

TÜRKİYE EKONOMİSİNDE ENERJİ TÜKETİMİNİN KARBON EMİSYONU ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

THE IMPACT OF ENERGY CONSUMPTION ON CARBON EMISSIONS IN TURKISH ECONOMY

Murat ÇETİN

Prof. Dr., Namık Kemal Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, mchetin@nku.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0002-7886-4162>

Özge YÜKSEL

Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, ozgeyukse62@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-8162-5760>

Başvuru Tarihi/Application Date: 23.03.2018

Kabul Tarihi/Acceptance Date: 08.05.2018

DOI: 10.30798/makuiibf.409119

Öz

Bu çalışmanın temel amacı, 1960-2014 döneminde Türkiye ekonomisinde Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezi bağlamında enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisini ampirik olarak araştırmaktır. Literatüre bağlı olarak ekonomik büyüme, ticari açıklık ve finansal gelişme diğer bağımsız değişkenler olarak ampirik modellere ilave edilmektedir. Ng-Perron ve PP testleri kullanılarak değişkenlerin durağanlık analizi gerçekleştirilmektedir. Değişkenler arasındaki eşbütünlüğün varlığı Johansen-Juselius ve Phillips-Ouliaris testleri yardımıyla analiz edilmektedir. Uzun dönem parametreleri ise Genelleştirilmiş Momentler Metodu (GMM) ve Dinamik OLS (DOLS) tahmincileri ile tahmin edilmektedir. Ampirik sonuçlar, değişkenlerin birinci farkında durağan ve eşbütünlük olduğunu ortaya koymaktadır. ÇKE hipotezinin varlığı Türkiye ekonomisi için desteklenmektedir. Ampirik sonuçlar aynı zamanda enerji tüketiminin karbon emisyonunu artırdığını göstermektedir. Çalışma, Türkiye ekonomisi için önemli politika çıkarımları sunabilmektedir.

Anahtar kelimeler: Karbon Emisyonu, Enerji Tüketimi, Eşbütünlük, GMM, DOLS, Türkiye

Abstract

The main aim of this study is to empirically investigate the impact of energy consumption on carbon emissions in Turkish economy over the period of 1960-2014 in the context of Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis. Based on the existing literature, economic growth, trade openness and financial development are added to the empirical models as other independent variables. The stationarity properties of the variables are conducted by the Ng-Perron and PP tests. The presence of cointegration between the variables is analyzed by the Johansen-Juselius and Phillips-Ouliaris tests. The long run parameters are estimated by the Generalized Method of Moments (GMM) and Dynamic OLS (DOLS) estimators. Empirical results indicate that the variables are stationary at their first difference and cointegrated. The presence of EKC hypothesis is confirmed for Turkish economy. Empirical results also indicate that energy consumption increases carbon emissions. The study can provide important policy implications for Turkish economy.

Keywords: Carbon Emissions, Energy Consumption, Cointegration, GMM, DOLS, Turkey

EXTENDED SUMMARY

Research Problem: The main purpose of this study is to examine the effect of energy consumption on carbon emissions in case of Turkey for the period 1960-2014. This study also examines the validity of Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis implying an inverted-U shaped relationship between per capita real income and carbon emissions for Turkish economy. Based on the existing literature, this study uses energy consumption, trade openness and financial development as other determinants of carbon emissions. In this study, in which entrepreneurship tendencies were determined according to the perceptions and personality traits of the students who were studying at Süleyman Demirel University and participating entrepreneurship courses, it was questioned whether the tendencies of entrepreneurship differed according to the personality traits, sexes, ages and faculties of the students.

Research Questions: Does energy consumption correlate with carbon emissions? Is the EKC hypothesis valid for Turkish economy? Does an inverted-U shaped relationship between per capita real income and carbon emissions exist in Turkey? How is the impact of trade openness on carbon emissions? Is there a positive relationship between financial development and carbon emissions?

Literature Review: The EKC hypothesis implies that there exists an inverted-U shaped relationship between per capita real income and environmental pollution. Most of the studies investigating the EKC hypothesis has found different results for different countries by applying various empirical methods. The literature of EKC hypothesis uses energy consumption, trade openness and financial development as control variables. Firstly, energy is a vital production factor. An increase in energy consumption affects economic growth and carbon emissions. Therefore, it is expected that there exists a positive link between energy consumption and carbon emissions. Many empirical papers reveal a positive link between the variables and a causal linkage running from energy consumption to carbon emissions in the long run. Secondly, the literature implies that trade openness affects carbon emissions positively or negatively. Therefore, a positive or negative relationship between trade openness and carbon emissions is expected. The empirical studies provide more complex and mixed findings for this relationship. Thirdly, the literature also suggests that financial development encourages new technology and environmentally friendly production, therefore, increases carbon emissions. On the other hand, financial development supports economic growth, thus, enhances industrial pollution. For these purposes, the relationship between financial development and carbon emission is expected to be positive or negative. As a matter of fact, the empirical studies provide the findings compatible with the theory. It can be said that there exists limited studies examining the link between energy consumption and carbon emissions for Turkish economy.

Methodology: The study includes a single-country analysis. The study's methodology consists of three steps. In the first step, the unit root properties of the variables are investigated by the Ng-Perron and PP unit root tests. These test can provide more efficient and consistent results than the other unit root tests. In the second step, the cointegration analysis is conducted by the Johansen-Juselius and Phillips-Ouliaris cointegration tests. The main feature of these tests is that they are residual-based cointegration tests. In the final step, the long run estimation of variables are analyzed by the Generalized Method of Moments (GMM) and Dynamic OLS (DOLS) estimators. If heteroskedasticity and endogeneity problems are present, the GMM estimator is more efficient than the other estimators. DOLS can provide asymptotically efficient estimates. DOLS is a more simple method than other asymptotically efficient estimators. In this study, the four regression models are used to investigate the impact of energy consumption on carbon emissions. The annual data covers the period 1960-2014. The data are obtained from the World Development Indicators (WDI, 2017) online database. All the variables are transformed to their logarithmic form. The parameters indicate the long-run elasticities of per capita carbon emissions with respect to per capita real income, the square of per capita real income, per capita energy consumption, trade openness and financial development, respectively.

Results and Conclusions: The unit root analysis indicates that the variables used in the study are stationary at their first difference. The result implies that the series are integrated at I(1). The cointegration analysis indicates that the variables are cointegrated implying a long run relationship between the variables. The empirical results show that the EKC hypothesis is valid for Turkish economy. The empirical results also show that energy consumption increases carbon emissions. The study can provide important policy implications for Turkish economy. In order to decrease carbon emissions level in Turkey, the utilization of alternative energy sources such as wind, solar, geothermal sources and bio-diesel fuel can be encouraged.

GİRİŞ

İklim değişikliği ve başta karbon (CO₂) olmak üzere sera gazı emisyonuna bağlı olarak artan çevre kirliliği tüm dünyada önemini korumaktadır. Küresel anlamda önemli bir girişim olan Kyoto Protokolü'nün ilk temel hedefi endüstrileşmiş ülkelerde sera gazı emisyonunun 2008-2012 döneminde ortalama %5,2 düşürülmesi olmuştur. Kyoto Protokolü'nde yer alan ülke spesifik hedeflere bazı ülkelerin erişmesi oldukça güç gözükmemektedir (Tiwari vd., 2013). Küresel çerçevede bir diğer gelişme ise 2015 yılında imzalanan Paris Anlaşması'dır. Anlaşma, gelişmekte olan ülke ekonomilerinin 2020 yılına kadar taahhütlerini gözden geçirmelerini ve 2030 yılı için sera gazı emisyonu indirim hedeflerini gerçekleştirecek adımları atmalarını gerekli kılmıştır (Horton vd., 2016).

