

# EKONOMİK BÜYÜME, ENERJİ TÜKETİMİ VE ÇEVRESEL BOZULMA İLİŞKİSİ: TÜRK CUMHURİYETLERİ ÜZERİNE PANEL VERİ ANALİZİ

Öğr. Gör. Fatih YETER\* - Prof. Dr. İlhan EROĞLU\*\*  
Öğr. Gör. Nalan KANGAL\*\*\* - Doç. Dr. Mustafa Necati ÇOBAN\*\*\*\*

## Öz

*Bu çalışmada Azerbaycan, Kazakistan, Kırgızistan, Türkiye, Türkmenistan ve Özbekistan Türk cumhuriyetlerindeki ekonomik büyümenin ve enerji tüketiminin çevresel bozulma üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) modeli ile enerji tüketimini de içeren genişletilmiş EKC modeli 1992-2019 dönemi için test edilmiştir. Genel bulgular her iki modelin de Türk cumhuriyetlerinin oluşturduğu panel grubu için geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre kalkınma sürecinde çevresel bozulmanın uzun dönemde çevresel iyileşmeye dönmesi beklense de çevresel bozulmanın maliyetlerini en aza indirmek için karbon salınımını azaltan enerji politikalarının oluşturulması sürdürülebilir ekonomik büyüme ve çevresel koşullar için gereklidir.*

**Anahtar kelimeler:** Çevresel Bozulma, Ekonomik Büyüme, Enerji, Azerbaycan, Kazakistan, Kırgızistan, Türkiye, Türkmenistan, Özbekistan.

Geliş Tarihi: 04 Kasım 2021 - Kabul Tarihi: 14 Kasım 2021.

Atf Bilgisi: Fatih Yeter - İlhan Eroğlu - Nalan Kangal - Mustafa Necati Çoban, "Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi ve Çevresel Bozulma İlişkisi: Türk Cumhuriyetleri Üzerine Panel Veri Analizi", *Türk Dünyası Araştırmaları*, Cilt: 129, Sayı: 255, İstanbul 2021, s. 405-432.

\* Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Pazar Meslek Yüksekokulu Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, fatih.yeter@gop.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-8769-9122.

\*\* Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü, ilhan.eroglu@gop.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4711-1165.

\*\*\* Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Almus Meslek Yüksekokulu Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, nalan.kangal@gop.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-9160-0797.

\*\*\*\* Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü, necati.coban@gop.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-2839-4403.

**Relationship Between Economic Growth, Energy Consumption And  
Environmental Deterioration: Panel Data Analysis On Turkic Republics  
Abstract**

*In this study, the effects of economic growth and energy consumption on environmental degradation in Azerbaijan, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Turkey, Turkmenistan and Uzbekistan are investigated. The Environmental Kuznets Curve (EKC) model and the extended EKC model including energy consumption were tested for the period 1992-2019. The general findings have been concluded that both models are valid for the panel group formed by the Turkic Republics. Accordingly, although environmental degradation is expected to return to environmental improvement in the long term in the development process, it is necessary for sustainable economic growth and environmental conditions to create energy policies that reduce carbon emissions in order to minimize the costs of environmental degradation.*

**Keywords:** *Environmental Degradation, Economic Growth, Energy, Azerbaijan, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Turkey, Turkmenistan, Uzbekistan.*

## 1. Giriş

Yaşadığımız çevre yaşamımızda belki de en fazla dikkat etmemiz gereken bir alandır. Sanayileşmenin çevreye karşı oluşturduğu tehdit bu gün ülkelerin en öncelikli konuları arasında yer almaktadır. Sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir büyüme gibi kavramlarla çevreciliğin önemi ön plana çıkmış ve bu durum çevreci bir anlayışın iktisat literatürüne farklı kazanımları beraberinde getirdiği ve yeni araştırma alanlarının ortaya çıktığı görülmüştür. Dönüştürülen ekonomi, yeşil ekonomi, yenilenebilir enerji gibi isimlerle anılan bu çevreci ekonomi anlayışı her geçen gün önemi daha iyi anlaşılacak şekilde hemen hemen her ülkenin öncelikli konuları haline gelmiştir.

Üretim sürecinde enerji önemli bir girdi olarak yer alarak büyüme ve kalkınma politikalarında başrolü oynamaktadır. Son yıllarda ülkeler çevre politikalarında enerjiyi hesaba katılması gereken önemli bir girdi olarak görmektedir. Zira enerji; bir taraftan zengin rezervleri olan ülkeler için uluslararası ticarete rekabet avantajı sağlarken diğer taraftan enerjiyi bilinçsizce tüketen ülkeler için, enerji kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle, kıtlık sorunu ve çevresel bozulmanın kaçınılmaz maliyetini beraberinde getirmektedir. Enerji tüketimini yenilenebilir enerjiye dayandıran ülkeler fosil yakıt türü enerjiyi kullanmakta olan ülkelere göre çevre konusunda daha avantajlı konuma geçmektedir. Bu durum, ülkeleri ya enerji tüketiminin çevresel bozulmayı önleyici politikalar üretmeye zorlamakta ya da yenilenebilir enerji tüketimine öncelik veren enerji yatırımlarının yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Yenilenebilir enerji alanına yapılan yatırımlar hem çevresel bozulmayı önlemeye katkı yapmakta hem de yenilenemez nitelikli olan fosil yakıtta dayalı enerji kaynaklarının sınırlı ve riskli limitlere sahip olması nedeniyle fosil enerji rezervinin tükenme tehdidine karşı yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelmeyi zorunlu kılmaktadır.

Çevre dostu olmayan sanayileşmenin kaçınılmaz sonucu olarak ortaya çıkan çevresel bozulma birçok iktisadi maliyete katlanmamıza neden olmaktadır. Son yıllarda bu alanda yapılan çalışmalar iktisat literatüründe hatırı sa-

yılır miktara ulaşmıştır. Bu alanda yapılan çalışmaların önemli bir kısmını da ekonomik büyüme sürecinde çevresel bozulmaya neden olan enerji tüketimi üzerinde yapılan çalışmalar oluşturmaktadır. Çevresel bozulmanın ekonomik maliyetini ortaya koyma hususunda çevresel Kuznets Eğrisi literatürde çok sıkça başvurulan yöntemlerden birisidir. Bu bağlamda yapılan araştırmaların bir kısmı ile çıktı (büyüme) çevre kirliliği ilişkisini doğrudan ele almakta bir kısmı da enerji tüketiminin çevresel bozulmaya yol açması üzerinden dolaylı bir etkiyi ortaya çıkarmaktadır. Bu iki etkiyi esas alan çalışmalar son zamanda yaygın olarak görülmektedir. Çevresel kirlilik-büyüme (çıkıtı)-enerji tüketimi bu araştırmaların temel belirleyicileri olmaktadır. Çevresel bozulmada karbon salınımı önemli bir tehdit olarak günümüz dünyasında önemini korumaktadır.

Bu çalışmanın amacı; büyüme, enerji tüketimi ve çevresel bozulma ilişkisini Türk cumhuriyetleri özelinde ampirik olarak incelemektir. Çalışmada öncelikle çıktı (büyüme), enerji tüketimi ve çevresel bozulma ilişkisi ele alınarak söz konusu ilişki kapsamında literatür taraması yapılacaktır. Daha sonra konunun Türk cumhuriyetleri açısından ampirik bir analizi yapılacaktır. Son olarak; araştırma bulguları ışığında sonuç ve öneriler kısmına yer verilecektir.

## 2. Literatür Taraması

Çevresel bozulmanın ekonomik etkilerini araştıran çalışmaların başlangıç noktasını tersine çevrilmiş *u* şeklindeki Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) olduğunu söylemek yanlış olmaz. Grossman ve Krueger<sup>1</sup> çalışmasında ilk kez EKC ilişkisini iktisadi aktivitenin ticari serbestleşme sonrasında artışının çevresel bozulmayı da beraberinde getireceğini öne sürmüştür. Söz konu çalışmada “çıkıtı-çevresel kirlilik” bağlantısı EKC modeli çerçevesinde geniş bir yazın grubunu oluşturmaktadır. EKC modeli dışında bu ilişkiyi farklı şekilde ele alan ikinci çalışma grubu “çıkıtı (gelir)-enerji tüketimi” arasındaki ilişkiyi inceleyen yazındır. Bu ilişkiyi karbon emisyonundaki artışının fosil bazlı yakıtların üretim sürecinde kullanılmasından kaynaklandığını ileri sürmektedir. Kraft ve Kraft’ın çalışması bu bağlantıyı ampirik olarak inceleyen ilk çalışma olup “çıkıtı-enerji tüketimi” ilişkisi olarak niteleyebileceğimiz ikinci yazın grubunun öncü çalışması olarak bilinmektedir.<sup>2</sup> Son yazın grubu ise diğer iki yazın grubundaki “çıkıtı-çevresel kirlilik” ilişkisi ile “çıkıtı (gelir)-enerji tüketimi” ilişkisinin birleşiminden oluşan “çevresel kirlilik-çıkıtı-enerji tüketimi” ilişkisini incelemektedir. Soytaş, Sarı ve Ewing çalışmasında diğer iki yazın grubunu birleştirerek enerji tüketimi, çıkıtı ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bu çalışma sonrasında birçok ülke ve ülke grupları için çıkıtı-kirlilik ya da çıkıtı-enerji tüketimi gibi ikili ilişkiler yerine daha geniş değişken setleri kullanılarak bu ilişki incelenmiştir.<sup>3</sup> Buna göre çevresel etkilerin be-

<sup>1</sup> Gene M. Grossman - Alan B. Krueger, “Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement”, No. working paper 3914. *National Bureau of Economic Research, Cambridge*, November 1991 s. 1-39.

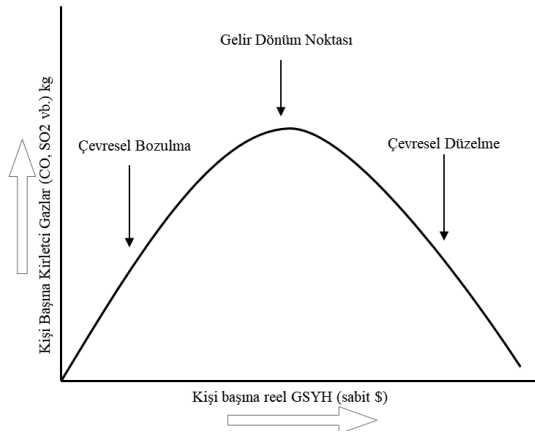
<sup>2</sup> John Kraft - Arthur Kraft, “On the Relationship Between Energy and GNP”, *The Journal of Energy and Development*, 1978, s. 401-403.

<sup>3</sup> Uğur Soytaş - Ramazan Sarı - Bradley T Ewing, “Energy Consumption, Income, and Carbon Emissions in the United States”, *Ecological Economics*, 62, 3-4, 2007, s. 482-489.

lirleyicileri olarak çıktı, enerji tüketimi başta olmak üzere gayrisafi sabit sermaye yatırımı, doğrudan yabancı yatırımlar, ticari açıklık gibi birçok makro iktisadi belirleyiciler kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, nüfus, kentleşme, beşeri sermaye, okullaşma oranı, siyasi istikrar, hukukun üstünlüğü gibi değişkenler sosyal ve kurumsal belirleyiciler olarak modellerde kullanılarak iktisadi aktivitenin çevresel bozulma bağlantısı daha geniş perspektiften incelenmeye başlanmıştır.

