

Türkiye’de Karbon Histeri Hipotezi Geçerli midir?: Fourier Birim Kök Testlerinden Kanıtlar¹

Carbon Hysteresis Hypothesis is Valid in Turkey?: Evidence from Fourier Unit Root Tests

Abdullah Emre ÇAĞLAR², Mehmet MERT³

Öz

Bu çalışmanın amacı Türkiye’de karbon histeri hipotezinin geçerli olup olmadığını araştırmaktır. Bu çalışma ile en çok emisyon yayan ülkelerden biri olan Türkiye’de çevresel kalitenin artırılması hedeflenmektedir. Karbon histerisinin varlığı için CO₂ emisyonları serisinin birim kök özellikleri öncelikle Fourier temelli ADF ve LM testleri ile araştırılmaktadır. Fourier temelli testlerden elde edilen sonuçlar, CO₂ emisyonları modellenirken trigonometrik terimlerin anlamsız olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla sıradan ADF birim kök test sonuçları CO₂ emisyonları için güvenilir değildir. Fakat Fourier ADF ve LM testleri frekans sayılarının tam sayı olmasını gerektirmektedir. Sonuçların güvenilirliğini arttırmak için frekans sayılarının kesikli olmasına izin veren ve Omay (2015) tarafından geliştirilen FFFFF-ADF testi ile de CO₂ emisyonları serisinin durağanlığı incelenmektedir. FFFFF-ADF birim kök testi CO₂ emisyonlarının birim kök içerdiğini göstermektedir ve bu sonuçlar Türkiye’de karbon histeri hipotezinin geçerli olduğuna dair kanıtlar sunmaktadır. Ardından histerinin yönü için ardışık Bai-Perron yaklaşımından yararlanılarak örneklem dönemi rejimlere ayrılmış ve bütün rejimlerde pozitif karbon histerisinin geçerli olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, bu çalışma Türkiye’nin karbon azaltım hedefleri için önemli çevre politikaları sunmaktadır.

Jel Kodları: C51, F64, Q56

Anahtar Kelimeler: Karbon Histeri Hipotezi, Pozitif Histeri, Negatif Histeri, Fourier ADF birim kök, Fourier LM birim kök

¹ Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi’nin Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı’nda ve Prof. Dr. Mehmet Mert danışmanlığında yazar tarafından hazırlanmış olan “Çevresel Bozulmaların Bir Göstergesi Olarak Karbon Emisyonlarının Durağanlığı: Karbon Histeri Hipotezi” başlıklı doktora tezinden (Tez No: 695279) üretilmiştir.

² Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi İstatistik Bölümü, aecaglar@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4723-4499

³ Prof. Dr., Akdeniz Üniversitesi, İİBF Ekonometri Bölümü, mmert@akdeniz.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1406-4075

Abstract

The aim of this study is to investigate whether the carbon hysteresis hypothesis is valid in Turkey. With this study, it is aimed to improve the environmental quality in Turkey, which is one of the most emitter countries. For the presence of carbon hysteresis, the unit root properties of the CO₂ emissions series are primarily investigated by Fourier-based ADF and LM tests. The results from Fourier-based tests show that the trigonometric terms are insignificant in the model. Thus, ordinary ADF unit root test results are reliable for CO₂ emissions. However, Fourier ADF and LM tests require frequency numbers to be integers. In order to increase the reliability of the results, the stability of the CO₂ emissions series is examined with the FFFFF-ADF test, which allows for fractional frequency and was developed by Omay (2015). The results of the FFFFF-ADF unit root test indicate that the series of emissions has a unit root and this result provides evidence that the carbon hysteresis hypothesis is valid in Turkey. Then, using the sequential Bai-Perron approach for the determination of the direction of the hysteresis, the sample period has been divided into regimes and it has been seen that the positive carbon hysteresis has been valid in all regimes. In conclusion, this study presents important environmental policies for Turkey’s carbon reduction targets.

Jel Codes: C51, F64, Q56

Keywords: Carbon hysteresis hypothesis, Positive hysteresis, Negative hysteresis, Fourier ADF unit root, Fourier LM unit root

1. Giriş

İklim değişikliği, çağımızın en zorlu çevre sorunudur ve uluslararası kuruluşların, politika yapımcıların ve araştırmacıların dikkatini çekmektedir (Acheampong, 2018). İklim değişikliği, diğer şeylerin yanı sıra çevresel bozulmaya veya kültürel mirasın kaybına yol açabilecek zamanımızın ana kritik küresel zorluklarından biridir (Gandini vd., 2017). Fosil yakıtların yakılmasıyla açığa çıkan partiküler hava kirleticileri ve sera gazları dünyanın birçok bölgesinde insan ömrünü kısaltmaktadır. Çevresel bozulmanın bu etkileri temelde sağlık sorunlarıdır ve bütün insanlık için varoluşsal riskler oluştururlar. İnsanlığın sağlık sorunlarının yanı sıra çevresel kirlenmenin önemli bir sonucu da ekonomik kalkınmayı etkilemesidir. Karbon emisyonlarından kaynaklanan iklim değişikliği ile ilgili toplam maliyetin, her yıl GSYİH’de yaklaşık %5’lik bir azalmaya neden olduğu ve hatta acil önlem alınmazsa %20’lere kadar ulaşacağı tahmin edilmektedir (Stern, 2007). Birleşmiş Milletler Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC, 2018), iklim değişikliğinin en yıkıcı etkilerinden kaçınmak için küresel sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar yarıya ve 2040 yılına kadar tamamen azaltılması gerektiği ifade etmektedir. Yine de emisyonlar 2018’de rekor bir seviyeye ulaşmıştır (Solomon & LaRocque, 2019). IPCC (2013) ülkelerin sera gazı salımı hemen durdurulsa bile, sera gazlarının uzun süre atmosferde kaldığını bildirmiştir. Bu nedenle, emisyonları azaltmak için eyleme geçirilebilir planlar ve agresif azaltım önlemleri çok önemlidir.

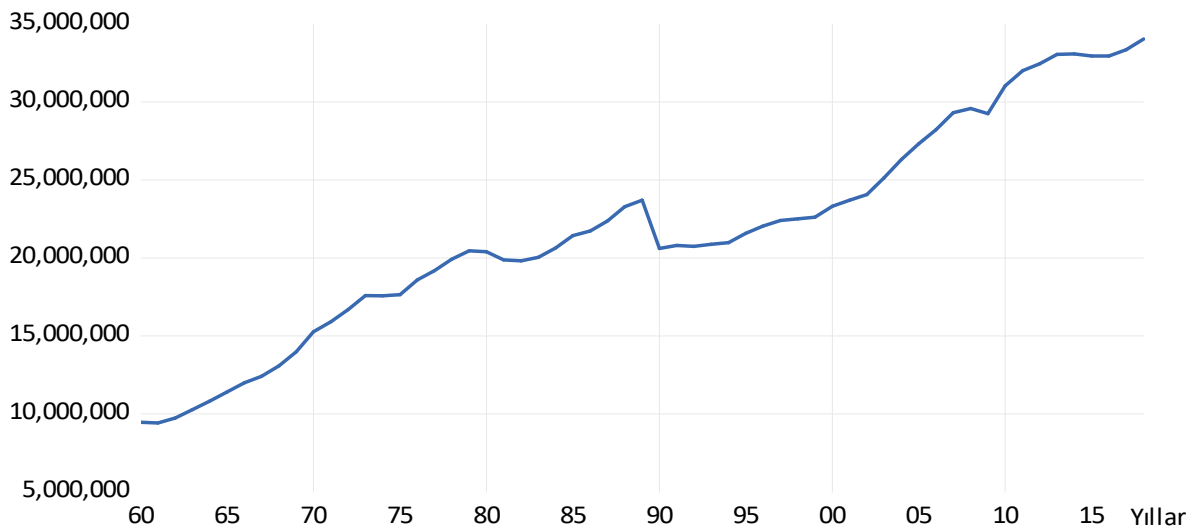
Çevre konusunda ülkelerin bir araya geldiği ilk konferans 1972 yılında Stockholm’de gerçekleştirilen BM İnsan Çevresi Konferansıdır. Bu konferansın sonunda BM İnsan Çevresi Bildirisi katılımcı ülkeler tarafından kabul edilmiştir. Ardından 1992 yılında, Rio de Janeiro’da BM Çevre ve Kalkınma Konferansı düzenlenmiştir. Rio konferansında ülkelerin çevreye duyarlı

olarak yönetilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Rio konferansından sonra 1997’de 100’den fazla ülke tarafından “Kyoto Protokolü” imzalanmıştır ve insanlığı küresel ısınma tehdidinden korumaya yönelik başlıca gelişmiş ülkeler için bir CO₂ azaltma hedefi planlanmıştır. 1997’de imzalanan protokol çeşitli sebeplerden dolayı 2005 yılında yürürlüğe girebilmiştir. 2015 yılında ise 195 ülkenin katılımıyla Paris Anlaşması imzalanmıştır. Paris Anlaşması, tüm ülkeleri, sanayi öncesi seviyelere kıyasla küresel ortalama sıcaklıktaki artışta yani 2°C’nin oldukça altında 1,5 °C’lerde tutmayı amaçlar (Vicedo-Cabrera vd., 2018). Son olarak 2021 yılında 26. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı Glasgow’da toplanmıştır. İklim değişikliğinin zararlı etkilerinin paylaşıldığı bu konferansta ülkelerin çevresel sorumluluklarını üstlenmesi gerektiği sonucu çıkmıştır. Bu konferansın sonunda ülkeler Glasgow İklim Paktını imzalayarak yeniden emisyonları azaltım hedefleri üstlenmişlerdir.

Ülkelerin bir araya gelerek üstlendikleri sorumluluklarını bir türlü yerine getiremediği görülmektedir. Grantham Araştırma Enstitüsünün 2018 yılı raporuna göre, Paris Anlaşmasına taraf olan ülkelerin 139’unun ulusal yasa ve politikalarında hala ekonomik olarak hedefleri bulunmamaktadır. Yani ülkeler emisyonları azaltım hedefleri ile ilgili olarak sürekli toplanmaktadır ama bilimsel veriler çevresel hasarların azalmadığını göstermektedir. Şekil 1’den de küresel emisyonların zaman içerisindeki sürekli bir artış içerisinde olduğu görülmektedir. IEA (2021) raporuna göre, 2021’de küresel enerjiyle ilgili CO₂ emisyonları 1,5 milyar ton artmıştır ve emisyonların bu kadar artması tarihin ikinci en büyük artışını göstermektedir. Emisyonların bütün çabalara rağmen bu denli artmasının sebebi nedir? Ülkeler her seferinde çeşitli sorumluluklar üstlenmelerine rağmen, küresel emisyonlarda günden güne artışlar gözlemlenmektedir. Çağlar (2021) ülke emisyonlarının bir patika bağımlılığında yani bir histeri etkisinde olabileceğini ifade etmektedir. Ülkeler bir histeri etkisindeyse, her ne kadar çabalasa da histerinin etkisinden kolay kolay kurtulamamaktadır. Bu durum Çağlar (2021) ve Çağlar & Mert (2022) çalışmalarında karbon histeri hipotezi (KHH) ile açıklanmaktadır.