Kyoto protokolüne 2009 yılında katılan Türkiye Ek-1 listesinde yer almış ve sera gazı salınımını azaltmayı kabul etmiş gelişmekte olan ülkelere birisi olmuştur. Paris Anlaşması bağlamında da Türkiye ekonomisinin 2020 yılına kadar karbon emisyonu düzeyini düşürmesi beklenmektedir. Ancak, Türkiye ekonomisinin 2018 iklim değişim performans indeksi sıralamasında 47. sırada, sera gazı salınımı sıralamasında 45. sırada, iklim politikaları sıralamasında ise 60. sırada yer aldığı görülmektedir (Burck vd., 2018). Ayrıca, Tablo 1'den anlaşılacağı üzere Çin, Hindistan, Rusya ve Brezilya gibi yeni gelişen ekonomiler ile birlikte Türkiye ekonomisinde de karbon emisyonu yüksek düzeylerde seyretmektedir. Söz konusu değer 2005 yılında 246 milyon tondan 2015 yılında 343 milyon tona yükselerek 2005-2015 döneminde ortalama %4,1'lik bir artış sergilemiştir. Bu durum Türkiye ekonomisinde karbon emisyonunun giderek artacağı yönündeki kanıtı güçlendirmektedir. Yurt içindeki nispeten zayıf iklim politikalarının, iklimsel hedeflere duyarlılığın az olmasının ve uygulama zayıflığının buradaki rolü yadsınmaz (Burck vd., 2018).

Diğer taraftan Türkiye başta olmak üzere yeni gelişen ekonomilerde son yıllarda karbon emisyonunun yanı sıra enerji tüketiminin de hızla arttığı belirtilmektedir. Enerjide yüksek düzeyde dışa bağımlı olan Türkiye'nin birincil enerji kaynakları tüketimi 2005'te 3,7 katrilyon btu'den 2015 yılında 5.72 katrilyon btu'ya yükselerek söz konusu dönemde ortalama %4,4'lük bir artış kaydetmiştir (BP, 2017).

Bu gelişmeler Türkiye ekonomisinde birincil enerji kaynakları ile karbon emisyonu kullanımının zaman içerisinde birlikte artış gösterdiğini ve artış oranlarının da birbirine yakın seyrettiğini göstermektedir. Bu durum aynı zamanda iki değişken arasındaki ilişkinin Türkiye ekonomisi bağlamında ampirik açıdan analiz edilmesinin önemini ortaya koymaktadır. Diğer taraftan, çevre kirliliğinin temel belirleyicilerini analiz eden ampirik çalışmaların Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezi çerçevesinde farklı değişkenler üzerinde durdukları görülmektedir. Örneğin; Antweiler vd. (2001), Ertugrul vd. (2016) dış ticaret (ticari dışa açıklık), Akbostancı vd. (2009) ekonomik büyüme, Say ve Yücel (2006) enerji tüketimi, Katircioglu ve Taspinar (2017) ise finansal gelişme ile karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi test etmişlerdir.

Bu çerçevede çalışmanın temel amacı, Türkiye ekonomisi örneğinde enerji tüketimi ile karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi 1960-2014 dönemi itibarıyla ampirik olarak araştırmaktır. Çalışmada enerji tüketimi dışındaki diğer bağımsız değişkenler ilgili ampirik literatür dikkate alınarak kişi başına gelir, finansal gelişme ve ticari dışa açıklık olarak belirlenmiş ve karbon emisyonu denkleminde ilave edilmişlerdir. Çalışma ayrıca ÇKE hipotezini de dikkate almaktadır. Yani, kişi başına gelir ile çevre kirliliği arasında ters-U şeklinde bir ilişkinin olup olmadığı da araştırılmaktadır.

Çalışmada kullanılan ekonometrik metodoloji başlıca üç kısımdan oluşmaktadır. İlk olarak; değişkenlerin birim kök analizi için Phillips-Perron (1988) ve Ng-Perron (2001) testleri kullanılmıştır. İkinci olarak; değişkenler arasında eşbütünleşme yani uzun dönem ilişkisinin varlığı, Johansen-Juselius (1990) ve Phillips-Ouliaris (1990) testleri ile test edilmiştir. Son olarak; değişkenlerin uzun dönem katsayıları Hansen (1982) ve Stock-Watson (1993) tarafından geliştirilmiş olan GMM ve DOLS tahmincileri gibi iki farklı tahmin metodu kullanılarak tahmin edilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm modellerde enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerinde pozitif etkisinin belirlenmiş olması, Türkiye

ekonomisi için gerek enerji politikası gerekse çevre politikası bağlamında önemli bazı çıkarımların yapılmasına imkân tanımaktadır.

Tablo 1. Seçilmiş Yeni Gelişen Ekonomilerde Karbon Emisyonu Profili*

Ülkeler	2005	2010	2015	2016	2005-2015 Ortalama Artış
Çin	6184	8118	9164	9123	%4.2
Hindistan	1262	1667	2157	2271	%6.0
Filipinler	81	80	107	119	%4.2
Türkiye	246	288	343	361	%4.1
Brezilya	351	400	491	458	%4.0
Malezya	176	199	247	263	%3.3
Arjantin	157	172	193	194	%2.9
Tayland	224	249	287	292	%2.4
Meksika	413	459	481	470	%0.9
Güney Afrika	371	449	421	425	%0.7
Rusya	1435	1509	1521	1490	%0.2

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2017.

Not: * Milyon ton petrol eşdeğeri

1. LİTERATÜR

Kişi başına gelir ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) çerçevesinde ilk açıklayan Grossman ve Krueger (1995)'dir. Yazarlara göre belli bir gelir düzeyine kadar çevre kirliliği artmakta, optimal gelir düzeyine ulaştıktan sonra çeşitli sebeplerle çevre kirliliği azalmaktadır. Dolayısıyla iki değişkenin ters-U şeklinde bir ilişki içinde olduğundan bahsedilmektedir. ÇKE hipotezi pek çok ampirik araştırmaya konu olmuş ve farklı ülkeler için farklı sonuçlar elde edilmiştir. Jalil ve Feridun (2011), Tiwari vd. (2013), Shahbaz, vd. (2013a), Boutabba (2014), Apergis ve Ozturk (2015), Baek (2015), Sugiawan ve Managi (2016) ve Ahmad vd. (2017) ÇKE hipotezini destekleyici bulgulara ulaşırken, Coondo ve Dinda (2008), Hee ve Richard (2010), Robalino-Lopez vd. (2015) ve Farhani ve Öztürk (2015) tarafından ise hipotez desteklenememiştir.

ÇKE hipotezi literatürü enerji tüketimi, ticari dışa açıklık ve finansal gelişmeyi kontrol değişkenler olarak sıklıkla kullanır. Bunlardan ilki olan enerji, ekonomik kalkınma sürecindeki etkileri nedeniyle önemli bir üretim faktörüdür. Ancak, son dönemde global ısınma ve iklim değişikliği konularına artan ilgi, çevreyi dikkate alacak şekilde daha dengeli bir enerji tüketimi konusunda baskı oluşturmaktadır (Saboori ve Sulaiman, 2013). 2002 Johannesburg Zirvesi ve 2015 Paris Anlaşması da enerji tüketiminin çevre üzerindeki zararlı etkilerine dikkati çekmektedir (Farhani ve Rejeb, 2012). Özellikle hava kirliliği ve sera gazı emisyonunun en önemli nedeni fosil yakıtlar olarak adlandırılan birincil enerji kaynaklarının kullanımındır. Bu nedenle enerji tüketimi nedeniyle oluşan çevresel bozulmalar günümüz ve gelecek nesillerin sağlık ve verimlilikleri üzerinde etki bırakabilmektedir (Kaygusuz, 2010). Pao vd. (2011), Hamit-Haggar (2012), Ozcan (2013), Shahbaz vd. (2013b), Boutabba (2014) ve Sun vd. (2017) çalışmalarında enerji tüketiminin karbon emisyonunu artırdığı sonucuna varmışlardır. Ali vd. (2017) ise iki değişken arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişki bulamamıştır.