EKC ekonomik kalkınma ilerledikçe gelir eşitsizliğinin önce artan sonra azalan bir şekilde olduğunu varsayan Simon Kuznets'ten adını almıştır. Kuznets'in ekonomik büyüme gelir eşitsizliği ilişkisini incelediği çalışmasından esinlenilerek bu ilişki çevresel etki-ekonomik büyüme ilişkisi şeklinde uyarlandı ve görülmektedir.<sup>4</sup> Ancak EKC'nin oluşturulmasında ironik bir şekilde Kuznets'in bir rolünün olmadığı görülmektedir. EKC ise kişi başına gelir ile karbondioksit, kükürt ve nitrojen oksit gibi çeşitli kirletici maddelerin emisyonları arasındaki ilişkiyi ifade eder. Kirletici maddeler ise enerji kullanımı ile sıkı sıkıya bağlı olduğundan EKC enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiden yola çıkarak çevresel etkiyi açıklamaktadır.<sup>5</sup> EKC hipotezinin matematiksel ifadesi en basit şekliyle  $y=a+bx+cx^2+u$  şeklinde yazılabilir. Burada  $y$  çevresel zararın seviyesi  $x$  kişi başına gelir seviyesi,  $u$  gözlemlenemeyen etkidir. EKC denkleminde  $a$  sabit terim,  $b$  ve  $c$  gelir düzeyinin çevresel kalite üzerindeki etkilerini yansıtır. EKC hipotezine göre önce kişi başına gelir arttıkça çevresel bozulma seviyesi artacaktır ( $b > 0$ ). Gelir dönüm noktasından sonra gelir seviyesindeki artış, çevresel baskıların artması ile çevresel zarar seviyesi azalacak ve çevresel düzleme evresine geçilmiş olacaktır ( $c < 0$ ).<sup>6</sup>

### Şekil 1: Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC)



<sup>4</sup> Simon Kuznets, "Economic Growth and Income Inequality", *The American Economic Review*, 45.1, 1955, s. 1-28.

<sup>5</sup> David I. Stern, "The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve", *World Development*, 32.8, 2004, s. 1419-1439.

<sup>6</sup> Guo, Rongxing, *Cross-Border Management: Theory, Method and Application*, Springer, 2015.

EKC üzerindeki tartışmaların kazan-kazan ilişkisini gösterdiğine dair ilk kurumsal görüşler 1992 yılına ait Dünya Kalkınma Raporu'nda yer almaktadır. Büyüme uzun dönemde teşvik edildiğinde çevresel sorunlara ilişkin düzenlemeleri de beraberinde getirecektir ve ekonomik büyüme de çevresel kalite de artmış olacaktır. Rapora göre çevresel bozulma ve sonrasında çevresel iyileşmenin çevre kirliliği ile gelir arasındaki neredeyse kesin bir şekilde ifade edilen tersine çevrilmiş  $u$  şeklindeki ilişkiden kaynaklanmaktadır.<sup>7</sup> Bu durumda politika yapıcılarının çevresel bozulmaya karşı ayrıca bir politika geliştirmek yerine kalkınma sürecinin bir sonucu olarak çevresel bozulma ve çevresel düzelme süreçleri gerçekleşecektir. Stern (2004) çalışmasında kronolojik olarak incelediğinde EKC'nin ampirik bulgularının hatalı ekonometrik yöntemler ve zayıf test istatistikleri ile oluşturulduğunu büyüme-çevre kirliliği ilişkisinin yerine teknolojik ilerlemenin çevre üzerindeki etkisinin de modele katılması ile daha gerçekçi bir görüş elde edildiğini iddia etmektedir. Stern çalışmasında çevresel bozulmanın gelir ile monoton bir şekilde arttığı teknolojik değişimin çevresel etkileri azalttığı ancak ölçek etkisinin gelişmiş ülkelerde daha düşük büyüme oranları ile kirliliği azaltma çabalarının daha iyi sonuçlar verdiğini savunmuştur. Bu EKC etkisinin kaynağıdır, ancak daha hızlı büyüyen orta gelir düzeyindeki ekonomilerde kirliliği ve diğer bozulmaları artıran ölçek etkisinin zaman etkisini bastırdığı görülmektedir. Dolayısıyla EKC'nin ilk kısmı gelişmekte olan ülkeler için geçerli olmadığı ve kişi başına gelir teknolojik değişim ile beraber arttıkça çevresel bozulmaların önüne geçmektedir.<sup>8</sup> Mäler çalışmasında Stern'in çalışmasına dayanak olacak şekilde tersine çevrilmiş  $u$  şeklindeki EKC'nin çevre kirliliği büyüme ilişkisinden çok çevre kalite ölçüsü ile kişi başına gelir düzeyi arasındaki ilişkiden kaynaklandığını iddia etmektedir. EKC'nin salt büyüme çevre kirliliği ilişkisi olmadığına ilişkin ikinci açıklaması kişi başına gelir düzeyindeki gelişmenin toplumun daha iyi bir çevresel koşullara ilişkin talebini artıracığına ilişkin varsayımın modele dâhil edilmemesi sorunudur.<sup>9</sup> Bu açıdan modelde gelir artışı ile beraber toplumun hükümete seslerini duyurma, özgür iletişim ve ifade, demokratik yönetim gibi bir dizi karmaşık kurumsal yapının gelişiminin de ölçülmesi gerekir. EKC'nin genişletilmiş şekilde ele alındığı Apergis ve Öztürk'ün çevre kirliliğini etkileyen bir dizi değişken kullanarak yaptığı ampirik çalışma da 14 Asya ülkesi için EKC'nin tersine çevrilmiş  $u$  şeklinde meydana geldiğine ilişkin kanıtlar sunmuşlardır. Bu çalışma da kurumların kalitesini ölçmek için dört farklı değişken kullanarak politik kurumlardaki iyileşmenin çevresel iyileşmeye katkıda bulunduğu iddia edilmektedir.<sup>10</sup> EKC'nin ekonomik büyüme gerçekleştiğçe sürecin tersine dönerek çevre kirliliğini azaltacağı düşüncesine güvenmek yerine daha iyi bir çevre yönetimi için kurumsal ve düzenleyici re-

<sup>7</sup> World Commission on Environment, *Our Common Future*, Centre for Our Common Future, 1992.

<sup>8</sup> Stern, *a.g.e.*

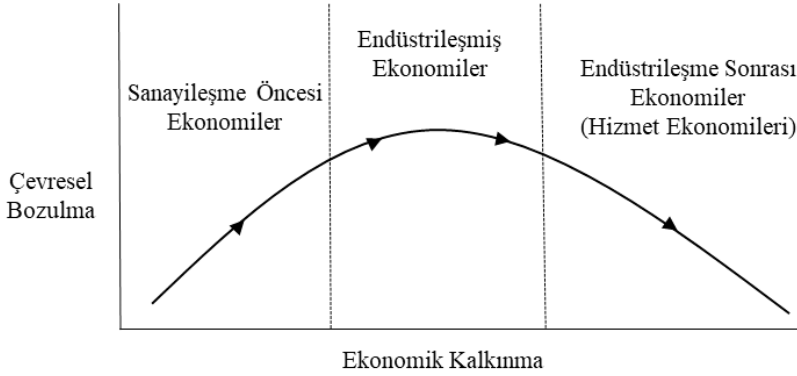
<sup>9</sup> Karl-Göran Mäler, "Economic Growth and the Environment", *Encyclopedia of Biodiversity*, Ed. Samuel. M Scheiner, Academic Press, February 2013, s. 25-30.

<sup>10</sup> Nicholas Apergis - İlhan Öztürk, "Testing Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Asian Countries", *Ecological Indicators*, 52, 2015, s. 16-22.

formların oluşturulması daha yerinde olacaktır. Bunun aksine kazan-kazan düşüncesi son derece tehlikeli sonuçlar doğurabilir.<sup>11</sup>

Katsoulakos vd. çalışmasında neoklasik iktisadi yaklaşımının çevre sorununa bakış açısını irdelemiş ve neoklasik iktisadın çevre sorununu açıkça bir piyasa başarısızlığı olarak gördüğünü ileri sürmüştür. Buna göre piyasa başarısızlığına karşılık etkin devlet düzenlemeleri sonucunda ekonomik faaliyetlerin meydana getirdiği çevresel sorunlar ortadan kaldırılarak sürdürülebilir çevresel koşullarının oluşmasını sağlayacaktır. Piyasa başarısızlığının en önemli nedeni ise çevresel sermayenin uygun bir fiyat yapısı ile piyasa sisteminin entegre edilmemiş olmasından kaynaklanmaktadır. Çevresel sermayenin piyasaya entegrasyonu ancak çevresel etkilerin somutlaştırılmasıyla mümkün olacaktır. Devlet düzenlemeleri ile çıktının içerisine gydirilmiş çevresel düzenlemenin sonucunda çevresel ürünler ve bu ürünlere ilişkin pazarların oluşturulması piyasa başarısızlığının üstesinden gelinmesini sağlayacaktır. Ancak bu süreç kendiliğinden meydana gelmeyecek ve dışsal bir müdahale ile gerçekleşecektir.<sup>12</sup>

### Şekil 2: Çevresel Bozulma-Ekonomik Kalkınma İlişkisi



**Kaynak:** Nikolas. M. Katsoulakos, et al, "Environment and Development," *Environment and Development*, Elsevier, 2016, s. 512.

Çevresel etkilere karşı bireylerin rasyonel davranacağı kabulü etrafından bireylerin optimal tatmin düzeyi tercihlerinin de belirleyicisi olacak ve bu tercihleri sonrasında etkin kaynak tahsisi gerçekleştirecektir. Kalkınma sürecinin özgün koşulları nedeniyle tercihlerin farklılaşması çevresel etkilerin de niteliğini ve niceliğini belirleyecektir. Bu durum, şekil 2 üzerinden EKC hipotezine dayanak oluşturacak şekilde tanımlanmış halini göstermektedir. Buna göre çevresel bozulma az gelişmiş ekonomilerde kişi başına gelir arttıkça doğru orantılı bir şekilde artmış olacaktır. Bunun nedeni ekonomiler düşük gelir düzeyinde

<sup>11</sup> Mäler, a.g.e..