Şekil 1: Bütün Ülkelerin Toplam CO₂ Emisyonları

CO₂ emisyonları (metrik ton)



Kaynak: Dünya Bankası (2022)



Çağlar, A. E. & Mert, M. (2022). Türkiye’de Karbon Histeri Hipotezi Geçerli midir?: Fourier Birim Kök Testlerinden Kanıtlar. *Fiscaoeconomia*, 6(3), 1587-1610. Doi: 10.25295/fsecon.1119030

Öncelikle CO₂ emisyonlarına odaklanmanın gerekliliği şunlardır: a) küresel iklim değişikliği sorununa katkıda bulunmak için araştırmacılar genellikle CO₂ emisyonlarına⁴ odaklanmaktadır. b) iklim değişikliğine neden olan gazlar incelendiğinde başlıca gazların %76’sı CO₂, %16’sı metan ve %6,2’si azot oksitten kaynaklandığı görülmektedir (IPCC, 2014). c) Kyoto protokolünde CO₂ emisyonlarının azaltılması yönünde kararlar alınması da karbon emisyonlarının çevresel bozulmaların bir göstergesi kabul edilmesinde rol oynamaktadır. Araştırmacılar karbon emisyonlarının modellenmesinde sıkça Çevresel Kuznets Hipotezi (ÇKH) ve karbon yakınsamasından yararlanmaktadır. Bu çalışmada araştırılan KHH; işsizlik histerisi, karbon yakınsaması ve ÇKH ile yakından ilişkilidir.

ÇKH gelir ile çevresel kirlenme arasında ters-U şeklinde bir ilişkinin olduğunu ifade eder (Grossman & Krueger, 1991). ÇKH geçerli ise, CO₂ emisyonları uzun dönemde dengeye gelmektedir (Erdogan & Acaravci, 2019). Böylece ülkelerin hangi gelir seviyesinde çevresel kalitenin artmaya başlayacağı tahmin edilebilir. ÇKH’ye göre, ülkeler sanayileşmenin ilk aşamasında çevresel farkındalığın olmaması ve hızlı büyüme isteği ile çevresel kirlenme pahasına ekonomik büyümeyi tercih ederler. Fakat gelir belli bir düzeye ulaştıktan sonra, bireylerin çevresel farkındalığın artmasından dolayı çevresel bozulmalar azalmaya başlar. Fakat çevre ekonomisi literatüründe ÇKH’ye yönelik ciddi eleştiriler mevcuttur. Bunlardan birincisi, ÇKH çalışmalarının ampirik bulguları, değişkenlerin spesifikasyonuna ve modelin fonksiyonel formuna çok duyarlıdır. İkincisi, ÇKH’yi araştıran çalışmalarda model yeterliliği ve dışlanmış değişken sapması sorunları bulunabilir (Gill vd., 2018). Müller-Fürstenberger & Wagner (2007) ve Aslanidis (2009), ÇKH çalışmalarının metodolojisini ve tahmin tekniklerini şiddetle eleştirmektedir.

Çevre ekonomisi literatüründeki CO₂ emisyonlarını modelleyen bir başka teori ise karbon yakınsamasıdır. Strazicich & List (2003) gelir yakınsaması temelinde karbon yakınsaması kavramını kullanmaktadır. Strazicich & List (2003)’e göre karbon yakınsaması ile ÇKH birbiriyle ilişkilidir. Bu teoriye göre, gelir Çevresel Kuznets Eğrisi’nin solunda⁵ yani denge gelirinin altındaysa ekonomik büyüme hızla artarken, çevresel kirlenmenin azalışı daha azdır. Tam tersi durumda ise, yani mevcut gelir ÇKE’nin sağında ise ekonomik büyümenin artış hızı çevresel kirlenmenin azalış hızından daha yavaş olacaktır. Bu teoriye göre ülkelerin duraganlık özellikleri stokastik yakınsama ile araştırılabilirken, β ve σ yakınsama teorileri ile regresyon denklemleri yardımıyla ülkelerin yakınsayıp yakınsamadığı araştırılabilir.

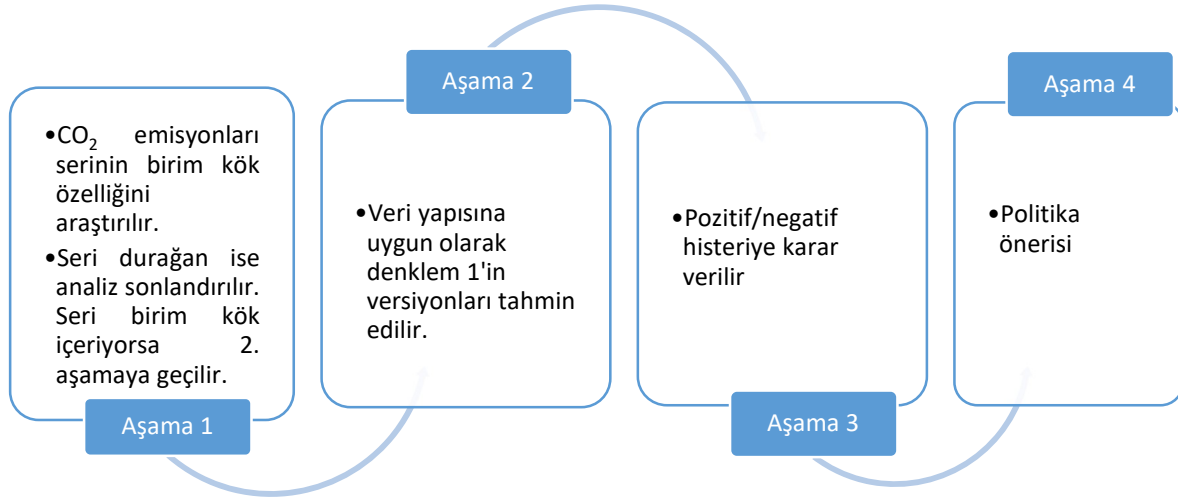
Ekonomi literatüründeki önemli kavramlardan biri de Friedman (1968) ve Phelps (1999) katkılarıyla gelişen işsizlikte doğal oran hipotezidir. Bu hipoteze göre bir ekonomideki işsizlik denge durumdan sapsa uzun dönemde ortalamaya dönme eğilimindedir. Yani işsizlik serisi rassal şoklara karşı dirençlidir. Doğal oran hipotezine karşı çıkan Blanchard & Summers (1986, 1987) işsizlikte histeri hipotezi kavramı geliştirilmiştir. Yani histeri hipotezi geçerliiyken, işsizlik serisi uzun dönemde ortalamaya dönme eğiliminde değildir ve ekonometrik olarak birim kök içermektedir.

⁴ Hiç şüphesiz çevresel bozulmaların bir göstergesi olarak ekolojik ayak izi, azot dioksit, PM10 vs. gibi değişkenlerin çevre ekonomisi literatüründe sıkça kullanılmaktadır.

⁵ Gelir ile çevresel bozulmalar arasında ters-U şeklinde ilişki geçerli olduğu varsaymaktadır.

İşsizlik histerisi hipotezi işsizlik oranlarının sürekli artan bir şekilde devam etmesinin işsizliğin eski denge düzeyine dönmesine engel olduğunu ifade etmektedir. Karbon histerisi hipotezi de sürekli ve artarak devam eden CO₂ emisyonlarının histeri etkisinde olabileceğini belirtir (Çağlar, 2021). Fosil yakıtlardan kaynaklanan küresel karbon emisyonları 1900’lü yıllardan beri önemli ölçüde artmıştır. 1970’ten bu yana CO₂ emisyonları yaklaşık %90 oranında artmıştır. Fosil yakıtların yanması ve endüstriyel süreçlerden kaynaklanan emisyonlar 1970’ten 2011’e kadar toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık %78’ine katkıda bulunmaktadır (IPCC, 2014). Karbon emisyonlarındaki sürekli artışlar 70’lerdeki sürekli artan işsizlik oranlarına benzemektedir. Dolayısıyla karbon emisyonları bir histeri etkisinde olabilir. Çağlar (2021) ve Çağlar & Mert (2022) histeri etkisini ekonometrik olarak şöyle açıklamaktadır: karbon emisyonları serisi birim kök içeriyorsa karbon histerisi hipotezi (KHH) geçerli olmaktadır. CO₂ emisyonları serisi eski denge düzeyinin üzerinde bir noktada dengeye geliyorsa pozitif karbon histerisi geçerliyken, denge düzeyinin aşağısında yeni denge sağlanıyorsa negatif karbon histerisi geçerlidir. CO₂ emisyonları durağan ise histeri etkisinden söz edilememektedir ve korumacı iklim politikaları geçerli olmamaktadır. Çünkü CO₂ emisyonları şoklara karşı dirençlidir ve şoklar karşısında eski denge düzeyine geri dönmektedir. Sonuç olarak KHH hipotezi birim kök testleri ile araştırılabilir. Bir ülke veya ülke grubunda KHH geçerli olup olmadığını sınamak için Şekil 2’den yararlanılabilir.

Şekil 2: Karbon Histerisi Hipotezinin Araştırılması



Kaynak: Çağlar (2021); Çağlar & Mert (2022).

Çağlar (2021) ve Çağlar & Mert (2022) çalışmalarına göre Şekil 2 şu şekilde açıklanmaktadır:

1) CO₂ emisyonları serisinin birim kök özellikleri incelenir. Seri durağan ise analiz sonlandırılır. Seri birim kök içeriyorsa KHH geçerlidir. Karbon histerisi geçerli ise, araştırılan ülkenin veya ülke grubunda pozitif veya negatif histerinin hangisinin geçerli olduğu bulunmalıdır.

2) KHH’nin geçerli olduğuna karar verdikten sonra, denklem 1 tahmin edilmelidir.

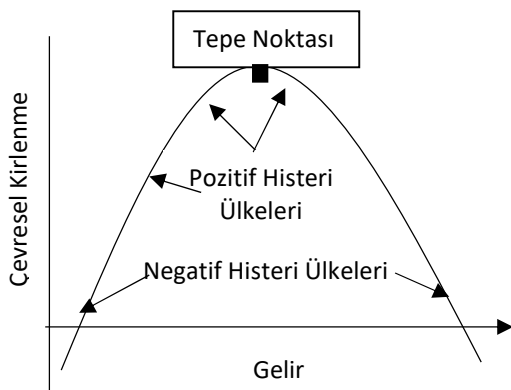
$$CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 t + u_t \quad (1)$$

1 numaralı denklemde “t” modelin trendini “u” ise hata terimini göstermektedir. Histerinin yönü belirlenirken, trendin doğrusal olduğu varsayıldığında denklem 1 tahmin edilir. Doğrusal olmayan trend olması durumunda karesel, kübik, üstel vb doğrusal olmayan fonksiyonlar yardımıyla trend modellenebilir.

- 3) Trend için kullanılan fonksiyonda trendin katsayısı pozitif ise pozitif KHH geçerliiyken, negatif ise negatif KHH geçerli olmaktadır.
- 4) Pozitif karbon histerisi geçerli ise, ülkeler korumacı iklim politikaları ile negatif histeriye dönmeyi amaçlamalıdır. Negatif karbon histerisi geçerli ise, ülkeler mevcut politikalarını sürdürmelidir. Fakat bu ülkeler negatif patikadan çıkmamak için yasalarla iklim politikalarını güvence altına almalıdır.