Literatürde ticari dışa açıklık ya da ticari liberalleşmenin çevresel etkileri genelde ölçek etkisi, teknik etki ve kompozisyon etkisi bağlamında açıklanmakta, ölçek etkisi ve kompozisyon etkisinin çevreyi bozması, teknik etkinin ise iyileştirmesi beklenmektedir (Antweiler vd. 2001). Yan ve Yang (2010), Tiwari vd. (2013), Shahzad vd. (2017), Ali vd. (2017) ve Solarin vd. (2017) ticari dışa açıklık ile karbon emisyonu arasında pozitif bir ilişki tespit ederken, Lopez (1994) ve Shahbaz vd. (2013a,b) negatif bir ilişkiye işaret etmiş, Jayanthakumaran vd. (2009) ve Boutabba (2014) ise iki değişken arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişkiye rastlayamamıştır.

Finansal gelişme de son yıllarda çevre üzerinde önemli bir belirleyici olarak kabul edilmektedir. Gelişmiş bir finansal sektör doğrudan yabancı sermaye yatırımlarını çekebilme böylece ekonomik büyüme ve çevre kalitesini etkileyebilmektedir. İlave olarak, finansal gelişme çevre odaklı projelere finansal kaynakların aktarılmasını sağlar. İyi fonksiyon gören bir finansal sektör kamu kurumlarının bu tür projeler için finansal kaynak elde etmesini de kolaylaştırır. Ayrıca, finansal gelişme teknolojik yenilikleri sürükleyebilir ve bu teknolojik gelişmeler enerji sektörü yoluyla emisyonun azalmasına katkı sunabilir (Shahbaz vd., 2013a). Jalil ve Feridun (2011), Shahbaz vd. (2013a,b) ve Ali vd. (2017) finansal gelişmenin karbon emisyonu üzerinde negatif bir etkinin varlığını tespit ederken, Boutabba (2014), Farhani ve Öztürk (2015), Shahzad vd. (2017) ve Solarin vd. (2017) iki değişken arasındaki pozitif ilişkiye dikkati çekmiştir.

Tablo 2, Türkiye ekonomisi üzerine yapılmış zaman serisi çalışmalarını özetlemektedir. Ampirik sonuçlara göre; Say ve Yücel (2006), Halicioğlu (2009), Gojaye v d. (2012), Ozturk ve Acaravci (2013), Altıntaş (2013), Katircioğlu (2014), Yavuz (2014), Bozkurt ve Okumuş (2015), Keskingöz ve Karamelikli (2015), De Vita v d. (2015), Seker v d. (2015), Uysal ve Yapraklı (2016), Kızılkaya v d. (2016), Ertugrul v d. (2016), Gokmenoglu ve Taspınar (2016) ve Katircioğlu ve Taspınar (2017) enerji tüketiminin karbon emisyonunu artırdığı sonucuna ulaşırken, Çetin ve Seker (2014), Tutulmaz (2015) ve Bölük ve Mert (2015) ise iki değişken arasındaki ilişkiyi analizlerine dâhil etmemişlerdir.

Metodolojik açıdan bakıldığında; De Vita v d. (2015), Uysal ve Yapraklı (2016) ve Katircioğlu ve Taspınar (2017) eşbütünleşme analizi için yapısal kısımlı eşbütünleşme testlerini tercih ederken, Halicioğlu (2009), Gojaye v d. (2012), Ozturk ve Acaravci (2013), Altıntaş (2013), Çetin ve Seker (2014), Katircioğlu (2014), Keskingöz ve Karamelikli (2015), Bölük ve Mert (2015), Seker v d. (2015) ve Gokmenoglu ve Taspınar (2016) ise ARDL sınır testi eşbütünleşme metodunu kullanmışlardır. Akbostancı v d. (2009), Yavuz (2014), Tutulmaz (2015) ve Kızılkaya v d. (2016) Johansen testi ile uzun dönem ilişkisinin varlığını analiz etmişlerdir. De Vita v d. (2015) ve Katircioğlu ve Taspınar (2017) katsayıların tahmininde DOLS tahmincisini, Yavuz (2014), Bozkurt ve Okumuş (2015) ve Uysal ve Yapraklı (2016) FMOLS tahmincisini, diğer çalışmalar ise genelde OLS tahmincisini kullanmışlardır.

Say ve Yücel (2006), Gojaye v d. (2012), Altıntaş (2013), Çetin ve Seker (2014), Katircioğlu (2014), Bozkurt ve Okumuş (2015), Keskingöz ve Karamelikli (2015), Gokmenoglu ve Taspınar (2016), Kızılkaya v d. (2016), Uysal ve Yapraklı (2016) ÇKE hipotezini test etmezken, Halicioğlu (2009), Yavuz (2014), De Vita v d. (2015), Bölük ve Mert (2015), Seker v d. (2015), Ertugrul v d. (2016), Katircioğlu ve Taspınar (2017) ÇKE hipotezini destekleyen ampirik bulgular sunmakta, diğer çalışmaların ise hipotezi desteklemediği görülmektedir.

Türkiye ekonomisi ile ilgili çalışmalarda iki farklı tahmincinin kullanılmaması dikkati çektiği gibi, GMM tahmincisine de başvurulmamıştır. Bir başka nokta, çalışmalarda birden fazla ampirik modelin yer almadığı genelde bir regresyon denklemi dikkate alınarak analizlerin gerçekleştirildiğidir. Bu çalışmada ise hem GMM hem de DOLS teknikleri yardımıyla enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisi dört farklı regresyon denklemi dikkate alınarak araştırılmaktadır.

