

Yayın Geliş Tarihi: 29.04.2019

Yayın Onay Tarihi: 29.11.2019

DOI No: 10.35343/kosbed.559001

Hakan GÜNEŞ •

CO₂ Emisyonu, Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: 34 OECD Ülkesi için Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi

CO₂ Emission, Electricity Consumption and Economic Growth Relation: Toda-Yamamoto Causal Analysis for 34 OECD Countries

Özet

Üretim ve ticari faaliyetlerin artırılması ekonomik büyümenin kendisi olmaktadır. Ekonomik büyümeyle birlikte ülkelerin enerji talebi de artmaktadır. Artan enerji talebinin karşılanması, küresel ısınmayı ve çevre tahribatını artırarak dünyayı olumsuz etkilemektedir. Bu kapsamda 1997'deki Kyoto Protokolü çerçevesinde karbondioksit (CO₂) emisyonuna çeşitli sınırlamalar getirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, 34 OECD ülkesinde CO₂ emisyonu, elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini incelemektir. Bu kapsamda 1995-2014 yıllarına ait veriler panel veri analiziyle test edilmiş ve serilerde yatay kesit bağımlılığı olduğundan ikinci nesil panel birim kök testleri kullanılmıştır. Değişkenler aynı derecede durağan olmadığı için ARDL modeli çerçevesinde Toda-Yamamoto nedensellik analizi yapılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre, Westerlund eşbütünleşme testi doğrultusunda değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşik bir ilişki tespit edilmiştir. Yapılan nedensellik analizinde ise CO₂ emisyonundan elektrik tüketimine ve ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. Diğer değişkenler arasında ise herhangi bir nedensellik bulunmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik büyüme, elektrik tüketimi, CO₂ emisyonu, Toda-Yamamoto nedensellik analizi.

Jel Kodları: F43, O44, Q56

Abstract

Increasing production and commercial activities is the economic growth itself. Economic growth increases also the energy demand of the countries. The increasing demand for energy adversely affects the world by increasing global warming and environmental destruction. The scope of the Kyoto Protocol of 1997, various restrictions have been imposed on carbon dioxide (CO₂) emissions. The aim of this study is to examine the relationship between CO₂ emission, electricity consumption and economic growth in 34 OECD countries. In this context, the data for the years 1995-2014 were tested with panel data analysis and second-generation panel unit root tests were used since the series had horizontal cross-sectional dependence. Since the variables were not equally stable, Toda-Yamamoto causality analysis was performed within the framework of ARDL model. According to

• Bartın Üniversitesi Bartın Meslek Yüksekokulu Muhasebe ve Vergi Bölümü, hakangunes@bartin.edu.tr, Orcid no: 0000-0002-0537-3637

the results of the study, in the direction of Westerlund cointegration test, a long-term cointegrated relationship was found between the variables. In the causality analysis, a one-way causality from CO₂ emission to electricity consumption and economic growth was determined. There was no causality among the other variables.

Keywords: Economic growth, electricity consumption, CO₂ emission, Toda-Yamamoto causality analysis.

Jel Codes: F43, O44, Q56

Giriş

Küreselleşme ile beraber ülkelerin ekonomik faaliyetleri hızlı bir şekilde artış göstermiştir. Üretimde, dış ticarete ve ekonomik büyümedeki artış çevrenin de hızla kirlenmesine ve küresel ısınmaya neden olmuştur. Atmosferdeki sera gazı miktarının artmasıyla birlikte dünyada iklim değişiklikleri görülmeye başlamıştır. Bu çerçevede 1992'de Birleşmiş Milletler İklim Değişiklikleri Sözleşmesine dayanarak 1997'de Kyoto Protokolü imzalanmıştır. Bu anlaşma çerçevesinde özellikle gelişmiş ülkelere sera gazı emisyonlarını sınırlayan hükümler getirilmiştir.

Sanayi Devriminden beri dünya ülkeleri daha yüksek ekonomik büyüme için özellikle yenilenemez kaynakları hızlı bir biçimde kullanmaktadır. Bu hızlı büyüme yarışı sera gazı emisyonlarında ve özellikle CO₂ emisyonlarında artışa neden olmuştur (Tiwari, 2011:165; Pehlivanoglu ve Tekçe, 2013: 367). Her ne kadar CO₂ emisyonları dünyada azalsa da halen olması gerekenin çok üstündedir. Örneğin 2005'de Lüksemburg'da CO₂ emisyonu kişi başına 24,8 metrik ton iken 2014'de 17,4'e; ABD'de 2000'de 20,2 iken 2014'de 16,5'e düşürülmüştür. Türkiye'de ise 2014 yılı itibariyle kişi başına 4,5 metrik tondur.

Bu çalışmanın temel amacı, CO₂ emisyonu ile elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemektir. Bu kapsamda, ilk olarak konu ile ilgili teorik bilgiler verilmiş ve ülkelere ait göstergeler yorumlanmıştır. Sonrasında, üç değişkeni aynı anda ele alan literatür taramasına yer verilmiştir. 34 OECD ülkesinin 1995-2014 dönemine ait verilerini ele alan bu çalışmada, CO₂ emisyonu ile elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki 2. nesil panel birim kök testleriyle ele alınmış, daha sonra Westerlund eşbütünleşme testi ve ARDL modeli çerçevesinde Toda-Yamamoto nedensellik testi ile analiz edilmiştir.