Pozitif ve negatif karbon histerisi Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) ile doğrudan ilişkilidir. Sanayileşme faaliyetleri başlamamış düşük gelir seviyesindeki ülkeler ile çevre ile ilgili ileri teknoloji kullanan gelişmiş ülke ekonomilerinde negatif karbon histerisinin geçerli olması beklenir. Bu durum ÇKE’de ters parabolün solundaki ve sağındaki uç noktalara işaret eder. Sanayileşme faaliyetleri başlamış ülkeler ekonomik büyüme hedefleri için yoğun fosil yakıt kullanırlar. Dolayısıyla bu ülkelerde de pozitif karbon histerisinin geçerli olması beklenir. Şekil 4’te bu durum gösterilmektedir. Tepe noktasının solunda ve sağındaki eğimin yüksek olduğu noktalarda pozitif histeri ülkeleri bulunabilir. Bir ülkenin geliri tepe noktasının sağında yer alsa dahi, pozitif histeriye sahip olabilir. Çünkü bu ülkelerin geçmiş emisyonları patika bağımlılığından hemen kurtulamaz. Bu durumdan kurtulmak için ülkeler hem yoğun olarak yenilenebilir enerji yatırımları gerçekleştirmesi hem de fosil yakıtlardan kaçınması gerekir. Ancak belli bir refah düzeyinden sonra bu ülkeler negatif histeriye geçebilir (Çağlar, 2021).

Şekil 3: Pozitif ve Negatif Histeri ile ÇKE Hipotezi arasındaki ilişki



Kaynak: Çağlar (2021)

Bu çalışma Türkiye’de KHH’nin geçerli olup olmadığını sınınamaktadır. Çalışmada Türkiye’nin araştırılmasının birkaç nedeni vardır. Birincisi, Türkiye G-20 üyesidir ve yaklaşık 85 milyon nüfusa sahip olmasının yanında kişi başına GSYH’si 12 bin \$’dır (Dünya Bankası, 2021). Gelişmekte olan ülke kategorisindeki Türkiye’nin yüksek karbon emisyon yayan ülkelerden biri olduğu da bilinmektedir (Acaravci & Ozturk, 2010). 1960 yılıyla karşılaştırıldığında Türkiye’nin karbon emisyonu 2014 yılında %416 oranında arttığı gözlenmektedir (Sun vd., 2021). Bu veriler



Çağlar, A. E. & Mert, M. (2022). Türkiye’de Karbon Histeri Hipotezi Geçerli midir?: Fourier Birim Kök Testlerinden Kanıtlar. *Fiscaoeconomia*, 6(3), 1587-1610. Doi: 10.25295/fsecon.1119030

ışığında, Türkiye’nin yükselen emisyon trendini tersine çevirecek ve karbon azaltım hedeflerine ulaştıracak çalışmalara ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu çalışma Türkiye’nin emisyon azaltım hedeflerine katkıda bulunabilecek politika önerileri sunmayı amaçlamaktadır.

Bu çalışma literatüre üç açıdan katkı sağlayabilir. Birincisi, en iyi bilginiz dahilinde bu çalışma zaman serileri analizi ile Türkiye’de karbon histerisini araştıran ilk makaledir. Böylece bu çalışma Türkiye’de KHH’nin geçerli olup olmadığını araştırarak emisyon azaltım politikaları üretmektedir. İkincisi KHH geçerli ise, histerinin yönü belirlenebildiğinden Türkiye’de hangi yönde patika bağımlılığı olduğu gösterilecektir ve buna bağlı olarak politikalar üretilmektedir. Üçüncüsü, Türkiye birçok iklim anlaşmasını (Kyoto Protokolü, Paris Anlaşması, Glasgow İklim Paketi) kabul ederek emisyonlarını düşürme çabası içerisinde olduğunu göstermektedir. Ayrıca Türkiye Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın ismini Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı olarak değiştirerek iklim değişikliği ile ilgili önemli adımlar atmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmanın Türkiye’nin emisyon hedeflerine ulaşmasına katkıda bulunabileceği düşünülmektedir.

2. Literatür Taraması

Çevre ekonomisi literatürüne yeni bir yaklaşım öneren bu çalışma Türkiye için emisyonlardaki histeri etkisini araştırmaktadır. Bu konuyla ilgili literatürde sadece Çağlar (2021) ve Çağlar & Mert (2022) çalışmaları mevcuttur. Çağlar (2021) Karbon Histeri Hipotezinin geçerliliği farklı gelir gruplarına göre panel veri analizi ile araştırmıştır. Ampirik analiz sonucunda, düşük gelirli ülkelerin %52’sinde, düşük-orta gelirli ülkelerin %23’ünde, üst-orta gelirli ülkelerin %54’ünde ve son olarak yüksek gelirli ülkelerin %55’inde histeri hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çağlar & Mert (2022) en fazla salım gerçekleştiren beş ülke (ABD, Çin, Hindistan, Rusya ve Japonya) için KHH’nin geçerliliğini 1965-2020 yıllarını kapsayan dönem için araştırmıştır. Bu çalışma KHH’ni araştırırken keskin kırılmalı, yumuşak geçişli ve hem kesin hem de yumuşak geçişli birim kök testleri gibi üç farklı strateji kullanmıştır. Ampirik bulgular beş ülkenin tamamında histeri hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Ardından histerinin yönü incelendiğinde, ABD, Rusya ve Japonya’da negatif histeri görülürken, Çin ve Hindistan’da pozitif histeri görülmektedir. Çağlar (2021) ve Çağlar & Mert (2022) çalışmalarının haricinde henüz bir literatür oluşmamıştır. Dolayısıyla literatür taraması bölümünde KHH yaklaşımının temellerini oluşturan ÇKE ve işsizlik histerisi hipotezi üzerine odaklanılmaktadır. Tablo 1’de Türkiye’de ÇKE hipotezi ve işsizlik histerisi hipotezini araştıran çalışmalara yer verilmektedir⁶. Öncelikle ÇKE hipotezini araştıran çalışmalar incelendiğinde, Türkiye özelinde ortak bir sonuç olmadığı görülmektedir. Bazı çalışmalar (Bulut vd., 2021; Onifade vd., 2021; Sun vd., 2021; Yurtkuran, 2021) ÇKE hipotezinin Türkiye için geçerli olduğunu savunurken, bazı çalışmalar (Erdoğan vd., 2015; Alola & Donve, 2021; Emek & Çelebi, 2021) da aksi yönde kanıtlar sunmuşlardır. Dolayısıyla ÇKE’nin Türkiye’de geçerliliğiyle ilgili farklı bulgular mevcuttur.

⁶ Türkiye özelinde karbon yakınsaması literatürü gelişmediği için Tablo 1’de karbon yakınsaması literatürüne yer verilmemiştir.



Çağlar, A. E. & Mert, M. (2022). Türkiye’de Karbon Histeri Hipotezi Geçerli midir?: Fourier Birim Kök Testlerinden Kanıtlar. *Fiscaeconomia*, 6(3), 1587-1610. Doi: 10.25295/fsecon.1119030

Tablo 1: Türkiye için ampirik literatür

| Çalışma | Zaman Aralığı | Hipotez |
|--|------------------------|--------------------------------|
| <i>Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini araştıran çalışmalar</i> | | |
| Erdoğan vd. (2015) | 1975-2010 | - |
| Alola & Donve (2021) | 1965-2017 | - |
| Bulut vd. (2021) | 1970-2016 | + |
| Emek & Çelebi (2021) | 1960-2015 | - |
| Onifade vd. (2021) | 1992-2016 | + |
| Sun vd. (2021) | 1995-2018 | + |
| Yurtkuran (2021a) | 1995-2016 | + |
| <i>İşsizlik Histerisini araştıran çalışmalar</i> | | |
| <i>İşsizlikte histeri hipotezi geçerli mi?</i> | | |
| Bayrakdar (2015) | 2000-2013 çeyreklik | + |
| Yavuzaslan vd. (2017) | 2005m1-2017m2 | + |
| Tekin (2018) | 2005-2017 aylık | + |
| Atgür (2021) | 1988-2018 | + |
| Beşer vd. (2021) | 1988-2019 | + |
| Coşkun (2021) | 2014m01- 2020m09 | Yönteme göre farklı sonuçlar |
| Çiçen (2021) | 2005-2014 aylık | Cinsiyete göre farklı sonuçlar |
| Şak (2021) | 1988-2018 | Cinsiyete göre farklı sonuçlar |
| Yurtkuran (2021b) | 2006q1-2019q2 | + |

Türkiye’de işsizlik histeri hipotezinin geçerliliğini sınanan çalışmalarda da ÇKE hipotezinde olduğu gibi farklı sonuçlar vardır. Örneğin, Bayrakdar (2015), Yavuzaslan vd. (2017), Tekin (2018), Atgür (2021), Beşer vd. (2021) ve Yurtkuran (2021b) çalışmaları Türkiye’de işsizlik histerisinin geçerli olduğu yönünde kanıtlar sunmuşlardır. Bu bulgulara göre, Türkiye’de işsizlik histeri birim kök içermektedir ve işsizlik oranları histeri etkisindedir. Diğer yandan, Coşkun (2021) farklı ekonometrik yaklaşımlarla Türkiye’de işsizlik histerisinin geçerliliğini araştırmıştır. Bulgulara göre, kırılmaların keskin bir şekilde gerçekleştiğini varsayan testlere göre Türkiye’de işsizlik histerisi geçerlidir. Fakat kırılmaların dalgalı veya yumuşak geçişli olduğu varsayımından hareket eden testlerden elde edilen bulgular farklı sonuçlar vermektedir. Son olarak Çiçen (2021) ve Şak (2021) çalışmaları Türkiye’de işsizlik histerisinin geçerliliğinin cinsiyete göre farklılaştığı sonucuna ulaşmışlardır.

3. Veri ve Metodoloji

Bu çalışma çevresel kirlenmeyi temsilen kişi başına CO₂ emisyonlarını (metrik ton cinsinden) kullanmaktadır. Türkiye için veriler ulaşılabilen en geniş veri aralığı olan 1960-2018 yılları için Dünya Bankasından (2021) alınmıştır. CO₂ emisyonlarına ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 2’den görülebilir. Türkiye’de kişi başına düşen ortalama emisyon 2.574 metrik tondur. En yüksek emisyon değeri 5.127 metrik ton iken, en az emisyon değeri 0.612 metrik tondur. Çarpıklık ve basıklık değerleri incelendiğinde verilerin normal dağılım özelliği gösterdiği görülmektedir. Normallığın sınanması için ise literatürde yaygın olarak Jarque-Bera normallik testi kullanılmaktadır. Tablo 2’de Jarque-Bera istatistiğinin 2.895 ve onun olasılığının 0.235 olarak hesaplandığı görülmektedir. Jarque-Bera testi için verilerin normal dağıldığını ifade eden sıfır hipotezi bütün yanılma düzeylerinde reddedilememektedir ($P=0.235>0.10$). Böylece Türkiye için CO₂ emisyonları serisinin normal dağılıma sahip olduğu belirlenmiştir.

