

Türkiye'de CO₂ İçin Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Geçerliliği: Ampirik Bir Analiz

Validity of the Hypothesis of Environmental Kuznets Curve for CO₂ in Turkey: An Empirical Analysis

Semanur Kazak^a , Hasan Kazak^b 

^a *Business Master's Degree Program, Necmettin Erbakan University, Konya, Türkiye*
semanr.kazak@gmail.com (Corresponding Author)

^b *Department of Finance, Banking and Insurance, Necmettin Erbakan University, Konya, Türkiye*

Özet

Bu çalışmada Kuznets tarafından ortaya konulan ve ekonomik gelişmenin farklı aşamalarında gelir eşitsizliğinin çizdiği grafiği anlatan Kuznets eğrisine olan benzerliğinden dolayı Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE-EKC) adı verilen ve çevresel kirlenme ile ekonomik büyüme arasında ters-U şeklinde bir ilişki bulunduğunu ortaya koyan hipotez test edilmiştir. Yapılan çalışma kapsamında Karbondioksit emisyon hacmini (CO₂) etkileyen değişkenler kullanılarak bir ekonometrik model ortaya konulmuştur. Değişkenler arasındaki ilişkiyi analiz etmek için VAR modeli çerçevesinde; Johansen koentegrasyon testi, etki-tepki analizi ve varyans ayrıştırması kullanılmıştır. Yapılan analizlerde değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket ettikleri ve CO₂ bağımlı değişkenine etki eden bağımsız değişkenleri ortaya koyan modelin geçerli olduğu görülmüştür. Yapılan değerlendirme sonucunda Türkiye örneğinde çevresel kirlenme ile ekonomik büyüme arasında ters-U şeklinde bir ilişki olabileceği, fakat bu ilişkinin Türkiye'nin ekonomik büyüme ve kalkınma sürecinin tam olarak oluşumunu tamamlamamış olması dolayısıyla zaman içerisinde daha belirgin şekilde ortaya çıkacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Kuznets Eğrisi, Çevre Kirliliği, Ekonomik Büyüme, CO₂ emisyonu

Abstract

In this study, the hypothesis, which is called Environmental Kuznets Curve (EKC) and which reveals that there is an inverse-U relation between environmental pollution and economic growth, was tested due to its similarity to Kuznets curve, which was presented by Kuznets and describes the graph of income inequality at different stages of economic development. Within the scope of the study, an econometric model was put forward by using the variables affecting the carbon dioxide emission volume (CO₂). Within the framework of the VAR model to analyze the relationship between the variables; Johansen cointegration test, impulse-response analysis and variance decomposition was used. In the analyzes made, it has been seen that the variables act together in the long term and the model that reveals the independent variables that affect the CO₂ dependent variable is valid. As a result of the evaluation, it is thought that there may be an inverted-U-shaped relationship between environmental pollution and economic growth in the case of Turkey, but this relationship will emerge more clearly in time, since Turkey's economic growth and development process has not been fully formed.

Keywords: Environmental Kuznets Curve, Environmental Pollution, Economic Growth, CO₂ emission

For Citation: Kazak, S. & Kazak, H. (2022). Türkiye'de CO₂ İçin Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Geçerliliği: Ampirik Bir Analiz. *Journal of Academic Value Studies*, 8(2), 161-179. <http://dx.doi.org/10.29228/javs.62025>

Received: 17.04.2022 Accepted: 17.07.2022

This article was checked by *intihal.net*

1. Giriş

Ülkeler açısından ekonomik büyüme her zaman çok önemli olmakla birlikte özellikle birinci sanayi devriminden itibaren ülkeler hızla büyüyen bir ekonomik büyüme ve kalkınma yarışına girmişlerdir. Artan üretim bir taraftan ürün bollaması meydana getirirken diğer taraftan gelir artışı ve artan talebi de beraberinde getirmiştir. Bu döngü sürekli bir sarmal haline gelmiş ve tüm dünya ülkeleri inanılmaz bir hızla bu üretim ve teknoloji yarışının içerisine girmiştir. Dünya ölçeğinde ticaret ve sermaye akımı globalleşmiş ve sınırlar neredeyse ortadan kalkmıştır. Dördüncü sanayi devrimiyle nesnelere internetinden bahsedilir hale gelmiş, tüm dünyayı saran internet ağları üzerinden kendi kendine haberleşen ve karar alan teknolojik nesnelere insana ihtiyaç duymaksızın bu üretim yarışını daha da ileriye taşımaktadır.

Teknolojinin gelişmesi ve üretimin inanılmaz bir hızla artması aynı zamanda dünyamızı başta insanlar olmak üzere tüm canlılar için yaşanılmaz bir hale de getirmektedir. Bir taraftan sonlu enerji kaynakları tüketilirken diğer taraftan bu enerji kaynaklarının çevreye verdiği zarar da her geçen gün artmaktadır. Tüm bu üretim yarışı küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çevresel etkileri beraberinde getirmektedir.

Çevre konusunda yaşanan bu gelişmeler sanayileşmenin ilk yıllarından itibaren aslında değerlendirilmiş ve bazı önlemler alınmaya çalışılmıştır. Bunlardan en önemlilerinden birisi Roma Kulübü tarafından hazırlanan ve 1968 yılında ABD'deki Massachusetts Institute of Technology'de (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü) araştırmacıları tarafından hazırlanan Büyümenin Sınırları (Limits to Growth) isimli rapor olup 1972 yılında yayınlanmıştır. Rapor yayınlandığı an çok büyük ses getirmiştir. Raporda 5 değişken ele alınarak (nüfus artışı, gıda üretimi, sanayileşme hızı, çevre kirlenme düzeyi ve yenilenemeyen doğal kaynakların tükenme hızı) ve matematiksel modeller kullanılarak "durum bugünkü seyrinde ilerlerse, önümüzdeki yüzyıl içinde ekonomimizi nasıl bir gelecek bekliyor?" sorusunun cevabı aranmıştır. Bu sorulara verilen cevaplardan en önemlisi belki de şudur: "Dünya nüfusunda, sanayileşmede, çevre kirlenmesinde, gıda üretiminde ve doğal kaynakların tükenmesinde bugünkü (raporun hazırlandığı dönem) büyüme eğilimi devam edecek olursa, gezegenimizde ekonomik büyüme gelecek yüzyıl içinde sınırına dayanacaktır." (Meadows vd., 1972) Araştırmacılar tarafından hazırlanan üç senaryonun ikisinde 21. Yüzyılın ortalarına kadar küresel sistemin "hedeflerin aşılması ve çökmesi" sonuçlarıyla karşı karşıya kalacağı öngörüsü vardır (Turner, 2008).

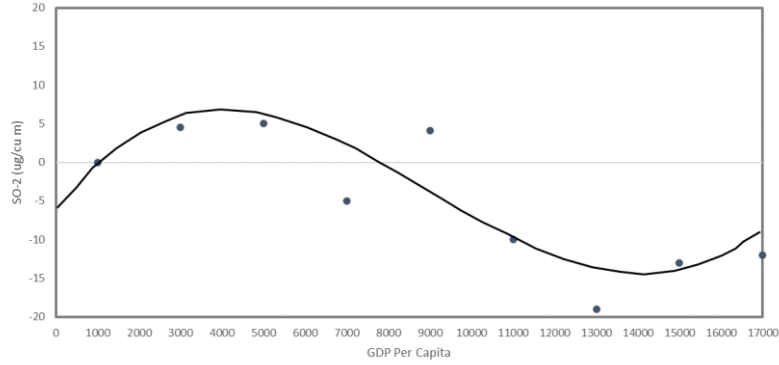
Çevre konusunda yapılan bu ve benzeri çalışmalar çevre konusunda duyarlılığı ve bilinci artırmış ve birçok önlem devletler ve uluslararası kuruluşlar ve anlaşmalar kapsamında alınmaya başlamıştır. Bu çalışmalar çerçevesinde çevre ve ekonomi ilişkileri şekillenmektedir. Çevre ile ekonomik gelişmeler arasındaki ilişkileri ele alan çalışmalardan birisi de Çevresel Kuznets ters-U ilişkisi hipotezidir. Bu çalışmada Türkiye ölçeğinde bu hipotez ele alınmış ve güncel veriler eşliğinde hipotez değerlendirilmiştir.

2. Kavramsal Çerçeve

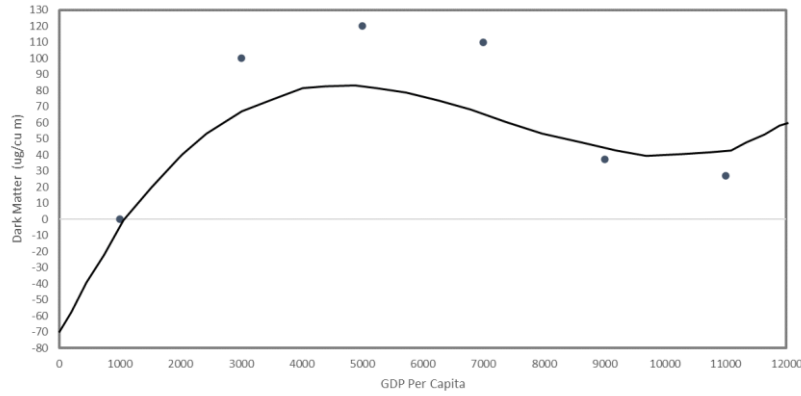
Kuznets tarafından 1955 yılında yapılan çalışmada ekonomik büyüme ve gelir eşitsizliği arasında ters-U şeklinde bir ilişkinin olduğu ileri sürülmüştür. Kuznets bu hipotezinde ekonomik gelişmenin ilk aşamalarında sanayileşmeyle birlikte gelir artışının yaşanmaya başlayacağını fakat bu gelir artışının adil bir şekilde bölüşülmediği için aynı zamanda gelir dağılımındaki adaletsizliğin de büyüyeceğini söylemiştir. Fakat bu dengesizlik sonsuza kadar aynı şekilde büyümeyecek, ekonomik gelişmenin ilerlemesiyle birlikte gelir toplumun tüm kesimlerine yayılmaya başlayacak ve bir noktadan sonra gelir adaletsizliği azalmaya başlayacaktır. Ekonomik gelişmenin farklı aşamalarında gelir eşitsizliğinin çizdiği bu yol ters-U şeklinde bir seyir izlemektedir (Kuznets, 1955) (Kuznets, 1979). Kuznets'in sadece Almanya, İngiltere ve ABD'nin veri setiyle yaptığı zaman serisi çalışmasında elde ettiği bu hipotez daha sonra birçok çalışma için yol gösterici olmuştur (Kazak vd., 2020).