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ele alan öncü çalışma Kraft ve Kraft (1978)'a aittir. Söz konusu çalışmada enerji tüketiminin, üretimde emeğin ve sermayenin önemli bir tamamlayıcısı olduğu ifade edilmiş ve elektrik tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir (Kraft ve Kraft, 1978: 403). Bununla birlikte literatürde ekonomik büyümeden elektrik tüketimine doğru tek yönlü; ekonomik büyüme ile elektrik tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu ileri süren hipotezler de vardır. Akademik literatürde iki değişken arasındaki

ilişkiyi ele alan çalışmalar oldukça fazlayken, üç değişkeni ele alan çalışmalar sınırlıdır. Bu yüzden bu çalışmanın akademik literatüre katkısı olacağı düşünülmektedir.

1. Teorik ve Kavramsal Çerçeve

Ekonomik büyüme ile çevre arasında doğrudan bir ilişki vardır. Ekonomi büyüdükçe çevre daha çok tahrip olmaktadır. Bir ülkede ekonomik büyüme sağlanırken; tarım, sanayi ve hizmetler sektöründe enerji talebi de genişleyecektir. Kısacası ekonomik büyümedeki artış enerji ihtiyacını ve talebini arttırarak çevrenin daha çok zarar görmesine neden olacaktır.

Enerji, ekonomik büyüme ve kalkınma için önemli bir yere sahiptir. Çünkü enerji sektörü diğer sektörler de girdi sağlamaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın (International Energy Agency) 2016 yılı raporunda, 2014-2040 yılları arasında dünyadaki ekonomik büyümenin yıllık ortalama %3,4 ve dünya enerji talebinin ise %30 artış göstermesi beklendiği ifade edilmektedir (Öncel vd., 2017:400). Enerji kaynakları birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak iki kısımda ele alınabilir. Birincil enerji kaynakları, petrol, doğalgaz, güneş ve rüzgâr enerjilerini kapsarken; ikincil enerji kaynakları elektrik ve hidrojen enerjisini içermektedir. Bu çalışmada ikincil enerji kaynaklarından elektrik enerjisi ele alınmıştır.

Son yıllarda çevre ile gelir arasındaki ilişki akademik literatürde oldukça araştırılan konulardan biri haline gelmiştir. 1950'lerde ortaya çıkan Kuznets eğrisi gelir eşitsizliği ile kişi başına gelir arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu ilişki 1990'larda çevreye uyarlanarak Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) adını almıştır. Çevresel Kuznets Eğrisi, Dünya Bankası'nın 1992'de Dünya Kalkınma Raporunu yayınlamasıyla popüler hale gelmiştir. Bu rapora göre, daha büyük ekonomik faaliyetlerin çevreye zarar vermesi, teknolojiye, zevklere ve çevresel yatırımlara ilişkin statik varsayımlara dayanmaktadır. Aynı zamanda gelir arttıkça çevre için gelişme talebi de artacaktır (Stern, 2003:2). ÇKE, ekonomik büyüme ile çevre kirliliğinin ve çevreye zararın artacağı, gelir düzeyi belli noktaya geldikçe de çevre kirliliğinin azalacağını göstermektedir (Gill et all., 2017:158). Özetle Ters U şeklindeki ÇKE, ekonomik gelişmenin ilk aşamalarında çevresel bozulmaların arttığını, kişi başına düşen gelir belli bir seviyeyi aştığında çevresel bozulmaların azaldığını ifade etmektedir. Sanayi öncesi ekonomilerde gelir arttıkça çevre kirliliği de artmakta; sanayi sonrası ekonomilerde ise gelir artışıyla beraber çevre kirliliği de azalmaktadır.

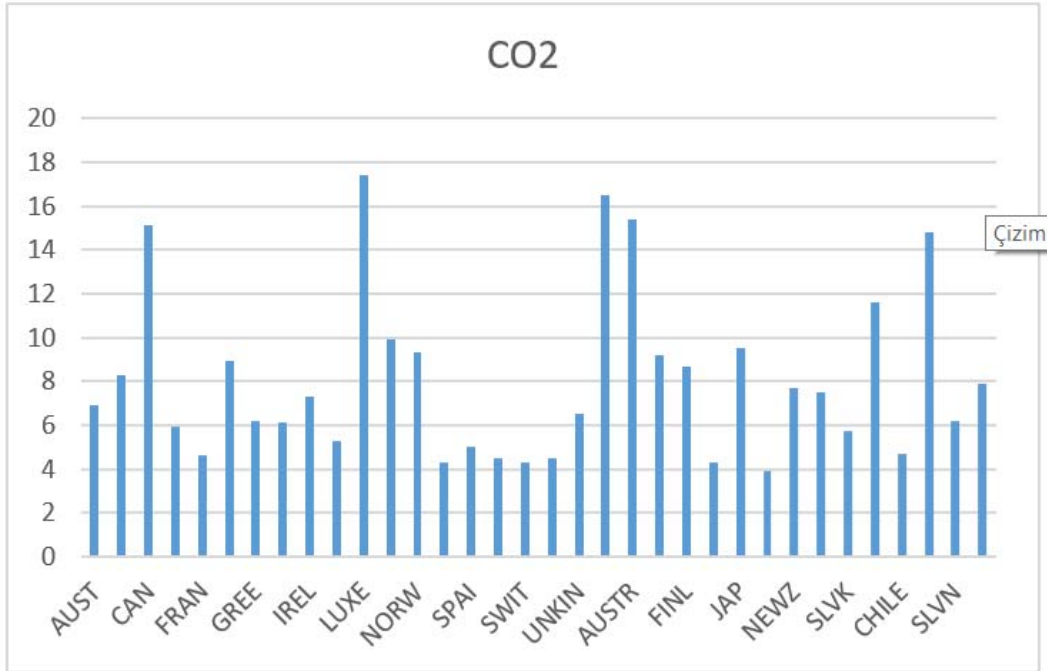
Dünya Enerji Görünümü'nün (WEO) 2014'de yayınlanan raporunda, yerküre ısısının 2°'nin altında sınırlandırılabilmesi için atmosferdeki CO₂ miktarının maksimum 2300 Gt olması gerektiği belirtilmiştir. Ancak bu miktarın yaklaşık %50'si dolmuştur ve 25 yıl içerisinde mevcut politikaların devam etmesi halinde diğer yarısının da dolacağı öngörülmektedir (Kızılkaya vd., 2015:2). Ancak bugünün sanayileşmiş ülkeleri geçmişte "önce kirlet, daha sonra kirlenmeyi kontrol et" ilkesini benimsemişlerdir (Erdoğan ve Ganiev, 2016:761).