Tablo 2: Tanımlayıcı İstatistikler

| Değişken | Ort. | Med. | Mak. | Min. | Std. Sapma | Çar. | Bas. | Jarque-Bera | P-değeri |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|----------|
| CO ₂ | 2.574 | 2.581 | 5.127 | 0.612 | 1.245 | 0.236 | 2.023 | 2.895 | 0.235 |

Birim kök testleri istatistiksel olarak serilerin uzun dönemde ortalamasına geri dönüp dönemeyeceğini test etmektedir. Bir seriye rassal bir şok geldiğinde, uzun dönemde bu seri eski denge ortalamasına dönüyorsa seri durağandır ve şoklara karşı dirençlidir. Aksine serinin ortalaması ve varyansında uzun dönemde değişme gerçekleşiyorsa ve seri yeni bir denge düzeyine doğru hareket etmişse bu seri birim kök içermektedir (Çağlar, 2015). Ekonometrik analizlerin başlangıç noktası genellikle birim kök testleridir. Araştırmacılar ilgilenilen serilerin birim kök özelliklerine göre yöntemler uygulayacakları için ekonometrik çalışmalarda birim kök testlerinin kullanılması önem arz etmektedir. Birim kök testleri literatürde ilk olarak Nelson-Plosser (1982)’in Amerika’ya ait makroekonomi değişkenlerinin karakteristik özelliklerini Fuller (1976) ve Dickey- Fuller (1979,1981) testleriyle araştırmasıyla başlamaktadır. Fuller (1976) ve Dickey- Fuller (1979,1981) tarafından başlayan birim kök literatürü geleneksel birim kök testleriyle (PP, KPSS, Ng-Perron) devam etmektedir. Fakat Perron (1989) değişkenlerde meydana gelen kırılmaların serinin birim kök özelliklerini etkileyebileceğini ifade etmesiyle birlikte birim kök literatürü önemli gelişmeler kaydetmiştir. Öncelikle serideki değişimlerin keskin (sharp) olduğu varsayımıyla klasik birim kök testlerine kukla değişkenler aracılığıyla kırılma/lar dahil edilmiştir. Fakat makroekonomi değişkenleri düşünüldüğünde, krizlerin etkisinin sadece kriz yılını etkilemediği ve kriz yılından sonraki yılları da etkilediği eleştirileriyle kırılmaların sayısı ve şekli eleştirilmiştir. Bunun üzerine yumuşak geçişli Fourier birim kök testleri literatüre girmiştir. Birim kök testlerinde kırılmaların biçimi ve sayısı hatalı olarak belirlenirse, testlerin boyut ve güç özelliklerinde bozulmalar meydana geldiği bilinmektedir (Enders & Lee, 2012a, b).

Bu çalışmada CO₂ emisyonları serisinin birim kök özellikleri araştırılırken kesin sonuçlar elde etmek için hem geleneksel ADF hem de Enders & Lee (2012a) tarafından geliştirilen Fourier ADF ve Enders & Lee (2012b) tarafından geliştirilen Fourier LM birim kök testlerinden yararlanılmaktadır. Enders & Lee (2012a, 2012b) çalışmalarını takip ederek, deterministik terimleri içeren $\theta(t)$ ’nin zamana bağlı bir fonksiyon olduğu varsayılarak geleneksel ADF birim kök testinin veri oluşturma süreci aşağıdaki gibi yazılır:

$$y_t = \theta(t) + \vartheta y_{t-1} + \delta t + \varepsilon_t \quad (2)$$

Denklem 2’de t trendi, $\theta(t)$ trendin deterministik bir fonksiyonunu ve ε_t ise σ_ε^2 ile sabit varyansa sahip durağan hata terimlerini gösterir. Denklem 2’de $\theta(t)$ ’nin fonksiyonel formu biliniyorsa birim kökün sıfır hipotezi ($\vartheta = 1$) test edilebilir. Fakat $\theta(t)$ ’nin fonksiyonel formu bilinmiyorsa $\theta(t)$ ’nin yanlış belirlenmesinden kaynaklı $\vartheta = 1$ hipotezini test etmek sorunlu olmaktadır. Bu durumu çözmek için Enders & Lee (2012a, 2012b) $\theta(t)$ ’nin formunun fourier fonksiyonları ile belirlenebileceğini ifade etmişlerdir. Enders & Lee (2012a, 2012b)’ye göre trigonometrik fonksiyonlar aracılığıyla $\theta(t)$ aşağıdaki gibi yeniden yazılabilir.

$$\theta(t) = \theta(0) + \sum_{k=1}^n \theta_k \sin(2\pi kt/T) + \sum_{k=1}^n \varphi_k \cos(2\pi kt/T) \quad (3)$$

Denklem 3’de n analize dahil edilen frekansların sayısını, k önceden belirlenen frekansı ve T ise gözlem sayısını gösterir. Denklem 2’de $\theta_1 = \varphi_1 = \dots = \theta_n = \varphi_n = 0$ ise geleneksel birim kök testleri kullanılabilir. Fakat bir kırılma veya doğrusal olmayan bir trend olması durumunda, en az bir fourier frekansı veri oluşturma sürecinde yer alması gerekmektedir. Fourier temelli testlerde dikkat edilmesi gereken önemli bir durum ise frekans sayısı olan n’in büyük seçilemeyeceğidir. Çünkü n’in büyük seçilmesi durumunda serbestlik derecesi ve aşırı belirlenme sorunları ile karşılaşmaktadır (Enders & Lee, 2012a, 2012b). Dolayısıyla (Enders & Lee, 2012a, 2012b) frekans sayısının 1 alınması gerektiğini ifade eder. Sonuç olarak Fourier ADF test regresyonu aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\Delta y_t = \vartheta y_{t-1} + c_1 + c_2 t + c_3 \sin(2\pi kt/T) + c_4 \cos(2\pi kt/T) + v_t \quad (4)$$

Fourier LM testi ise Lagrange çarpanı (Lagrange Multiplier (LM)) temelli bir testtir ve Schmidt & Phillips (1992) ve Amsler & Lee (1995) yaklaşımları üzerine inşa edilmiştir. Enders & Lee (2012b) trendden arındırılmış serileri kullanarak aşağıdaki regresyon modelini tahmin eder:

$$\Delta y_t = \omega \check{S}_{t-1} + d_0 + d_1 \Delta \sin(2\pi kt/T) + d_2 \Delta \cos(2\pi kt/T) + e_t \quad (5)$$

Denklem 4 ve 5’te y_t serisinin birim kök özelliği araştırılırken kritik değerler fourier (k) ve gözlem sayısına (T) göre belirlenmektedir. Burada birim kökün olmadığını ifade eden sıfır hipotezi Fourier ADF için $\vartheta = 0$ iken, Fourier LM için $\omega = 0$ ’dır. Fourier ADF ve LM testleri öncelikle trigonometrik terimlerin anlamlılığı için sırasıyla denklem 4 ve 5 için F istatistiğini hesaplar. Burada $c_2 = c_3 = 0$ ve $d_1 = d_2 = 0$ hipotezi reddedilirse trigonometrik terimler anlamlıdır ve sıradan birim kök testleri yanlı sonuçlar verir. Aksine trigonometrik terimler anlamsız ise Enders & Lee (2012a, 2012b) tarafından sıradan ADF testi önerilmektedir. Fakat Enders & Lee (2012a, 2012b) yaklaşımları frekans sayısının tam sayı olmasını zorunlu hale getirmektedir. Omay (2015) frekans sayısını 0 ile 2 arasında olmasını sağlayarak frekans sayılarının kesikli olmasına izin vermektedir. FFFFF-ADF⁷ test stratejisi Becker vd. (2004) ve Enders & Lee (2012a) çalışmalarını temel alarak geliştirilmiştir. Omay (2015) tarafından önerilen ADF tipi FFFFF testi, Enders & Lee (2012a) ile aynı asimptotik özelliklere sahiptir. Omay (2015) çalışmasında tam sayılı frekans sayısını dikkate alan çalışmalarla FFFFF-ADF testinin güç özelliklerini Monte-Carlo simülasyonları yardımıyla karşılaştırmıştır. Simülasyon

⁷ Enders & Lee (2012a) testinin çalışma stratejisi metodoloji bölümünde gösterildiğinden Omay (2015) tarafından geliştirilen FFFFF-ADF yaklaşımı tekrardan kaçınmak için burada gösterilmemektedir. Ayrıntılı bilgi için Omay (2015) çalışması incelenebilir.

sonuçları Omay (2015) tarafından önerilen ADF tipi FFFFF testinin diğer testlerden daha güçlü olduğunu göstermektedir.

Karbon emisyonu serisinde birim kökün varlığı karbon histeri hipotezinin geçerliliğini gösterse de birim kök testleri var olan histerinin yönü hakkında bilgi vermemektedir. Birim kökün varlığı gelen şoklar karşısında emisyonların uzun dönemde yeni bir düzey ve trendde belirleneceği anlamına gelmektedir. Emisyonların uzun dönemdeki yeni davranışı, eski düzeyin üzerinde ise histerinin yönü pozitif olacaktır ve bu durum emisyonlardaki artışı gösterecektir. Şoklar sonrasında emisyon davranışı eski düzeyin altında devam ederse histerinin yönü negatif olacaktır ve bu durum emisyonlardaki azalışı gösterecektir. Böylelikle negatif histeri emisyonlardaki uzun dönemli azalışları, pozitif histeri ise artışları ifade edecektir. Pozitif ya da negatif histeriye karar vermek için birim kök içeren emisyon serisinin trendi modellenmelidir. Serideki trendin fonksiyonel yapısına göre doğrusal trend modeli ya da doğrusal olmayan (karesel, kübik, üstel vs.) trend modeli tahmin edilebilir (Çağlar, 2021). İncelenen dönem içerisinde Türkiye’nin emisyon serisine serinin grafiğine bakılarak doğrusal trend fonksiyonunun uygun olacağı düşünülmüştür.