1990'lı yıllarda sanayileşmenin meydana getirdiği çevre kirliliği üzerinde çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalardan (Grossman ve Krueger, 1991) tarafından yapılan çalışmada üç çevre kirleticisi (kükürt dioksit (SO₂), duman ve havadaki partikül madde) ile kişi başına GSYH arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma 42 NAFTA ülkesi üzerinde yapılmıştır. Çalışma sonucunda iki ulusal kirleticisi (kükürt dioksit ve duman) için düşük milli gelir düzeylerinde kişi başına düşen GSYH ile konsantrasyonların arttığını, ancak daha yüksek gelir düzeylerinde GSYH büyümesi ile azaldığını ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada ortaya çıkan bulgular Kuznets tarafından ortaya konulan ters-U ilişkisine benzemektedir.

Yapılan çalışmada ortaya konulan ilişkiler şu şekildedir:

Şekil 1: Kükürt dioksit (SO₂) ve kişi başına GSYH

Kaynak: (Grossman ve Krueger, 1991)

Şekil 2: Siyah madde (duman) ve kişi başına GSYH

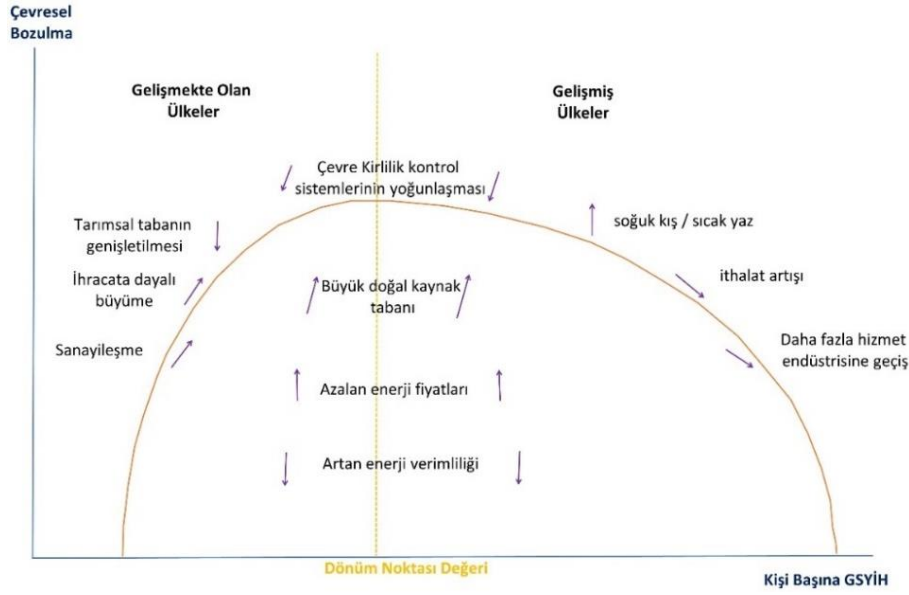
Kaynak: (Grossman ve Krueger, 1991)

Bu çalışmada ortaya çıkan eğrilerin Kuznets tarafından ortaya konulan ve ekonomik gelişmenin farklı aşamalarında gelir eşitsizliğinin çizdiği grafiği anlatan Kuznets eğrisine olan benzerliğinden dolayı Çevresel Kuznets Eğrisi¹ adı verilmiştir. Bu hipoteze göre çevresel kirlenme ile ekonomik büyüme arasında ters-U şeklinde bir ilişki bulunmaktadır (Holtz-Eakin ve Selden, 1992) (Selden ve Song, 1994) (Grossman ve Krueger, 1995).

Ülkeler ekonomik gelişme seviyelerinde birçok çevresel değişken ile karşılaşmakta ve bunların etkisinde kalmaktadırlar. Bu karşılıklı etkileşim sonucunda artan Gayrisafi Yurt İçi Hasılayla birlikte çevresel bozulma da değişmektedir. Ülkeler gelişmekte olan ülkeler sınıfından gelişmiş ülkeler sınıfına doğru evrilirken çevresel gelişmeler de bundan etkilenmektedir. Bu durumu ve etkileşimleri açıklayan Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) aşağıda (Şekil 3) verilmiştir.

¹ Eng: Environmental Kuznets Curve, EKC; tr: Çevresel Kuznets Eğrisi, ÇKE; bu çalışmada Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) şeklinde kullanım tercih edilecektir

Şekil 3: Çevresel Kuznets eğrisi (ÇKE) ve çelişen dinamikleri



Kaynak: (Agras ve Chapman, 1999)

Yukarıdaki Kuznets eğrisinde görüleceği üzere gelişmekte olan ülkeler sanayileşme adımlarıyla çevresel bozulma artmaya başlamaktadır. Sanayileşme ihracata dayalı büyüme şeklinde devam etmekte ve ülkeler tarım toplumundan sanayi topluma doğru geçmektedir. Tüm bu gelişmeler GSYH'de büyüme sağlarken diğer taraftan çevresel bozulmayı da artırmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerin gelişmiş ülke kategorisine geçiş çabaları tüm dünyada çevre problemlerinin oluşmasına sebep olmakta ve ulusal ve uluslararası seviyede çevre kontrol tedbirleri ve baskılar gündeme gelmeye başlamaktadır. Bunun sonucunda sanayileşme çevre duyarlı bir şekilde yapılan mevzuat düzenlemeleri ile daha kontrollü bir şekilde bürünmektedir. Diğer taraftan gelişmiş ülke sınıfına geçen ülkeler sanayileri daha az baskı altında kalacakları ve aynı zamanda doğal kaynakları bol, işgücü ucuz ülkelere doğru aktararak ithalat yoluna gidecekler ve aynı zamanda hizmet endüstrileri geliştirecektir. Böylece kişi başına GSYH artmaya devam ederken çevresel bozulmada dönüm noktasından itibaren azalma eğilimine girmektedir.

3. Literatür İncelemesi

3.1. Literatürdeki İlk Çalışmalar

Çevresel Kuznets ilişkisini ortaya koyan ilk çalışma Grossman ve Krueger (1991) tarafından yapılan çalışmadır. Bu çalışmada üç değişik çevre kirleticisi (kükürt dioksit (SO_2), duman ve süspansiyon halindeki partikül madde (SPM)) ile kişi başına GSYH arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma 42 NAFTA ülkesi üzerinde yapılmış ve çalışma sonucunda iki ulusal kirleticisi (kükürt dioksit ve duman) için düşük milli gelir düzeylerinde kişi başına düşen GSYH ile konsantrasyonların arttığını, ancak daha yüksek gelir düzeylerinde GSYH büyümesi ile azaldığını ortaya konulmuştur (Grossman ve Krueger, 1991). Bu çalışmada ortaya çıkan bulgular Kuznets tarafından ortaya konulan ters-U ilişkisine benzemekte olduğundan Çevresel Kuznets ilişkisini ortaya koyan ilk çalışma olarak literatüre girmiştir. Aslında Grossman ve Krueger (1991) tarafından yapılan çalışma ters-U ilişkisi şeklinde değil N şeklinde bir ilişki ortaya konulmuştur. Grossman ve Krueger (1991), büyük kent merkezlerinde SO_2 ve SPM konsantrasyonları ile gelir düzeyleri arasındaki ilişkiyi analiz ettikleri çalışmalarında SO_2 ve SPM konsantrasyonlarının kişi başına gelir seviyelerinin 5,000 \$'dan (1985) düşük ve 5,000 \$'dan yüksek gelir seviyeleri ile negatif korelasyonlu olduğunu bulmuşlardır (Grossman ve Krueger, 1991).

Shafik ve Bandyopadhyay (1992) tarafından yapılan çalışmada Çevresel Kuznets Eğrilerini 1992 Dünya Kalkınma Raporu için arka plan çalışmasının bir parçası olarak çevresel bozulmanın 10 farklı göstergesi için tahmin etmişlerdir (Shafik ve Bandyopadhyay, 1992). Göstergeler: temiz su eksikliği, kentsel sanitasyon eksikliği, asılı partikül madde ortam seviyeleri, ortam sülfür oksitler, 1961-86 yıllarında orman alanlarındaki değişim, 1961-86 yıllarında yıllık ormansızlaşma oranı (her bir yıl için gözlemler), nehirlerde çözünmüş oksijen, nehirlerde fekal koliformlar, kişi başına belediye atığı ve kişi başına karbon emisyonu. Örnekleme, kapsamı çok düzensiz olsa da 1960-90 için 149 ülkeye kadar gözlemleri içermektedir. Yapılan çalışmada iki hava kirleticisinin EKC hipotezine uygun olduğu ortaya konulmuştur. Her iki kirleticisi için de dönüm noktaları 3,000 ila 4,000 \$ arasındaki gelir seviyeleri için bulunmuştur. Çalışmada hem

belediye atıkları hem de kişi başına düşen karbon emisyonları, artan gelirle birlikte net bir şekilde artmakta olduğu ortaya konulmuştur (Shafik ve Bandyopadhyay, 1992).

Dünya Bankası'nın 1992 Dünya Kalkınma Raporu'na (IBRD, 1992) "Kalkınma ve Çevre" adı verilmiş ve terminoloji kullanılmadan Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezi dikkate alınmıştır. Raporda şu cümleler yer almaktadır "Daha fazla ekonomik faaliyetin çevreye kaçınılmaz olarak zarar verdiği görüşü, teknoloji, zevkler ve çevresel yatırımlarla ilgili statik varsayımlara dayanmaktadır" (s.38)" (IBRD, 1992).