Gelişmiş ülkeler çevresel sorunların çözümü için 1992'de Rio de Janeiro'da "İklim Değişikliği Üzerine Birleşmiş Milletler Temel Konvansiyonu (UNFCCC)" anlaşmasını imzalamış ve UNFCCC ile kararlaştırılan "Kyoto Protokolü" 11 Aralık 1997'de Kyoto'da

imzalanarak 16 Şubat 2005'de 37 gelişmiş ülkeye bağlayıcı sınırlar koyan hükümleriyle devreye girmiştir. Kyoto Protokolü'ne göre gelişmiş ülkeler atmosfere zarar verici gaz emisyonlarını 2008-2012 arasında, 1990 yılı seviyelerinin en az %5 altına çekmek zorundadırlar (Özcan, 2013: 1138).

Enerjiye dayalı CO₂ emisyonunun gelişmiş ülkelerde 14 milyar ton civarında kalacağı, gelişmekte olan ülkelerde ise 16 milyar tondan 28 milyar tona yükseleceği beklenmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde sanayi sektörünün enerji talebi 2007-2035 döneminde yıllık ortalama yüzde 1,8 artarken, gelişmiş ülkelerde üretim daha çok imalat sanayiden hizmet sektörüne kaydığı için, yıllık enerji talep artışı yalnızca yüzde 0,2 oranında gerçekleşebilecektir (Yılmaz, 2013: 389). Grafik 1'de 34 OECD ülkesine ait 2014 yılında CO₂ emisyonları gösterilmiştir.

Grafik 1: 34 OECD Ülkesi İçin CO₂ Emisyonları (2014)



Kaynak: Erişim: 21/10/2019, <https://databank.worldbank.org/home.aspx>

Grafik 1'e göre, en çok CO₂ emisyonuna sahip ülkeler sırasıyla Lüksemburg, ABD, Avustralya ve Kanada'dır. En az CO₂ emisyonuna sahip ülkeler ise sırasıyla Yeni Zelanda, İsviçre, Portekiz ve Japonya'dır. Kyoto Protokolü gereği, ülkeler zararlı gaz emisyonlarını kısmalıdır. Ancak gelişmiş ülkeler sorumluluklarını tam olarak yerine getirememiştir.

2. Literatür Taraması

Elektrik tüketimi, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme ilişkisini ele alan birçok çalışma mevcuttur. Ancak çalışmaların büyük çoğunluğu sadece iki değişkeni

karşılaştırmıştır. Bu üç değişkeni aynı anda ele alan çalışmalar çok fazla değildir. Tablo 1'deki literatür taramasında söz konusu üç değişkeni ele alan çalışmalara yer verilmiştir.

Tablo 1: Elektrik Tüketimi, CO₂ Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi İçin Literatür Taraması

| Yazar (lar) | Ülke (ler) | Yöntem | Değişkenler | Sonuç |
|--------------------------|---|---|---|--|
| Chang (2010) | Çin (1981-2006) | Eşbütünleşme ve nedensellik testi | CO ₂ emisyonu, reel GSYİH ve enerji tüketimi | Ekonomik büyüme ile CO ₂ emisyonu arasında ve ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında çift yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. |
| Tiwari (2011) | Hindistan (1970-2007) | Eşbütünleşme ve nedensellik testi | CO ₂ emisyonu, reel GSYİH ve enerji tüketimi | Ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik bulunmuştur. Ayrıca değişkenler arasında eşbütünleşik bir ilişki yoktur. |
| Wang et all. (2011) | Çin'deki 28 il (1995-2007) | Panel eşbütünleşme ve nedensellik testi | CO ₂ emisyonu, reel GSYİH ve enerji tüketimi | Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmuştur ve enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. Ayrıca enerji tüketimi ile CO ₂ emisyonu arasında da çift yönlü bir nedensellik bulunmuştur. |
| Akpan and Akpan (2012) | Nijerya (1970-2008) | ARDL analizi | CO ₂ emisyonu, reel GSYİH ve enerji tüketimi | Ekonomik büyümeden CO ₂ emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. |
| Farhani and Rejeb (2012) | 15 MENA ülkesi (1973-2008) | Panel eşbütünleşme ve nedensellik testi | CO ₂ emisyonu, GSYİH ve enerji tüketimi | Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmuştur ve enerji tüketiminden GSYİH ve CO ₂ emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir. |
| Hamit-Haggar (2012) | Kanada'daki 21 sanayi sektörü (1990-2007) | Panel eşbütünleşme ve nedensellik testi | CO ₂ emisyonu, GSYİH ve enerji tüketimi | Ekonomik büyümeden ve enerji tüketiminden CO ₂ emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. |
| Shahbaz et all. (2012) | Pakistan (1971-2009) | ARDL analizi | CO ₂ emisyonu, GSYİH ve enerji tüketimi | Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmuştur ve ekonomik büyümeden CO ₂ emisyonuna tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Kısa ve uzun dönemde enerji tüketimi CO ₂ emisyonunu arttırmaktadır. |