Tablo 2. Türkiye Ekonomisi Üzerine Bazı Zaman Serisi Çalışmaları

Yazar	Periyod	Metodoloji	Eşbütünlüşme	ÇKE	Enerji tüketiminin CO2 üzerindeki etkisi
Katircioğlu ve Taspınar (2017)	1960-2010	Maki eşbütünlüşme testi, DOLS tahmincisi	Var	Ters U şeklinde	Pozitif
Gökmenoğlu ve Taspınar (2016)	1974-2010	ARDL sınır testi, Toda-Yamamoto nedensellik	Var	Araştırılmadı	Pozitif
Ertugrul vd. (2016)	1971-2011	ARDL sınır testi, VECM Granger nedensellik	Var	Ters U şeklinde	Pozitif
Kızılkaya vd. (2016)	1967-2010	Johansen eşbütünlüşme	Var	Araştırılmadı	Pozitif
Uysal ve Yapraklı (2016)	1968-2011	Hatemi-J eşbütünlüşme, FMOLS tahmincisi	Var	Araştırılmadı	Pozitif
Seker vd. (2015)	1974-2010	ARDL sınır testi, Hatemi-J testi, VECM Granger nedensellik	Var	Ters U şeklinde	Pozitif
Bölük ve Mert (2015)	1961-2010	ARDL sınır testi, ECM modeli	Var	Ters U şeklinde	Araştırılmadı
Tutulmaz (2015)	1968-2007	Engle-Granger ve Johansen eşbütünlüşme, OLS tahmincisi	Var	N şeklinde	Araştırılmadı
De Vita vd. (2015)	1960-2009	Maki eşbütünlüşme, DOLS tahmincisi	Var	Ters U şeklinde	Pozitif
Keskinöz ve Karamelikli (2015)	1960-2011	ARDL sınır testi	Var	Araştırılmadı	Pozitif
Bozkurt ve Okumuş (2015)	1966-2011	Hatemi-J eşbütünlüşme, FMOLS tahmincisi	Var	Araştırılmadı	Pozitif
Yavuz (2014)	1960-2007	Johansen eşbütünlüşme, OLS ve FMOLS tahmincileri	Var	Ters U şeklinde	Pozitif
Katircioğlu (2014)	1960-2010	ARDL sınır testi, VECM Granger nedensellik	Var	Araştırılmadı	Pozitif
Çetin ve Seker (2014)	1980-2010	ARDL sınır testi	Var	Araştırılmadı	Araştırılmadı
Altıntaş (2013)	1970-2008	ARDL sınır testi, VECM Granger nedensellik	Var	Araştırılmadı	Pozitif
Ozturk ve Acaravci (2013)	1960-2007	ARDL sınır testi, VECM Granger nedensellik	Var	Ters U şeklinde	Pozitif
Gojajev vd. (2012)	1971-2007	ARDL sınır testi, VECM Granger nedensellik	Var	Araştırılmadı	Pozitif
Halicioğlu (2009)	1960-2005	ARDL sınır testi, VECM Granger nedensellik	Var	Ters U şeklinde	Pozitif
Akbostancı vd., (2009)	1968-2003	Johansen eşbütünlüşme, OLS tahmincisi	Var	N şeklinde	Araştırılmadı
Başar ve Temurlenk (2007)	1950-2000	OLS tahmincisi	Araştırılmadı	Ters N şeklinde	Araştırılmadı
Say ve Yücel (2006)	1970-2002	OLS tahmincisi	Araştırılmadı	Araştırılmadı	Pozitif

2. EKONOMETRİK MODEL ve METODOLOJİ

2.1. Model ve Veri Seti

Bu çalışma, enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisini Türkiye bağlamında 1960-2014 dönemi yıllık verilerinden elde edilen 55 gözlem ile araştırmaktadır. Çalışmada bu amaçla karbon salınımının bağımlı değişken olduğu aşağıdaki gibi dört farklı regresyon denklemi oluşturulmuştur:

$$LCO_{2t} = \alpha_0 + \beta_1 LGDP_t + \beta_2 LGDP_t^2 + \beta_3 LEN_t + \varepsilon_{1t} \quad (1)$$

$$LCO_{2t} = \alpha_0 + \beta_1 LGDP_t + \beta_2 LGDP_t^2 + \beta_3 LEN_t + \beta_4 LTR + \varepsilon_{2t} \quad (2)$$

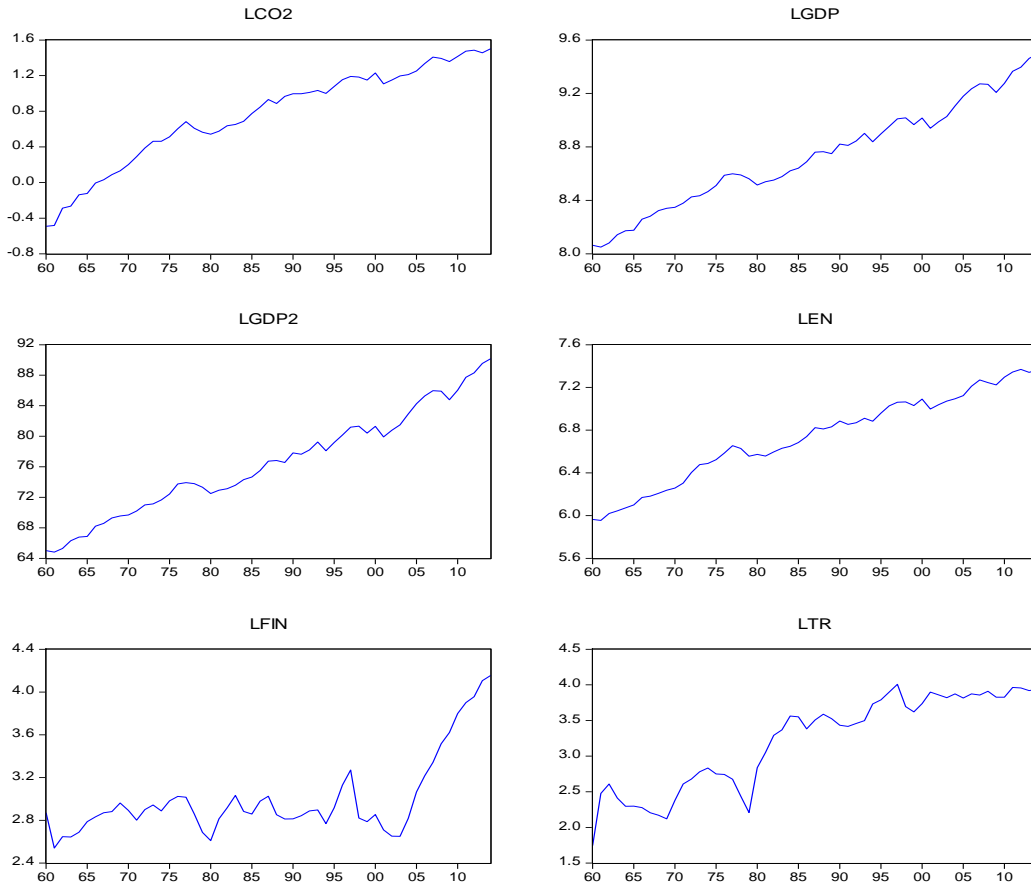
$$LCO_{2t} = \alpha_0 + \beta_1 LGDP_t + \beta_2 LGDP_t^2 + \beta_3 LEN_t + \beta_4 LFIN + \varepsilon_{3t} \quad (3)$$

$$LCO_{2t} = \alpha_0 + \beta_1 LGDP_t + \beta_2 LGDP_t^2 + \beta_3 LEN_t + \beta_4 LTR + \beta_5 LFIN + \varepsilon_{4t} \quad (4)$$

(1) no'lu denklem Shahbaz vd. (2015) ve Bölük ve Mert (2015)'in çalışmalarında kullanılmış olup kişi başına reel gelir, kişi başına reel gelirin karesi, enerji tüketimi ile karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi incelemektedir. (2) no'lu denklem Nasir ve Rehman (2011) ve Ertuğrul vd. (2016) tarafından kişi başına reel gelir, kişi başına reel gelirin karesi, enerji tüketimi, ticari açıklık ve karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi araştırmak için tercih edilmiştir. Ozturk ve Acaravci (2013) tarafından dikkate alınan (3) no'lu denklem kişi başına reel gelir, kişi başına reel gelirin karesi, enerji tüketimi, finansal gelişme ve karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Son olarak (4) nolu denklem ise Boutabba (2014) ve Jalil ve Feridun (2010) tarafından kişi başına reel gelir, kişi başına reel gelirin karesi, enerji tüketimi, ticari açıklık, finansal gelişme ve karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi analiz etmek için ele alınmıştır.