<sup>12</sup> Nikolas. M. Katsoulakos, et al. "Environment and Development," *Environment and Development*, Elsevier, 2016, s. 499-569.

temel tüketim ihtiyaçlarını karşılamak ve çevresel etkileri azaltmak arasındaki tercihlerini temel ihtiyaçları karşılanması tercihinden yana olacaktır. Belirli bir gelir düzeyine ulaşıldığında çevre kalitesi ile tüketim arasındaki ödünleşmeyi ortaya çıkaran çevresel duyarlılıklar artmaya başlayacaktır ve daha düşük çevresel bozulmaların meydana gelmesi ile sonuçlanacaktır. İktisadi gelişme daha ileri seviyeye geldiğinde bireyler temel tüketim malları dışında çevresel kamu mallarını daha fazla talep edeceklerdir. Bu durumda kurumsal düzenlemeler ve yeni iktisadi talepler piyasa mekanizmasına eklenerek - politika yapımcıların kurumsal kaliteleri insanların çevreye duyarlı politik talepleri yerine getirme isteklerine göre ödünleşme derecesi artacaktır - bu malların üretilmesine başka bir deyişle çevresel kalitenin artmasına yol açacaktır.<sup>13 14\_15\_16</sup>

**Tablo 1: Literatür**

Yazarlar	Ülke/Ülke Grubu	Dönem	Yöntem	Bulgular
Padilla ve Serrano (2006)	Gelire Göre Ülke Grupları	1971-1999	Doğrusal Olmayan Tahminleme	Ülkelerin birçoğunda bulgular kişi başına gelirin karbon emisyonu üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Etkinin daha yüksek kişi başına gelirine karşılık daha yüksek karbon emisyonu olduğunu göstermektedir. <sup>14</sup>
Ang (2007)	Fransa	1960-2000	Eş Bütünleşme, VECM, Nedensellik	Uzun dönemde çıktidan karbon emisyonuna ve enerji tüketimine doğru nedensellik bulunmuş, kısa dönemde ise enerji tüketiminden çıktıya doğru nedensellik olduğu tespit edilmiştir. <sup>15</sup>
Soytaş vd. (2007)	ABD	1960-2004	Nedensellik, Varyans Ayrıştırma	Uzun dönemde enerji tüketiminden karbon emisyonuna doğru nedensellik vardır. Karbon emisyonu ile gelir arasında ödünleşme yoktur dolayısıyla karbon emisyonu azaltıcı politika olarak gelirin azaltılmasına gerek yoktur. Aksine enerji tüketimini kısıtlayıcı bir politika karbon emisyonunu azaltabilir. <sup>16</sup>

<sup>13</sup> A.e..

<sup>14</sup> Emilio Padilla - Alfredo Serrano, "Inequality in CO2 Emissions Across Countries and its Relationship With Income Inequality: A Distributive Approach", *Energy Policy*, 34.14, 2006, s. 1762-1772.

<sup>15</sup> Ang, James B., "CO2 Emissions, Energy Consumption, and Output in France", *Energy Policy*, 35.10 2007, s. 4772-4778.

<sup>16</sup> Ugur Soytaş - Ramazan Sarı, Bradley T Ewing, *a.g.e.*



**Tablo 1: Literatür<sup>17,18,19,20</sup>**

Yazarlar	Ülke/Ülke Grubu	Dönem	Yöntem	Bulgular
Halıcıoğlu (2009)	Türkiye	1960-2005	Eş Bütünleşme, ARDL, VECM, Nedensellik	Karbon emisyonu ile gelir, enerji tüketimi ve dış ticaret değişkenleri arasında kısa ve uzun dönemde anlamlı ilişki olduğu yönündedir. Karbon emisyonu ile gelir arasında çift yönlü nedensellik bulunmuştur. <sup>17</sup>
Zhang ve Cheng (2009)	Çin	1960-2007	Nedensellik	Uzun dönemde enerji tüketiminden karbon emisyonuna doğru nedensellik vardır. Gelir ile karbon emisyonu arasında anlamlı bir nedenselliğin olmaması gelir kısıtlayıcı politikalara gerek kalmadan çevre kirliliğini azaltıcı tedbirler alınabilir. <sup>18</sup>
Apergis ve Payne (2009)	6 Orta Amerika Ülkesi	1980-2004	Eş Bütünleşme, Nedensellik	Reel GSYH, enerji tüketimi ve iş gücü arasında eş bütünleşme ilişkisi mevcuttur. Enerji tüketiminden çıktı büyümesine doğru hem kısa hem uzun dönem nedensellik tespit edilmiştir. <sup>19</sup>
Narayan ve Narayan (2010)	43 Gelişmekte Olan Ülke	1980-2004	Eş Bütünleşme, VECM	Karbon emisyonu kişi başına gelir düzeyi arasındaki ilişkiyi hem panel hem zaman serileri ile uzun ve kısa dönemli ilişki olarak test edilmiş. Uzun dönem katsayısı kısa dönem katsayısından küçük olması uzun dönemde gelirdeki artışa karşılık karbon emisyonunu azaltacaktır. Tek tek ülkelere dayalı ampirik analizde seçilen ülkelerin yaklaşık üçte birinde EKC'yi desteklediği görülmektedir. <sup>20</sup>

<sup>17</sup> Ferda Halıcıoğlu, "An econometric study of CO2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey." *Energy policy* 37.3, 2009 s. 1156-1164.

<sup>18</sup> Zhang, Xing-Ping, and Xiao-Mei Cheng. "Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China." *Ecological economics* 68.10, 2009 s. 2706-2712

<sup>19</sup> Apergis, Nicholas, and James E. Payne. "CO2 emissions, energy usage, and output in Central America." *Energy Policy* 37.8, 2009, s. 3282-3286.

<sup>20</sup> Narayan, Paresh Kumar, and Seema Narayan. "Carbon dioxide emissions and economic growth: Panel data evidence from developing countries." *Energy policy* 38.1, 2010 s. 661-666.



**Tablo 1: Literatür<sup>21,22,23</sup>**

Yazarlar	Ülke/Ülke Grubu	Dönem	Yöntem	Bulgular
Öztürk ve Acaravcı (2010)	Türkiye	1968-2005	Nedensellik, ARDL	Karbon emisyonundan ve enerji tüketiminden kişi başına gelire doğru nedensellik yoktur. Ancak istihdamdan kişi başına gelire doğru nedensellik vardır. Enerji tüketiminden karbon emisyonuna doğru nedensellikte bulunamamıştır. Aynı şekilde karbon emisyonu ile istihdam arasında da nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. <sup>21</sup>
Lean ve Smyth (2010)	ASEAN Ülkeleri	1980-2006	VECM, Nedensellik	Reel çıktı ile karbon emisyonu arasında doğrusal olmayan ilişki bulunduğu için EKC hipotezi ile sonuçlar uyumludur. Ayrıca uzun dönemde elektrik tüketimi ile karbon emisyonu arasında ilişki vardır. Nedensellik sonuçları karbon emisyonundan ve enerji tüketiminden çıktıya doğru nedensellik olduğunu göstermektedir. <sup>22</sup>
Sharma (2011)	Seçilmiş 69 Ülke	1985-2005	Arellano-Bond Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi	Karbon emisyonunun belirleyicilerine odaklanan çalışmada tüm ülkeleri kapsayan küresel panelde karbon emisyonunun belirleyicileri olarak kişi başına gelir ve kentleşme iken, kişi başına birincil enerji tüketimi, kişi başına toplam enerji tüketimi ve ticari dışa açıklık istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. <sup>23</sup>

<sup>21</sup> İlhan Öztürk, Ali Acaravcı. "Energy consumption and CO2 emissions economic growth in Turkey." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14.9, 2010, s. 3220-3225.

<sup>22</sup> Lean, Hooi Hooi, and Russell Smyth. "CO2 emissions, electricity consumption and output in ASEAN." *Applied Energy* 87.6, 2010, s. 1858-1864.

<sup>23</sup> Sharma, Susan Sunila. "Determinants of carbon dioxide emissions: empirical evidence from 69 countries." *Applied Energy* 88.1 2011 s. 376-382.

**Tablo 1: Literatür<sup>24,25,26</sup>**

Yazarlar	Ülke/Ülke Grubu	Dönem	Yöntem	Bulgular
Hossain (2011)	Yeni Sanayileşmiş Ülkeler Grubu (NIC)	1971-2007	Eş Bütünleşme, Nedensellik	Kişi başına reel gelirden karbon emisyonuna ve enerji tüketimine doğru tek yönlü kısa dönem nedensellik olduğu sonucuna ulaşılmış, ancak değişkenler arasında uzun dönem nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. <sup>24</sup>
Özcan (2013)	12 Orta Doğu Ülke Grubu	1980-2008	Eş Bütünleşme, Uzun Dönem Tahmincisi (FMOLS), Nedensellik	EKC hipotezine ilişkin 5 ülke için kanıtlar mevcutken diğer ülkeler için EKC hipotezi geçerli değildir. Kısa dönemde ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik mevcutken, uzun dönemde enerji tüketiminden ve ekonomik büyümeden karbon emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik bulunmuştur. <sup>25</sup>
Farhani vd. (2014)	MENA Ülkeleri	1990-2010	Eş Bütünleşme Testi, Uzun Dönem Tahmincileri (FMOLS ve DOLS)	EKC hipotezi iki farklı model üzerinden uygulanmıştır. Birincisi klasik EKC üzerinden gelir-çevresel bozulmanın ters U şeklindeki hipotezi test edilmiştir. İkincisi ise (MEKC) çevresel bozulma ile -sürdürülebilirlik çerçevesinde- insani gelişmişlik değişkeni arasında ters U şeklinde ilişki olduğu hipotezi sınanmıştır. Her iki modelde de değişkenler arasında kısa ve uzun dönem nedensellik ilişkileri bulunmuştur. MEKC modelindeki bulgular dikkat çekicidir. Buna göre insani gelişmişliğin çevresel bozulmanın geri döndürülebilirlik açısından ikincil bir mal olarak kabul edilebilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. <sup>26</sup>

<sup>24</sup> Hossain, Md Sharif. "Panel estimation for CO2 emissions, energy consumption, economic growth, trade openness and urbanization of newly industrialized countries." *Energy policy* 39.11, 2011, s. 6991-6999.

<sup>25</sup> Özcan, Burcu. "The nexus between carbon emissions, energy consumption and economic growth in Middle East countries: a panel data analysis." *Energy Policy* 62, 2013, s.1138-1147.

<sup>26</sup> Farhani, Sahbi, Sana Mrizak, Anissa Chaibi, Christophe Rault. "The environmental Kuznets curve and sustainability: A panel data analysis." *Energy Policy* 71, 2014 s. 189-198.

