bu nedenle tahmin edilen EKC fonksiyonu N şeklindedir. Dönüm noktaları<sup>5</sup> ise sabit etkili model için 3622.451\$ ve 19258.35\$, rassal etkili model için 3652.105\$ ve 19157.18\$ olarak hesaplanmıştır. Bu durumda kişi başı gelir arttıkça, CO<sub>2</sub> emisyonu da ilk olarak artmıştır (örneğin rassal etkili modelde, kişi başı gelir % 1 arttığında, kişi başı CO<sub>2</sub> emisyonu % 25.479 oranında artmıştır). Fakat kişi başı gelirin sabit ve

<sup>5</sup> EKC fonksiyonu N şeklinde olduğundan dönüm noktalarına ait formüller şöyledir.

$$x_1 = \exp\left(\frac{-\beta_2 - \sqrt{\beta_2^2 - 3\beta_1\beta_3}}{3\beta_3}\right), \quad x_1 = \exp\left(\frac{-\beta_2 + \sqrt{\beta_2^2 - 3\beta_1\beta_3}}{3\beta_3}\right)$$



rassal etkili model için sırasıyla 3622.451\$ ve 3652.105\$ seviyesine ulaşmasından sonra, karbon emisyonu azalmıştır. Karbon emisyonundaki azalma, kişi başı gelir her iki modelde sırasıyla 19258.35\$ ve 19157.18\$ seviyesine ulaşana kadar sürmüş ve bu gelir düzeyinde karbon emisyonu minimum noktasına ulaşmıştır. Ancak bu noktadan sonra, kişi başı gelirdeki artışla birlikte CO<sub>2</sub> emisyonu tekrar artmaya başlamıştır. Öte yandan, kişi başı gelirdeki artışın CO<sub>2</sub>'ye olan etkisi,  $Y_{it}^2$  ve  $Y_{it}^3$ 'nin etkisinden çok daha büyüktür. Bu nedenle, ekonomik büyümeyle birlikte kirlilik hızlı bir şekilde artarken, kirliliğin azalma ve sonrasında tekrar artma oranları, kişi başı gelirdeki artıştan daha az etkilenmiştir.

Kişi başı enerji kullanımının (EN) katsayısı da pozitif ve istatistiki olarak anlamlıdır. Böylece enerji tüketimindeki artışın, teoride beklenildiği gibi çevre kirliliğini arttırdığı görülmektedir. Benzer şekilde nüfus yoğunluğu ile CO<sub>2</sub> emisyonunun pozitif ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Böylece ülke nüfusu arttıkça nüfus yoğunluğu ve bunun sonucunda CO<sub>2</sub> emisyonu beklenildiği gibi artmıştır.

## SONUÇ

1990'lardan itibaren küresel ısınma ve iklim değişimleri, sürekli gündemi meşgul eden konular arasında yer almıştır. İklim değişimlerinin ekonomiye olan etkisi ise, hem politikacıların hem de akademisyenlerin büyüme-çevre ilişkisine verdikleri önemi arttırmıştır. 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 bağlayıcı 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 bilinci gelişmiştir. Politikacılar 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 arttıracaktır. Çevredeki bozulma ise, zincirleme olarak tarımsal üretimi, insan sağlığını, ve doğal düzeni etkileyecek, hatta doğal afetlere yol açabilecektir. Bütün bu olumsuz gelişmeler nihayetinde ekonomi için de sorun teşkil edebilecektir.

Bu çalışmada da çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasında Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinde bahsedildiği gibi bir ilişki olup olmadığı Akdeniz ülkeleri için sorgulanmıştır. Panel veri analizi ile elde edilen ampirik bulgular neticesinde N şeklinde (kübik) EKC tahmin edilmiştir. N şeklinde bir ilişki

olduğundan, ileri düzeydeki bir ekonomik büyümenin çevre için faydalı olduğuna dair bir yorum söylenemeyecektir. Çünkü, böyle bir durumda, ekonomik büyümenin ilk aşamalarında CO<sub>2</sub> emisyonu da artacak ancak belli bir gelir seviyesinden sonra ekonomik büyüme devam ederken CO<sub>2</sub> emisyonu azalacaktır. Daha sonra ise, CO<sub>2</sub> emisyonu gelirdeki artışla birlikte tekrar artmaya başlayacaktır. Özetle, N şeklinde bir EKC fonksiyonu, yüksek gelir düzeylerinde bile CO<sub>2</sub>'nin gelire birlikte artabileceği anlamına gelmektedir.

Diğer taraftan enerji ve nüfus yoğunluğunun teoride beklenildiği gibi CO<sub>2</sub> emisyonu ile pozitif ilişkili olduğu görülmüştür. Böylece kullanılan enerji miktarı ve ülkedeki kişi sayısı arttıkça, CO<sub>2</sub> emisyonu da artacaktır.