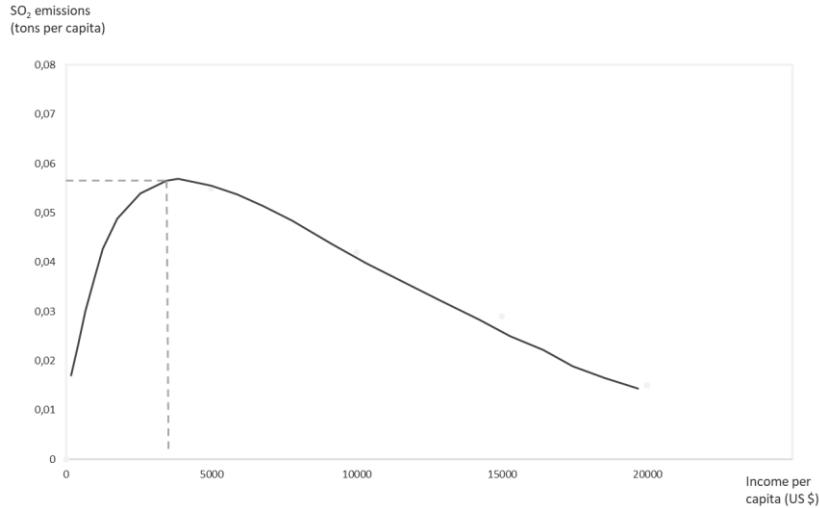
Yine ilgili raporda ekonomik faaliyet birimi başına çevresel etkinin belirlenmesinde "Özellikle önemli rol oynayabilecek faktörler" şu şekilde ifade edilmiştir:

- Yapı: Ekonomide üretilen mal ve hizmetler
- Verimlilik: Ekonomide birim çıktı başına kullanılan girdiler
- İkame: Kıt hale gelen kaynaklardan ikame yeteneği
- Temiz teknolojiler ve yönetim uygulamaları: Birim girdi veya çıktı başına çevresel hasarı azaltma yeteneği (IBRD, 1992) (Stern vd., 1996).

3.2. Türkiye Dışında Yapılan Çalışmalar

Panayotou (1993) tarafından 1982-1994 yıllarını kapsayan ve 30 Ülke üzerinde yapılan çalışmada yazar hem teorik hem de ampirik analizlerle, çevresel bozulmanın en az iki biçimi ile ekonomik kalkınma arasında ters U-şekli ilişkisini ortaya koymuştur. Yapılan çalışmaya göre çevresel bozulma genel olarak (birleşik kaynakların tükenmesi ve kirliliği) kişi başına düşen 1,000 dolar'ın altındaki gelir düzeylerinde daha kötü olup; 1,000 dolar ve 3,000 dolar arasında hem ekonomi hem de çevresel bozulma kırsaldan kente, tarımdan sanayiye dramatik yapısal değişime uğramaktadır. Yine çalışmada ülkeler kişi başına 10,000 dolarlık geliri aştıkça ve enerji yoğun ağır sanayiden hizmet ve bilgi / teknoloji yoğun sanayiye geçmeye başladığında ikinci bir yapısal dönüşüm gerçekleşmeye başladığı ortaya konulmuştur. Panayotou (1993) tarafından yapılan çalışma daha önce yapılan Grossman ve Krueger (1991) çalışmasını destekleyici sonuçlar bulmuşlar ve çalışmalarına göre dönüm noktasını 3,800 dolar ile 5,500 dolar arasındadır.

Şekil 4: SO₂ emisyonları ve kişi başına gelir arasındaki Kuznets eğrisi



Kaynak: (Panayotou, 1993)

Selden ve Song (1994) tarafından yapılan çalışmada Grossman ve Krueger tarafından incelenen iki hava kirleticisi (süspansiyon halindeki partikül madde (SPM) ve kükürt dioksit (SO₂)) ile birlikte nitrojen oksit (NO_x) ve karbon monoksit (CO) kirlenmesini de incelemişlerdir. 30 Ülke üzerinde yapılan çalışmada yazarlar dört hava kirletici için emisyon verilerini kullanarak, ters U hipotezi için önemli bir destek bulmuşlar ve böylece önceki bulguların bağımsız olarak doğrulanmasını sağlamışlardır.

Holtz-Eakin ve Selden (1992) tarafından yapılan çalışmada 1951-1986 yıllarını içeren ve 130 ülkede (108 ülke için eksiksiz verilerle eşit olmayan) bir veri paneli kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda küresel panel verilerinden elde edilen tahminler, kişi başına düşen GSYH arttıkça karbondioksit yayma eğiliminde azalma olduğunu ortaya konulmuştur.

Stern vd. (1996) tarafından yapılan çalışmada Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) yaklaşımı eleştirel bir tarzda ele alınmıştır. Çalışmada EKC tahminleriyle ilgili ekonometrik sorunlar tanımlanmış ve bir dizi ampirik çalışma gözden

geçirilmiştir. Yazarlar tarafından yapılan çalışmada 1992 Dünya Bankası Kalkınma Raporu'nda yer alan dünya ekonomik büyüme ve nüfus projeksiyonları (1990-2025 yılları) baz alınarak simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Yapılan simülasyonda 2025 projeksiyonu boyunca küresel SO₂ emisyonlarının artmaya devam ettiği gösterilmiştir. Çalışmada EKC hipotezleri için oluşturulan ekonometrik modellerin sorunları ele alınmış ve sonuç olarak ekonometrik çalışmalar gelecekteki eğilimlerin projeksiyonları için bir temel oluşturacaksa, EKC türünün azaltılmış form denklemlerinden ziyade yapısal modeller biçimini almaları gerektiği ortaya konulmuştur.

Diğer önemli çalışmalar aşağıda özet literatür tablosu olarak verilmiştir.

SN	Yazar ve Yıl	Kapsam	Sonuç
1	(De Bruyn, Van den Bergh, ve Opschoor, 1996)	1960-1993 yılları ve Hollanda, Batı Almanya, Birleşik Krallık ve ABD.	CO ₂ , NO _x ve SO ₂ emisyonları analize tabi tutulmuş ve bu emisyonların çoğunun modellerinin ekonomik büyüme ile pozitif korelasyon gösterdiği ve ekonomideki yapısal ve teknolojik mantıksal değişikliklerin sonucunda emisyon azaltımının sağlandığı bulunmuştur. Buna göre Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir ve ilişki ters-U şeklindedir.
2	(Panayotou, 1997)	1982-1994 yılları ve 30 Ülke	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir ve ilişki ters-U şeklindedir.
3	(Roberts ve Grimes, 1997)	1962-1991 yılları ve Dünya Bankası ve Karbon Dioksit Bilgi ve Analiz Merkezi (CDIAC) verileri (Çeşitli dünya ülkeleri)	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir ve ilişki quadratic ters-U şeklindedir.
4	(Dijkgraaf ve Vollebergh, 1998)	1960-1990 arası OECD ülkelerinde panel veri analizi	Yapılan çalışmada tüm panelin analizi ters U-şekilli bir işlev verse de her ülke için çevresel kalite-ekonomik büyüme ilişkilerinin doğrusal, ters U-şekilli, U-şekilli ve kübik EKC'lere sahip olduğu ortaya konmuştur. Her bir ülkede gelir ve emisyonlar arasında bazı anlamlı ilişkiler varken, karbon emisyonları için anlamlı bir EKC olmadığı sonucuna varmışlardır.
5	(Kaufmann, Davidsdottir, Garnham, ve Pauly, 1998)	1974-1989 yılları ve 23 Ülke	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir ve ilişki ters-U şeklindedir.
6	(De Bruyn, van den Bergh, ve Opschoor, 1998)	1960-1993 yılları arasında Hollanda, İngiltere, ABD ve Batı Almanya	Analize tabi tutulan emisyonların (CO ₂ , NO _x ve SO ₂) zaman örüntülerinin ekonomik büyüme ile pozitif bir ilişki içinde olduğu ve ekonomideki yapısal ve teknolojik değişikliklerin bir sonucu olarak emisyon azaltımlarının elde edilmiş olabileceği bulunmuştur.
7	(Torras ve Boyce, 1998)	1977-1991 yılları ve 42 Ülke	Çevresel Kuznets Eğrisi ters-U şeklinde değildir. İlişki N şeklindedir.
8	(Agras ve Chapman, 1999)	Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezini destekleyen değişken ilişkilerinde enerji fiyatının sürekli göz ardı edildiğini belirterek çalışmada fiyatın önemini göstermek için öncelikle modeller analiz edilmiş daha sonra enerji / gelir ve CO ₂ / gelir ilişkilerini test eden ekonometrik bir EKC çerçevesine fiyatlar dahil edilmiştir.	Yapılan çalışma sonucunda fiyat ve ticaret değişkenlerinin varlığında enerji için mevcut gelirler aralığında bir Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC)'nin varlığına dair önemli bir kanıt bulunamamıştır.
9	(List ve Gallet, 1999)	1929-1994 yılları ve ABD eyaletleri	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir ve ilişki ters-U şeklindedir.
10	(Barrett ve Graddy, 2000)	1977, 1982 ve 1988 yılları ve 32 Ülke	Çevresel Kuznets Eğrisi ters-U şeklinde değildir. İlişki N şeklindedir.