**Tablo 1: Literatür<sup>27,28</sup>**

Yazarlar	Ülke/Ülke Grubu	Dönem	Yöntem	Bulgular
Apergis ve Öztürk (2015)	14 Asya Ülke Grubu	1990-2011	Arellano-Bond Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi, Eş Bütünleşme, Uzun Dönem Tahmincileri (FMOLS, DOLS, PMGE, MG)	EKC modelinin çok değişkenli bir şekilde test edildiği çalışmada EKC'nin varlığına ilişkin ampirik kanıtların mevcut olduğu söylenmektedir. Ayrıca kişi başına enerji tüketimi karbon salınımını artıran önemli bir unsurken politikacıların kişi başına enerji tüketimini azaltacak politikaların oluşturması gerekmediği düşünülmektedir. Ayrıca modelde kullanılan kurumsal kalite değişkenleri içinde literatürde ayrıca öneme sahip olan bulgular elde edilmiştir. Buna göre kurumsal kalitenin artırılmasının doğru politik argümanların geliştirilmesi ve uygulanmasında önemli rolü olacağı ifade edilmektedir. <sup>27</sup>
Begum vd. (2015)	Malezya	1980-2009	Eş Bütünleşme, Uzun Dönem Tahmincisi (DOLS), SLM-U Testi	Bulgular EKC hipotezinin çalışma dönemi içerisinde Malezya'da geçerli olmadığını göstermektedir. Diğer taraftan gelir, karbon emisyonu ve enerji tüketimi arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Buna göre kişi başına gelir ve enerji tüketiminin uzun dönemde karbon emisyonu üzerindeki olumlu etkileri varken, ancak nüfus artışının olumsuz etkileri vardır. Bununla birlikte GSYH'nin büyümesinin uzun dönemde karbon salınımlarında olumsuz etkisi bulunmaktadır. <sup>28</sup>

<sup>27</sup> Apergis, Nicholas, and İlhan Oztürk. "Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Asian countries." *Ecological indicators* 52, 2015, s. 16-22.

<sup>28</sup> Begum, Rawshan Ara, Kazi Sohag, Sharifah Mastura Syed Abdullah, Mokhtar Jaafar. "CO2 emissions, energy consumption, economic and population growth in Malaysia." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41, 2015 s. 594-601.

**Tablo 1: Literatür<sup>29,30,31</sup>**

Yazarlar	Ülke/Ülke Grubu	Dönem	Yöntem	Bulgular
Otoo (2015)	45 Afrika Ülkesi	1980-2009	DK, CCEMG MG ve AMG Tahmincileri	Karbon emisyonuna karşı gelir ve enerji yoğunluğu esneklikleri düşük ve orta gelir grubundaki Afrika ülkeleri için istatistiksel olarak anlamlıdır. 15-64 yaş arası işgücünde en aktif nüfus oranı ve sanayileşme orta gelirli Afrika ülkelerinde karbon emisyonuna olumlu etki ederken, kentleşme, ticari açıklık ve nüfus ülke gelir grupları arasında genellikle önemsiz bir etkiye sahiptir. <sup>29</sup>
Chen vd. (2016)	188 Ülke	1993-2010	Eş Bütünleşme VECM	Tüm ülke grubu için çevre-gelir-enerji ilişkisinin araştırıldığı çalışma da üç değişken arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Enerji tüketiminde karbon salınımına doğru tek yönlü nedensellik bulunmuştur. Ayrıca tüm ülke grubu için enerji tüketiminin GSYH'yı olumsuz etkilerken, gelişmekte olan ülkelerde olumlu bir etki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. <sup>30</sup>
Shahbaz vd. (2016)	Next 11 Ülkeleri	1972-2013	ARDL, Nedensellik	Panel çalışma yerine her bir ülke için zaman serisi verileri kullanılarak çevre-büyüme-enerji ilişkileri ortaya konulmuştur. Buna göre Bangladeş ve Mısır'da ekonomik büyümeden karbon salınımına doğru nedensellik varken, Filipinler, Türkiye ve Vietnam'da ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru nedensellik bulunmuş ve Ayrıca Güney Kore'de enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik bulunmaktadır. <sup>31</sup>

<sup>29</sup> Asane-Otoo, Emmanuel. "Carbon footprint and emission determinants in Africa." *Energy* 82, 2015, s. 426-435.

<sup>30</sup> Chen, Ping-Yu, Sheng-Tung Chen, Chia-Sheng Hsu, Chi-Chung Chen. "Ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve CO2 emisyonları arasındaki küresel ilişkilerin modellenmesi." *Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji İncelemeleri* 65, 2016, s. 420-431.

<sup>31</sup> Shahbaz, Muhammad, Mantu Kumar Mahalik, Syed Hasanat Shah, João Ricardo Sato. "Time-varying analysis of CO2 emissions, energy consumption, and economic growth nexus: Statistical experience in next 11 countries." *Energy Policy* 98, 2016, s. 33-48.

**Tablo 1: Literatür<sup>32,33</sup>**

Yazarlar	Ülke/Ülke Grubu	Dönem	Yöntem	Bulgular
Balogh ve Jámbor (2017)	168 Ülke	1990-2013	Arellano-Bond Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi	Karbon emisyonunun belirleyicileri açısından çok değişkenlik modellerin kullanıldığı çalışmada nükleer enerji ve yenilenebilir enerjinin karbon emisyonunu azaltmada önemli rol oynayacağı tespit edilmiş ve geleneksel EKC hipotezinin tüm ülke grubu için geçerli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kömür tüketiminin beklendiği karbon emisyonunu artırdığı yönünde ampirik kanıtlar mevcuttur. Uluslararası turizm ve ticaretin yaygınlaşmasının karbon salınımını artırmaktadır. Ayrıca finansal gelişme arttıkça karbon salınımını azaltmakta çevresel iyileşmeyi sağlamaktadır. <sup>32</sup>
Dong vd. (2018)	128 Ülke	1990-2014	Eş Bütünleşme Testi, Uzun Dönem Tahmicileri (FMOLS, CCEMG)	Çalışmada tüm ülke grubu ve bölgesel gruplarda nüfus ve ekonomik büyüme karbon salınımını pozitif ve önemli ölçüde etkilemektedir. Enerji tüketiminde artan yenilenebilir enerji yoğunluğu karbon salınımı azaltma eğiliminde olsa da sınırlı düzeyde kalmaktadır. Panel nedensellik testleri bölgesel panel gruplarına göre çeşitli kanıtlar sunmaktadır. <sup>33</sup>

<sup>32</sup> Balogh, Jeremiás Máté, and Attila Jámbor. "Determinants of CO." Int J Energy Econ Policy 7.5, 2017, s. 217-226.

<sup>33</sup> Dong, Kangyin, Gal Hochman, Yaqing Zhang, Renjin Sun, Hui Li, Hua Liao. "CO2 emissions, economic and population growth, and renewable energy: Empirical evidence across regions." Energy Economics 75, 2018, s. 180-192.

**Tablo 1: Literatür<sup>34,35</sup>**

Yazarlar	Ülke/Ülke Grubu	Dönem	Yöntem	Bulgular
Wang vd. (2020)	G7 Ülkeleri	1996-2017	CS-ARDL	G7 ülkeleri için çevre-iktisadi aktivite ilişkisinin incelendiği çalışma da yatay kesit bağımlılığını da dikkate alan yeni bir tahminleme yöntemi olarak CS-ARDL yöntemi kullanılmıştır. Kanıtlar ekonomik küreselleşme, finansal gelişme ve kaynakların karbon salınımını artırdığı, buna karşılık tarım katma değerinin karbon salınımını azalttığı yönündedir. <sup>34</sup>
Ehigiamusoe (2020)	25 Afrika Ülkesi	1980-2016	EŞ Bütünleşme Testi, DOLS, FMOLS, AMG	Temel bulgular seçilmiş Afrika ülkeleri için enerji tüketiminin karbon salınımını artırdığı, yenilenebilir enerji tüketiminin de beklenildiği gibi çevre kirliliğini azaltan bir unsur olarak yer aldığını göstermektedir. Ayrıca fosil bazlı yakıtlar karbon salınımını artırırken, hidroelektrik enerji kaynaklı enerji tüketimi karbon salınımını azaltmaktadır. Enerji tüketiminin içeriğinin karbon salınımında belirleyici olmasından dolayı sürdürülebilir çevresel koşullara uyumlu enerji politikaları geliştirilmesi gerektiği kanısına varılmıştır. <sup>35</sup>

<sup>34</sup> Wang, Lei, Xuan Vinh Vo, Muhammad Shahbaz , Aysegul Ak. "Globalization and carbon emissions: Is there any role of agriculture value-added, financial development, and natural resource rent in the aftermath of COP21?." *Journal of Environmental Management*, 268, 2020, 110712.

<sup>35</sup> Ehigiamusoe, Kizito Uyi. "A disaggregated approach to analyzing the effect of electricity on carbon emissions: Evidence from African countries." *Energy Reports*, 6, 2020, s. 1286-1296.

**Tablo 1: Literatür<sup>36</sup>**

Yazarlar	Ülke/Ülke Grubu	Dönem	Yöntem	Bulgular
Aller vd. (2021)	92 Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler	1995-2014	Makine Öğrenme Temelli Kümelenmiş LASSO Regresyon	Çalışma da birçok çalışma içinde yer alan karbon emisyonu belirleyicilerini kullanarak Bayesyan model belirsizliğini hesaba katarak dirençli belirleyiciler belirlenmektedir. Ampirik bulgular kişi başına düşen GSYİH, fosil yakıt tüketimi, kentleşme, sanayileşme, ticaretin dolaylı etkileri (ağ etkileri), demokrasi düzeyi ve siyasi kutuplaşmanın dirençli belirleyiciler olduğunu göstermektedir. Çevre kalitesini artıran politik kutuplaşma dışında, tüm bu belirleyiciler çevre kalitesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. <sup>36</sup>

### 3. Veri ve Yöntem

#### 3.1. Veri

Türk cumhuriyetlerinde çevresel bozulmanın bir takım ekonomik ve sosyal belirleyicilerini araştırmak için EKC hipotezinin temel modeldeki değişkenler olan karbon emisyonu ve gelir değişkenlerinin yanı sıra enerji tüketimi değişkeni de kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan verilerin kaynağını *dünya kalkınma göstergeleri (WDI)* ile bağımsız veri toplama ve yayınlama kuruluşu olan *“Our World in Data” (OWD)* adlı kuruluştan alınmıştır. Panel veri uygulamalarının kullanıldığı çalışmamızda paneli oluşturan birimlerde Türkiye, Azerbaycan, Türkmenistan, Kazakistan, Kırgızistan ve Özbekistan ülkeleri yer almaktadır.