| | | | | |
|----------------------------|--------------------------------|--|--|--|
| Cowan et al. (2014) | BRICS ülkeleri (1990-2010) | Panel nedensellik testi | CO2 emisyonu, reel GSYİH ve elektrik tüketimi | Brezilya'da CO ₂ emisyonundan GSYİH'ya tek yönlü, Rusya'da GSYİH ile elektrik tüketimi ve CO ₂ emisyonu arasında çift yönlü, Hindistan'da elektrik tüketiminden CO ₂ 'ye tek yönlü ve Güney Afrika'da GSYİH'dan elektrik tüketimi ve CO ₂ 'ye tek yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. Çin'de ise değişkenler arasında nedensel bir ilişki yoktur. |
| Sebri and Ben-Salha (2014) | BRICS ülkeleri (1971-2010) | ARDL analizi | CO2 emisyonu, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi | Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. |
| Antonakakis et al. (2015) | 106 ülke (1971-2011) | Panel VAR modeli | CO2 emisyonu, reel GSYİH ve enerji tüketimi | Ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. |
| Büyükyılmaz ve Mert (2015) | Türkiye (1960-2010) | MS-VAR analizi | CO2 emisyonu, kişi başı GSYİH ve kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi | Değişkenler arasında çift yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Ancak ele alınan Markov rejimleri doğrultusunda katsayıların farklı olduğu bulunmuştur. |
| Bozkurt ve Okumuş (2015) | Türkiye (1966-2011) | Eşbütünleşme testi | CO2 emisyonu, GSYİH ve enerji tüketimi | Ekonomik büyümedeki % 1'lik bir artış CO2 emisyonunu % 0.11 artırmaktadır. |
| Kızılkaya vd. (2015) | Türkiye (1967-2010) | Eşbütünleşme testi | CO2 emisyonu, ekonomik büyüme ve ulaşım sektörü enerji tüketimi | Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmuştur ve CO2 emisyonu ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. |
| Doğan ve Topallı (2016) | Türkiye (1965-2013) | Doğrusal ve doğrusal olmayan nedensellik analizi | CO2 emisyonu, GSYİH ve enerji tüketimi | Enerji tüketiminden ve CO ₂ emisyonundan ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. |
| Erdoğan ve Ganiev (2016) | 8 Orta Asya ülkesi (1992-2013) | Sabit etkiler modeli | CO2 emisyonu, kişi başı GSYİH ve enerji tüketimi | CO ₂ emisyonu ile kişi başı gelir arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca tahmin sonuçlarına göre, enerji tüketimindeki %1'lik artış CO ₂ emisyonunu 0,85 birim azaltmaktadır. |

| | | | | |
|-----------------------|-------------------------|---|--|--|
| Alper ve Alper (2017) | Türkiye (1985-2014) | ARDL analizi | CO ₂ emisyonu, GSYİH ve ham petrol tüketimi | Ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin uzun dönemde çevre kirliliğini arttırdığı ancak ekonomik büyümenin, enerji tüketimine göre çevreye daha fazla zarar verdiği tespit edilmiştir |
| Ergün ve Polat (2017) | G7 ülkeleri (1980-2010) | Panel eşbütünleşme ve nedensellik testi | CO ₂ emisyonu, GSYİH ve enerji tüketimi | G7 ülkelerinde CO ₂ emisyonu ile GSYH ve GSYH ile elektrik tüketimi arasında çift yönlü, elektrik tüketiminden CO ₂ emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. |
| Özkök ve Polat (2018) | G7 ülkeleri (1980-2011) | Panel eşbütünleşme ve nedensellik testi | CO ₂ emisyonu, GSYİH ve enerji tüketimi | G7 ülkelerinde GSYH ile CO ₂ emisyonu ve GSYH ile enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu görülmüştür. |
| Yenisu (2018) | Türkiye (1960-2013) | Eşbütünleşme ve nedensellik testi | CO ₂ emisyonu, GSYİH ve enerji tüketimi | Enerji tüketiminden ekonomik büyümeye ve CO ₂ emisyonuna tek yönlü ve ekonomik büyümeden CO ₂ emisyonuna tek yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. |

Tablo 1’de 19 farklı çalışmanın sonucu verilmiştir. Bu çalışmalardan altısı Türkiye ekonomisini ele almaktadır. Bu çalışmaların genelinde enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ve CO₂ emisyonu ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki mevcuttur. Diğer on üç çalışma ise farklı ülke gruplarını ele almaktadır. Bu çalışmalarda da CO₂ emisyonu ile ekonomik büyüme arasında ve enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında genelde tek yönlü ilişki tespit edilmiştir.

3. Veri Seti, Ekonometrik Model ve Bulguların Yorumlanması

3.1. Veri Seti ve Ekonometrik Model

34 OECD ülkesinde CO₂ emisyonu ile ekonomik büyüme ve elektrik tüketimi ilişkisini analiz etmek için 1995-2014 dönemine ait yıllık verilerden oluşan seriler logaritması alınarak kullanılmıştır. Söz konusu ülkeler; Avusturya, Belçika, Kanada, Danimarka, Fransa, Almanya, Yunanistan, İzlanda, İrlanda, İtalya, Lüksemburg, Hollanda, Norveç, Portekiz, İspanya, İsveç, İsviçre, Türkiye, Birleşik Krallık, ABD, Avustralya, Çekya, Finlandiya, Macaristan, Japonya, Meksika, Yeni Zelanda, Polonya, Slovakya, Güney Kore’dir. Seriler Dünya Bankası’nın veri tabanı olan “databank.worldbank.org” adresinden temin edilmiştir.