Emisyonlarda bir histeri varsa tüm zaman dönemi boyunca histeri aynı yönde ya da aynı şiddette davranmayabilir. Bazı dönemler örneğin histerinin şiddeti artabilir (trendin eğimi artabilir) ya da bazı dönemler histerinin yönü (eğim katsayısının işareti) değişebilir. Çağlar & Mert (2022) emisyonlardaki histeriyi tüm örneklem dönemi boyunca ele almak yerine anlamlı rejimlere bölerek parçalı olarak ele alınması gerektiğini ifade etmektedir. Bu amacı gerçekleştirmek için serideki m sayıda kırılmaya ve sonuç olarak $m + 1$ rejime karar veren Bai & Perron (1998, 2003a, 2003b) yaklaşımından yararlanılmaktadır. Bu yaklaşım Denklem 6’daki çoklu doğrusal regresyon modelini ele almaktadır.

$$y_t = x_t' \beta + z_t' \delta_j + u_t, \quad t = T_{j-1} + 1, \dots, T_j, \quad j = 1, \dots, m + 1 \quad (6)$$

Denklem 6’da y_t zaman serisi (emisyonlar), x_t' $p \times 1$ boyutlu bağımsız değişkenler vektörü (emisyon serisine doğrusal trend modeli uygun olduğu için doğrusal trend değişkeni bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır), z_t' $q \times 1$ rejimlere ilişkin (kırılmalara ilişkin) bağımsız değişken vektörü, β katsayılar vektörü (sabit ve doğrusal trend değişkenine ait katsayı) ve δ_j rejimlere ilişkin katsayılar vektörü ($j = 1, \dots, m + 1$), u_t ise hata terimidir. Burada (T_1, \dots, T_m) bilinmeyen kırılma zamanlarını göstermektedir. Burada temel amaç T gözlemlili (y_t, x_t, z_t) veri seti kullanarak (T_1, \dots, T_m) kırılma zamanları ile beraber bilinmeyen β ve δ_j ($j = 1, \dots, m + 1$) katsayılarını tahmin etmektir. Bai & Perron anlamlı kırılmalar için farklı test stratejileri önermiş ve genel olarak Denklem 7’de verilen supF tipi bir test istatistiği geliştirmiştir.

$$F_T(\lambda_1, \dots, \lambda_k; q) = \frac{1}{T} \left(\frac{T - (k+1)q - p}{kq} \right) \hat{\delta}' R' (R \hat{V}(\hat{\delta}) R')^{-1} R \hat{\delta} \quad (7)$$

Denklem 7’de, k kırılma sayısı olmak üzere; $T_i = T \lambda_i, i = 1, \dots, k$ ve $(R\delta)' = (\delta'_1 - \delta'_2, \dots, \delta'_k - \delta'_{k+1})$ şeklinde tanımlanmaktadır (Bai & Perron, 2003a, 2003b). Burada $\hat{V}(\hat{\delta})$, $\hat{\delta}$ katsayılarının serisel korelasyon ve değişen varyansa karşı sağlam (robust) varyans-kovaryans matrisi (kovaryans matrisinin HAC [heterocedasticity and autocorrelation consistent] tahmincisi) olup $\hat{V}(\hat{\delta}) = \text{plim} T(\bar{Z}' M_X \bar{Z})^{-1} \bar{Z}' M_X \Omega M_X (\bar{Z}' M_X \bar{Z})^{-1}$ şeklindedir. F istatistiğinin asimptotik dağılımı ise her bir rejimdeki gözlem sayısını (h) belirleyen trimaj parametresine (trimming parameter) bağlıdır ve bu parametre $\varepsilon = h/T$ şeklinde formüle edilir. Bai ve Perron yaklaşımı öncelikle

seride hiç yapısal kırılmanın olmadığı yokluk hipotezini ($H_0: m = 0$) en fazla M sayıda kırılmanın olduğu alternatif hipoteze ($H_A: m \leq M$) karşı test etmekle başlamalıdır (Mert & Çağlar, 2019). Eğer yokluk hipotezi reddedilemez ise seride anlamlı kırılmaların olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Bu hipotezin testi için ikili maksimum testler (double maximum tests) önerilmiş ve $\hat{\lambda}_j = \hat{T}_j/T$, ($j = 1, \dots, m$) olan iki farklı test istatistiği geliştirilmiştir (Bai & Perron, 2003a). Bunlardan biri $UD \max_{1 \leq m \leq M} F_T(\hat{\lambda}_1, \dots, \hat{\lambda}_m; q)$ istatistiği, diğeri ise her bir rejim için bireysel bir strateji izleyen $WD \max F_T(M, q)$ istatistiğidir. Bu istatistikler için maksimum kırılma sayısı ve çeşitli tirimaj değerleri için kritik değerler üretilmiştir (Bai & Perron, 2003b). İkili maksimum testler sonucu hipotezin reddedilmesi durumunda seride anlamlı yapısal kırılmaların olduğu sonucuna ulaşılabacaktır. Bu noktada ise rejimden rejime hata dağılımlarının homojen ve heterojen olmasına göre farklı Bai & Perron test stratejileri önerilmektedir. Rejimden rejime hata dağılımlarının heterojenliğine izin veren yaklaşım ardışık Bai-Perron (sequential Bai-Perron) yaklaşımı olmaktadır (Mert & Çağlar, 2019). Bu test stratejisi kırılmanın olmadığı ($\ell=0$) yokluk hipotezine karşı 1 kırılmanın olduğu ($\ell+1=1$) alternatif hipotezini test etmekle başlar. Eğer yokluk hipotezi reddedilirse 1 kırılmanın olduğu ($\ell=1$) yokluk hipotezi 2 kırılmanın olduğu ($\ell+1=2$) alternatif hipotezine karşı test edilecektir. Yokluk hipotezi reddedilemeye dek ardışık bir şekilde hipotez testi stratejisine dayanan ardışık BP testinin test istatistiği $\sup F_T(\ell | \ell + 1)$ şeklinde gösterilmektedir. Eklenen her yeni kırılmanın modelin kalıntı kareler toplamını anlamlı bir şekilde minimize edip etmediğine göre hipotez testi gerçekleştirilerek kırılmanın olmadığı ya da ℓ kırılmanın olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bai & Perron (2003b) çalışmalarında bu test için de kritik değerler üretmiştir.

4. Ampirik Bulgular

Bu çalışmada Türkiye’de karbon histerinin geçerliliği hem Fourier ADF ve LM testleri hem de geleneksel ADF testi ile araştırılmaktadır. Analizin birinci aşamasında Enders & Lee (2012a, 2012b)’nin belirttiği gibi öncelikle trigonometrik terimlerin anlamlılığı F-testi ile sınanmalıdır. Yani sırasıyla, Denklem 3 ve 4’te trigonometrik terimleri gösteren $c_2 = c_3 = 0$ ve $d_1 = d_2 = 0$ hipotezleri reddedilirse Fourier temelli yaklaşımların kullanılması önerilmektedir (Enders & Lee, 2012a, 2012b). Tablo 3’te CO₂ serisi için farklı yaklaşımlarla birim kök test⁸ sonuçları gösterilmektedir. Öncelikle bu tabloda Fourier ADF ve LM testi için trigonometrik terimlerin anlamlılığını araştıran F-testi incelenmelidir. Tablo 3’te Fourier ADF ve LM testi için F-istatistikleri anlamsızdır. Yani CO₂ emisyonları serisi modellenirken Fourier yaklaşımı kullanılmamalıdır. Bu durumda Enders & Lee (2012a, 2012b) standart ADF testinin etkin ve tutarlı sonuçlar verdiğini ifade etmektedir. Fakat Enders & Lee (2012a, 2012b) testlerinin veri oluşturma sürecinde frekans sayısının tam sayı olma zorunluluğu bulunmaktadır. Omay (2015) bu varsayımı genişleterek frekans sayısının 0 ile 2 arasında kesirli olmasına izin vermektedir. FFFFF-ADF testinde Fourier fonksiyonlarının anlamlılığı incelendiğinde F-istatistiğinin %10 yanılma düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla FFFFF-ADF testinin sonuçlarına güvenilebilir.

⁸ Bu çalışmada Fourier LM testi sabit+trend modeli için sonuçlar verdiğinden aynı koşullar altında farklı yaklaşımlarla sağlam sonuçlar elde etmek için CO₂ değişkeninin birim kök özellikleri araştırılırken sabit+trend modeli kullanılmıştır.

Tablo 3: CO₂ Emisyonları İçin Birim Kök Test Sonuçları

| Fourier yaklaşım temelli birim kök testleri | | | | | | | | | | | |
|---|----|---|--------|-------------|----|---|--------|--------------|---|-----|---------|
| Sabit+Trend Modeli | | | | | | | | | | | |
| Fourier ADF | | | | Fourier LM | | | | FFFFF-ADF | | | |
| τ_{ADF} | p | k | F-stat | τ_{LM} | p | k | F-stat | τ_{ADF} | p | k | F-stat |
| 1.841 | 10 | 3 | 0.717 | -2.833 | 11 | 1 | 0.192 | -2.651 | 2 | 1.9 | 10.010* |
| Geleneksel ADF birim kök testi | | | | | | | | | | | |
| ADF-ist. | | | | | | | | | | | |
| -2.857 | | | | | | | | | | | |

Not: Gecikme uzunluğu Schwert (1989)’un yaklaşımına takip edildiğinden 11 olarak belirlenmiştir ($p_{max} = 12x \left(\frac{59}{100}\right)^{1/4} = 11$). Ayrıca maksimum fourier sayısı 3 olarak ayarlanmıştır.

FFFFF-ADF birim kök test sonuçlarına göre, CO₂ emisyonları serisi birim kök içermektedir. Yani Türkiye’de CO₂ emisyonları rassal şoklardan etkilendiği ve bir patika bağımlılığında olduğu söylenilebilir. Dolayısıyla Türkiye’de KHH’nin geçerli olduğu görülmektedir. Analizin bu aşamasında patika bağımlılığının yönü belirlenmelidir. Bunun için CO₂ emisyonları serisini Bai-Perron yaklaşımı ile rejimlere bölerek histerinin yönü araştırılmaktadır. Öncelikle Şekil 4’de de görüldüğü üzere uygun olduğu düşünülerek Türkiye emisyon serisi için doğrusal trend fonksiyonu kullanılmıştır. Trimaj oranı %15, maksimum kırılma sayısı 5 olarak belirlenmiş ve yine Şekil 4’den görüldüğü gibi kalıntı dağılımları rejimden rejime farklılaştığı için heterojenliğe izin veren ardışık Bai-Perron testi ile kırılma sayısına karar verilmiştir. Ayrıca, varyans-kovaryans matrisi olası serisel korelasyon ve değişen varyans sorunlarına karşı HAC düzeltmesi ile düzeltilmiştir.

Tablo 4: Emisyon Serisine Ait Bai-Perron Yaklaşımlı Histeri Analizi

İkili maksimum testler

| Test istatistiği | Kritik değer** |
|--------------------|----------------|
| $UD_{max}=41.41^*$ | 11.70 |
| $WD_{max}=81.19^*$ | 12.81 |

Ardışık Bai-Perron testi

| Hipotezler | F | Kritik değer** |
|-----------------|--------|----------------|
| $H_0: \ell = 0$ | 19.88* | 11.47 |
| $H_A: \ell = 1$ | | |
| $H_0: \ell = 1$ | 13.75* | 12.95 |
| $H_A: \ell = 2$ | | |
| $H_0: \ell = 2$ | 65.93* | 14.03 |
| $H_A: \ell = 3$ | | |
| $H_0: \ell = 3$ | 13.96 | 14.85 |
| $H_A: \ell = 4$ | | |

Kırılma tarihleri: $T_1=1971, T_2=1986, T_3=2001$

Model sonuçları (Tüm rejimlerde pozitif histeri geçerlidir.)

| Rejim 1: 1960 - 1970 dönemi 11 gözlem | | | |
|--|----------|----------|----------|
| | Katsayı | St. hata | P-değeri |
| Sabit | 0.597*** | 0.006 | 0.000 |
| t | 0.062*** | 0.001 | 0.000 |
| Rejim 2: 1971 - 1985 dönemi 15 gözlem | | | |
| | Katsayı | St. hata | P-değeri |
| Sabit | 1.018*** | 0.125 | 0.000 |
| t | 0.041*** | 0.007 | 0.000 |
| Rejim 3: 1986 - 2000 dönemi 15 gözlem | | | |
| | Katsayı | St. hata | P-değeri |
| Sabit | 0.560*** | 0.146 | 0.000 |
| t | 0.068*** | 0.004 | 0.000 |
| Rejim 4: 2001 - 2018 dönemi 18 gözlem | | | |
| | Katsayı | St. hata | P-değeri |
| Sabit | -1.322* | 0.498 | 0.011 |
| t | 0.108*** | 0.009 | 0.000 |