**Tablo 2: Değişken Tanımları**

Sembol	Kısa Tanımı	Kaynak	Beklenen Değeri
co <sub>2</sub>	Kişi Başına Karbondioksit Emisyonları (Ton)	WDI	(+)
y	Kişi Başına Gayri Safi Yurt içi Hasıla (2010 Sabit Dolar Fiyatlarıyla)	WDI	(+) ve (-)
en	Kişi Başına Birincil Enerji Tüketimi (twh)	OWD	(+)

Tablo 2’de değişkenlere ait kısa tanımlar verilmiştir. Veri olarak 1992-2019 yıllarını kapsayan dönemde yıllık veriler kullanılmıştır. Veri aralığının bu şekilde belirlenmesinde analizde kullanılacak değişkenlere ait verilerin bu

<sup>36</sup> Aller, Carlos, Lorenzo Ductor, Daryna Grechyna. “Robust determinants of CO2 emissions.” *Energy Economics*, 96, 2021, 105154.



zaman aralığında bulunması belirleyici olmuştur. Analizde kullanılan değişkenler arasında karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonları çevresel bozulmanın derecesini ölçmek için kullanılan en yaygın temsili değişkendir. Sanayi devriminden günümüze karbon bazlı yakıtların kullanılmasındaki artış, dünyanın radyasyon dengesini etkileyen en önemli sera gazıdır. İklim değişikliğini diğer sera gazları (metan (CH<sub>4</sub>), azot oksit (N<sub>2</sub>O), hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler), kükürt heksaflorür (SF<sub>6</sub>)) ile beraber CO<sub>2</sub> emisyonları bir ülkenin iklim değişikliklerini ve çevresel bozulmanın/iyileşmenin derecesini belirler. CO<sub>2</sub> emisyonları toplam sera gazının yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin tarafları olan ülkelerin çoğu tarafından 1997 yılında kabul edilen ve bir çevre anlaşması olan Kyoto Protokolü ile ülkeler küresel olarak CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmak için çaba göstermektedir.<sup>37</sup>

CO<sub>2</sub> emisyonlarının belirleyicileri olarak ilk olağan aday standart EKC'nin içerisinde yer alan gelir/çıktı düzeyi değişkeni olmaktadır. CO<sub>2</sub> emisyonu kişi başına düzey olarak yer alırken benzer bir ölçütü gelir/çıktı düzeyi için alındığında kişi başına gayrisafı yurt içi hasıla çevre-gelir ilişkisinde EKC hipotezini oluşturmaktadır. Bölüm 2'de EKC'nin teorik ve ampirik alt yapısı incelendiğinde kişi başına gayrisafı yurt içi hasıla ile karbon emisyonları aynı yönde hareket ederken belirli bir gelir dönüm noktasından sonra ters yönde hareket etmeleri beklenmektedir. Grossman ve Krueger'in<sup>38</sup> çalışması ile başlayan EKC hipotezinin desteklediği çalışmalara örnek olarak Narayan ve Narayan<sup>39</sup> ile Apergis ve Öztürk<sup>40</sup> çalışmaları başta olmak üzere birçok çalışma da kişi başına gelir pozitif değer alırken, kişi başına gelirin karesi negatif değer almaktadır.

*Birincil enerji tüketimi* enerjinin nihai kullanıcıya gelene kadar gerekli olan ek enerji ile beraber toplam enerjiyi ifade eder. Birincil enerji kaynaklarına başta kömür, ham petrol olmak üzere güneş ışığı, rüzgâr, akan nehirler, bitki örtüsü ve uranyum verilebilir. Birincil enerji hâlihazırda doğada bulunan enerjidir ve endüstriyel bir dönüşüm olmadan son kullanıcıya iletilememektedir. Ancak dönüşüm esnasında enerjinin bir kısmı ısı enerjisi olarak kullanılır, dolayısıyla hiçbir birincil enerji son kullanıcının tüketimine sunulmak üzere % 100'ü dönüştürülemez.<sup>41</sup> Çalışmada yer alan birincil enerji tüketimi (twh) toplam nüfusa bölünmesi ile elde edilen kişi başına enerji tüketimini ifade eder. EKC hipotezi dışında karbon emisyonlarının ikinci olağan belirleyiciler arasında enerji tüketiminin yer aldığı görülmektedir. Bunun nedeni çevre-ekonomik kalkınma ilişkisindeki ana faktörün enerji tüketiminde yer alıyor olmasıdır. Daha fazla enerji tüketimi, üretimi artırdığı gibi çıktı üretkenliğini artırma yollarından biri de yine daha fazla enerji kullanımını gerektirmesidir. Bu durum ekonomik kalkınma ile enerji tüketimi arasında yakın ilişki

<sup>37</sup> Worldbank Development Indicator, 2021, (Çevrimiçi) <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.

<sup>38</sup> Gene M. Grossman - Alan B. Krueger, *a.g.e.*

<sup>39</sup> Narayan - Narayan, *a.g.e.*

<sup>40</sup> Apergis - Öztürk, *a.g.e.*

<sup>41</sup> Cleveland, Cutler J. - Christopher G. Morris, eds. *Dictionary of Energy*, Elsevier, 2005.

olduğunu göstermektedir.<sup>42</sup> Soytas, Sarı ve Ewing çalışmasında çevre-gelir bağlantısından daha çok çevre-enerji bağlantısının olduğunu savunmaktadır, dolayısıyla çevresel bozulma ile enerji tüketimi aynı yönlü hareket etmektedir. Bu durumda gelir kısıtlayıcı politikalar yerine enerji verimliliğini artıran birim başına enerji tüketimini azaltıcı politikaların üretilmesi gerekmektedir.<sup>43</sup>

**Tablo 3: Tanımlayıcı İstatistikler**

		co <sub>2</sub>	y	en
Azerbaycan	Ortalama	4.080	3694.852	152.231
	Standart Sapma	0.915	2007.893	22.247
	Minimum	3.391	1235.15	124.95
	Maksimum	7.519	6073.403	213.896
Kazakistan	Ortalama	13.391	7362.107	621.384
	Standart Sapma	2.615	2775.655	150.183
	Minimum	8.319	3738.324	372.892
	Maksimum	17.448	11518.52	875.674
Kırgızistan	Ortalama	1.367	811.326	66.917
	Standart Sapma	0.375	176.165	6.922
	Minimum	0.778	534.958	51.917
	Maksimum	2.488	1117.478	83.826
Türkiye	Ortalama	4.018	10283.2	1114.504
	Standart Sapma	0.730	2737.562	376.173
	Minimum	2.909	6889.59	598.515
	Maksimum	5.243	15186.83	1802.849
Türkmenistan	Ortalama	10.158	4005.432	209.220
	Standart Sapma	2.187	1996.439	86.753
	Minimum	6.861	1876.363	107.379
	Maksimum	14.414	8004.999	402.026
Özbekistan	Ortalama	4.290	1432.671	535.284
	Standart Sapma	0.650	530.901	33.2698
	Minimum	3.291	874.436	488.993
	Maksimum	5.288	2464.482	610.36
Panel	Ortalama	6.217	4598.265	449.923
	Standart Sapma	4.423	3844.981	396.7106
	Minimum	0.778	534.958	51.917
	Maksimum	17.448	15186.83	1802.849

Tablo 3'ye bakıldığında yıllık kişi başına karbon emisyonunu panel ortalama değeri 6,217 ton iken, panelde en yüksek ortalama yıllık kişi başına

<sup>42</sup> Ang - James B, *a.g.e.*.

<sup>43</sup> Soytas - Sarı - Ewing, *a.g.e.*.

karbon emisyonuna sahip ülkenin Kazakistan, en düşük ortalama yıllık kişi başına karbon emisyonuna sahip ülkenin ise Kırgızistan olduğu görülmektedir. Yıllık kişi başına ortalama karbon emisyonu değerinin panel standart sapması 4.423 ton ile yüksek bir değere sahip iken, yıllık kişi başına karbon emisyonunun standart sapması en küçük ülke Türkiye; standart sapması en büyük ülke ise Kazakistan olduğu görülmektedir. Diğer değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 3'te görülmektedir.

**Tablo 4: Korelasyon Matrisi**

	co <sub>2</sub>	y	y <sup>2</sup>	en
co <sub>2</sub>	1.0000			
y	0.4188	1.0000		
y <sup>2</sup>	0.2911	0.9554	1.0000	
en	0.1848	0.7990	0.8598	1.0000

Tablo 4'te değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve gücünü göstermektedir. Tüm değişkenler aynı yönde ilişkili olduğu görülmektedir. Ayrıca co<sub>2</sub> değişkeninin ilişki gücünün en yüksek olduğu değişkenin *y* değişkeni olduğu diğer taraftan en düşük ilişki gücünün ise *en* değişkeni olduğu görülmektedir. Kişi başına geliri oluşturan *y* değişkeni kendi karesini oluşturan *y*<sup>2</sup> değişkenini saymazsak en güçlü ilişkinin en değişkeni ile olduğu görülmektedir. Co<sub>2</sub> değişkeninin *y*<sup>2</sup> değişkeni ile ilişki gücü *y* değişkenine göre düşük kalmaktadır.

### 3.2. Model

Bu çalışma da karbon emisyonunun belirleyicileri olarak literatürde Apergis ve Payne,<sup>44</sup> Pao ve Tsai,<sup>45</sup> Özcan,<sup>46</sup> Apergis ve Öztürk<sup>47</sup> çalışmasında da yer alan geleneksel EKC hipotezinin genişletilmiş modelleri esas alınarak, panel içerisindeki ülkelerin de yapısal durumları da dikkate alınarak iki model üzerinde durulmuştur. Bunlar;

$$co_2 = f(y, en)$$

Model 1 ve model 2 için yukarıda verilen kapalı fonksiyonların açık bir şekilde yazıldığında EKC hipotezine uygun şekilde modellerin ikinci dereceden açık fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\text{Model 1: } lnco_{2it} = a_{it} + a_{1t}lny_{it} + a_{2t}lny_{it}^2 + \delta_{it}$$

$$\text{Model 2: } lnco_{2it} = \beta_{it} + \beta_{1t}lny_{it} + \beta_{2t}lny_{it}^2 + \beta_{3t}lnen + u_{it}$$

Model 1 standart EKC modelini; Model 2 ise standart EKC modelinin enerji tüketimi ile genişletilmiş modelini oluşturmaktadır. Yıllık değişimleri daha

<sup>44</sup> Apergis - Payne, *a.g.e.*

<sup>45</sup> Hsiao, Tsai, "CO2 emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries", *Energy policy* 38.12, 2010, s. 7850-7860.

<sup>46</sup> Özcan, *a.g.e.*

<sup>47</sup> Apergis - Öztürk, *a.g.e.*

iyi yorumlayabilmek amacıyla tüm değişkenlerin doğal logaritması alınmıştır. Modelde  $i = 1, \dots, N$  birim olarak her bir ülkeyi temsil etmektedir.  $t = 1, \dots, T$  zaman periyodunu ifade etmektedir. Tablo 1’de verilen beklenen değerleri itibariyle  $a_{it}$  ve  $\beta_{it}$  değişkeni kişi başına gelirin karbon emisyonları ile aynı yönde hareket etmesi beklendiği için pozitif değer alması, uzun dönemde gelirin belirli bir noktaya ulaştığında karbon emisyonlarını azaltmasından dolayı  $a_{2t}$  ve  $\beta_{2t}$ ’nin negatif değer alması beklenmektedir. Enerji tüketimi büyük ölçüde karbon salınımını artıran fosil bazlı yakıtlardan elde edilmesi nedeniyle  $\beta_{3t}$  değerinin pozitif değer alması beklenmektedir. Son olarak, hata terimi  $u_{it}$  bağımsız, sıfır ortalamaya ve sabit varyansa sahip olduğu varsayılmaktadır.