11	(Dinda, Coondoo, ve Pal, 2000)	1979-1982, 1983-1986, 1987-1990 yılları ve 33 Ülke	İlişki U şeklindedir.
12	(Stern ve Common, 2001)	1960-1990 yılları ve 73 Ülke	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir ve ilişki ters-U şeklindedir.
13	(Groot, Withagen, ve Minliang, 2001)	1987- 1992 yılları arasında Çin'deki 30 il	Çevresel Kuznets Eğrisi ters-U şeklinde değildir. İlişki N şeklindedir.
14	(Cole, 2004)	1980-1997 yılları ve 18 OECD Ülkesi	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir ve ilişki ters-U şeklindedir.
15	(Shi, 2004)	1951-1999 yılları ve 50 Ülke	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir ve ilişki ters-U şeklindedir.
16	(Galeotti, Lanza, ve Pauli, 2006)	Çalışmada IEA (Uluslararası Enerji Ajansı, 2000) tarafından geliştirilen bir veri kümesini kullanmıştır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin Ek Rio ülkeleri (Rio de Janeiro, 1992) için 1960-1998 yılları ve diğer tüm ülkeler için 1971-1998 arasındaki dönem analiz edilmiştir.	Yaptıkları çalışmada ekonometrik sonuçlar iki sonuca varmaktadır. İlk olarak, EKC'ye ilişkin yayınlanan kanıtlar (en azından karbondioksit söz konusu olduğunda) verilerin kaynağına bağlı görünmemektedir. İkinci olarak, alternatif bir fonksiyonel form kullanıldığında, OECD ülkeleri grubu için, kullanılan veri setine bakılmaksızın makul bir dönüm noktası ile ters-U ilişkisinin kanıtı vardır.
17	(Sen ve Melenberg, 2011)	1950-2005 yılları ve 7 Ülke Grubu	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
18	(Mor ve Jindal, 2012)	1997-2008 yılları ve Kyoto Ülkeleri	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir ve ilişki ters-U şeklindedir.
19	(Farhani, Mrizak, Chaibi, ve Rault, 2014)	1990-2010 dönemi boyunca 10 Orta Doğu ve Kuzey Afrika (MENA) ülkesi için panel veri yöntemlerini kullanarak iki farklı EKC spesifikasyonu incelenmiştir.	Yapılan çalışmada İlk spesifikasyon, yani EKC için, çevresel bozulma ve gelir arasında ters U-şekli ilişkisi olduğu; ikinci spesifikasyon, yani modifiye EKC (MEKC) için, sürdürülebilirlik ve insani gelişme (HD) arasında ters U-şekil ilişkisi olduğu ortaya konmuştur.
20	(Wang, Han, ve Kubota, 2016)	1990-2012 dönemini kapsayan Çin'in bir eyalet paneli	Çalışmada ekonomik büyüme ve kükürt dioksit emisyonları arasında ters U-şekilli bir eğri ilişkisini destekleyen kanıtlar bulunmuş ancak şehirleşme ve bu emisyonlar için benzer bir çıkarımı destekleyen çok az kanıt bulunabilmiştir.
21	(Zambrano-Monserrate, Carvajal-Lara, ve Urgiles-Sanchez, 2018)	1971-2011 yılları Singapur	Yapılan çalışma EKC hipotezinin kanıtını hem kısa hem de uzun vadede doğrulamaktadır.
22	(Destek ve Sarkodie, 2019)	1977- 2013 yılları ve 11 yeni sanayileşmiş ülke	Yapılan çalışmada ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasında ters U-şeklinde bir ilişki olduğunu gösterilmiştir. Yine aynı çalışmada nedensellik testi sonuçlarına göre, ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasında iki yönlü nedensellik olduğu sonucuna varılmıştır.
23	(Rahman, Ghazali, Bhatti, ve Khan, 2020)	1989-2018 yılları Litvanya	Yapılan çalışmada Litvanya özelinde CO2 emisyonları ile ekonomik büyüme arasında ters U-şeklinde bir ilişki olduğu ortaya konmuştur.
24	(Anser, Yousaf, Nassani, Abro, ve Zaman, 2020)	1995-2015 dönemi için Yedi (G-7) Grubu'ndan oluşan panel analizi	Yapılan çalışma CO2 emisyonları ile ekonomik büyüme (EG) arasındaki ters U-şekilli EKC ilişkisini 30,900 ABD \$ 'lık dönüm noktası ile doğrulamaktadır.

3.3. Türkiye İçin Yapılan Çalışmalar

Çevresel Kuznets ile ilgili yapılan ve yukarıda bilgisi verilen ilk çalışmalarda Türkiye’de araştırma yapılan ülkeler kapsamında yer almaktadır. Bunlar çalışmalara örnek olarak (Panayotou, 1993); (Selden ve Song, 1994); (Holtz-Eakin

ve Selden, 1992) verilebilir. (Selden ve Song, 1994) tarafından yapılan değerlendirmede Türkiye'nin de aralarında bulunduğu bazı ülkelerin yetersiz veri sağlamakla birlikte en az bir çevre kirleticisine ait veri sağladığı belirtilmektedir.

Türkiye özelinde veya Türkiye'yi içeren önemli çalışmalar aşağıda özet literatür tablosu olarak verilmiştir.

SN	Yazar ve Yıl	Kapsam	Sonuç
1	(Suri ve Chapman, 1996)	1970-85; 1990/1992 yılları ve 33 ülke (Türkiye dahil)	Yapılan çalışmada kişi başına enerji tüketimi durumunda, Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezi dönüm noktasına henüz hiçbir ülke ulaşmamıştır. Bununla birlikte, gelişmiş ülkelerde GSYH'deki yüzde artışla ilişkili enerji gereksinimlerindeki yüzde artış azalmaktadır, yani eğrinin düz kısmına ulaşmışlardır.
2	(Koop, 1998)	1970-1990 yılları ve 44 ülke (Türkiye dahil)	Yapılan çalışmada daha zengin ülkelerin karbondioksit emisyonlarında tasarruf sağlayacak şekilde teknik ilerleme sergilediğini, ancak daha yoksul ülkelerin göstermediğini ortaya koymuştur. Fakat bu çalışma aynı zamanda büyüme sürecinin daha fakir ülkeleri, daha zengin ülkeleri karakterize eden aynı kirliliği iyileştirici teknolojinin benimsenmesine doğru yönlendirdiğine dair bir göstergeye ulaşmamıştır.
3	(Gürlük ve Karaer, 2004)	1975-2000 yılları Türkiye	Yapılan çalışmada CO ₂ -GSYH (1995 sabit USD fiyatlarıyla) ilişkisinde ters-U tipli Kuznets eğrisi elde edilmiştir. 2000'li yılların başlarında CO ₂ emisyonlarında azalma tahmin edilmiş ve azalmanın başladığı andaki (Dönüm Noktası) kişi başı GSYH değeri 3,425 USD olarak tespit edilmiştir. SO ₂ -GSYH ilişkisinde ise N-tipli Kuznets eğrisi elde edilmiştir. GSYH-SO ₂ ye ilişkin eğrilerde üst dönüm noktası 1986, alt dönüm noktası da 1997 yıllarında gerçekleşmiştir. Üst dönüm noktasında kişi başı GSYH değeri 2,370 USD, alt dönüm noktasında ise 3,210 USD olarak tespit edilmiştir.
4	(Başar ve Temurlenk, 2007)	1950-2000 yılları Türkiye	Yapılan çalışmada Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi'nin Türkiye için geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Gelir ile katı yakıtların ve fueloil kullanımından dolayı ortaya çıkan CO ₂ miktarı arasında anlamlı herhangi bir ilişki elde edilememiştir.
5	(Akboşancı, Türüt-Aşık, ve Tunç, 2009)	Zaman serisi 1968-2003 yılları; panel veri 1992-2001 yılları ve Türkiye'nin 58 ili	Yapılan çalışmada zaman serisi analizine göre uzun vadede CO ₂ ile gelir arasında monoton olarak artan bir ilişki bulunmuştur. Öte yandan, panel veri analizi SO ₂ ve PM ₁₀ emisyonları için N-şekil ilişkisi bulunmuştur. Çevresel Kuznets Eğrisi ters-U şeklinde değildir.
6	(Gündüz, 2014)	1960-2008 yılları ve 18 OECD ülkesi (Türkiye Dahil)	Çevre kirliliği ile ekonomik büyüme arasında ilişki olduğu görüldüğünden uzun dönemde söz konusu hipotezin geçerli olduğu sonucuna varılmıştır.
7	(Bölük ve Mert, 2015)	1961-2010 yılları Türkiye	Yapılan çalışmada yenilenebilir elektrik üretiminin bir yıllık gecikmeyle çevresel iyileştirmeye katkıda bulunacağı anlamına geldiği ayrıca kişi başına düşen sera gazı ile gelir arasında U şeklinde (EKC) bir ilişki olduğu ortaya konulmuştur.
8	(Özkan & Karakaş, 2018)	1990-2014 yılları 25 OECD ülkesi (Türkiye Dahil)	Yapılan testler sonucunda söz konusu ülkelerde Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) yaklaşımının geçerli olduğu sonucuna varılmıştır.

SN	Yazar ve Yıl	Kapsam	Sonuç
9	(Pata, 2019)	1969- 2017 yılları Türkiye	Yapılan çalışmada kişi başına karbondioksit (CO2) emisyonları, kişi başına gerçek gelir ile bir yapısal kırılma durumunda ticaret açıklığı arasında uzun vadeli bir ilişki olduğu ortaya konulmuştur. Ters U-şekilli EKC hipotezi ile ilgili olarak ise Türkiye'nin henüz kirliliği azaltmak için gereken gelir düzeyine ulaşamadığı tespit edilmiştir.
10	Karimov (2020) (Karimov, 2020)	1970-2014 yılları Türkiye	Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinin Türkiye ekonomisi için geçerli olmadığı belirtilmiştir.
11	(Özdemir ve Koç, 2020)	1960-2017 yılları Türkiye	Yapılan çalışmada kişi başına CO2 emisyonları ile kişi başına gelir arasında N-şeklinde kübik polinomial ilişki tespit edilmiştir
12	(Sharif, Baris-Tuzemen, Uzuner, Ozturk, ve Sinha, 2020)	1965- 2017 yılları Türkiye	Quantile Otoresif Gecikmeli yaklaşımı (QARDL) ile Türkiye için EKC hipotezi doğrulanmıştır.

4. Ekonometrik model

Bu çalışmada ekonomik büyüme ve çevre ilişkisine yönelik ampirik uygulama, Çevresel Kuznets Eğrisinin [Environmental Kuznets Curve (EKC)] 1965-2021 dönemi için Türkiye'de geçerliliğini sınamaya yönelik olacaktır. Çalışmada kullanılacak model log-linear denklem olarak aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

$$CO2_t = \beta_0 + \beta_1 IHR_t + \beta_2 SRM_t + \beta_3 TRM_t + \beta_4 GDP_t + \beta_5 GDP_t^2 + \varepsilon_t \quad (1)$$

Bu denklemde β_0 sabit değeri; $CO2_t$ Türkiye ölçeğinde CO2 Emisyon hacmini; IHR_t Türkiye ürün ihracat hacmini; SRM_t Türkiye brüt sermaye oluşumunu; TRM_t Türkiye tarım, orman ve balıkçılık katma değer oluşumunu; GDP_t Gayri Safi Yurt İçi Hasıla tutarını (US\$); GDP_t^2 Gayri Safi Yurt İçi Hasıla'nın karesini, ε_t ise regresyon hata terimini ifade etmektedir. β_1 - β_5 ise bağımsız değişkenlerin katsayılarını ifade etmektedir. Denklemdaki değişkenler logaritmik formda değerlendirilmeye alınmıştır. Değişkenlere ilişkin diğer bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1: Değişkenler ve tanımları.

Değişken	Tanım	Kaynak
$CO2_t$	CO2 Emisyon hacmi	BP Statistical Review of World Energy
IHR_t	Ürün İhracatı (US\$)	Dünya Bankası Veri Tabanı
SRM_t	Brüt Sermaye Oluşumu (US\$)	Dünya Bankası Veri Tabanı
TRM_t	Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık, Katma Değer (US\$)	Dünya Bankası Veri Tabanı
GDP_t	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (US\$)	Dünya Bankası Veri Tabanı, TUIK
GDP_t^2	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla'nın karesi	Dünya Bankası Veri Tabanı, TUIK
ε_t	Regresyon Hata Terimi	

Genel olarak değerlendirildiğinde EKC hipotezi altında ekonomik büyümenin ülke içerisindeki karbondioksit hacmini büyüteceği, ekonomik büyümeyle birlikte enerji sarfiyatlarının artması dolayısıyla ve aynı zamanda aralarında ilişki bulunacağı bu nedenle de β_1 , β_2 ve β_4 katsayılarının pozitif, β_3 ve β_5 katsayılarından bazılarının ise negatif olacağı beklenmektedir.