Denklemlerde CO₂ kişi başına karbon emisyonunu (metrik ton), EN kişi başına enerji tüketimini (petrol eş değeri kg olarak), GDP kişi başına reel GSYİH (2010 sabit ABD Doları olarak), GDP² kişi başına reel GSYİH'nın karesini, TR toplam ihracat ve ithalatın GSYİH içindeki yüzde değerini ve FIN değişkeni ise finansal gelişmeyi temsil etmek üzere özel sektöre yönelik verilen kredilerin GSYİH içindeki payını ifade etmektedir. $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ ve ϵ_4 hata terimlerini ifade etmektedir. Ayrıca tüm değişkenlerin doğal logaritmaları alınmıştır. α_0 , modeldeki sabit terimi, β_i , $i=1,2,3,4,5$ parametreleri ise karbon emisyonunun kişi başına reel gelir, kişi başına reel gelirin karesi, enerji tüketimi, ticari dış açıklık ve finansal gelişme elastikiyetini ifade eder. Tüm seriler Dünya Bankası veri tabanından alınmıştır (World Bank Data, 2017).

Çalışmada kullanılan serilerin zaman serisi grafikleri Grafik 1'de sunulmuştur. Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler ve korelasyon matrisi ise Tablo 3'te verilmiştir. Korelasyon matrisi sonuçlarına göre ekonomik büyüme, enerji tüketimi, finansal gelişme ve ticari dış açıklık ile karbon emisyonu arasında pozitif bir korelasyon dikkati çekmektedir.



Grafik 1. Serilerin Zaman İçerisindeki Eğilimi (Logaritmik) (1960-2014)

Tablo 3. Tanımlayıcı İstatistikler ve Korelasyon Matrisi

İstatistikler	LCO2	LGDP	LGDP2	LEN	LFIN	LTR
Ortalama	0.754	8.736	76.470	6.733	2.999	3.218
Medyan	0.887	8.749	76.556	6.811	2.882	3.457
Maksimum	1.501	9.496	90.182	7.368	4.155	4.006
Minimum	-0.490	8.050	64.807	5.954	2.539	1.745
Standart Sapma	0.548	0.388	6.812	0.411	0.375	0.656
Çarpıklık	-0.620	0.091	0.164	-0.275	1.7483	-0.493
Basıklık	2.431	2.116	2.136	2.019	5.333	1.801
Gözlem Sayısı	55	55	55	55	55	55
Korelasyon Matrisi						
LCO2	1.000					
LGDP	0.971	1.000				
LGDP2	0.965	0.999	1.000			
LEN	0.991	0.989	0.986	1.000		
LFIN	0.582	0.699	0.999	0.629	1.000	
LTR	0.920	0.895	0.890	0.922	0.475	1.000

2.2. Birim Kök Analizi

Zaman serilerinde öncelikle serilerin birim kök içerip içermediği yani durağanlığı araştırılmaktadır. Bu çalışmada değişkenlerin birim kök analizi Philips-Perron (1988) (PP) ve Ng-Perron (2001) birim kök testleri ile gerçekleştirilmektedir. PP testi hatalardaki seri korelasyon ve değişen varyansı ele alma tarzları bakımından ADF testinden farklılık göstermektedir. Phillips-Perron (1988) tarafından geliştirilmiş olan ve modifiye edilmiş test istatistikleri olarak bilinen PP test istatistikleri (Z_t ve Z_{π}) ile test regresyonundaki hataların seri korelasyon ve değişen varyans durumları düzeltilir. Bu testlerde sıfır hipotezi “birim kök vardır” şeklinde kurulur. Ng-Perron (2001) Elliot vd. (1996) tarafından geliştirilen ve DF-GLS testleri olarak bilinen testlerin güçlü tahminler vermekle birlikte ölçek bozulmalarına neden olabileceğini belirterek daha iyi bir ölçek ve güç performansı sergileyen yeni birim kök testleri önerir. Alimi (2014) klasik birim kök testlerine göre Ng-Perron testlerinin daha güvenli sonuçlar verdiğini ve küçük örneklem için de uygun olduğunu vurgular. Ng-Perron (2001) MZ $_{\alpha}$, MZ $_t$, MSB ve MPT olarak bilinen dört test istatistiği geliştirmiş olup bu testler aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$MZ_{\alpha} = Z_{\alpha} + \left(\frac{T}{2}\right) (\hat{\varphi}_1 - 1)^2 \quad (5)$$

$$MSB = (T^{-2} \sum_{t=1}^T Y_{t-1}^2 / S_{AR}^2)^{1/2} \quad (6)$$

$$MZ_t = MSB \times MZ_{\alpha} \quad (7)$$

$$MPT = \left[\bar{c}T^{-2} \sum_{t=1}^T Y_{t-1}^2 - \bar{c}T^{-1} Y_t^2 \right] / S_{AR}^2 \quad (8)$$

İlk iki testte sıfır hipotezi birim kökün varlığını ifade ederken son iki testte ise sıfır hipotezi birim kökün olmadığını göstermektedir. Bu testlerde Ng-Perron (2011) tarafından geliştirilen kritik değerler kullanılır.

2.3. Eşbütünleşme Analizi

Çalışmada ilgili değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin araştırılmasında ilk olarak Johansen-Juselius (1990) yaklaşımı kullanılmıştır. Bu eşbütünleşme metodolojisi genelde aşağıdaki gibi bir VAR modelini dikkate alır:

$$\Delta Y_t = \mu + \Pi Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta Y_{t-i} + Bz_t + \varepsilon_t \quad (9)$$

Bu modelde $\Pi = \sum_{i=1}^p A_i - I$ ve $\Gamma_i = -\sum_{j=i+1}^p A_j$ şeklinde ifade edilir. Bu eşbütünleşme analizinde değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisi, Johansen-Juselius tarafından geliştirilen iz ve maksimum öz değer test istatistikleri ile test edilmektedir. Her bir test istatistiği aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$J_{iz} = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (10)$$

$$J_{max} = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1}) \quad (11)$$

İz test istatistiğinde sıfır hipotezi r tane eşbütünleşme vektörünün varlığı şeklinde ifade edilirken alternatif hipotez de n tane eşbütünleşmenin olduğu şeklindedir. Maksimum öz değer test istatistiğinde ise r tane eşbütünleşme vektörünün olduğu sıfır hipotezi r+1 tane eşbütünleşme vektörünün olduğu alternatif hipoteze karşı test edilir. Her bir test istatistiği gecikme uzunluğunun doğru belirlenmesini gerektirir. Bun nedenle VAR sisteminde AIC ve SBC gibi kriterler dikkate alınarak uygun gecikme uzunluğu belirlenir.

Çalışmada ayrıca Phillips-Ouliaris (1990) yarı-parametrik eşbütünleşme metodu da kullanılmaktadır. Phillips ve Ouliaris tarafından geliştirilen tau ve z-testleri eşbütünleşik regresyonlardan elde edilen kalıntılar üzerine dayanır. Bu testlerde sıfır hipotezi eşbütünleşmenin olmadığını, alternatif hipotez de eşbütünleşmenin varlığını ifade eder. Kritik değerler, yazarlar tarafından sunulmuştur. Çok değişkenli iz istatistiği olarak ifade edilen P_z istatistiği aşağıdaki gibi gösterilir:

$$\hat{P}_z = T \text{tr}(\hat{\Omega} M_{zz}^{-1}) \quad (12)$$

Burada $M_{zz} = t^{-1} \sum_{t=1}^T z_t z_t'$ ve

$$\hat{\Omega} = T^{-1} \sum_{t=1}^T \hat{\xi}_t \hat{\xi}_t' + T^{-1} \sum_{s=1}^l \omega_{st} \sum_{t=1}^T (\hat{\xi}_t \hat{\xi}_{t-s}' + \hat{\xi}_{t-s} \hat{\xi}_t')$$
 şeklinde hesaplanır.