### 3.3. Yatay Kesit Bağımlılığı ve Durağanlık

Panel veri modellerinde uzun dönem ilişkilerin araştırılmasında değişkenlerin durağanlık analizleri önem arz etmektedir. Ancak değişkenlerin durağanlık analizlerinde hangi yöntemin kullanılacağına belirlenmesi açısından değişkenlerin hata terimlerine birimler arası korelasyon testi, başka bir deyişle yatay kesit bağımlılığını içerip içermediği test edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla  $T$ ’nin yeterince büyük ve  $N$ ’nin küçük olduğu durumlarda kullanılması uygun olan Breusch ve Pagan<sup>48</sup> tarafından geliştirilen Lagrange Çarpanı (LM) test istatistiği kullanılmıştır. Zira Peseran’ın çalışmasında birimler arası korelasyon için önerdiği CD testi  $N > T$  olduğu durumda,<sup>49</sup> diğer taraftan ise Peseran, Ullah ve Yamagata çalışmasında<sup>50</sup> düzeltilmiş Lagrange Çarpanı ( $LM_{adj}$ ) test istatistiği  $N$  ve  $T$ ’nin yeterince büyük olduğu durumlarda daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.<sup>51</sup>

Buna göre Breusch ve Pagan (1980) tarafından önerilen LM test istatistiği;

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

hesaplandığında  $\hat{\rho}_{ij}^2$  hata terimlerinin ikili korelasyon tahmin örneklerinden  $j$ . kalıntısını göstermektedir. Korelasyon katsayısı açık bir şekilde yazıldığında;

$$\hat{\rho}_{ij} = \hat{\rho}_{ji} = \frac{\sum_{t=1}^T e_{it} e_{jt}}{(\sum_{t=1}^T e_{it}^2)^{1/2} (\sum_{t=1}^T e_{jt}^2)^{1/2}} \quad (2)$$

$e_{it}$  her bir birimde tanımlanan  $u_{it}$ ’nin en küçük karelerde (EKK) tahminini içermektedir.

$$e_{it} = y_{it} - \hat{a}_i - \hat{\beta}' x_{it} \quad (3)$$

<sup>48</sup> Breusch, Trevor S. - Adrian R. Pagan. "The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics," *The review of economic studies*, 47.1, 1980, s. 239-253.

<sup>49</sup> Pesaran, M. H., "General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels (CESifo Working Paper Series No. 1229; IZA Discussion Paper No. 1240)", The CESifo Group & Institute for the Study of Labor, 2004.

<sup>50</sup> Pesaran, M. Hashem - Aman Ullah - Takashi Yamagata, "A bias-adjusted LM test of error cross-section independence", *The Econometrics Journal*, 11.1, 2008, s. 105-127.

<sup>51</sup> Ferda Yerdelen Tatoğlu, *Panel Zaman Serileri Analizi*, Beta Yayınları, İstanbul 2017, s. 237.

$\hat{\alpha}_i$  ve  $\hat{\beta}_i$ , için ayrı ayrı her  $i$  için ise bir kesişme ve  $x_{it}$  üzerinde  $y_{it}$ 'in EKK regresyonu kullanılarak hesaplanan  $\alpha_i$  ve  $\beta_i$ 'nin tahminleridir. Mekânsal bağımlılık testinin aksine, LM testi daha genel olarak uygulanabilir ve kesit birimlerinin belirli bir sırada olmasını gerektirmez. Ancak,  $N$  nispeten küçük ve  $T$  yeterince büyük olduğu durumlarda geçerlidir. Bu durumda, Breusch ve Pagan tarafından belirtilen yatay kesit bağımlılığının olmadığı sıfır hipotezi altında,

$$cov(u_{it} u_{jt}) = 0, \text{ tüm } t\text{'ler için, } i \neq j \quad (4)$$

olmaktadır ve  $N(N-1)/2$  serbestlik derecesinde  $\chi^2$  dağılımı gerçekleşmektedir.

**Tablo 5: Yatay Kesit Bağımlılığı (Breusch ve Pagan LM testi)**

	Test İstatistiği	Olasılık
lnco <sub>2</sub>	165.636	0.000
lny	375.457	0.000
lny <sup>2</sup>	375.794	0.000
lnen	117.315	0.000

Tablo 5'te değişkenlere ilişkin yatay kesit bağımlılığının araştırılması için Breusch ve Pagan LM test sonuçları yer almaktadır. Buna göre  $H_0$  "yatay kesit bağımlılığı yoktur" boş hipotezi tüm değişkenler için % 1 yanılma olasılığında reddedilmiş ve serilerde birimler arası korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumda Pesaran<sup>52</sup> çalışması ve Maddala ve Wu<sup>53</sup> çalışmasında birimler arası korelasyonu dikkate alan birim kök testleri uygulanmıştır.

**Tablo 6: Birim Kök Testi Sonuçları**

Değişken	CIPS		Fisher ADF		Durağanlık Derecesi
	Seviye	1. Fark	Seviye	1. Fark	
lnco2	-1.608	-5.256***	4.8570***	27.0412***	I(1)
lngdp	-2.016	-3.700***	-1.7407	9.3572 ***	I(1)
lngdp2	-2.020	-3.647 ***	1.9859	9.3572***	I(1)
lnen	-3.295***	-5.014***	1.3957	41.5069 ***	I(1)

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla % 10, % 5 ve % 1 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir

Tablo 6'da görüleceği üzere değişkenlere Pesaran çalışmasında önerdiği yatay kesit genişletilmiş Im, Pesaran ve Shin (CIPS) birim kök testi ve Maddala ve Wu tarafından önerilen Fisher tipi genişletilmiş Dickey-Fuller (Fisher ADF) birim kök testi uygulanmıştır. lnco2 değişkeni Fisher ADF düzeltilmiş P istatistiğine göre seviyede durağan iken CIPS istatistiğine göre lnco2 serisi 1. farkta durağan olduğu görülmektedir. lnco2 değişkeni için korelagram gra-

<sup>52</sup> Pesaran, M. Hashem, "A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence", *Journal of applied econometrics*, 22.2, 2007, s. 265-312.

<sup>53</sup> Gangadharrao S. Maddala - Shaowen Wu, "A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test", *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 61.S1, 1999, s. 631-652.

fiğine bakıldığında ise seviyede otokorelasyon katsayısı 12. gecikmeye kadar sifıra yaklaşmamakta ve değişkenin ikinci farkında ise otokorelasyon katsayısı sifıra yaklaşmaktadır. Bu durumda lnc02 değişkenin durağanlık derecesi I(1) olarak belirlenmiştir.

lngdp ve lngdp2 değişkenleri her iki birim kök testinde de seviyede durağan değilken 1. farklarında durağan hale gelmiştir. lnen serisi ise CIPS istatistiğine göre seviyede durağan iken, Fisher ADF düzeltilmiş P istatistiğine göre ise seviyede durağan olmadığı görülmektedir. Bu durumda lnen serisinin korelagram grafiğine bakıldığında ise seviyede otokorelasyon katsayısı 12. gecikmeye kadar sifıra yaklaşmamakta ve değişkenin ikinci farkında ise otokorelasyon katsayısı sifıra yaklaşmaktadır. Bu durumda lnen değişkeninin de durağanlık derecesi I(1) olarak belirlenmiştir.

### 3.4. Dinamik Panel Modeller: Arellano ve Bond Genelleştirilmiş Momentler Tahmincisi

Statik panel veri modellerinde bağımlı değişkenin geçmiş dönem değerleri bulunmamaktadır. Bu durum bazı iktisadi aktivitelerin geçmiş dönem değerlerinin sonraki iktisadi davranışı ve ilişkileri etkilemesinden dolayı modellerin açıklayıcı gücünü azaltmaktadır. Dinamik panel modelleri bu sorunu ortadan kaldırmak için bağımlı değişkenin geçmiş dönem değerlerini de bağımsız değişkenler arasında yer almasını sağlamaktadır. Diğer taraftan bu dinamik modellerin bazılarında geçmiş dönem değerleri olarak bağımlı değişkenin yanı sıra bağımsız değişkenlerin geçmiş dönem değerleri de model içerisinde bulunmaktadır.<sup>54</sup> Ototregresif modeller olarak da adlandırılan bu modellerde gecikmeli bir değeri yer alan iki değişkenli panel veri modeli,

$$y_{it} = \delta y_{it-1} + \beta x_{it} + \mu_i + \mu_{it} \quad i = 1, \dots, N \text{ ve } t = 1, \dots, T \quad (5)$$

Burada,  $y_{it}$  bağımlı değişkeni,  $y_{it-1}$  bağımlı değişkenin bir dönem gecikmeli vektörü;  $x_{it}$  bağımsız değişken matrisi,  $\mu_i$  zaman etkisinden arındırılmış sadece birim etkisini barındıran gözlemlenemeyen hata terimi vektörü,  $\mu_{it}$  ise hata terimidir.  $y_{it}$  bağımlı değişkeni  $\mu_i$ 'nin fonksiyonu iken, bağımlı değişkenin gecikmeli değeri  $y_{it-1}$  ise hata terimi  $\mu_{it}$ 'nin fonksiyonudur. Hata terimi  $\mu_{it}$  ise çoğu zaman negatif korelasyonlu olmaktadır. Bu durumda Arellano ve Bond<sup>55</sup> çalışmasında önerdiği genelleştirilmiş momentler (GMM) tahmincisinin kullanımını daha uygun olacaktır.

$$y_{it} - y_{it-1} = \gamma(y_{it-1} - y_{it-2}) + \beta(x_{it} - x_{it-1}) + (u_{it} - u_{it-1}) \quad (6)$$

Burada 5 no'lu denklemde bağımlı ve bağımsız değişkenlerin bir dönem gecikmeleri alınarak fark denklemi oluşturulmuştur. Ancak birinci farklar tahmincisi aşağıya doğru sapmalı ve hâlâ ardışık hata terimleri arasında korelasyon mevcuttur. Bu model için uygun araç değişkenleri ( $y_{it-1} - y_{it-2}$ ) olacak-

<sup>54</sup> Ebru Çağlayan Akay, "Dinamik Panel Veri Modelleri,Uygulamalı Panel Veri Modelleri", *Uygulamalı Panel Veri Ekonometrisi*, Ed. Selahattin Güriş, Der Yayınları, İstanbul 2018, s. 120.