Çalışmada 34 OECD ülkesi için kullanılan model şu şekilde tanımlanmaktadır:
$$\text{LOGCO}_{2it} = \alpha_{it} + \beta_1 \text{LOGGDP}_{it} + \beta_2 \text{LOGEC}_{it} + \epsilon_{it}$$

Burada; $i=1, \dots, N$ ele alınan ülkeleri, $t=1, \dots, T$ zamanı, LOGCO2; metrik ton olarak kişi başına karbondioksit emisyonunun logaritmasını, LOGEC; kWh olarak kişi başına enerji tüketiminin logaritmasını ve LOGGDP; büyüme oranının logaritmasını göstermektedir.

Bu çalışmada CO₂ emisyonu, elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki uzun dönem ilişkisi ile bu değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi panel veri yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu amaçla ilk olarak çalışmada kullanılan değişkenlere ait serilerin durağanlıkları ikinci kuşak panel birim kök testleri ile analiz edilmiştir. Panelde değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin olup olmadığını test etmek için Westerlund panel eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Son olarak çalışmada kullanılan değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin olup olmadığı Toda-Yamamoto nedensellik testi ile analiz edilmiştir.

3.2. Ekonometrik Yöntem ve Bulguların Değerlendirilmesi

Bu çalışmada öncelikle yatay kesit bağımlılığı sınanmıştır. Eğer yatay kesit bağımlılığı varsa herhangi bir makroekonomik şoktan bütün yatay kesit birimleri aynı seviyede etkilenebilmektedir. Örneğin 2008 finansal krizinin yansımaları tüm ülkelerde 2009'da görüldüğü için tüm ülkeler bundan etkilenebilmektedir. Bu yüzden CD_{LM} testiyle yatay kesit bağımlılığı test edilmektedir. CD_{LM} testine ait hipotezler aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

H₀: Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

H₁: Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Elde edilecek olasılık değeri % 5'ten küçük olduğunda, %5 anlamlılık düzeyinde, H₀ hipotezi reddedilmekte ve paneli oluşturan birimler arasında yatay kesit bağımlılığı olduğuna karar verilmektedir (Pesaran, 2008:17). Tablo 2'de değişkenlere ait yatay kesit bağımlılığı testi yer almaktadır.

Tablo 2: Değişkenlere Ait Yatay Kesit Bağımlılığı Testi

| | CD Test | Test İstatistiği | Prob. |
|----------------|---------------------------------------|------------------|--------|
| LOGGROW | CD _{LM1} (Breusch-Pagan LM) | 4225.670 | 0.0000 |
| | CD _{LM2} (Pesaran scaled LM) | 108.3903 | 0.0000 |
| | CD _{LM3} (Pesaran CD) | 60.04076 | 0.0000 |
| | Bias-corrected scaled LM | 107.5403 | 0.0000 |
| LOGEC | CD _{LM1} (Breusch-Pagan LM) | 5212.479 | 0.0000 |
| | CD _{LM2} (Pesaran scaled LM) | 137.8505 | 0.0000 |
| | CD _{LM3} (Pesaran CD) | 52.71819 | 0.0000 |
| | Bias-corrected scaled LM | 137.0005 | 0.0000 |
| LOGCO2 | CD _{LM1} (Breusch-Pagan LM) | 4406.651 | 0.0000 |
| | CD _{LM2} (Pesaran scaled LM) | 113.7933 | 0.0000 |
| | CD _{LM3} (Pesaran CD) | 30.52863 | 0.0000 |
| | Bias-corrected scaled LM | 112.9433 | 0.0000 |

Tablo 2'ye göre tüm CD_{LM} testlerinin olasılık değerleri % 5'ten küçük olduğundan ekonomik büyüme, elektrik tüketimi ve CO₂ emisyonu değişkenleri için paneli oluşturan birimler arasında yatay kesit bağımlılığı bulunduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Bu sonuçlara göre ülkelerin birinin ekonomik büyümelerine, elektrik tüketimlerine veya CO₂ emisyonlarına gelen bir şok, diğer ülkelerinde ilgili göstergelerini etkilemektedir. Bu nedenle, bu ülkelerdeki karar vericiler politikalarını belirlerken, diğer ülkelerin uyguladıkları politikaları ve etkileyen şokları da göz önünde bulundurmalarıdır. Çalışmanın daha sonraki aşamasında yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil birim kök testleri kullanılmalıdır. Tablo 3'de CADF birim kök testi sonuçları verilmiştir.