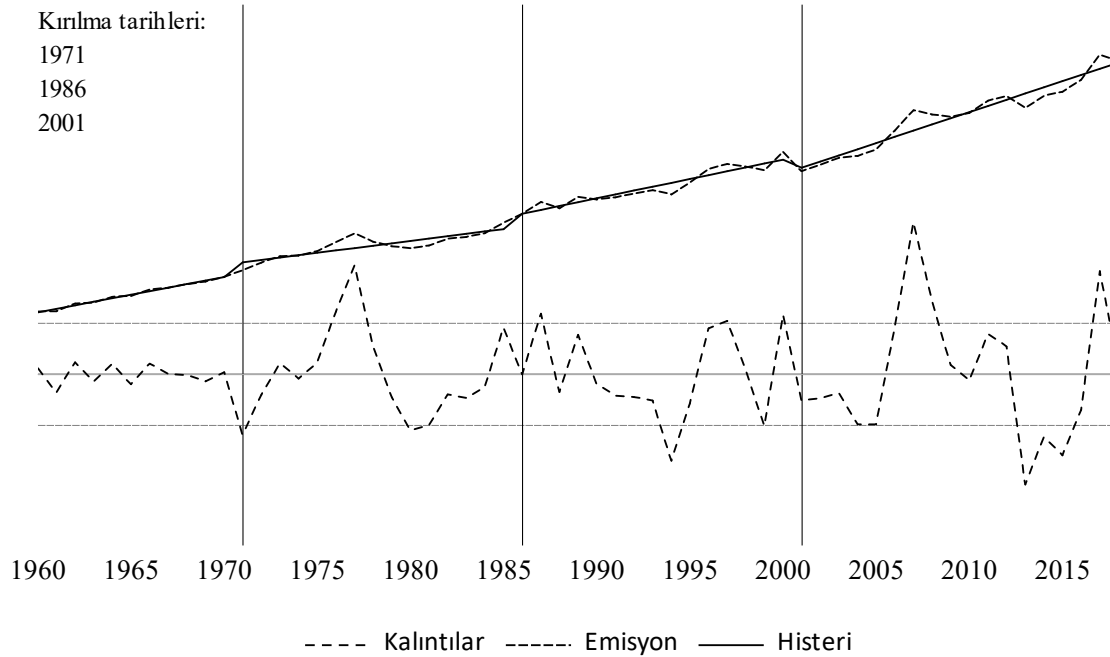
$F=887.55$ ($P=0.000$), $\bar{R}^2=0.99$, $AIC=-1.28$

Trimaj=0.15, maksimum kırılma=5, HAC varyans-kovaryans matrisi hesaplanmıştır. Ayrıca, * .05 yanılma düzeyinde anlamlıdır. **: Bai-Perron (2003b) kritik değerleri. ***: .01 yanılma düzeyinde anlamlı.

Tablo 4’ten görüldüğü gibi ikili maksimum test sonuçlarına göre .05 yanılma düzeyinde emisyon serisinde en fazla 5 anlamlı kırılma vardır ($UD_{max}=41.41>11.70$ ve $WD_{max}=81.19>12.81$). Ardışık Bai-Perron yaklaşımına göre ardışık hipotezler 4 kırılma alternatif hipotezine kadar reddedilmiş ve sonuç olarak 3 tane anlamlı kırılma tespit edilmiştir. Bu kırılmalar 1971, 1986 ve 2001 yıllarında gerçekleşmiştir. Bu sonuçlara göre Türkiye’de

emisyonlar ekonomik krizlerden etkilenmiş görünmektedir. Çünkü incelenen örnekleme bulunan kırılma tarihleri ekonomik krizleri ifade etmektedir. 1971 yılı petrol krizinin başlarını ve Türkiye’deki siyasi krizi göstermektedir. O dönemde birçok ülkenin yüksek petrol fiyatlarından etkilendiği gibi Türkiye de derinden etkilenmiştir. Diğer yandan 1986 yılında Türkiye’de ekonomik olarak önemli bir politika değişikliğine gidilmiştir. Kamu kesimi iç borçlanma ile bütçe açıklarını finanse etme yoluna gitmiştir. Fakat bu durum kısa zamanda bütçe açıklarının giderek artmasına neden olmuştur (Bayraktar, 2019). 2001 finansal krizi ise Türkiye’de önemli ekonomik tedbirlerin alındığı ciddi bir finansal krizi göstermektedir. Dolayısıyla histerinin davranışı 4 farklı rejimle incelenebilecektir. Rejimler 1960-1970, 1971-1985, 1986-2000 ve 2001-2018 dönemleri olarak belirlenmiştir. Tahmin edilen ardışık Bai-Perron modeli anlamlı bir model olarak bulunmuştur ($F=887.55$, $P=0.000$). Tablo 4’te her bir rejim için histerinin yönünü ve şiddetini belirleyen trend katsayıları istatistiksel olarak 0.01 yanılma düzeyinde anlamlı ve pozitifdir. Bu sonuçlardan Türkiye’de bütün rejimlerde de pozitif karbon histerisinin geçerli olduğu anlaşılmaktadır. Pozitif histerinin varlığı ve rejimlere göre farklılaşması Şekil 4’te verilmiştir.

Şekil 4: Türkiye Emisyon Serisine Ait Histeri Grafiği



Rejimlere göre histeri şiddetinin farklılaştığı görülmektedir. İlk rejimde trend katsayısı 0.062, ikinci rejimde 0.041, üçüncü rejimde 0.068 ve son rejimde 0.108 olarak tahmin edilmiştir. İlk rejimden son rejime doğru pozitif histerinin şiddetinin arttığı görülmektedir. İkinci rejim ise pozitif histerinin şiddetinin (Tablo 3’teki trend değişkeninin katsayısı) en az olduğu dönem olarak belirlenmiştir. 1960 yılında toplam enerji tüketimi içerisinde fosil kaynakların payı %44 iken, 1970 yılında %66’ya kadar yükselmiştir (Dünya Bankası, 2021). 1971-1985 dönemi petrol krizinin ve siyasi krizin olduğu dönemi kapsamaktadır. Bu dönemde artan petrol fiyatlarından dolayı tüketilen fosil enerji miktarında düşüşler meydana gelmiştir. Türkiye’de 1974 yılında



Çağlar, A. E. & Mert, M. (2022). Türkiye’de Karbon Histeri Hipotezi Geçerli midir?: Fourier Birim Kök Testlerinden Kanıtlar. *Fiscaoeconomia*, 6(3), 1587-1610. Doi: 10.25295/fsecon.1119030

fosil enerji tüketiminin toplam enerji tüketimine oranı %74 iken, 1979 yılında bu oran %70'lere kadar düşmüştür (Dünya Bankası, 2021). 1980'li yılların ortalarında serbest ekonominin uygulanması ve ihracata önem verilmesi enerji talebindeki artışı göstermektedir. Enerji ithalatı açısından 1960 yılında enerji ihtiyacının %12'si ithal edilmekteydi. Fakat 1970 yılında bu oran %23'e, 1980 yılında %44'e ve 2015 yılında ise %75'e kadar yükselmiştir. Türkiye’de kişi başına enerji tüketimi 2016 yılında 1980’e göre iki buçuk kat artış göstermiştir (Dünya Bankası, 2021). Özellikle 2001 krizinden sonra histeri en şiddetli dönemine geçmiştir. Bu dönemde daha fazla yapılan fosil yakıt kaynaklı yatırımların çoğalması, politika değişiklikleri bu durumu açıklayabilir. 1999 yılında toplam tüketilen enerjinin %84 fosil yakıtlardan karşılanırken, 2014 yılında bu oran yoğun sanayileşme faaliyetlerinden dolayı %90'a kadar çıkmıştır. Yani bu artış bilimsel olarak pozitif histerinin artışı da ifade etmektedir.

5. Sonuç ve Politika Önerileri

Bu çalışmanın amacı karbon histeri hipotezinin Türkiye’de geçerli olup olmadığını araştırmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için çeşitli ekonometrik yaklaşımlardan yararlanılmaktadır. Karbon histeri hipotezinin test edilmesi için öncelikle birim kök testleri kullanılmalıdır. Birim kök test sonucu durağanlığı gösterirse, CO₂ emisyonları serisinde patika bağımlılığı yoktur ve emisyonların durağan olduğu sonucuna ulaşılır. Aksine CO₂ emisyonları serisi birim kök içeriyorsa KHH geçerlidir ve histerinin yönü belirlenmelidir. Dolayısıyla bu çalışmada ilk olarak Enders & Lee (2012a, 2012b) tarafından geliştirilen Fourier ADF ve LM testi uygulanmaktadır. Analiz sonucunda trigonometrik terimlerin CO₂ emisyonları serisi için anlamsız olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, Fourier ADF ve LM testlerinin Türkiye’de emisyonların durağanlığının araştırılmasında düşük güce sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumda sıradan ADF testi etkin ve tutarlı sonuçlar vermektedir (Enders & Lee, 2012a, 2012b). Ardından kesikli frekansa izin veren Omay (2015) tarafından geliştirilen FFFFF-ADF yaklaşımı analize dahil edilmiştir. Bu yaklaşımda CO₂ emisyonları için trigonometrik terimler anlamlıdır ve böylece FFFFF-ADF sonuçlarına güvenilebilir.

FFFFF-ADF test sonucuna göre, Türkiye için CO₂ emisyonları durağan değildir ve KHH geçerlidir. Bu aşamada histerinin yönü belirlenmelidir. Histerinin yönünün tüm dönem boyunca sabit olmayacağı varsayımıyla, ardışık Bai-Perron kırılma testi ile CO₂ emisyonları için rejimler oluşturulmuştur. Bai-Perron testine göre rejimler 1960-1970, 1971-1985, 1986-2000 ve 2001-2018 dönemleri olarak belirlenmiştir. Tablo 4’te trendin işaretinin bütün dönemlerde anlamlı ve pozitif olmasından dolayı Türkiye’de incelenen örneklem dönemi boyunca pozitif karbon histerisinin geçerli olduğu belirlenmiştir. Bu durum sanayileşme faaliyetlerinin yoğun olarak sürdüğü gelişmekte olan ülkeler için beklentilerle uyumludur. Çünkü gelişmekte olan ülkeler ekonomik büyümeyi arttırmak için yoğun enerji tüketimine ihtiyaç duyarlar. İlk olarak doğal kaynaklardan elde edilen enerji ihtiyacı fosil kaynaklardan oluşur (Balsalobre-Lorente vd., 2018). Dolayısıyla büyüme belirli bir seviyeye ulaşmadan çevresel bozulmalar ikinci planda kalmaktadır. Çünkü büyümenin önemli girdilerinden biri kuşkusuz enerji kaynaklarıdır (Çağlar, 2020).