5. Ampirik bulgular

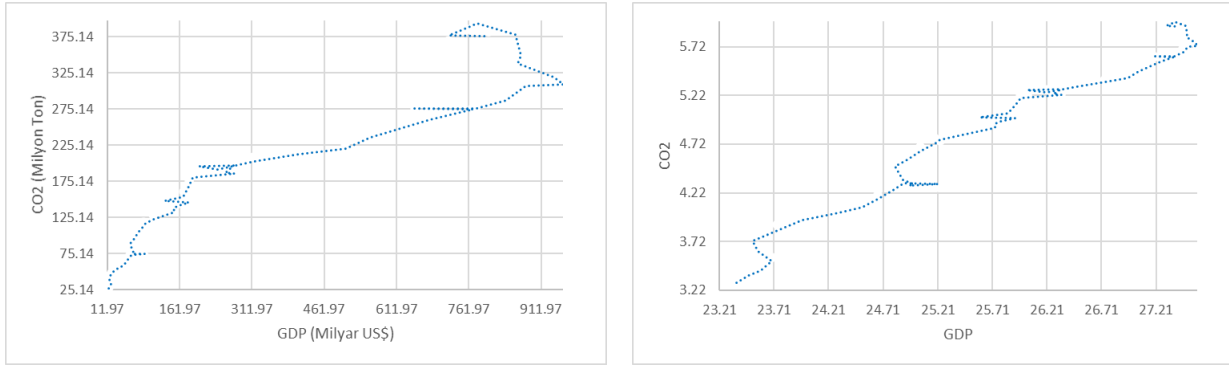
5.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Aşağıdaki tabloda değişkenlerin bazı tanımlayıcı istatistiklerini gösterilmektedir.

Tablo 2: Döneme ilişkin değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri (1965-2021).

	Ortalama	Ortanca Değer	Maksimum	Minimum	Standart Hata
CO2	4,884696	4,990332	5,984372	3,224441	0,785632
IHR	9,567303	9,638415	12,105330	6,291569	1,927450
SRM	10,374280	10,518400	12,555640	7,211967	1,613622
TRM	10,049510	10,105760	11,151560	8,616536	0,727148
GDP	25,735720	25,788760	27,587890	23,205480	1,357579
GDP_2	664,137900	665,060300	761,091500	538,494200	69,530030

Analize başlamadan önce, Kişi Başına GSYH ve CO₂ arasındaki dağılım grafiği kısmen bu ilişki hakkında bir fikir verebilir. Aşağıdaki şekilde (Şekil 5) soldaki grafikte GSYH milyar ABD doları cinsinden ve CO₂ hacmi milyon ton olarak gösterilmekte iken sağdaki grafikte ise analizlerde kullanılan şekliyle logaritmik değerler olarak gösterilmiştir.

Şekil 5: CO₂ Emisyon hacmi ve GSYH dağılım grafiği.

Değişkenler arasındaki analizlere geçmeden önce analize konu verilerin durağan olup olmadıklarını belirlemek ve sahte regresyon problemlerinden kaçınabilmek için genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) birim kök sınamalarından yararlanılmış ve sonuçlar aşağıdaki Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3: Değişkenlerin birim kök testleri (ADF)

Değişkenler			t-İstatistik	1%	5%	10%	Prob.*
CO2	1nci Fark	Sabit	-7,274845	-3,555023	-2,915522	-2,595565	0,000
IHR	1nci Fark	Sabit	-7,176897	-3,555023	-2,915522	-2,595565	0,000
SRM	1nci Fark	Sabit	-8,51776	-3,555023	-2,915522	-2,595565	0,000
TRM	1nci Fark	Sabit	-7,61917	-3,555023	-2,915522	-2,595565	0,000
GDP	1nci Fark	Sabit	-7,053882	-3,555023	-2,915522	-2,595565	0,000
GDP_2	1nci Fark	Sabit	-7,135159	-3,555023	-2,915522	-2,595565	0,000

Tüm serilere ilişkin birim kök testi sonuçları; %1 anlamlılık düzeyinde durağan olmayan serilerin birinci farklarında durağan hale geldiğini göstermiştir.

ADF birim kök testi bulgularına göre; tüm serilerin düzeyde birim kök içerdiği, ancak birinci farklarında söz konusu serilerin durağan I(1) hale geldiği görülmüştür. Serilerin aynı dereceden durağan olmaları, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğuna dair ipucu verse de; bunun için eşbütümlenme testi ile söz konusu ilişki sınanmıştır.

Değişkenlerin aynı dereceden bütünlük olmaları her zaman uzun dönemde birlikte hareket ettikleri (koentegre) anlamına gelmemektedir. Uzun dönemde birlikte hareket etmedikleri eşbütümlenme testleri ile belirlenmektedir. O halde bu aşamada koentegrasyon analizi ile eşbütümlenme değerlendirilecektir.

5.2. Eşbütünlüme analizi

Bu aşamada kurulacak VAR modeli için öncelikle gecikme uzunluğu tespit edilecek sonrasında ise eşbütünlüme testi yapılacaktır.

5.2.1. Gecikme uzunluğunun tespiti

VAR modellerindeki en önemli sorunlardan birisi gecikme uzunluğunun belirlenmesidir. Uygun gecikme uzunluğunu belirlemek için LR (Ardışık modifiye edilmiş LR test istatistiği), FPE (Son Tahmin Hata Kriteri), AIC (Akaike Bilgi Kriteri), SC (Schwarz Bilgi Kriteri) ve HQ (Hannan-Quin Bilgi Kriteri) gibi kriterler kullanılmıştır. Aşağıda yer alan Tablo 4'te uygun gecikme uzunluğu seçimine yönelik sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 4: Uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi.

VAR gecikme uzunluğu seçim kriterleri
Değişkenler: CO2 IHR SRM TRM GDP GDP_2
Örneklem Aralığı: 1965 2021
Included observations: 53

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-39,9492	NA	2,28E-07	1,733933	1,956985	1,819708
1	283,4976	561,4548	4,48e-12*	-9,11312	-7,551753*	-8,512691*
2	308,375	37,55088	7,18E-12	-8,6934	-5,79372	-7,578322
3	339,894	40,43941	9,77E-12	-8,5243	-4,28632	-6,894576
4	398,8779	62,32264*	5,47E-12	-9,391619*	-3,81532	-7,247244

* İşareti ilgili gecikme uzunluğunun uygun olduğunu göstermektedir.

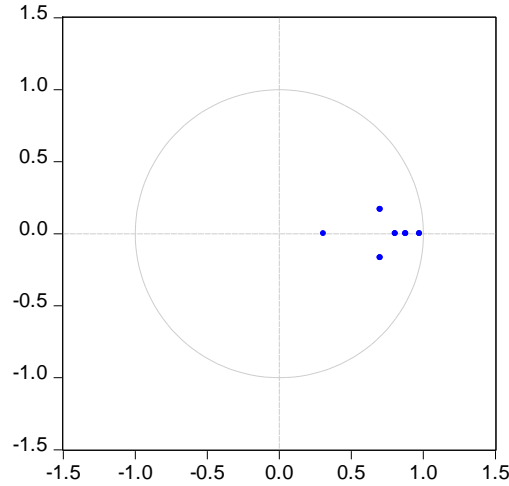
Sonuçlar incelendiğinde FPE, AIC, SC ve HQ kriterleri 1 (bir) gecikmenin uygun olduğunu göstermektedir. Bundan sonraki analizlerde en uygun gecikme süresi 1 olarak alınacaktır. Uygun gecikmenin belirlenmesinden sonra, bu gecikme uzunluğu kullanılarak tahmin edilen VAR modeli ile önce eşbütünlüme analizlerinin yapılabilme durumuna bakılacak (istikrar koşulu, otokorelasyon ve değişen varyans testleri) ve daha sonra uygun ise eşbütünlüme testi yapılacaktır.

5.2.2. Tanısal Sınama Testleri (Residual Diagnostics)

Geçerli bir regresyon modelini uygulamak için veriler için çeşitli varsayımlar yerine getirilmelidir. Wonnacott ve Winacott (1981), doğrusallık, normallik ve bağımsızlık varsayımlarının desteklenmesi durumunda, X'in sabit değerleri gibi ek varsayımların sorunlu olmadığını ileri sürmüştür (Wonnacott ve Wonnacott, 1981). Bu aşamada istikrar koşulu, otokorelasyon ve değişen varyans testleri yapılacaktır.

5.2.2.1 İstikrar Koşulu

VAR modellerinde EKK metodunun uygulanabilmesi için istikrar koşulunun sağlanabilmesi oldukça önemlidir. İstikrar koşulunun yerine gelmesi için ters köklerin birim çember içerisinde yer alması gerekmektedir. Aşağıdaki şekilde görüleceği üzere gibi her iki ters kök de birim çemberin içerisindedir.

Şekil 6: AR Karakteristik polinomunun ters kökleri.

5.2.2.2 Değişen Varyans Testi

En küçük kareler yöntemi kullanılarak yapılan regresyon analizlerinin temel varsayımlarından olan sabit varyans varsayımı çok önemli bir husustur (Naval Bajpai, 2011). Genel bir kural olarak istatistiksel analiz sağlam bir zemine dayanacaksa hata teriminin varyansı, bağımsız değişken x 'in değerine bağlı olmamalıdır (Winston vd., 1997) diğer bir ifade ile bağımsız değişkenlerin birim değerleri değişirken bağımlı değişkenin birim değerlerine ait varyans sabit kalmalıdır (Gujarati, 2003). Bu varsayım sabit varyans (homoscedasticity) olarak adlandırılır. Bu varsayımın dışına çıkılması durumunda değişen varyans (heteroscedasticity) sorunu ortaya çıkmaktadır. Değişen varyansın varlığı, modelleme hatalarının hepsinin aynı varyansa sahip olduğunu kabul eden istatistiksel anlamlılık testlerini geçersiz kıldığından, regresyon analizi ve varyans analizinde önemli bir endişe kaynağıdır (Johnston, 1972). Değişen varyans sorunu olduğunda sorunu giderecek çözüm yöntemleri de mevcuttur.