Tablo 3: CADF Birim Kök Testi Sonuçları

| Değiş- ken / Ülkeler | GROW-test istat. (seviye) | EC-test istat. (seviye) | Δ EC- test istat. (1.fark) | CO2- test istat. (seviye) | Δ CO2 test istat. (1.fark) |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| AUST | -3.1976 | -1.9800 | -1.9761 | -0.2359 | -2.1316 |
| BELG | -2.8317 | -1.8965 | -2.3263 | 0.5640 | -4.4915 |
| CAN | -2.4204 | -0.7461 | -3.2541 | -0.5854 | -3.1319 |
| DENM | -2.4965 | 0.4895 | -2.4161 | -0.1392 | -4.4919 |
| FRAN | -2.7069 | -1.9767 | -2.5389 | 2.0915 | -2.7350 |
| GERM | -4.3887 | -1.7588 | -2.8022 | -1.1645 | -3.5815 |
| GREE | -1.7797 | -2.4333 | -1.7102 | 0.0144 | -1.2472 |
| ICEL | -3.0275 | -1.4826 | -2.3468 | -0.7602 | -1.9801 |
| IREL | -2.0468 | -2.4756 | -1.3648 | 0.3927 | -1.7963 |
| ITAL | -2.7261 | -1.9497 | -1.2489 | 1.1643 | -1.3023 |
| LUXE | -3.3580 | -1.3784 | -3.9103 | -1.5763 | -1.9362 |
| NETH | -2.4067 | -2.8033 | -2.0798 | -0.6558 | -3.2765 |
| NORW | -2.5054 | -1.9344 | -5.0038 | -2.0805 | -3.9601 |
| PORT | -1.8460 | -3.0497 | -1.0913 | -0.3682 | -2.1001 |
| SPAI | -1.5293 | -3.2015 | -1.0122 | -1.0486 | -1.8208 |
| SWED | -3.3955 | 0.8796 | -2.5273 | -0.7025 | -3.7203 |
| SWIT | -3.4961 | -1.3958 | -0.5726 | 0.0413 | -5.5208 |
| TURK | -2.5473 | -0.9113 | -3.7532 | -0.2553 | -3.6335 |
| UNKIN | -2.2129 | 0.8548 | -1.4199 | 2.0068 | -2.1808 |
| USA | -2.1361 | -2.0823 | -3.6208 | 0.1549 | -3.1036 |
| AUSTR | -2.3368 | -2.8293 | -1.8159 | -0.5944 | -0.7959 |
| CZEC | -2.9117 | -1.1135 | -2.5086 | 0.1528 | -4.2833 |
| FINL | -2.5667 | -2.6578 | -3.0325 | -1.4422 | -4.5626 |

| Değişken Ülkeler | GROW-test istat. (seviye) | | EC-test istat. (seviye) | | Δ EC- test istat. (1.fark) | | CO2- test istat. (seviye) | | Δ CO2 test istat. (1.fark) | |
|-----------------------|---------------------------|--------|-------------------------|--------|----------------------------|--------|---------------------------|--------|----------------------------|--------|
| | İst. | Olas. | İst. | Olas. | İst. | Olas. | İst. | Olas. | İst. | Olas. |
| HUNG | -2.0079 | | -1.5193 | | -2.6783 | | 0.8131 | | -2.7130 | |
| JAP | -3.6330 | | -1.8787 | | -3.9608 | | -2.7945 | | -3.8610 | |
| MEX | -3.3898 | | -2.9241 | | -3.0157 | | -2.5207 | | -2.4070 | |
| NEWZ | -1.9688 | | -1.1974 | | -1.4531 | | -1.2119 | | -2.9235 | |
| POL | -2.6652 | | 0.0625 | | -4.2248 | | -2.3002 | | -2.5387 | |
| SLVK | -2.9040 | | -2.2446 | | -5.6548 | | 0.3796 | | -3.4909 | |
| SKORE | -4.4895 | | -1.6600 | | -3.7964 | | -0.7748 | | -5.3660 | |
| CHILE | -3.1634 | | -2.0442 | | -2.5359 | | -1.6690 | | -3.5336 | |
| ESTON | -2.9844 | | -0.4898 | | -3.1565 | | -1.3409 | | -4.8337 | |
| SLVN | -2.5663 | | -1.9038 | | -2.8582 | | 0.1456 | | -2.7907 | |
| ISRA | -3.3028 | | -3.0054 | | -1.7653 | | -1.2439 | | -3.1085 | |
| IPS -W istatistiği | 7.48022 | 0.0000 | 0.9255 | 0.1774 | 6.63625 | 0.0000 | 5.94293 | 1.0000 | 9.40519 | 0.0000 |

Not: Gecikme uzunluğu SIC kriterine göre belirlenmiştir ve toplam gözlem sayısı 613 (1.farkında 579)'tür.

Tablo 3'te verilen CADF birim kök testi sonuçları göre, panelin genelinde (ekonomik büyüme hariç), serilerin birinci farkları alındığında durağan hale geldiği görülmüştür. Birinci farkı alınan serilere yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil eşbütünleşme testlerinde Westerlund panel eşbütünleşme testi uygulanmıştır.

Westerlund, Pedroni eşbütünleşme testinin eksikliğini gidermek için, ikisi grup ortalama, diğer ikisi de panel istatistikleri olarak dört panel eşbütünleşme testi geliştirmiştir (Westerlund, 2007:718). Tablo 4'de Westerlund panel eşbütünleşme testi sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 4: Westerlund Panel Eşbütünleşme Testi

| İstatistik | Değer | z değeri | Olasılık |
|------------|---------|----------|----------|
| Gt | -2.316 | -5.197 | 0.000 |
| Ga | -7.683 | -1.982 | 0.024 |
| Pt | -11.667 | -4.668 | 0.000 |
| Pa | -7.304 | -5.717 | 0.000 |

Tablo 4'te verilen Westerlund panel eşbütünleşme testi sonuçları, tüm istatistiklere göre H_0 hipotezinin reddedildiğini ve elektrik tüketimi, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme değişkenleri arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu göstermiştir. Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki tespit edildikten sonra değişkenlere ait nedensellik testleri yapılmıştır. Tablo 5'de değişkenler arasındaki Toda-Yamamoto nedensellik analizi sonuçları verilmiştir.