Tablo 4’te histerinin şiddeti incelendiğinde (trendin katsayı büyüklüğü), son rejimde ciddi artışlar olduğu gözlemlenmektedir. Yani Türkiye’de emisyonlar için patika bağımlılığı



Çağlar, A. E. & Mert, M. (2022). Türkiye’de Karbon Histeri Hipotezi Geçerli midir?: Fourier Birim Kök Testlerinden Kanıtlar. *Fiscaeconomia*, 6(3), 1587-1610. Doi: 10.25295/fsecon.1119030

artmaktadır ve histerinin yönünün değiştirilmesi gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Bir an önce çevresel hasarları en aza indirecek önlemler yasalarla güvence altına alınmalıdır. Burada politika üretilirken en çok dikkat edilmesi gereken makro iktisadi gösterge ekonomik büyümedir. Sıkı çevresel politikaların ekonomik büyümeyi baskılamaması gerekmektedir. Bunun için doğrudan yabancı yatırımlar ile Türkiye’de faaliyet gösteren firmalara yeşil enerji kullanmaları özendirilmelidir çünkü; Türkiye için, doğrudan yabancı yatırımlardaki pozitif şokların emisyon artışlarını frenlediği anlamına gelen asimetrik kirlilik hale hipotezinin geçerli olduğuna dair kanıtlar bulunmaktadır (Mert & Çağlar, 2020). Politika yapıcılar çevresel duyarlılığı olan uluslararası firmaların Türkiye’de faaliyet göstermesi için vergi avantajları oluşturulabilir. Türkiye’de faaliyet gösteren şirketler için yeşil akreditasyon kimliği verilebilir. Böylece bu şirketler ürünlerinde bu etikete sahip olduğunu müşterilerine göstererek hem satışlarını arttırabilir hem de çevresel duyarlılığa önem verdiğini herkese gösterebilir. Bunlara ek olarak, son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılan kamu-özel iş birliği modeli ile enerji üretimi Türkiye için iyi bir seçim olabilir. Böylece kamu kesimi yeşil enerjiye dönüşüm gerçekleştirirken finansal kaynak bulabilirken, özel sektör ise yeşil teknolojiler üretirken risklerini kamu kesimi ile paylaşmaktadır. Politika yapıcılar mümkün olan en kısa zamanda fosilden yeşil enerjiye geçiş programları başlatarak CO₂ emisyonlarındaki patika bağımlılığını tersine çevirmelidir. Aksi durumda histerinin etkisinin şiddetlenmesi ile iklim değişikliğinin zararlı etkileri de artabilir.

Kaynakça

- Acaravci, A. & Ozturk, I. (2010). On the Relationship Between Energy Consumption, CO₂ Emissions and Economic Growth in Europe. *Energy*, 35(12), 5412-5420.
- Acheampong, A. O. (2018). Economic Growth, CO₂ Emissions and Energy Consumption: What Causes What and Where?. *Energy Economics*, 74, 677-692.
- Alola, A. A. & Donve, U. T. (2021). Environmental Implication of Coal and Oil Energy Utilization in Turkey: Is the EKC Hypothesis Related to Energy?. *Management of Environmental Quality: An International Journal*.
- Amsler, C., & Lee, J. (1995). An LM Test for a Unit Root in The Presence of a Structural Change. *Econometric Theory*, 11(2), 359-368.
- Aslanidis, N. (2009). Environmental Kuznets Curves for Carbon Emissions: A Critical Survey. *FEEM Working Paper*.
- Atgür, M. (2021). Türkiye’de doğal işsizlik oranı hipotezinin geçersizliği ve işsizlikte histerisis hipotezinin geçerliliği (1988-2018). *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(5), 1467-1481.
- Bai, J. & Pierre, P. (1998). Estimating and Testing Linear Models with Multiple Structural Changes. *Econometrica*, 66, 47-78.
- Bai, J. & Pierre, P. (2003a). Computation and Analysis of Multiple Structural Change Models. *Journal of Applied Econometrics*, 6, 72-78.



Çağlar, A. E. & Mert, M. (2022). Türkiye’de Karbon Histeri Hipotezi Geçerli midir?: Fourier Birim Kök Testlerinden Kanıtlar. *Fiscaoeconomia*, 6(3), 1587-1610. Doi: 10.25295/fsecon.1119030

- Bai, J. & Pierre, P. (2003b). Critical Values for Multiple Structural Change Tests. *Econometrics Journal*, 18, 1–22.
- Bayraktar, S. (2015). Türkiye İçin İşsizlik Histerisi ya da Doğal İşsizlik Oranı Hipotezinin Geçerliliğinin Sınanması. *Journal of Economic Policy Researches*, 2(2), 45-61.
- Bayraktar, Y. (2019). Borç Kısacında Türkiye Ekonomisine Tarihsel Bir Bakış: Borçlanma Üzerine Çıkarılacak Dersler. *Bilgi Sosyal Bilimler Dergisi*, (1), 35-72.
- Becker, R., Enders, W. & Hurn, S. (2004). A General Test for Time Dependence in Parameters. *Journal Of Applied Econometrics*, 19(7), 899-906.
- Beşer, N. Ö., Kurt, Ü. & Uğurlu, S. (2021). Evaluating Youth Employment in Turkey in the Light of Hysteresis Hypothesis. *Current Studies on Employment and Unemployment*, 65. Gazi Publishing.
- Blanchard, O. J. & Summers, L. H. (1986). Hysteresis and the European Unemployment Problem. *NBER Macro Economics Annual*, 15–78.
- Blanchard, O. & Summers, L. (1987). Hysteresis in Unemployment. *European Economic Review*, 31(1), 288-95.
- Bulut, U., Ucler, G. & Inglesi-Lotz, R. (2021). Does The Pollution Haven Hypothesis Prevail in Turkey? Empirical Evidence from Nonlinear Smooth Transition Models. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 1-10.
- Coşkun, N. C. (2021). Genç Nüfusta İşsizlik Histerisinin Sınanması: Türkiye Örneği. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 6(1), 97-112.
- Çağlar, A. E. (2015). *Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testlerinin Küçük Örneklem Özelliklerinin Karşılaştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Çağlar, A. E. (2020). The Importance of Renewable Energy Consumption and FDI Inflows in Reducing Environmental Degradation: Bootstrap ARDL Bound Test in Selected 9 Countries. *Journal Of Cleaner Production*, 264, 121663.
- Çağlar, A. E. (2021). *Çevresel Bozulmaların Bir Göstergesi Olarak Karbon Emisyonlarının Durağanlığı: Karbon Histeri Hipotezi*. (Doktora Tezi). Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.
- Çağlar, A. E. & Mert, M. (2022). Carbon Hysteresis Hypothesis as A New Approach to Emission Behavior: A Case of Top Five Emitters. *Gondwana Research*, 109, 171-182.
- Çiçen, Y. B. (2021). 2008 Global Krizinde Cinsiyet ve Yaş Gruplarına Göre İşsizlik Histerisi: Türkiye İçin Fourier Durağanlık Analizi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 17(1), 79-101.
- Dickey, D. A. & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with A Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 7(4), 427-431.
- Dickey, D. A. & Fuller, W. A. (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with A Unit Root. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 49(4), 1057-1072.



Çağlar, A. E. & Mert, M. (2022). Türkiye’de Karbon Histeri Hipotezi Geçerli midir?: Fourier Birim Kök Testlerinden Kanıtlar. *Fiscaoeconomia*, 6(3), 1587-1610. Doi: 10.25295/fsecon.1119030

- Dünya Bankası. (2021). *Dünya Bankası Göstergeleri*. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> (Ulaşma tarihi: 11.11.2021).
- Emek, Ö. F. & Özçelebi, O. (2021). Türkiye’de Çevresel Kuznets Hipotezinin Geçerliliği Bağlamında Karbon Emisyonu (CO₂) ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Hatemi-J ve Zamanla Değişen Nedensellik. *Bilgi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(2), 364-386.
- Enders, W. & Lee, J. (2012a). The Flexible Fourier Form and Dickey–Fuller Type Unit Root Tests. *Economics Letters*, 117(1), 196-199.
- Enders, W. & Lee, J. (2012b). A Unit Root Test Using a Fourier Series to Approximate Smooth Breaks. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 74(4), 574-599.
- Erdogan, S. & Acaravci, A. (2019). Revisiting The Convergence of Carbon Emission Phenomenon in OECD Countries: New Evidence from Fourier Panel KPSS Test. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(24), 24758-24771.
- Erdoğan, İ., Türköz, K. & Görüş, M. Ş. (2015). Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Türkiye Ekonomisi İçin Geçerliliği. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (44).
- Friedman, M. (1968). The Role of Monetary Policy. *American Economic Review*, 58, 1-17.
- Gandini, A., Garmendia, L. & San Mateos, R. (2017). Towards Sustainable Historic Cities: Mitigation Climate Change Risks. *Entrepreneurship And Sustainability Issues*, 4(3), 319-327.
- Gill, A. R., Viswanathan, K. K. & Hassan, S. (2018). The Environmental Kuznets Curve (EKC) and The Environmental Problem of The Day. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1636-1642.
- Grossman, G. M. & Krueger, A. B. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. (3914).
- IEA. (2021). *Global Energy Review*. Paris. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021> (Ulaşma tarihi: 10.11.2021).
- IPCC. (2013). Climate Change: Action, Trends and Implications for Business. *The IPCC’s Fifth Assessment Report, Working Group 1*.
- Ipcc. (2014). Mitigation of Climate Change. Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, ... & J.C. Minx (Ed.), *Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom And New York, Ny, Usa.
- Ipcc. (2018). Global Warming of 1.5°C. an IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H., ... & T. Waterfield (Ed), *Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*. In Press.



- Çağlar, A. E. & Mert, M. (2022). Türkiye’de Karbon Histeri Hipotezi Geçerli midir?: Fourier Birim Kök Testlerinden Kanıtlar. *Fiscaoeconomia*, 6(3), 1587-1610. Doi: 10.25295/fsecon.1119030
-
- Mert, M., & Çağlar, A. E. (2020). Testing Pollution Haven and Pollution Halo Hypotheses for Turkey: A New Perspective. *Environ Sci Pollut Res*, 27, 32933–32943.
- Mert, M., & Çağlar, A. E. (2019). *Eviews ve Gauss Uygulamalı Zaman Serileri Analizi*. Detay Yayıncılık, Ankara.
- Müller-Fürstenberger, G. & Wagner, M. (2007). Exploring the Environmental Kuznets Hypothesis: Theoretical and Econometric Problems. *Ecological Economics*, 62(3-4), 648-660.
- Omay, T. (2015). Fractional Frequency Flexible Fourier Form to Approximate Smooth Breaks in Unit Root Testing. *Economics Letters*, 134, 123-126.
- Onifade, S. T., Erdoğan, S., Alagöz, M. & Bekun, F. V. (2021). Renewables as a Pathway to Environmental Sustainability Targets in The Era of Trade Liberalization: Empirical Evidence from Turkey and The Caspian Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-12.
- Perron, P. (1989). The Great Crash, The Oil Price Shock, and The Unit Root Hypothesis. *Econometrica*, 57(6), 1361-1401.
- Phelps, E. S. (1999). Behind This Structural Boom: The Role of Asset Valuations. *American Economic Review*, 89, 63-68.
- Selvakkumaran, S. & Limmeechokchai, B. (2013). Energy Security and Co-Benefits of Energy Efficiency Improvement in Three Asian Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 491-503.
- Schmidt, P. & Phillips, P. C. (1992). LM Tests for A Unit Root in The Presence of Deterministic Trends. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 54(3), 257-287.
- Schwert, G. W. (1989). Tests for Unit Roots: A Monte Carlo Investigation. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(1), 5-17.
- Solomon, C. G. & Larocque, R. C. (2019). Climate Change a Health Emergency. *New England Journal of Medicine*, 380(3), 209-211.
- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press.
- Strazicich, M. C. & List, J. A. (2003). Are CO2 Emission Levels Converging Among Industrial Countries?. *Environmental and Resource Economics*, 24(3), 263-271.
- Sun, Y., Duru, O. A., Razzaq, A. & Dinca, M. S. (2021). The Asymmetric Effect Eco-Innovation and Tourism Towards Carbon Neutrality Target in Turkey. *Journal of Environmental Management*, 299, 113653.
- Şak, N. (2021). Türkiye’de İşsizlik Histerisi: Kadın ve Erkek İşsizliğine Bir Bakış. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2), 467-477.
- Tekin, İ. (2018). Türkiye’de İşsizlik Histerisi: Fourier Fonksiyonlu Duraganlık Sınamaları. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33(1), 97-127.