Bu çalışmamızda değişen varyans analizleri yapılmış ve aşağıdaki tabloda görüleceği üzere değişen varyans sorununa rastlanmamıştır.

Tablo 5: Değişen varyans testi sonuçları (%5 güven aralığında).

Heteroskedasticity Test	Obs*R-squared	P Değeri	H ₀ Yokluk hipotezi (Sabit Varyans Varsayımı Geçerlidir)	
Breusch-Pagan-Godfrey	4,174347	0,5246	Kabul	Değişen Varyans Sorunu Yoktur.
Glejser	6,249838	0,2827	Kabul	Değişen Varyans Sorunu Yoktur.
White	15,70362	0,4738	Kabul	Değişen Varyans Sorunu Yoktur.

5.2.3. Eşbütünleşme testi

Eşbütünleşme testi sonuçları değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin olup olmadığı hakkında fikir sahibi olmamızı sağlamaktadır. Fakat burada dikkat edilmesi gereken husus bu uzun dönemli ilişkinin yönü hakkında bize bilgi vermemektedir. İktisat alanında değişkenler arasında ilişkinin yönünün belirlenebilmesi için değişkenlerin içsel ve dışsal olmak üzere sınıflandırılması gerekir (Bozkurt, 2007). Çalışmamızın bu aşamasında Johansen eşbütünleşme testi ile değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı analiz edilecektir.

Tablo 6: Johansen Eşbütünlük Testi.

Değişkenler: CO2 IHR SRM TRM GDP GDP_2											
Gecikme Uzunluğu (k=1)											
İz (Trace) İstatistiği						Maksimum Özdeğer İstatistiği					
H0	H1	Test İstatistiği	Kritik Değer (%)	Olasılık		H0	H1	Test İstatistiği	Kritik Değer (%)	Olasılık	
r=0	r≥1	100.427	95.7537	0.0229	*	r=0	r≥1	30,4761	40,0776	0,3932	
r≤1	r≥2	69.9513	69.8189	0.0488	*	r≤1	r≥2	22,0128	33,8769	0,6067	
r≤2	r≥3	47.9385	47.8561	0.0491	*	r≤2	r≥3	18,7516	27,5843	0,4339	
r≤3	r≥4	29.1869	29.7971	0.0587		r≤3	r≥4	14,6172	21,1316	0,3166	
r≤4	r≥5	14.5697	15.4947	0.0686		r≤4	r≥5	10,4588	14,2646	0,1835	
r≤5	r≥6	4.11089	3.84147	0.0426	*	r≤5	r≥6	4,11089	3,84147	0,0426	*

r, eşbütünlük vektör sayısını; ** ise %5 anlam düzeyinde sıfır hipotezinin reddedildiğini göstermektedir.

Yukarıdaki tabloda belirlenen gecikme uzunluğu (k=1) ile Johansen (1988) ve Johansen ve Juselius (1990) eşbütünlük testi sonuçları verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi %5 anlam düzeyinde serilerin iz (trace) testinde 4 adet eşbütünlük vektörünün, Maksimum özdeğer testinde ise 1 adet eşbütünlük vektörünün bulunduğu görülmektedir.

Bir diğer ifade ile Türkiye ölçeğinde CO2 Emisyon hacmi (CO_{2t}); Türkiye ürün ihracat hacmi (IHR_t); Türkiye brüt sermaye oluşumu (SRM_t); Türkiye tarım, orman ve balıkçılık katma değer oluşumu (TRM_t); Gayri Safi Yurt İçi Hasıla tutarı (GDP_t); Gayri Safi Yurt İçi Hasıla'nın karesi (GDP²_t) arasında herhangi bir eşbütünlük vektörün bulunmadığını ifade eden sıfır hipotezi, iz (trace) ve maksimum özdeğer testleri tarafından reddedilmiştir. Buna göre analize konu yıllar içerisinde değişkenlerin koentegre olduğunu yani uzun dönemde birlikte hareket ettikleri söylenebilir.

5.2.4. Otokorelasyon Testi ve Düzeltilmiş Regresyon Modeli

Hata terimindeki otokorelasyonu belirlemenin önemli yöntemlerinden birisi Durbin Watson testidir. Durbin Watson testinde d değeri hesaplanacaktır. Buna göre;

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}$$

formülü ile hesaplama yapılır (Draper ve Smith, 1998). Burada e_t, t=1, 2, ..., n için En Küçük Kareler (EKK) regresyonundan elde edilen t'nci kalıntı değerlerini göstermektedir. Eşitlikte hesaplanan d değeri d_L ve d_U şeklinde iki kritik cetvel değeri ile karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonucunda;

- 0 < d < d_L ise pozitif otokorelasyon vardır,
- d_L ≤ d ≤ d_U ise karar verilememektedir
- d_U < d < 4 - d_U ise otokorelasyon yoktur
- 4 - d_U ≤ d ≤ 4 - d_L ise karar verilememektedir
- 4 - d_L < d < 4 ise negatif otokorelasyon vardır.

Kurulan VAR modeli için Durbin Watson değeri sınanmış aşağıdaki değerlere ulaşılmıştır.

Tablo 7: Durbin-Watson İstatistiği (%5 önem düzeyinde).

	Değer	Min (d _u)	Max (4-d _u)
Durbin-Watson	0,718127	1.414	2.276
Prob(F-statistic)	0,0000		

Bu karşılaştırma sonucunda görüleceği üzere $0 < d < d_L$ ($0 < 0,718127 < 1,414$) olduğundan pozitif otokorelasyon vardır.

Modeldeki otokorelasyon sorununun düzeltilmesi için regresyon modelleri üzerinde Newey & West (1987) düzeltmesi ile standart hataların tekrar düzenlenmesi yoluna gidilmiştir. Buna göre düzeltilmiş regresyon modeli aşağıdaki tabloda (Tablo 8) sunulmuştur.

Tablo 8: Düzeltilmiş (Newey&West) Regresyon Modeli

CO2	IHR	SRM	TRM	GDP	GDP_2	C
1	0,114515	0,32241	-0,433732	2,069796	-0,035461	-24,91346*
	(0,059483)	(0,106805)	(0,146242)	(0,476251)	(0,009262)	
	[1,925185]	[3,018688]*	[-2,965851]*	[4,346021]*	[-3,828772]*	
Parantez içindeki değerler standart sapmaları, köşeli parantez içindekiler t istatistik değerlerini göstermektedir. * işareti %1 seviyesinde anlamlı olduğunu ve ** işareti %5 seviyesinde anlamlı olduğunu belirtmektedir.						

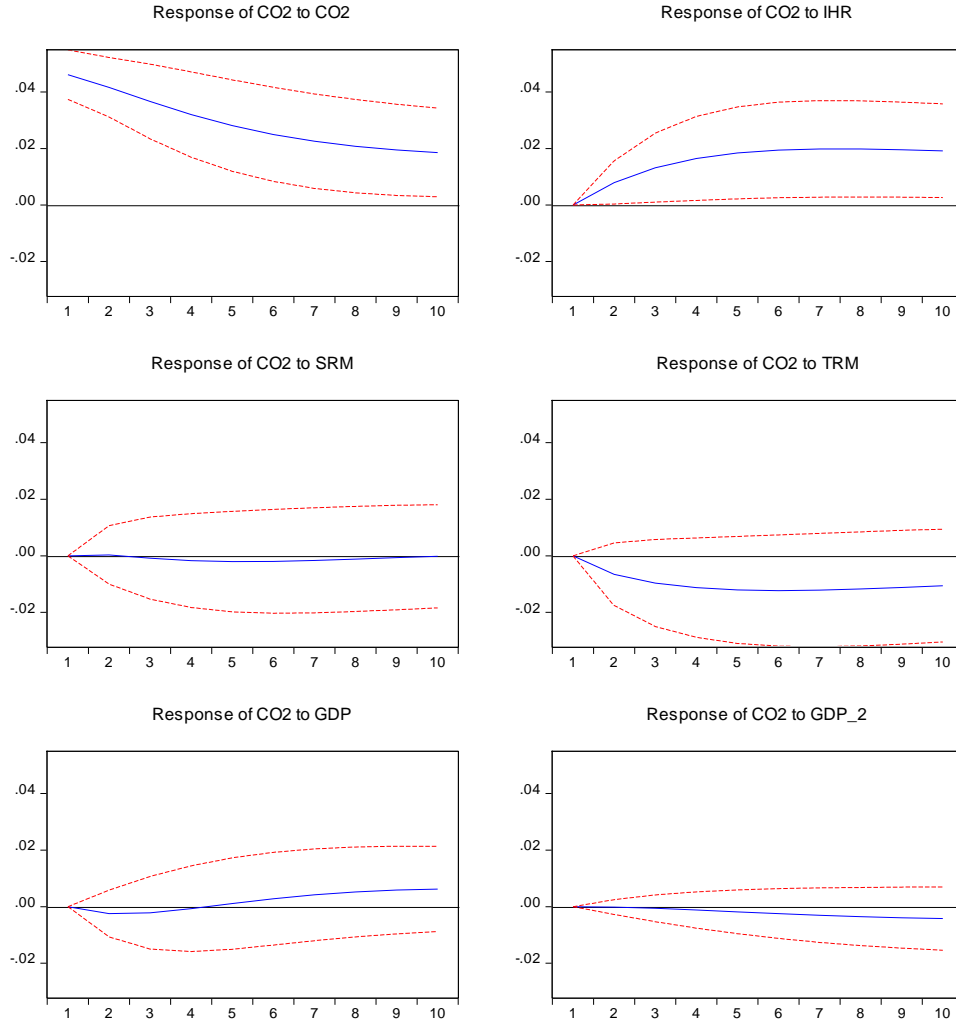
Yukarıdaki tabloda IHR değişkeni hariç ($p = 0,0598$) tüm değişkenlerin %1 seviyesinde anlamlı olduğu görülmektedir. Yukarıdaki tabloda CO2'ye göre düzeltilmiş regresyon modeli görülmektedir. Buna göre uzun dönem eşbütlenme denklemi şu şekilde gösterilebilir.

$$CO2 = (0,114515IHR + 0,32241SRM + 2,069796GDP - 0,433732TRM - 0,035461GDP_2) - 24,91346$$

5.3. Etki-Tepki Fonksiyonları

Değişkenlere verilen bir standart hatalık şok karşısında Karbondioksit emisyon hacminin (CO2) buna hangi yönde tepki verdiğini görebilmek amacıyla etki-tepki fonksiyonları kullanılmıştır. Sonuçlar Şekil 7'de gösterilmiştir.