Tablo 5: Değişkenler Arası Toda-Yamamoto Granger Nedenselliği

| Bağımlı Değişken: LOGCO2 | | | |
|---------------------------------|----------|----|--------|
| Excluded | Chi-sq | df | Prob. |
| LOGEC | 10.28223 | 8 | 0.2458 |
| LOGGROW | 12.38455 | 8 | 0.1349 |
| ALL | 23.09485 | 16 | 0.1112 |

| Bağımlı Değişken: LOGEC | | | |
|--------------------------------|----------|----|--------|
| Excluded | Chi-sq | df | Prob. |
| LOGCO2 | 18.85713 | 8 | 0.0156 |
| LOGGROW | 8.104223 | 8 | 0.4234 |
| ALL | 28.10071 | 16 | 0.0308 |

| Bağımlı Değişken: LOGGROW | | | |
|----------------------------------|----------|----|--------|
| Excluded | Chi-sq | df | Prob. |
| LOGCO2 | 18.68592 | 8 | 0.0166 |
| LOGEC | 8.370981 | 8 | 0.3981 |
| ALL | 28.68962 | 16 | 0.0261 |

Tablo 5'deki Toda-Yamamoto nedensellik analizi sonuçlarına göre; CO₂ emisyonundan elektrik tüketimine ve ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. Diğer değişkenler arasında ise herhangi bir nedensellik mevcut değildir.

Sonuç

Sanayi Devrimiyle beraber ülkeler hızlı bir sanayileşme sürecine girmişlerdir. Bununla birlikte küreselleşme hareketleri dünyadaki üretimin, ticaretin ve GSYİH'nın hızla büyümesini sağlamıştır. Ancak ülkeler ekonomik olarak büyürken çevre sorunları hep göz ardı edilmiştir. 1992'de Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesiyle ve ardından 1997'deki Kyoto Protokolüyle çevre politikaları birçok ülkenin temel ekonomik politikası olmuştur. Bu çerçevede ülkeler CO₂ emisyonlarını azaltma yoluna gitmişlerdir. Çünkü artan karbon emisyonu küresel ısınmanın daha da artmasına ve iklim değişikliklerine neden olmaktadır. Dünyada enerji talebi ve enerji kullanımı ciddi sonuçlar doğurmaktadır. Bu çalışmada ikincil enerji kaynaklarından elektrik tüketimi alınmıştır. Çünkü elektrik tüketimi arttıkça buna bağlı olarak karbon emisyonu ve ekonomik büyüme de artmaktadır. Kısacası üç değişken birbirini etkilemektedir.

Bu çalışmada 34 OECD ülkesinde 1995-2014 dönemine ilişkin CO₂ emisyonu ile ekonomik büyüme ve elektrik tüketimi ilişkisi panel veri analiziyle test edilmiştir. Çalışmada serilere CD_{LM} testi uygulanmış ve serilerde yatay kesit bağımlılığı bulunmuştur. Bu yüzden serilere 2.nesil panel birim kök testlerinden CADF birim kök testi uygulanmıştır. Serilerin hepsi aynı dereceden durağan olmadığı için seriler ARDL modeliyle test edilmiştir. Daha sonra serilerde uzun dönemli ilişkinin test edilmesi için

Westerlund eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Sonrasında da değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin tespiti için Toda-Yamamoto nedensellik analizi yapılmıştır.

Çalışmanın sonucuna göre, değişkenler arasında eşbütünleşik bir ilişki tespit edilmiştir. Nedensellik analizinde ise, CO₂ emisyonundan ekonomik büyümeye ve CO₂ emisyonundan elektrik tüketimine tek yönlü bir nedensellik bulunmuştur. Elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasında ise herhangi bir nedensellik tespit edilememiştir. Yapılan literatür taramasında Cowan et all. (2014), Kızılkaya vd. (2015) ve Doğan ve Topallı'nın (2016) ulaştığı sonuçlar bu çalışmanın sonucu ile örtüşmektedir. Bu çalışmalarda da CO₂ emisyonundan ekonomik büyümeye ve elektrik tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. Bu doğrultuda ekonomik büyümenin ve sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için çevreyi daha az kirleten ve karbon emisyonunu azaltacak yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Kaynakça

- Akpan, G.E. and Akpan, U.F. (2012), Electricity Consumption, Carbon Emissions and Economic Growth in Nigeria, *International Journal of Energy Economics and Policy* Vol. 2, No. 4, 2012, pp.292-306.
- Alper, F.Ö. ve Alper, A.E. (2017), Karbondioksit Emisyonu, Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi İlişkisi: Türkiye İçin Bir ARDL Sınır Testi Yaklaşımı, *Sosyoekonomi*, Vol.25(33), 145-156.
- Antonakakis, N.; Chatziantoniou, I. and Filis, G. (2015), Energy Consumption, CO₂ Emissions, and Economic Growth: A Moral Dilemma, *Munich Personal RePEc Archive*, MPRA Paper No. 67422, posted 24. October 2015.
- Bozkurt, C. ve Okumuş, İ. (2015), Türkiye’de Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi, Ticari Serbestleşme Ve Nüfus Yoğunluğunun CO₂ Emisyonu Üzerindeki Etkileri: Yapısal Kırılmalı Eşbütünleşme Analizi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Yıl:2015, Cilt:12, Sayı:32, s.23-35.
- Büyükyılmaz, A. ve Mert, M. (2015), CO₂ Emisyonu, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin MS-VAR Yaklaşımı İle Modellenmesi: Türkiye Örneği, *Zeitschrift für die Welt der Türken, Journal of World of Turks*, Vol. 7, No. 3 (2015), pp.103-117.
- Chang, C. (2010), A Multivariate Causality Test Of Carbon Dioxide Emissions, Energy Consumption and Economic Growth In China, *Applied Energy* 87 (2010) 3533-3537.
- Cowan, W.N.; Chang, T., Inglesi-Lotz, R. and Gupta, R. (2014), The Nexus of Electricity Consumption, Economic Growth and CO₂ Emissions in The BRICS Countries, *Energy Policy*, Volume 66, March 2014, Pages 359-368.
- Doğan, İ. ve Topallı, N. (2016), Milli Gelir, Karbon Emisyonu ve Enerji Tüketimi: Türkiye İçin Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Nedensellik Analizi, *Business and Economics Research Journal* Volume:7, No:1, s.107-121.