Çağlar, A. E. & Mert, M. (2022). Türkiye’de Karbon Histeri Hipotezi Geçerli midir?: Fourier Birim Kök Testlerinden Kanıtlar. *Fiscaoeconomia*, 6(3), 1587-1610. Doi: 10.25295/fsecon.1119030

Vicedo-Cabrera, A. M., Guo, Y., Sera, F., Huber, V., Schleussner, C. F., Mitchell, D., ... & Gasparrini, A. (2018). Temperature-Related Mortality Impacts Under and Beyond Paris Agreement Climate Change Scenarios. *Climatic Change*, 150(3), 391-402.

Yavuzaslan, K., Damar, Ö., Sönmez, B., Özdaş, B., Nazlı, U. & Akılotu, E. (2017). Türkiye’de Genç İşsizliğinin, İşsizlik Histerisi Hipotezi Çerçevesinde Yapısal Kırımlar Testi ile Analizi. *Aydın İktisat Fakültesi Dergisi*, 2(2), 21-32.

Yurtkuran, S. (2021a). Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Geçerliliği ve Yeşil Lojistik: Türkiye Örneği. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(45), 171-201.

Yurtkuran, S. (2021b). Türkiye’de İşsizlik Histerisi Hipotezi: Fourier Birim Kök Testlerinden Yeni Kanıtlar. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 12(1), 70-80.

Çıkar Beyanı: Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

Etik Beyanı: Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu yazarlar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde *Fiscaoeconomia* Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazarlarına aittir.

Yazar Katkısı: Yazarların katkısı aşağıdaki gibidir;

Giriş: 1. yazar

Literatür: 1. yazar

Metodoloji: 1. yazar ve 2. yazar

Ampirik Bulgular: 1. yazar ve 2. yazar

Sonuç: 1. yazar

1. yazarın katkı oranı: %60 ve 2. yazarın katkı oranı: %40.

Conflict of Interest: The authors declare that they have no competing interests.

Ethical Approval: The authors declare that ethical rules are followed in all preparation processes of this study. In the case of a contrary situation, *Fiscaoeconomia* has no responsibility, and all responsibility belongs to the study's authors.

Author Contributions: author contributions are below;

Introduction: 1. author

Literature: 1. author

Methodology: 1. author and 2. author

Empirical Findings: 1. author and 2. author

Conclusion: 2. author

1st author's contribution rate: 60%, 2nd author's contribution rate: 40%.



Çağlar, A. E. & Mert, M. (2022). Türkiye’de Karbon Histeri Hipotezi Geçerli midir?: Fourier Birim Kök Testlerinden Kanıtlar. *Fiscaoeconomia*, 6(3), 1587-1610. Doi: 10.25295/fsecon.1119030

Carbon Hysteresis Hypothesis is Valid in Turkey?: Evidence from Fourier Unit Root Tests

Abdullah Emre Çağlar, Mehmet Mert

Extended Abstract

In recent years, the transition to a low-carbon economy has become the main goal of countries. These economies aiming at green production are taking important steps for the future. Especially when these important steps are considered together with sustainable development goals, the transition to a low-carbon economy reduces the dependence of countries on fossil resources and provides sustainable growth (Selvakkumaran & Limmeechokchai, 2013). In this context, countries need to take serious steps. Despite many climate agreements, the countries seem to be unable to fulfill their responsibilities for carbon reduction. They have constantly been meeting on the problems about climate change with regard to their emission reduction targets, but global emission data show that environmental damage has not decreased. According to the IEA report (2021), global energy-related emissions increased by 1.5 billion tons in 2021, marking the second historical largest increase in emissions. What is the reason for the increase in global emissions despite many measures? Each time, countries announce plans to reduce their emissions. However, as stated at the Climate Change Conference of the Parties (COP26), economies still have a long way to go to green transition. For this, urgent measures should be taken as soon as possible. Increasing energy efficiency is recommended as a temporary solution at COP26. Fossil energy sources should be used effectively until renewable energy sources mature. Due to the difficulties in the establishment of renewable energy, energy efficiency is emphasized. However, such policies are ineffective in the long run as they are a temporary solution. In this study, it is stated that the emissions of the countries may be in path dependence, that is, a hysteresis effect. This is explained by the carbon hysteresis hypothesis in the current study.

One of the important concepts in the economics literature is the natural rate hypothesis in unemployment developed with the contributions of Friedman (1968) and Phelps (1999). According to this hypothesis, if unemployment in an economy deviates from equilibrium, it tends to return to the ex-level in the long run. Econometrically, the natural rate hypothesis states that the unemployment series is stationary. However, after the oil shocks that occurred in the early 70s, it was observed that the unemployment rates, which increased continuously, did not return to the ex-level and the natural rate hypothesis could not explain this situation. In other words, while the hysteresis hypothesis is valid, the unemployment series does not tend to return to the old level in the long run and has a unit root econometrically.

The carbon hysteresis hypothesis (CHH) states that continuous and increasing emissions may be under the effect of hysteresis (Caglar, 2021; Caglar & Mert, 2022). The sustained increases in carbon emissions are similar to the ever-increasing unemployment rates in the 70s. Caglar (2021) and Caglar & Mert (2022) explain the hysteresis effect econometrically as follows: If the carbon emissions series have a unit root, the CHH will be valid. Under the validation of CHH, if the emissions reach equilibrium at a point above the old equilibrium level, the positive CHH will be valid, while if the new equilibrium is achieved below the former equilibrium level, the negative CHH will be valid. At this point, the negative CHH indicates a significant reduction of emissions in the long run. If the emissions are stationary, there will be no hysteresis effect



Çağlar, A. E. & Mert, M. (2022). Türkiye’de Karbon Histeri Hipotezi Geçerli midir?: Fourier Birim Kök Testlerinden Kanıtlar. *Fiscaeconomia*, 6(3), 1587-1610. Doi: 10.25295/fsecon.1119030

and protective climate policies will not be valid since emissions are resistant to shocks and return to their old equilibrium level in the long run. As a result, CHH can be investigated by unit root tests. When the CHH is valid, the direction of hysteresis can be determined by estimating the appropriate trend function of the emissions, such as linear or quadratic. The positive sign of the trend coefficient indicates positive hysteresis while the negative sign of the coefficient indicates negative hysteresis.

In this study CO₂ series (metric ton, per capita) of Turkey obtained from the World Bank online database is used for the period 1960-2018. For unit root analysis, both traditional ADF and Fourier ADF developed by Enders & Lee (2012a) and Fourier LM unit root tests developed by Enders & Lee (2012b) are used. In addition to these, the FFFFF-ADF approach, which allows for fractional frequency, is also included in the research to increase the reliability of the study results. The FFFFF-ADF approach is presented into the literature by Omay (2015). According to the results of unit root tests CHH is valid in Turkey. The hysteresis may not behave in the same direction or with the same intensity throughout the entire time period. In some periods, for example, the severity of hysteresis may increase (the slope of the trend may increase) or in some periods, the direction of hysteresis (the sign of the slope coefficient) may change. It is thought that it would be useful to deal with hysteresis in emissions in parts by dividing it into significant regimes rather than over the entire sample period.

With the help of unit root tests, it has been determined that emissions in Turkey follow a non-stationary process. These results confirm that there is a path dependency in Turkey. In other words, carbon emissions are affected by their past behavior. However, since the direction of hysteresis is not known at the moment, we do not have any information about whether the path dependence is positive or negative. In this context, emissions in Turkey are affected by policy shocks. So, the carbon hysteresis hypothesis is valid. Nevertheless, the next step in the study is to determine the direction of hysteresis. After determining the direction of hysteresis, it can be determined which kind of policies will be effective. When determining the direction of hysteresis, the entire sample can be used. However, in this case, various shocks occurring throughout the time series are not taken into account. Sample periods can be divided into various regimes to overcome this difficulty. For this, Çağlar & Mert (2022) recommend the Bai & Perron (1998, 2003a, 2003b) approach. Thus, Bai & Perron’s (1998, 2003a, 2003b) approach is used, which decides on the m number breaks in the series and consequently, the $m + 1$ regimes. Double maximum tests and sequential Bai-Perron test are performed to obtain these breaks and regimes. By analyzing the line graph of emissions, the linear trend function can be appropriate for each regime. As a result, we have obtained 3 breaks (1971, 1986, 2001) and 4 regimes (1960-1970, 1971-1985, 1986-2000, 2001-2018). For all regimes, the coefficients of the trend are positive, so the positive CHH is valid in all regimes in Turkey. In regimes, the severities of the hysteresis are different. It is seen that the severity of positive hysteresis increases from the first regime to the last regime. Thus, it is seen that carbon emissions in Turkey are heavily dependent on the past. Since this path dependency is positive, it is objectionable both in Turkey and globally. Policies to reverse path dependency should be long-term because carbon emissions are strongly dependent on the past and can be reversed with long-term policies.



Çağlar, A. E. & Mert, M. (2022). Türkiye’de Karbon Histeri Hipotezi Geçerli midir?: Fourier Birim Kök Testlerinden Kanıtlar. *Fiscaeconomia*, 6(3), 1587-1610. Doi: 10.25295/fsecon.1119030

Precautions to minimize environmental damage in Turkey should be guaranteed by law as soon as possible. The establishment of the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change in Turkey in 2021 is one of the important policies to increase environmental quality. Turkey should also make progress in terms of human capital, especially in the prevention of environmental damage. By starting from primary education, pieces of training on climate change can be given at every step of life. Once environmental awareness has been awakened in people, environmental damage can be partially remedied with effective government policies. For example, foreign direct investment (FDI) should be supported since, for Turkey, there is evidence that the asymmetric pollution halo hypothesis is valid, meaning that positive shocks in FDI decrease emission increase (Mert & Caglar, 2020). Policymakers should reverse the path dependence on emissions by initiating fossil-to-green transition programs. Otherwise, with the exacerbation of the positive hysteresis, the harmful effects of climate change may increase.