<sup>55</sup> Arellano, Manuel - Stephen Bond, "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations", *The Review of Economic Studies*, 58.2, 1991, s. 277-297.

tır. Çünkü her bir gecikmeli değerin bir önceki hata terimi ile örneğin  $E(y_{it-2}(u_i - u_{it-1})) = 0$  ile korelasyonu sıfır olacaktır.

$$Z\Delta y = \delta Z\Delta y_{-1}\gamma + \hat{Z}\Delta x\beta + \hat{Z}\Delta\mu \quad (7)$$

$$\hat{\delta}_{GMM} = \left(\Delta X'Z(\hat{Z}\hat{\Omega}Z)^{-1}\hat{Z}\Delta X\right)^{-1} \left(\Delta X'Z(\hat{Z}\hat{\Omega}Z)^{-1}\hat{Z}\Delta Y\right)^{-}$$

7 no'lu denklem araç değişkenli ilk fark modelinin 8 no'lu denklem ise GMM tahmincisinin matris notasyonu ile gösterimidir. 7 no'lu denklemde Z araç değişkenler vektörü olarak  $[y_{it-2}, \Delta x_{it}]$  iken,  $\Delta x$  ise  $[(y_{it-1} - y_{it-2}), (x_{it} - x_{it-1})]$  ifade eder. 8 no'lu denklemde ise  $\hat{\Omega}$  hata terimlerinin varyans kovaryans matrisidir. Araç değişken kullanımı hata terimi ile bağımsız değişkenin arasında korelasyon olması durumunda kullanılır. Burada araç değişken seçimi ön plana çıkmaktadır. Belirlenen araç değişken sayısının N'in yeterince büyük olmadığı durumlarda kullanılan araç değişken sayısı T'ye bağlı bir şekilde değişmektedir. Araç değişken sayısı arttıkça N'i aşması söz konusu olduğunda araç değişkenler içsellik sorunu ile karşı karşıya olacaktır. İçsel araç değişkenler durumunda hata terimi ile bağımsız değişkenler arasında korelasyon olacaktır.<sup>56</sup>

GMM tahmincisinin etkin olabilmesi için seçilen araç değişkenlerin geçerliliğinin test edilmesi ve modelde ikinci mertebeden otokorelasyon olmaması gerekmektedir. Arellano ve Bond çalışmasında önerilen Sargan testi araç değişkenlerin geçerliliğini başka bir ifadeyle kullanılan araçların dışsal olduğunu test etmektedir. Eğer araç değişkenler dışsal ise hata terimleri ile bağımsız değişkenler ilişkisizdir. Sargan testinde yer alan  $H_0$  "aşırı kısıtlama tanımlamaları geçerlidir" hipotezi reddedilememesi durumunda modelde kullanılan araç değişkenlerin geçerli olduğunda başka bir deyişle dışsal olduğuna karar verilir. GMM tahmincisinin etkin olabilmesi için ikinci mertebeden otokorelasyonu test etmek için  $H_0$  "otokorelasyon yoktur" hipotezi ikinci mertebeden reddedilemediği takdirde modelin uygun olduğuna karar verilir.<sup>57</sup>

**Tablo 7: Karbon Emisyonunun Belirleyicileri (GMM Tahmincileri)**

Bağımlı Değişken (lnco2)	Model 1		Model 2	
	Katsayı	t istatistiği	Katsayı	t istatistiği
lnco2(-1)	0.504	5.60***	0.379	4.08***
lny	1.324	2.02**	2.075	3.09***
lny2	-0.071	1.82*	-0.123	-2.98***
lnen			0.237	3.11***
Wald istatistiği	[0,000]		[0,000]	
Sargan J istatistiği	[0.764]		[0.660]	
AR (1)	[0,000]		[0.000]	
AR (2)	[0.521]		[0.563]	

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla % 10, % 5 ve % 1 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir

<sup>56</sup> Tatoğlu, a.g.e., s. 132.

<sup>57</sup> Akay, a.g.e., s. 128-129.



Tablo 7'de karbon emisyonunun belirleyicilerini enerji tüketimi değişkeni ile standart EKC hipotezi ile genişletilmiş EKC hipotezine göre Arellano ve Bond<sup>58</sup> çalışmasında önerilen GMM tahmincileri yöntemi kullanılarak sınamıştır. Buna göre karbon emisyonunun gecikmeli değeri, gelir, gelirin karesi ve enerji tüketimi değişkenlerine ilişkin katsayılar; katsayıların t değeri, gözlem sayısı, modelin anlamlılığını sınamak için Wald testi, modelin aşırı tanımlama testi için Sargan J istatistiği, birinci ve ikinci mertebeden otokorelasyon testleri yer almaktadır. Modelde Inco2 değişkeninin iki dönem gecikmesi olan  $Inco_{2t-2}$  bağımsız değişkenler arasında bağımlı değişkenin gecikmeli değeri olarak  $Inco_{2t-1}$  kullanılmıştır. Modelde standart olarak ayrıca  $lny$ ,  $lny^2$  ve  $lnen$  değişkenlerinin birinci farkları araç değişken olarak kullanılmıştır. Modelin tümü için anlamlılık testine bakıldığında Wald istatistiğinin p değeri % 1 anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir. Buna göre model genel anlamda anlamlı olduğu görülmektedir. Değişkenlerin anlamlılığına ilişkin t istatistiklerine bakıldığında tüm değişkenler için % 1 anlamlılık düzeyinde reddedilmiş ve tüm değişkenlerin istatistiki olarak anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır. Sargan J istatistiğinin olasılık değerine bakıldığında % 10 anlamlılık düzeyinde  $H_0$  hipotezi reddedilememektedir; araç değişkenler dışsal olduğu görülmekte başka bir deyişle araç değişkenlerin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. GMM tahmincisinin etkin olabilmesi için modelin 2. Mertebeden otokorelasyonsuz olması gerekmektedir. Buna göre AR(2) olasılık değerine göre  $H_0$  hipotezi reddedilememektedir; ikinci mertebeden otokorelasyon yoktur, sonucuna ulaşılmaktadır. Tüm bu tanısan testler sonrasında GMM tahmincilerinin etkin ve tutarlı olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu durumda Tablo 7'de modele ilişkin değişken katsayılarının yorumlanmasına geçilebilmektedir.

Buna göre değişkenlerin Tablo 1'de yer alan değişkenlere ait beklenen işaretleri ile Tablo 7'de yer alan sonuçlar uyumludur. Karbon emisyonları ile gelir ve enerji tüketimi aynı yönde hareket ederken, karbon emisyonunun gelir ile uzun dönemli ilişkisini gösteren gelirin karesi ters yönde hareket etmektedir. Bu durumda uzun dönemde gelir arttıkça karbon emisyonlarını azaltıcı bir etkisi olacaktır. Buna göre karbon emisyonunun bir önceki yılda gerçekleşen % 1'lik artış bir sonraki yıl karbon emisyonlarını birinci ve ikinci modelde sırasıyla yaklaşık % 0,50 ve % 0,38 oranında artırmaktadır. Karbon emisyonu gelir ilişkisine bakıldığında gelirdeki % 1'lik artış karbon emisyonlarını yaklaşık olarak her iki modelde de sırasıyla yaklaşık % 1,32 ve % 2,07 oranında artırmaktadır. Uzun dönemde ise gelirdeki % 1'lik artışın yaklaşık olarak karbon emisyonlarını yine sırasıyla % 0,07 ve % 0,12 oranında azaltması beklenmektedir. Diğer taraftan enerji tüketimindeki % 1'lik bir artışında karbon emisyonlarının yaklaşık olarak % 0,28 oranında artırdığı görülmektedir. Bu durum da Türk cumhuriyetlerinin uzun dönem gelir düzeyinin belirli bir seviyeye gelmesini beklemeden mevcut üretim süreçlerini daha az karbon salınımına imkân veren enerji politikaları geliştirmesi gerekmektedir. Aksi durumda mevcut koşullar altında ancak gelir düzeyinin azaltılması ile karbon salınımının azaltılması gerekmektedir.

<sup>58</sup> Arellano - Bond, *a.g.e.*.

#### 4. Sonuç

Ülkelerin en önemli iktisadi hedeflerinden birisi de kalkına ve büyüme hedefleridir. Bazı ülkeler kalkınma hedeflerine ulaşarak gelişmiş ülke kategorisinde yer alırken bazı ülkelerin hâlâ gelişme ve kalkınma hedeflerine ulaşma çabaları devam etmektedir. Öte yandan büyüme her ülkenin değişmeyen nihai hedef olarak devam etmektedir. Kalkınma ve büyüme çabaları tarihsel süreç içinde birçok istenmeyen sonuçları da beraberinde getirmiştir. İleri sanayileşmiş toplumlar bir yandan sanayileşmenin büyümeye katkısının cazibesine kapılarak daha ileri bir sanayii toplumu olma yolunda sınır ve kısıt tanımaksızın hızla ilerlemekte, öte yandan da çevresel bozulma sorunuyla karşı karşıya kalmaktadır.

Sanayileşenin çevresel sorunlara yol açan süreci analiz eden iktisadi görüş Çevresel Kuznets Eğrisi ile başlamıştır. Bu görüş çerçevesinde ilk önce çıktı (büyüme) -çevre kirliliği ilişkisi incelenmiş ve çıktı artışı ile çevresel bozulmanın artığına işaret eden birçok bulguya ulaşılmıştır. Çevresel bozulmalar daha sonraki çalışmalarda sadece çıktı (büyüme) ekseninde ele alınmamış, enerji tüketimi ile ilişkilendirilerek enerji tüketimi- çevre kirliliği özelinde de inceleme ve araştırmaya konu edilmiştir. Son olarak gelinen aşamada çıktı (büyüme) - enerji tüketimi - çevre kirliliği üzerinden sanayileşme ve fosil enerji kullanımı sonucu ortaya çıkan karbon gazının çevreye verdiği zararın iktisadi boyutu araştırmalara konu edilmiştir. Yapılan araştırmaların sonuçlarını literatürde Çevresel Bozulma - Ekonomik Kalkınma İlişkisi (Şekil 2) özetlemektedir. Buna göre; ülkelerin sanayileşme öncesi dönemde ekonomik kalkınma düzeyleri arttıkça çevresel bozulma da artmaktadır. Endüstrileşme aşamasında ekonomik kalkınma düzeyi artmakla birlikte çevresel bozulma en yüksek seviyesine ulaşmaktadır. Daha sonra hizmet sektörünün gelişimi ile bu süreç tersine dönmekte; ekonomik kalkınma ileri aşamaya geçerken çevresel bozulmanın düzeyinde bir azalma görülmektedir.

Bu çalışmada Çevresel Kuznets Eğrisi teorisine dayanan modellerle açıklanmaya çalışılan çevresel bozulmanın ekonomik maliyetini Türkiye, Azerbaycan, Türkmenistan, Kazakistan, Kırgızistan ve Özbekistan'dan oluşan Türk cumhuriyetleri özelinde ele alınmaktadır. Araştırma 1992-2019 yıllarını kapsayan yıllık veriler üzerinden dinamik panel modeller kullanılarak panel veri analizi ile yapılmıştır. Araştırmada karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonları çevresel bozulmanın derecesini ölçmek için kullanılan en yaygın temsili değişken olarak kabul edilmiştir. Analiz bulgularına göre analizde kullanılan değişkenlerin (Kişi Başına Karbondioksit Emisyonları (Ton), Kişi Başına Gayri Safi Yurt içi Hasıla (2010 Sabit Dolar Fiyatlarıyla) ve Kişi Başına Birincil Enerji Tüketimi (twh)) beklenen etkileri Türk cumhuriyetleri için de geçerli olduğu anlaşılmıştır.

Araştırma bulgularına karbon emisyonunun bir önceki yılda gerçekleşen % 1'lik artış bir sonraki yıl karbon emisyonlarını birinci ve ikinci modelde sırasıyla yaklaşık % 0,50 ve % 0,38 oranında artırmaktadır. Karbon emisyonu gelir ilişkisine bakıldığında gelirdeki % 1'lik artış karbon emisyonlarını yaklaşık olarak her iki modelde de sırasıyla yaklaşık % 1,32 ve % 2,07 oranında artırmak-

tadır. Uzun dönemde ise gelirdeki % 1'lik artışın yaklaşık olarak karbon emisyonlarını yine sırasıyla % 0,07 ve % 0,12 oranında azaltması beklenmektedir.