- Erdoğan, M. ve Ganiev, J. (2016), Orta Asya Ülkelerinde CO₂ Emisyonu, İktisadi ve Finansal Gelişme ve Fosil Yakıt Enerji Tüketimi İlişkisi, *International Conference On Eurasian Economies* 2016, Hungary, pp.760-766.
- Ergün, S. ve Polat, M.A. (2017), G7 Ülkelerinde CO₂ Emisyonu, Elektrik Tüketimi ve Büyüme İlişkisi, *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, Nisan 2017, Cilt:5, Sayı:2, s.257-272.
- Farhani, S. and Rejeb, J.B. (2012), Energy Consumption, Economic Growth and CO₂ Emissions: Evidence from Panel Data for MENA Region, *International Journal of Energy Economics and Policy*, Vol. 2, No. 2, 2012, pp. 71-81.
- Pehlivanoglu, F.; Tekçe, E. (2013), Türkiye Elektrik Enerjisi Piyasasında Herfindahl-Hirschman ve CRm Endeksleri ile Yoğunlaşma Analizi, *AIBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Güz 2013, Cilt:13, Yıl:13, Sayı:2, 13: 363-385
- Gill, A.R.; Viswanathan, K.K. and Hassan, S. (2017), Is Environmental Kuznets Curve Still Relevant?, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(1), 156-165.
- Hamit-Haggar, M. (2012), Greenhouse Gas Emissions, Energy Consumption and Economic Growth: A Panel Cointegration Analysis From Canadian Industrial Sector Perspective, *Energy Economics* 34 (2012) 358-364.
- Kızılkaya, O.; Çoban, O. ve Sofuoğlu, E. (2015), Türkiye’de Karbondioksit Emisyonu, Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Dışa Açıklık İlişkisi: Eşbütünleşme Analizi, *EconWorld2015*, Torino, 18-20 August, Italy.
- Kraft, John and Arthur Kraft (1978), Relationship Between Energy and GDP, *Journal of Energy Finance & Development*, 3, 401-403.
- Öncel, A.; Kırca, M. ve İnal, V. (2017), Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: OECD Ülkelerine Yönelik Zamanla Değişen Panel Nedensellik Analizi, *Maliye Dergisi*, Temmuz-Aralık 2017; 173: 398-420.
- Özcan, B. (2013), The Nexus Between Carbon Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Middle East Countries: A Panel Data Analysis, *Energy Policy*, 62, 1138-1147.
- Özkök, C.S. ve Polat, M.A. (2018), CO₂ Emisyonu- Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkisi: G7 Ülkeleri Üzerine Ekonometrik Bir Analiz, *International Journal of Economic and Administrative Studies*, 2018 (21):33-46.
- Pesaran, M. Hashem and Yamagata, Takashi, (2008), Testing Slope Homogeneity in Large Panels, *Journal of Econometrics*, 142(1): 50-93.
- Sebri, M. and Ben-Salha, O. (2014), On The Causal Dynamics Between Economic Growth, Renewable Energy Consumption, CO₂ Emissions And Trade Openness: Fresh Evidence From BRICS Countries, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 39 (2014) 14-23.
- Shahbaz, M.; Lean, H.H. and Shabbir, M.S. (2012), Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Pakistan: Cointegration And Granger Causality, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (2012), pp.2947-2953.
- Stern, D.I. (2003), The Environmental Kuznets Curve, *International Society for Ecological Economics, Internet Encyclopaedia of Ecological Economics*, June 2003.

- Tiwari, A.K. (2011), Energy Consumption, CO₂ Emissions and Economic Growth: A Revisit of The Evidence From India, *Applied Econometrics and International Development*, Vol. 11-2 (2011), pp.165-189.
- Tiwari, A.K. (2011), Primary Energy Consumption, CO₂ Emissions and Economic Growth: Evidence from India, *South East European Journal of Economics and Business*, Vol. 6, No. 2, pp.99-117.
- Wang, S.S.; Zhou, D.Q.; Zhou, P. and Wang, Q.W. (2011), CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China: A Panel Data Analysis, *Energy Policy* 39 (2011), pp. 4870–4875.
- Westerlund, J. (2007), Testing for Error Correction in Panel Data, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, No: 69/6, pp. 709-748.
- Yenisu, E. (2018), Enerji Tüketimi, CO₂ Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği, *Van YYÜ İİBF Dergisi*, 3(5), 9-29.
- Yılmaz, M. (2013), Dış Ticaret ve Çevre İlişkisi: Kirlilik Yaratan Sektörler Ticaretinde Türkiye'nin Rekabet Gücü ve Yapısal Sorunlar, *2000'li Yıllarda Türkiye Ekonomisi, Yapısal Dönüşümler, Ana Sorunlar ve Çözümüne Dönük Politika Önerileri*, Editör: Prof. Dr. Hayriye Atik, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.