Sonuç olarak, politikacılar ekonomik büyüme sürecinde çevreye özen göstermeli ve çevresel bozulmaya fırsat vermeyecek şekilde önlemlerini almalıdır. Firmaların temiz teknolojiler kullanması için gerek yasal düzenlemeler yapılmalı gerekse finansal kolaylık sağlanmalıdır. Ayrıca hidrojen enerjisi gibi çevre dostu enerji çeşitlerinin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

#### KAYNAKÇA

- APERGIS, Nicholas ve PAYNE, James E. (2009), "CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Usage and Output in Central America", *Energy Policy*, 37, 3282-3286.
- ARROW, K., BOLIN B., COSTANZA R., DASGUPTA P., FOLKE C., HOLLING C.S., JANSSON B.O., LEVIN S., MALER G., PERRINGS C. ve D. PIMENTAL (1995), "Economic growth, carrying capacity and the environment" *Ecological Economics*, 15, 91-95.
- ATICI, Cemal ve Kurt FIRAT (2007), "Türkiye'nin Dış Ticareti Ve Çevre Kirliliği: Çevresel Kuznets Eğrisi Yaklaşımı", *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 13(2), 61-69.
- BALTAGI, Badi H. (2005), *Econometric Analysis of Panel Data*, Third edition, John Wiley&Sons.
- BLIGNAUT, J. M. DE WIT (2004), "A perspective on the South African economy. Sustainable options: Development lessons from applied environmental economics", (eds.) Blignaut, J. and de Wit, M, UCT Press.
- BRUVOLL, Annegrete ve Hege MEDIN (2003), "Factors Behind The Environmental Kuznets Curve A Decomposition Of The Changes In Air Pollution", *Environmental And Resource Economics*, 24, 27-48.
- CHIEN-CHIANG Lee ve Chia-HungSun Yİ-BİNCİU (2010), "The environmental Kuznets curve hypothesis for water pollution: Do regions matter?" *Energy Policy*, 38, 12-23.
- COLE, M.A., RAYNER, A.J. ve J.M BATES (1997), "The Environmental Kuznets Curve: an Empirical Analysis", *Environment and Development Economics*, 2 (04), 401-416.
- DASGUPTA, Susmita, BENOIT, Laplante, WANG, Hua ve Wheeler DAVID (2002), "Confronting the Environmental Kuznets Curve", *Journal of Economic Perspectives*, 16 (1), 147-168.
- DEACON, Robert ve Catherine S. NORMAN (2004), "Does the Environmental Kuznets Curve Describe How Individual Countries Behave?", UCSB Working Papers.
- DE GROOT, H.L.F., WİTHAGEN C.A. ve M. ZHOU (2002), "Dynamics of Chinese Regional Development and Pollution", Tinbergen Institute Discussion Paper, Amsterdam.
- DİJKGRAAF, E. ve H.R.J VOLLEBERGH (1998), "Growth and/or (?) environment: is there a Kuznets Curve for carbon emissions?", 2nd Biennial Meeting of the European Society of Ecological Economics, 4-7 March, Geneva.
- GROSSMAN, G. M. ve A. KRUEGER (1995), "Economic Growth and the Environment", *Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.
- GROSSMAN, G. M. ve A. KRUEGER (1991), "Environmental impacts of a North American free trade agreement", NBER Research Working Paper, No. 3194, Cambridge.

- HALİCİOĞLU, Ferda (2009), “An econometric study of CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey”, *Energy Policy*, 37, 1156–1164.
- HSIAO, C. (2003), *Analysis of Panel Data*, Second Edition, Cambridge University Press.
- JALIL, Abdul ve Syed F. MAHMUD (2009), “Environment Kuznets curve for CO<sub>2</sub> emissions: A cointegration analysis for China”, *Energy Policy*, 37, 5167–5172.
- JUDGE, George G. (1988), *Introduction to the Theory and Practice of Econometrics*, Second Edition, USA, John Wiley & Sons.
- KUZNETS, S. (1955), “Economic growth and income inequality”, *American Economic Review*, 45 (1), 1-28.
- MUNASINGHE, M. (1999), “Is environmental degradation an inevitable consequence of economic growth: tunneling through the environmental Kuznets curve”, *Ecological Economics*, 29 (1), 89–109.
- PANAYOTOU, T. (1997), “Demystifying the Environmental Kuznets Curve: Turning a Black Box into a Policy Tool”, *Environment and Development Economics*, 2(04), 465-484.
- SELDEN, T.M. ve D. SONG (1994), “Environmental Quality and Development: Is there a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, 147-162.
- TORRAS, M. ve J.K. BOYCE (1998), “Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve”, *Ecological Economics*, 25, 147–160.
- VINCENT, J.R (1997), “Testing for environmental Kuznets curves within a developing country”, *Environment and Development Economics*, 2, 417–431.
-