Bu sonuçlara göre; IHR değişkenlerinde meydana gelecek artışa CO2'nin pozitif tepki verdiğini ve oluşan tepkilerin uzun süreli devam ettiği görülmektedir. SRM değişkeninde meydana gelecek artışa ise bir süre tepkisiz kalmakta sonra negatif tepkiye dönüşmekte ilerleyen dönemlerde ise yine negatif tepkinin azaldığı görülmektedir. TRM değişkeninde meydana gelecek artışa CO2'nin negatif tepki verdiği ve oluşan tepkinin uzun süreli devam ettiği görülmektedir. GDP2 değişkeninde meydana gelecek artışa ise nispeten daha düşük bir negatif tepki verdiğini ve negatif tepkinin uzun süre devam etmekle birlikte nispeten sınırlı kaldığı görülmektedir. GDP değişkeninde meydana gelecek artışa ise CO2'nin başlangıçta negatif tepki verdiği bir süre sonra tepkinin pozitif tepkiye dönüştüğü ve pozitif tepkinin büyüyerek devam ettiği görülmektedir.

Response to Cholesky One S.D. (d.f. adjusted) Innovations ± 2 S.E.

Şekil 7. Etki-Tepki Fonksiyonları

5.4. VAR Ayrıştırması

Karbondioksit emisyon hacmindeki (CO2) değişimin ne kadarının bağımsız değişkenlerden kaynaklandığını belirlemek üzere VAR Ayrıştırması yapılmış, ulaşılan bulgular Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. VAR Ayrıştırması Sonuçları

Periyot	S.E.	CO2	IHR	SRM	TRM	GDP	GDP_2
1	0,046130	100,000000	-	-	-	-	0
2	0,063048	97,181530	1,598149	0,002140	1,068081	0,149539	0,000564
3	0,074761	93,121700	4,250340	0,013734	2,416637	0,191098	0,006494
4	0,083765	88,765220	7,261892	0,052542	3,735665	0,159555	0,025125
5	0,091106	84,542100	10,236960	0,095645	4,914212	0,149260	0,061825
6	0,097325	80,669080	12,970830	0,125070	5,903140	0,213634	0,118244
7	0,102729	77,239240	15,380620	0,137085	6,691471	0,358770	0,192822
8	0,107511	74,270130	17,454220	0,136326	7,293933	0,563274	0,282122
9	0,111795	71,736660	19,215300	0,129313	7,738988	0,797669	0,382066
10	0,115672	69,593240	20,701720	0,121048	8,059283	1,035947	0,488759

VAR Ayrıştırması sonuçları; Karbondioksit emisyon hacmindeki (CO2) değişimin 10. döneminde yaklaşık %20,70'inin IHR; %0,12'sinin SRM; %8,06'sinin TRM; %1,04'ünün GDP ve %0,49'unun GDP_2 değişkeni tarafından açıklandığını göstermektedir.

6. Değerlendirme ve Sonuç

Kuznets (1955) tarafından yapılan çalışmada ekonomik büyüme ve gelir dağılımı (gelir eşitsizliği) arasında ters-U şeklinde bir ilişkinin olduğu ileri sürülmüştür. Sonrasında yapılan çalışmalarda sanayileşmenin ve gelir artışının çevre üzerinde de benzer etkiler oluşturduğu ortaya konulmuştur. Buna göre sanayileşmenin ilk dönemlerinde artan üretimle birlikte çevresel kirlenmelerde de artış söz konusu olmaktadır. Bu çevresel kirlenme, sanayileşme ve dolayısıyla GSYH büyümesiyle birlikte artış göstermektedir. Bu artış devam ederken bir taraftan da ekonomik kalkınma göstergelerinde meydana gelen artışla sosyal bilinç ve kısıtlayıcı kurallar devreye girmekte ve bir noktadan sonra çevresel kirlenme göstergeleri azalma eğilimi göstermektedir. İşte bu gelişmeler Kuznets'in ters-U ilişkisine benzer bir grafik ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle bu oluşan eğriye çevresel Kuznets eğrisi adı verilmektedir.

Literatürde yapılan birçok çalışma ile çevresel Kuznets eğrisinin geçerliliği test edilmiş ve bu hipotezin geçerli olduğu sonucu birçok ülke açısından ortaya konulmuştur. Türkiye ölçeğinde de bu konuda çalışmalar yapılmış geçerli olduğunu ortaya koyan çalışmalar yanında geçerli olmadığını söyleyen çalışmalar da ortaya konulmuştur. Bu çalışmalarda elde edilen sonuçlarda farklı sonuçların ortaya konulması Türkiye açısından bu tür çalışmaların devam etmesi ve yıllar geçtikçe ortaya çıkan yeni verilerle hipotezin tekrar sınanmasını gerekli kılmaktadır. İşte bu çalışmamızda bu amaca hizmet vermek amacıyla hazırlanmıştır. Tarafımızdan yapılan ekonometrik analizde bugüne kadar yapılan çalışmalardan daha geniş bir zaman aralığı alınmış ve konu ile ilgili farklı değişkenlerle oluşturulan bir model ortaya konulmuştur.

Bu çalışmada literatürden hareketle IHR, SRM, TRM, GDP ve GDP_2 değişkenlerinin CO2 üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çerçevede; değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket ettikleri bulgusuna ulaşılmıştır. Düzeltilmiş regresyon modelinde SRM, TRM, GDP ve GDP_2 değişkenlerinin istatistiksel olarak (%1 seviyesinde) anlamlı olduğu IHR değişkeninin ise ($p= 0.0598$) değeri ile %5 seviyesinin üzerinde anlamlılık değerine sahip olduğu görülmüştür. Dolayısıyla kurulan model doğrultusunda ilgili değişkenlerin CO2 değişkeni üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Etki-tepki fonksiyonları IHR değişkenlerinde meydana gelecek artışa CO2'nin pozitif tepki verdiğini ve oluşan tepkilerin uzun süreli devam ettiği göstermiştir. SRM değişkeninde meydana gelecek artışa ise CO2'nin bir süre tepkisiz kaldığı sonra negatif tepkiye dönüştüğü ilerleyen dönemlerde ise negatif tepkinin azaldığı görülmüştür. TRM değişkeninde meydana gelecek artışa CO2'nin negatif tepki verdiğini ve oluşan tepkinin uzun süreli devam ettiği görülmüştür. GDP2 değişkeninde meydana gelecek artışa ise CO2'nin nispeten daha düşük bir negatif tepki verdiğini ve negatif tepkinin uzun süre devam etmekle birlikte nispeten sınırlı kaldığı görülmektedir. GDP değişkeninde meydana gelecek artışa ise CO2'nin başlangıçta negatif tepki verdiğini bir süre sonra tepkinin pozitif tepkiye dönüştüğü ve pozitif tepkinin büyüyerek devam ettiği görülmüştür. GDP'nin CO2 üzerindeki etkisi başlangıçta U şeklinde grafik çizerken daha sonra tepki büyüyerek devam etmiş ve uzun vadede Kuznets (1955) teorisine uygun şekilde ters U çizecek şekilde bir harekete dönüşeceği düşünülmektedir. Tam ters U şeklini almaması Türkiye'de ekonomik büyüme ve kalkınma seviyesinin tam olarak istenilen seviyede gerçekleşmemesinden kaynaklandığı düşünülebilir. Daha sonra yapılacak çalışmalarda tam olarak ters U oluşumunun gözlemlenebileceği düşünülmektedir.

VAR Ayrıştırması sonuçlarında ise; Karbondioksit emisyon hacmindeki (CO2) değişimin 10. döneminde yaklaşık %20,70'inin IHR; %0,12'sinin SRM; %8,06'sinin TRM; %1,04'ünün GDP ve %0,49'unun GDP_2 değişkeni tarafından açıklandığını görülmüştür.

Literatürde pek çok ülke açısından Kuznets (1955) teorisine uygun şekilde ters U çizecek şekilde bir hareketin varlığı gösterilmiş olmakla birlikte Türkiye açısından bu ilişki net olarak ortaya konulamamıştır. Literatürdeki bazı çalışmalar Kuznets Eğrisi'nin Türkiye için geçerli olmadığı sonucuna varırken bazı çalışmalar uzun vadede CO2 ile gelir arasında bir ilişkinin varlığını ortaya koymuştur. Son dönemde yapılan bazı çalışmalarda ise Ters U-şekilli EKC hipotezi ile ilgili olarak Türkiye'nin henüz kirliliği azaltmak için gereken gelir düzeyine ulaşamadığı ortaya konulmuştur. Çok az sayıda çalışmada ise ters U-şekilli Kuznets (1955) teorisi Türkiye açısından geçerli kabul edilmiştir. Ekonomik kalkınma aşamasının henüz tamamlanmadığı Türkiye açısından bu hipotezin güncel verilerle tekrar sınanarak literatürde konunun netleşmesi önem arz etmektedir. İşte bu çalışma bu amaca hizmet amacıyla hazırlanmıştır. Yapılan analiz sonucunda Kuznets (1955) teorisine uygun şekilde ters U teorisinin Türkiye açısından halen tam olarak gerçekleşmediği fakat uzun vadede Kuznets teorisine uygun şekilde ters U çizecek şekilde bir harekete dönüşeceği düşünülmektedir. Tam ters U şeklini almamasının sebebi olarak Türkiye'de ekonomik büyüme ve kalkınma seviyesinin tam olarak istenilen seviyede gerçekleşmemesinden kaynaklandığı düşünülebilir. Daha sonra yapılacak çalışmalarda tam olarak ters U oluşumunun gözlemlenebileceği düşünülmektedir. Daha sonraki yıllarda konuya ilgi duyan araştırmacılarca ilgili konu güncel verilerle tekrarlanarak teorisinin Türkiye açısından geçerliliği tekrar gözden geçirilmesi önerimizdir.