Tau istatistiği olarak bilinen P_u istatistiği ise aşağıdaki gibi belirlenir:

$$P_u = \frac{\hat{\sigma}_{11.2}}{T^{-2} \sum_{t=1}^T \hat{\xi}_t^2} \quad (13)$$

Burada $\hat{\sigma}_{11.2}$ aşağıda ifade edilen Newey-West tipi bir tahminci ile elde edilir:

$$\hat{\Sigma}_T = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \hat{u}_t \hat{u}_t' + \frac{1}{T} \sum_{\tau=1}^n \omega_{\tau n} \sum_{t=\tau+1}^T (\hat{u}_t \hat{u}_{t-\tau}' + \hat{u}_{t-\tau} \hat{u}_t') \quad (14)$$

Burada \hat{u}_t çoklu regresyonun kalıntılarını gösterir, $\omega_{\tau n} = 1 - \tau/(n + 1)$ şeklinde hesaplanır.

2.4. Genelleştirilmiş Momentler Metodu (GMM) Tahmincisi

Değişkenlerin uzun dönem katsayıları GMM ve DOLS tahmincileri ile tahmin edilmektedir. Bilindiği üzere OLS tahmincisi küçük örneklerde sapmalı sonuçlar verme, dinamik etkileri dikkate almama ve içsellik sorununa çözüm üretememe gibi önemli sorunları beraberinde getirmektedir. Yarı parametrik bir tahmin yöntemi olan GMM ise momentler metodunun bir uzantısıdır. Büyük örnekler için daha sağlıklı ve güçlü sonuçlar verebilmektedir. GMM yönteminin diğer avantajları temel veri üretme sürecinde güçlü varsayımlar gerektirmemesi, otokorelasyon ve değişen varyansa karşı güçlü hata terimleri üretme yeteneği ve araç değişken tahmincilerinde olduğu gibi içsel değişkenlerle kullanılabilmesi olarak sıralanabilir (Ooms ve Perlings, 2005). GMM'in amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi kurulur:

$$J(\hat{\beta}) = n \bar{g}(\hat{\beta})' W \bar{g}(\hat{\beta}) \quad (15)$$

β için bir GMM tahmincisi $J(\hat{\beta})$ 'yi minimize eden $\hat{\beta}$ 'dir. $\frac{\partial J(\hat{\beta})}{\partial \beta} = 0$ birinci derece koşulu işletildiğinde aşağıdaki gibi GMM tahmincisi elde edilir:

$$\hat{\beta}_{GMM} = (X'ZWZ'X)^{-1}X'ZWZ'y \quad (16)$$

Moment koşullarının kovaryans matrisini S ile aşağıdaki gibi ifade etmek mümkündür:

$$S = \frac{1}{n}E(Z'uu'Z) = \frac{1}{n}E(Z'\Omega Z) \quad (17)$$

Burada S LxL ebatında bir matrisi gösterir. GMM tahmincisinin dağılımına ilişkin genel denklem aşağıdaki gibi olur:

$$V(\hat{\beta}_{GMM}) = \frac{1}{n}(Q'_{xz}WQ_{xz})^{-1}(Q'_{xz}WSWQ_{xz})(Q'_{xz}WQ_{xz})^{-1} \quad (18)$$

Etkin bir GMM tahmincisinin tahmincisinin asimptotik varyansını minimize eden optimal ağırlıklandırılmış matrisi (W) de dikkate alması gerekir. $W = S^{-1}$ şeklinde ifade edildiğinde etkin GMM tahmincisi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$\hat{\beta}_{EGMM} = (X'ZS^{-1}Z'X)^{-1}X'ZS^{-1}Z'y \quad (19)$$

χ^2 dağılımı sergileyen J-istatistiği sonucunda J-istatistiğinin olasılık değerine bakarak araç değişkenlerin uygun belirlenip belirlenmediği yani modelin uygun bir model olup olmadığına karar verilir (Wimanda vd., 2011).

2.5. Dinamik EKK (DOLS) Tahmincisi

DOLS tahmincisi Saikkonen (1991) ve Stock and Watson (1993)'a atfedilen bir yaklaşımdır. DOLS tekniği eşbütünleşme sistemindeki geri beslemeleri ortadan kaldıran etkin bir tahmincidir. Başka bir ifadeyle, DOLS metodu eşbütünleşme regresyonunun bağımsız değişkenlerin gecikme ve öncüllerinin eklenerek genişletilmesini içerir. Genel bir DOLS modeli aşağıdaki gibi kurulur:

$$Y_t = X_t'\beta + D'_{1t}\gamma_1 + \sum_{j=-q}^r \Delta X'_{t+j}\delta + u_{1t} \quad (21)$$

EKK tahmincisinin neden olduğu sapmalı sonuçlar verme ve içsellik sorunlarına bir çözüm olarak getirilen yöntemlerden birisi olan DOLS tahmincisi eşbütünleşik değişkenler için regresyon katsayılarının asimptotik olarak etkin tahminlerini üretir. Aynı zamanda, DOLS tahmincisi diğer asimptotik olarak etkin tahmincilere göre daha basit bir yöntem olup nisbi olarak daha iyi performans göstermektedir (Stock ve Watson, 1993). DOLS tahmincisinin kullandığı Wald istatistikleri asimptotik olarak standart X^2 dağılımı sergiler.

3. AMPİRİK BULGULAR

Serilerin durağanlık seviyelerini test etmek için kullanılan Ng-Perron ve PP testlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4'de görülmektedir. Buna göre her bir değişken seviyesinde değil birinci farkı alındığında durağan bulunmuş, bütünleşme seviyeleri I(1) olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç Johansen-Juselius ve Phillips-Ouliaris eşbütünleşme testlerinin uygulanmasına imkân sunmaktadır.

Tablo 4. Ng-Perron Testi Sonuçları

Değişkenler	MZ _a	MZ _t	MSB	MPT	PP
LCO ₂	1.263	2.008	1.588	174.397	-2.745
LGDP	2.321	3.236 ***	1.393	164.051	-2.464
LGDP ²	2.453	3.348 ***	1.364	160.963	-2.191
LEN	1.533	2.312	1.507	166.127	-2.478
LFİN	-5.260	-1.311	0.249	16.255	-0.836
LTR	-9.979	-2.145	0.215	9.526	-3.250
Δ LCO ₂	-26.404 ***	-3.628 ***	0.137 ***	0.944 ***	-8.105 ***
Δ LGDP	-25.554 ***	-	0.139 ***	0.998 ***	-7.146 ***
Δ LGDP ²	-25.633 ***	-	0.139 ***	1.001 ***	-7.114 ***
Δ LEN	-25.738 ***	-3.584 ***	0.139 ***	0.962 ***	-7.281 ***
Δ LFİN	-22.350 **	-3.330 **	0.149 **	4.152 **	-6.503 ***
Δ LTR	-16.576 *	-2.862 *	0.172 *	5.599 *	-7.192 ***

Not: Optimal gecikme uzunluğu SBC kriteri ile belirlenmiştir. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı gösterir.