Diğer taraftan enerji tüketimindeki % 1'lik bir artışında karbon emisyonlarının yaklaşık olarak % 0,28 oranında artırdığı görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre Türk cumhuriyetlerinin uzun dönem gelir düzeyinin belirli bir seviyeye gelmesini beklemeden mevcut üretim süreçlerini daha az karbon salınımına imkân veren teknolojilerin geliştirilmesi ve enerji politikalarında karbon emisyonun artırıcı enerji tüketimine alternatif enerjilerin tüketiminin özendirilmesi gerekmektedir. Aksi durumda bulgular Türk cumhuriyetlerinde karbon salınımını azaltmanın yolunun gelirden ve büyümeden vazgeçmek olduğuna işaret etmektedir.

### Kaynaklar

AKAY, Ebru Çağlayan: "Dinamik Panel Veri Modelleri, Uygulamalı Panel Veri Modelleri", *Uygulamalı Panel Veri Ekonometrisi*, Ed. Selahattin Güriş, Der Yayınları, İstanbul 2018.

ALLER, Carlos - DUCTOR, Lorenzo - GRECHYNA, Daryna: "Robust Determinants of CO2 Emissions", *Energy Economics*, 96, 2021, 105154.

ANG, James B.: "CO2 Emissions, Energy Consumption, and Output in France", *Energy Policy*, 35.10, 2007.

APERGIS, Nicholas - ÖZTÜRK, İlhan: "Testing Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Asian Countries", *Ecological Indicators*, 52, 2015.

\_\_\_\_\_ - ÖZTÜRK, İlhan: "Testing Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Asian Countries." *Ecological Indicators*, 52, 2015.

\_\_\_\_\_ - PAYNE, James E: "CO2 Emissions, Energy Usage, and Output in Central America", *Energy Policy*, 37.8, 2009.

ARELLANO, Manuel - BOND, Stephen: "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations", *The Review of Economic Studies*, 58.2, 1991.

ASANE-OTOO, Emmanuel: "Carbon Footprint and Emission Determinants in Africa", *Energy*, 82, 2015.

BALOGH, Jeremiás Máté - JÁMBOR, Attila: "Determinants of CO", *Int J Energy Econ Policy*, 7.5, 2017.

BEGUM, Rawshan Ara - SOHAG, Kazi - ABDULLAH, Sharifah Mastura Syed - JAAFAR Mokhtar: "CO2 Emissions, Energy Consumption, Economic and Population Growth in Malaysia", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 2015.

BREUSCH, Trevor S. - PAGAN, Adrian R.: "The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics", *The Review of Economic Studies*, 47.1, 1980.

CHEN, Ping-Yu - CHEN, Sheng-Tung - HSU, Chia-Sheng - CHEN, Chi-Chung: "Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi ve CO2 Emisyonları Arasındaki Küresel İlişkilerin Modellenmesi", *Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji İncelemeleri*, 65, 2016.

DONG, Kangyin - HOCHMAN, Gal - ZHANG, Yaqing - SUN, Renjin - LI, Hui - LIAO, Hua: "CO2 Emissions, Economic and Population Growth, and Renewable Energy: Empirical Evidence Across Regions", *Energy Economics*, 75, 2018.

EHİGLAMUSOE, Kizito Uyi: "A Disaggregated Approach to Analyzing the Effect of Electricity on Carbon Emissions: Evidence from African Countries", *Energy Reports*, 6, 2020.

EMÍLIO, Padilla - SERRANO, Alfredo: "Inequality in CO2 Emissions Across Countries and its Relationship with Income Inequality: A Distributive Approach", *Energy Policy*, 34.14, 2006.

FARHANİ, Sahbi - MRİZAK, Sana - CHAİBİ, Anissa - RAULT, Christophe: "The Environmental Kuznets Curve and Sustainability: A Panel Data Analysis", *Energy Policy*, 71, 2014.

GROSSMAN, Gene M. - KRUEGER, Alan B.: "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement", No. w3914, *National Bureau of Economic Research*, Cambridge, November 1991.

GUO, Rongxing: “Cross-Border Management: Theory”, *Method and Application*, Springer, 2015.

HALİCİOĞLU, Ferda: “An Econometric sStudy of CO2 Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey”, *Energy Policy*, 37.3, 2009.

HSİAO, Tsai: “CO2 Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in BRIC Countries”, *Energy Policy*, 38.12, 2010.

KATSOULAKOS, Nikolas. M.: et al. “Environment and Development”, *Environment and Development*, Elsevier, 2016.

KRAFT, John - KRAFT, Arthur: “On the rRelationship Between Energy and GNP”, *The Journal of Energy and Development*, 1978.

KUZNETS, Simon: “Economic Growth and Income Inequality”, *The American Economic Review*, 45.1, 1955.

LEAN, Hooi Hooi - SMYTH, Russell: “CO2 Emissions, Electricity Consumption and Out-put in ASEAN”, *Applied Energy*, 87.6, 2010.

MADDALA, Gangadharrao S. - WU, Shaowen: “A Comparative Study of Unit Root Tests With Panel Data and a New Simple Test”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61.S1, 1999.

MÄLER, Karl-Göran: “Economic Growth and the Environment”, Encyclopedia of Biodiversity, Ed. Samuel. M. Scheiner, *Academic Press*, February 2013.

MD SHARİF, Hossain: “Panel Estimation for CO2 Emissions, Energy Consumption, Economic Growth, Trade Openness and Urbanization of Newly Industrialized Countries”, *Energy Policy*, 39.11, 2011.

NARAYAN, Paresk Kumar - NARAYAN, Seema: “Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth: Panel Data Evidence From Developing Countries”, *Energy Policy*, 38.1, 2010.

OZCAN, Burcu: “The Nexus Between Carbon Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Middle East Countries: A Panel Data Analysis”, *Energy Policy*, 62, 2013.

ÖZTÜRK, İlhan - ACARAVCI, Ali: “Energy Consumption and CO2 Emissions Economic Growth in Turkey”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14.9, 2010.

PESARAN, M. Hashem: “General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels (CESifo Working Paper Series No. 1229; IZA Discussion Paper No. 1240)”, *The CESifo Group & Institute for the Study of Labor*, 2004.

\_\_\_\_\_ - ULLAH, Aman - YAMAGATA, Takashi: “A Bias-aAdjusted LM Test of Error Cross-Section Independence”, *The Econometrics Journal*, 11.1, 2008.

\_\_\_\_\_ : “A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence”, *Journal of Applied Econometrics*, 22.2, 2007.

SHAHBAZ, Muhammad - MAHALİK, Mantu Kumar - SHAH, Syed Hasanat - SATO, João Ricardo: “Time-Varying Analysis of CO2 Emissions, Energy Consumption, and Economic Growth Nexus: Statistical Experience in Next 11 Countries”, *Energy Policy*, 98, 2016.

SHARMA, Susan Sunila: “Determinants of Carbon Dioxide Emissions: Empirical Evidence From 69 Countries”, *Applied Energy*, 88.1, 2011.

SOYTAS, Ugur - RAMAZAN, Sarı - EWING, Bradley T.: “Energy Consumption, Income, and Carbon Emissions in the United States”, *Ecological Economics*, 62,3-4, 2007.

STERN, David I.: “The Dise and Fall of the Environmental Kuznets Curve”, *World Development*, 32.8, 2004.

TATOĞLU, Ferda Yerdelen: *Panel Zaman Serileri Analizi*, Beta Yayınları, İstanbul 2017.

WANG, Lei - VO, Xuan Vinh - SHAHBAZ, Muhammad - AK, Aysegul: “Globalization and Carbon Emissions: Is There Any Role of Agriculture Value-Added, Financial Development, and Natural Resource Rent in the Aftermath of COP21?”, *Journal of Environmental Management*, 268, 2020, 110712.

World Commission on Environment, *Our Common Future*, Centre for Our Common Future, 1992.

Worldbank Development Indicator, 2021, (Çevrimiçi) <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.

ZHANG, Xing-Ping - Cheng, Xiao-Mei: “Energy Consumption, Carbon Emissions, and Economic Growth in China”, *Ecological Economics*, 68.10, 2009.

## Extended Abstract

### **Relationship Between Economic Growth, Energy Consumption And Environmental Deterioration: Panel Data Analysis On Turkic Republics**

The economic view, which analyzes the process of industrialization causing environmental problems, started with the Environmental Kuznets Curve. Within the framework of this view, firstly, the relationship between output (growth) and environmental pollution was examined and many findings pointing to the increase in output and environmental degradation were reached. In later studies, environmental degradation was not only dealt with on the axis of output (growth), but also associated with energy consumption and examined and researched in the context of energy consumption-environmental pollution. At the last stage, the economic dimension of the environmental damage caused by the carbon gas, which is the result of industrialization and fossil energy use through output (growth)-energy consumption-environmental pollution, has been the subject of research. The results of the researches are summarized in the literature on the Environmental Deterioration - Economic Development Relationship. According to this; As the level of economic development of countries increases in the pre-industrial period, environmental degradation also increases. While the level of economic development increases in the industrialization phase, environmental degradation reaches its highest level. Later, with the development of the service sector, this process is reversed; As economic development moves forward, there is a decrease in the level of environmental degradation.

In this study, the economic cost of environmental degradation, which is tried to be explained with models based on the Environmental Kuznets Curve theory, is discussed in the Turkish Republics consisting of Turkey, Azerbaijan, Turkmenistan, Kazakhstan, Kyrgyzstan and Uzbekistan. The research was conducted with panel data analysis using dynamic panel models on annual data covering the years 1992-2019. Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions were accepted as the most common representative variable used to measure the degree of environmental degradation in the study. According to the analysis findings, it has been understood that the expected effects of the variables used in the analysis (Carbon Dioxide Emissions (Tons) Per Capita), Gross Domestic Product Per Capita (in 2010 Fixed Dollar Prices) and Primary Energy Consumption Per Capita (twh) are also valid for the Turkic republics.

According to the research findings, the 1 % increase in carbon emissions in the previous year increases the carbon emissions in the next year by approximately 0.50 % and 0.38 % in the first and second models, respectively. Looking at the carbon emission income relationship, a 1 % increase in income increases carbon emissions by approximately 1.32 % and 2.07 %, respectively, in both models. In the long run, a 1 % increase in income is expected to reduce carbon emissions by approximately 0.07 % and 0.12 %, respectively.

On the other hand, a 1 % increase in energy consumption increases carbon emissions by approximately 0.28 %. According to the results of the analysis, without waiting for the long-term income level of the Turkic Republics to reach a certain level, it is necessary to develop technologies that allow less carbon emissions in the existing production processes and to encourage the consumption of alternative energies to energy consumption that increases carbon emissions in energy policies. Otherwise, the findings indicate that the way to reduce carbon emissions in the Turkic Republics is to give up income and growth.