Kaynakça

- AGRAS, Jean and CHAPMAN, Duane; (1999), "A dynamic approach to the Environmental Kuznets Curve hypothesis". *Ecological Economics*, 28(2), pp. 267-277.
- AKBOSTANCI, Elif, TÜRÜT-AŞIK, Serap and TUNÇ, G. İpek; (2009), "The relationship between income and environment in Turkey: is there an environmental Kuznets curve?". *Energy policy*, 37(3), pp. 861-867.
- ANSER, Muhammad Khalid, YOUSAF, Zahid, NASSANI, Abdelmohsen A., ABRO, Muhammad Moinuddin Qazi and ZAMAN, Khalid; (2020), "International tourism, social distribution, and environmental Kuznets curve: evidence from a panel of G-7 countries". *Environmental Science and Pollution Research*, 27(3), pp. 2707-2720.
- BAJPAI, Naval; (2011), *Business Research Methods*. <https://books.google.com.tr/books?id=wY2bSaEm8l8C>
- BARRETT, Scott and GRADDY, Kathryn; (2000), "Freedom, growth, and the environment". *Environment and development economics*, pp. 433-456.
- BAŞAR, Selim ve TEMURLENK, M. Sinan; (2007), "Çevreye Uyarlanmış Kuznets eğrisi: Türkiye üzerine bir uygulama". *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1), ss. 1-12.
- BOZKURT, Hilal; (2007), *Zaman Serileri Analizi*. Ekin yayınları.
- BÖLÜK, Gülden and MERT, Mehmet; (2015), "The renewable energy, growth and environmental Kuznets curve in Turkey: an ARDL approach". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, pp. 587-595.
- COLE, Matthew A.; (2004), "Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages". *Ecological economics*, 48(1), pp. 71-81.
- DE BRUYN, Sander M., VAN DEN BERGH, JCM and OPSCHOOR, Johannes Baptist; (1996), *Economic growth and patterns of emissions-reconsidering the empirical basis of environmental Kuznet Curves*.
- DE BRUYN, Sander M., VAN DEN BERGH, Jeroen CJM and OPSCHOOR, Johannes B.; (1998), "Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves". *Ecological Economics*, 25(2), pp. 161-175.
- DESTEK, Mehmet Akif and SARKODIE, Samuel Asumadu; (2019), "Investigation of environmental Kuznets curve for ecological footprint: the role of energy and financial development". *Science of the Total Environment*, 650, pp. 2483-2489.
- DIJKGRAAF, Elbert and VOLLEBERGH, Herman RJ; (1998), *Environmental Kuznets revisited. Time-series versus panel estimation. The CO2-case*. Research Centre for Economic Policy OCfEB.
- DINDA, Soumyananda, COONDOO, Dipankor and PAL, Manoranjan; (2000), "Air quality and economic growth: an empirical study". *Ecological Economics*, 34(3), pp. 409-423.
- DRAPER, Norman R. and SMITH, Harry; (1998), *Applied regression analysis* (C. 326). John Wiley & Sons.
- FARHANI, Sahbi, MRIZAK, Sana, CHAIBI, Anissa and RAULT, Christophe; (2014), "The environmental Kuznets curve and sustainability: A panel data analysis". *Energy Policy*, 71, pp. 189-198.
- GALEOTTI, Marzio, LANZA, Alessandro and PAULI, Francesco; (2006), "Reassessing the environmental Kuznets curve for CO2 emissions: A robustness exercise". *Ecological economics*, 57(1), pp. 152-163.
- GROOT, Henri LFM, WITHAGEN, Cees A. and MINLIANG, Zhou; (2001), *Dynamics of China's regional development and pollution*. Tinbergen Institute Discussion Paper.
- GROSSMAN, Gene M. and KRUEGER, Alan B.; (1991), *Environmental impacts of a North American free trade agreement* (Sy 0898-2937). National Bureau of economic research.
- GROSSMAN, Gene M. and KRUEGER, Alan B.; (1995), "Economic growth and the environment". *The quarterly journal of economics*, 110(2), pp. 353-377.
- GUJARATI, Damodar N.; (2003), "Basic Econometrics. Forth Edition". *Singapura: McGraw-Hill*.
- GÜNDÜZ, Halil İbrahim; (2014), "Çevre Kirliliği ile Gelir Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Panel Eşbütünleşme Analizi ve Hata Düzeltme Modeli". *Journal of Economics*, 110(2), ss. 353-377.

- GÜRLÜK, Serkan ve KARAER, Feza; (2004), "Türkiye’de Ekonomik Büyüme ile Çevre Kirliliği İlişkisinin İncelenmesi". *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 10(1 ve 2), 43-54.
- HOLTZ-EAKIN, Douglas and SELDEN, Thomas M.; (1992), *Stoking the fires? CO2 emissions and economic growth* (Sy 0898-2937), National Bureau of Economic Research.
- IBRD, Banque mondiale; (1992), *World development report 1992: development and the environment*. World Bank.
- JOHNSTON, John; (1972), *Econometric Methods*. New York: McGraw-Hill.
- KARIMOV, Mehman; (2020), "An Empirical Analysis of the Relationship among Foreign Direct Investment, Gross Domestic Product, CO2 Emissions, Renewable Energy Contribution in the context of the Environmental Kuznets Curve and Pollution Haven Hypothesis Regarding Turkey". *European Journal of Engineering and Formal Sciences*, 4(1), pp. 110-123.
- KAUFMANN, Robert K., DAVIDSDOTTIR, Brynhildur, GARNHAM, Sophie and PAULY, Peter; (1998), "The determinants of atmospheric SO2 concentrations: reconsidering the environmental Kuznets curve". *Ecological economics*, 25(2), pp. 209-220.
- KAZAK, Hasan, AŞAR, Bilge, ÇEKER, Orhan and OKKA, Osman; (2020), *Economic Development and Zakat* (1. bs). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- KOOP, Gary; (1998), "Carbon dioxide emissions and economic growth: A structural approach". *Journal of Applied Statistics*, 25(4), pp. 489-515.
- KUZNETS, Simon; (1955), "Economic growth and income inequality". *The American economic review*, 45(1), pp. 1-28.
- KUZNETS, Simon Smith; (1979), *Growth, population, and income distribution: Selected essays*. Norton.
- LIST, John A. and GALLET, Craig A.; (1999), "The environmental Kuznets curve: does one size fit all?". *Ecological economics*, 31(3), pp. 409-423.
- MEADOWS, Donella H., MEADOWS, Dennis L., RANDERS, Jorgen and BEHRENS, William W.; (1972), "The limits to growth". *New York*, 102(1972), 27.
- MOR, Surrender and JINDAL, Shivani; (2012), "Estimation of Environmental Kuznets Curve and Kyoto Parties: A Panel Data Analysis". *International Journal of Computational Engineering & Management*, 15(1), pp. 2230-7893.
- ÖZDEMİR, Bilge Kağan ve KOÇ, Kübra; (2020), "Türkiye’de Karbon Emisyonları, Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme". *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 11(1), ss. 66-86.
- Özkan, Gökçen ve Karakaş, Eray; (2018). ÇKE’nin 25 OECD Ülkesinde Panel Veri Analizi ile Test Edilmesi: 1990-2014 Yılları. *International Journal of Academic Value Studies (Javstudies)*, 4(20), 631-641.
- PANAYOTOU, Theodore; (1993), *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development*. International Labour Organization.
- PANAYOTOU, Theodore; (1997), "Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool". *Environment and development economics*, pp. 465-484.
- PATA, Ugur Korkut; (2019), "Environmental Kuznets curve and trade openness in Turkey: bootstrap ARDL approach with a structural break". *Environmental Science and Pollution Research*, 26(20), pp. 20264-20276.
- RAHMAN, Habib-ur, GHAZALI, Ahmad, BHATTI, Ghulam Ali and KHAN, Safdar Ullah; (2020), "Role of Economic Growth, Financial Development, Trade, Energy and FDI in Environmental Kuznets Curve for Lithuania: Evidence from ARDL Bounds Testing Approach". *Engineering Economics*, 31(1), pp. 39-49.
- ROBERTS, J. Timmons and GRIMES, Peter E.; (1997), "Carbon intensity and economic development 1962–1991: a brief exploration of the environmental Kuznets curve". *World development*, 25(2), pp. 191-198.
- SELDEN, Thomas M. and SONG, Daqing; (1994), "Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?". *Journal of Environmental Economics and management*, 27(2), pp. 147-162.
- SEN, Suphi and MELENBERG, Bertrand; (2011), "The environmental Kuznets Curve: A Panel Data Analysis". *Tilburg University*.

- SHAFIK, Nemat and BANDYOPADHYAY, Sushenjit; (1992), *Economic growth and environmental quality: time-series and cross-country evidence* (C. 904), World Bank Publications.
- SHARIF, Arshian, BARIS-TUZEMEN, Ozge, UZUNER, Gizem, OZTURK, Ilhan and SINHA, Avik; (2020), "Revisiting the role of renewable and non-renewable energy consumption on Turkey's ecological footprint: Evidence from Quantile ARDL approach". *Sustainable Cities and Society*, 102138.
- SHI, Jianping; (2004), *Tests of the EKC Hypothesis using CO2 Panel Data*.
- STERN, David I. and COMMON, Michael S.; (2001), "Is there an environmental Kuznets curve for sulfur?". *Journal of Environmental Economics and Management*, 41(2), pp. 162-178.
- STERN, David I., COMMON, Michael S. and BARBIER, Edward B.; (1996), "Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets curve and sustainable development". *World development*, 24(7), pp. 1151-1160.
- SURI, Vivek and CHAPMAN, Duane; (1996), "Economic growth, trade and the environment: an econometric evaluation of the environmental Kuznets curve".
- TORRAS, Mariano and BOYCE, James K.; (1998), "Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve". *Ecological economics*, 25(2), pp. 147-160.
- TURNER, Graham M.; (2008), "A comparison of The Limits to Growth with 30 years of reality". *Global environmental change*, 18(3), pp. 397-411.
- WANG, Yuan, HAN, Rong and KUBOTA, Jumpei; (2016), "Is there an environmental Kuznets curve for SO2 emissions? A semi-parametric panel data analysis for China". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, pp. 1182-1188.
- WINSTON, W. L., ALBRIGHT, S. C. and BROADIE, M. N.; (1997), *Practical Management Science: Spreadsheet Modeling and Applications*. <https://books.google.com.tr/books?id=i3JRAAAAMAAJ>
- WONNACOTT, Thomas H. and WONNACOTT, Ronald J.; (1981), *Regression: A second course in statistics*. Wiley New York.
- ZAMBRANO-MONSERRATE, Manuel A., CARVAJAL-LARA, Christopher and URGILES-SANCHEZ, Roberto; (2018), "Is there an inverted U-shaped curve? Empirical analysis of the Environmental Kuznets Curve in Singapore". *Asia-Pacific Journal of Accounting & Economics*, 25(1-2), pp. 145-162.