Her bir model için optimal gecikme uzunluğu VAR modeli yardımıyla 1 olarak belirlenmiş olup, Johansen-Juselius eşbütünleşme testi sonuçları Tablo 5'te sunulmuştur. Tabloda yer alan iz ve maksimum öz değer test sonuçları tüm modeller için bir eşbütünleşme ilişkisinin olduğunu ortaya koymaktadır. Tablo 6'da ise Phillips-Ouliaris eşbütünleşme testi sonuçlarına yer verilmiştir. Hem tau hem de z istatistiği sonuçları tüm modellerde değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin varlığını destekleyici niteliktedir. Eşbütünleşme testleri bir bütün olarak değerlendirildiğinde dört modelde de değişkenler arasında uzun dönem ilişkisi kanıtlanmış durumdadır.

Tablo 5. Johansen-Juselius Testi Sonuçları

Panel A: Model 1	İz istatistiği	Max. öz değer istatistiği
R=0	76.169***	46.070***
R≤1	30.099**	16.417
R≤2	13.682*	12.100
R≤3	1.582	1.582
Panel B: Model 2		
R=0	100.005***	48.649***
R≤1	51.355**	19.923
R≤2	31.432**	17.093
R≤3	14.228*	16.085
R≤4	0.314	0.314
Panel C: Model 3		
R=0	92.518***	45.272***
R≤1	47.246*	21.745
R≤2	25.500	13.755
R≤3	11.745	11.619
R≤4	0.125	0.125
Panel C: Model 4		
R=0	128.827***	50.093***
R≤1	78.733***	30.524
R≤2	48.209**	22.059
R≤3	26.149	13.273
R≤4	12.876	12.995
R≤5	0.048	0.048

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı gösterir.

Tablo 6. Phillips-Ouliaris Eşbütünlüşme Testi Sonuçları

Modeller	Tau istatistiği	Z istatistiği
Model 1	-5.494***	-37.374***
Model 2	-5.405***	-36.775**
Model 3	-6.427***	-43.520***
Model 4	-6.632***	-43.457***

Not: *** ve ** sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde anlamlılığı gösterir.

Değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisinin varlığından sonra uzun dönem tahminleri için ilk olarak GMM tahmin metodu uygulanmıştır. Çalışmada dikkate alınan dört farklı model için sonuçlar Tablo 7’de verilmiştir. Ampirik sonuçlar tüm modellerde kişi başına reel gelir katsayısının pozitif, reel gelirin karesi katsayısının ise negatif olduğunu ortaya koymuştur. Bu, dört modelde de ÇKE hipotezinin desteklendiği anlamına gelmektedir. Diğer taraftan enerji tüketimi karbon emisyonunu pozitif etkilemektedir. Ancak, diğer bağımsız değişkenler ile karbon emisyonu arasında istenilen anlamlı ilişki tespit edilememiştir. GMM modellerinin uygunluk testi olarak kullanılan J-istatistiğinin olasılık değerlerinin %10’un üzerinde çıkması modellerde aşırı belirleme probleminin olmadığını yani araç değişkenlerin uygun bir şekilde seçildiğini dolayısıyla modellerin uygunluğunu ifade etmektedir.

Tablo 7. GMM Tahmin Sonuçları

Panel A: Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
C	0.002	0.003	0.002	0.002
LGDP	4.189***	4.923***	4.636***	4.418***
LGDP ²	-0.224***	-0.265***	-0.253***	-0.242***
LEN	0.914***	0.919***	0.983***	0.995***
LTR		-0.003		-0.008
LFIN			0.024	0.027
Panel B: Tanısal testler				
R ²	0.701	0.704	0.713	0.712
Düzeltilmiş R ²	0.683	0.679	0.689	0.681
Durbin-Watson	2.399	2.459	2.444	2.418
J-istatistiği	6.750	7.910	7.879	7.841
Olasılık değeri	0.239	0.244	0.247	0.249

Not: Modellerin EKK tahminleri benzer sonuçlar vermiş olup, modellerde değişen varyans (White X² olasılık değerleri: 0.064, 0.070, 0.030 ve 0.036) ve otokorelasyon (Breusch-Godfrey X² olasılık değerleri: 0.011, 0.005, 0.019 ve 0.008) problemlerinin olduğunu göstermektedir. Oto korelasyon ve değişen varyans probleminin önüne geçebilmek için GMM’de Newey-West prosedürü uygulanmıştır. *** %1 düzeyinde anlamlılığı gösterir.

Tablo 8, değişkenlerin uzun dönem katsayılarının DOLS metodu tahminlerini vermektedir. Tüm modellerde ÇKE hipotezini destekleyici bulgulara rastlanmıştır. Enerji tüketimi dört modelde de karbon emisyonunu pozitif yönde etkilemektedir. Her bir DOLS modeli için parametre istikrarlık testleri olan CUSUM ve CUSUM2 testlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 8’de verilmiş olup tüm modellerde parametrelerin uzun dönemde istikrarlık arz ettiğini, buna bağlı olarak daha sağlıklı politika önerilerinin yapılabileceğini ima etmektedir. GMM tahmin sonuçlarından farklı olarak burada özellikle dördüncü model sonuçlarından da görüleceği üzere ticari dışa açıklık ve finansal gelişme karbon emisyonu üzerinde pozitif bir etki sergilemektedir..

Hem GMM hem de DOLS tahmin sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde; ÇKE hipotezini destekleyici kanıtlara ulaşılmakta, enerji tüketimi ile karbon emisyonu arasında pozitif bir ilişkinin varlığı kanıtlanmaktadır.

Tablo 8. DOLS Tahmin Sonuçları

Panel A: Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
C	-45.664	-45.577***	-51.255***	-55.169***
LGDP	8.856***	8.814***	10.124***	11.175***
LGDP ²	-0.479***	-0.477***	-0.553***	-0.604***
LEN	0.850***	0.863***	0.846***	0.619***
LTR		-0.002		0.045*
LFIN			0.059***	0.076***
Panel B: Tanısal testler				
R ²	0.998	0.998	0.998	0.998
Düzeltilmiş R ²	0.997	0.997	0.998	0.998
F-istatistiği	1904.621***	1343.152***	1661.862***	1374.866***
Breusch-Godfrey LM testi	1.689(0.174)	1.755(0.174)	1.695(0.201)	0.497(0.485)
ARCH LM testi	0.223(0.638)	1.560(0.217)	0.209(0.649)	1.944(0.169)
J-B testi	1.774(0.411)	2.568(0.276)	1.564(0.457)	1.828(0.400)
CUSUM testi	+	+	+	+
CUSUM ² testi	+	+	+	+

Not: *** ve * sırasıyla %1 ve %10 düzeyinde anlamlılığı gösterir.

SONUÇ

Bu çalışma, 1960-2014 döneminde Türkiye için enerji tüketimi ile karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi ÇKE hipotezi çerçevesinde analiz etmiştir. Çalışmada Türkiye ekonomisi ile ilgili mevcut çalışmalardan farklı olarak dört farklı ampirik model kullanılmıştır. Ayrıca, ekonomik büyüme, ticari açıklık ve finansal gelişme değişkenleri de ampirik modellere ilave edilmiştir. Değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi Johansen-Juselius ile Phillips-Ouliaris teknikleri ile araştırılmıştır. Uzun dönem katsayılarının tahmininde GMM ve DOLS tahmincileri kullanılmıştır.

Ng-Perron test sonuçları, serilerin birinci farkında durağanlaştığını belirtmektedir. Johansen-Juselius ile Phillips-Ouliaris eşbütünleşme analizi sonuçları ise çalışmada kullanılan 4 model için serilerin uzun dönemde birlikte hareket ettiğini yani eşbütünleşik olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuç Akbostancı vd. (2009), Ozturk ve Acaravci (2013), Seker vd. (2015), Katircioglu ve Taspınar (2017) tarafından da desteklenmektedir.

GMM ve DOLS tahmin sonuçları tüm modellerde kişi başına reel geliri pozitif, reel gelirin karesini ise negatif olarak tespit etmiş böylece ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasında ters-U şeklinde bir ilişkinin varlığı belirlenmiştir. Bu sonuç, ÇKE hipotezinin Türkiye ekonomisi için geçerli olduğunu kanıtlamaktadır. Bu bulgu Halicioğlu (2009), Yavuz (2014), Bölük ve Mert (2015), De Vita vd. (2015), Ertugrul vd. (2016), Katircioglu ve Taspınar (2017)'ın bulgularıyla uyumluluk arz etmektedir. Ancak bu ampirik sonuç Akbostancı vd. (2009) ve Tutulmaz (2015) tarafından desteklenmemiştir. Diğer taraftan uzun dönem tahmin sonuçları enerji tüketimi ile karbon emisyonunun pozitif ilişki içinde olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu Say ve Yücel (2006), Halicioğlu (2009), Gojavev vd. (2012), Altıntaş (2013), Ozturk ve Acaravci (2013), Yavuz (2014), Katircioglu (2014), Seker vd. (2015), Keskingöz ve Karamelikli (2015), Bozkurt ve Okumuş (2015), Gokmenoglu ve Taspınar (2016), Ertugrul vd. (2016), Kızılkaya vd. (2016), Uysal ve Yapraklı (2016), Katircioglu ve Taspınar (2017) tarafından da ampirik açıdan desteklenmektedir.

Çalışmada enerji tüketimi ile karbon emisyonu arasında pozitif bir ilişkinin varlığı aslında Türkiye ekonomisinde enerjide fosil yakıtların ağırlıklı olarak kullanımının bir göstergesidir. Dolayısıyla temiz enerji kaynakları olan biyoyakıt, güneş, rüzgar, hidroelektrik ve jeotermal enerji yani yenilenebilir enerji kaynaklarının varlığı ve teşvik edilmesi bu noktada önem kazanmaktadır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için büyüme hedefi geri planda tutulamayacak kadar önemli bir yer teşkil etse de çevre kirliliğinin sonuçlarını göz ardı etmek sonraki nesiller için daha büyük sağlık, çevre ve ekonomi ile bağlantılı sorunları beraberinde getireceğinden üretimde temiz ve çevre dostu teknolojilerin kullanımı özendirilmelidir. Özellikle de çevreye duyarlı üretim ve enerji yatırımlarına ağırlık verilmeli, finans sektörünün bu alanlara

öncelikli destekleri ön planda tutulmalıdır. Sonuç olarak politika yapıcılarının ekonomik hedeflere olduğu kadar çevresel önceliklere de duyarlı olması zorunluluk arz etmektedir.

Çalışma ileriye dönük bazı ampirik çalışmalara da öncülük edebilmektedir. Şöyle ki; ileriye dönük çalışma Türkiye'nin yanı sıra yeni gelişmekte olan bazı ülkeleri de kapsayarak karşılaştırmalı zaman serisi analizlerine imkân tanıyabilir. Ya da düşük gelirli, orta gelirli ve yüksek gelirli ülke grupları panel veri analizi çerçevesinde ele alınabilir. Böylece farklı gelişme kategorilerine sahip ülke grupları arasında bir ampirik karşılaştırma söz konusu olabilir.

KAYNAKLAR

- AHMAD, N., DU, L., LU, J., WANG, J., LI, H-Z. ve HASHMI, M.Z. (2017), Modelling the CO2 Emissions and Economic Growth in Croatia: Is there any Environmental Kuznets Curve?, *Energy*, 123, 164-172.
- AKBOSTANCI, E., TURUT-ASIK, S. ve TUNC, G.İ. (2009), The Relationship between Income and Environment in Turkey: Is there an Environmental Kuznets Curve?, *Energy Policy*, 37, 861-867.
- ALI, W., ABDULLAH, A. ve AZAM, M. (2017), Re-visiting the Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Malaysia: Fresh Evidence from ARDL Bounds Testing Approach, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 990-1000.
- ALTINTAŞ, H. (2013), Türkiye’de Birincil Enerji Tüketimi, Karbondioksit Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Eşbütünlük ve Nedensellik Analizi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 8(1), 263-294.
- ANTWEILER, W., COPELAND, B. ve TAYLOR, M.S. (2001), Is Free Trade good for the Environment?, *American Economic Review*, 91(4), 877-908.
- APERGIS, N. ve OZTURK, I. (2015), Testing Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Asian Countries, *Ecological Indicators*, 52, 16-22.
- BAEK, J. (2015), Environmental Kuznets Curve for CO2 Emissions: The Case of Arctic Countries, *Energy Economics*, 50, 13-17.
- BOUTABBA, M. A. (2014), The Impact of Financial Development, Income, Energy and Trade on Carbon Emissions: Evidence from the Indian Economy, *Economic Modelling*, 40, 33-41.
- BAŞAR, S. ve TEMURLENK, M.S. (2007), Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1), 1-12.
- BOZKURT, C. ve OKUMUŞ, İ. (2015), Türkiye’de Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi, Ticari Serbestleşme ve Nüfus Yoğunluğunun CO2 Emisyonu Üzerindeki Etkileri: Yapısal Kırımlı Eşbütünlük Analizi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(32), 23-35.
- BÖLÜK, G. ve MERT, M. (2015), The Renewable Energy, Growth and Enviromental Kuznets Curve in Turkey: An ARDL Approach, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 587-595.
- BP (2017), *BP Statistical Review of World Energy*, 66th Edition.
- BURCK, J., MARTEN, F., BALS, C. ve HOHNE, N. (2018), *Climate Change Performance Index, Results-2018*.
- COONDOO, D. ve DINDA, S. (2008), The Carbondioxide Emissions and Income: A Temporal Analysis of Cross-country Distributional Patterns, *Ecological Economics*, 265, 375-385.
- ÇETİN, M. ve SEKER, F. (2014), Ekonomik Büyüme ve Dış Ticaretin Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye İçin Bir ARDL Sınır Testi Yaklaşımı, *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(2), 213-230.
- De VITA, G., KATIRCIOGLU, S., ALTINAY, L., FETHI, S. ve MERCAN, M. (2015), Revisiting the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in a Tourism Development Context, *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 16652-16663.
- ELLIOTT, G., ROTHENBERG, T.J. ve STOCK, J.H. (1996), Efficient Tests for an Autoregressive Unit Root, *Econometrica*, 64(4), 813-836.
- ERTUGRUL, H.M., CETIN, M., SEKER, F. ve DOGAN, E. (2016), The Impact of Trade Openness on Global Carbondioxide Emissions: Evidence from the Top Ten Emitters among Developed Counties, *Ecological Indicators*, 67, 543-555.
- FARHANI, S. ve 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*, 2(2), 71-81.

- FARHANI, S. ve OZTURK, I. (2015), Causal Relationship between CO2 Emissions, Real GDP, Energy Consumption, Financial Development, Trade Openness and Urbanization in Tunisia, *Environmental Science and Pollution Research*, 22(20), 15663-15676.
- GOJAYEV, Z., SARMIDI, T. ve SALLEH, N.H.M. (2012), Economic Development, CO2 Emissions and Fossil Fuels Consumption in Turkey: An ARDL Bounds Testing Approach, *Journal of Academic Research in Economics*, 4(3), 257-271.
- GOKMENOGLU, K. ve TASPINAR, N. (2016), The Relationship between CO2 Emissions, Energy Consumption, Economic Growth and FDI: The Case of Turkey, *The Journal of International Trade & Economic Development*, 25(5), 706-723.
- GROSSMAN, G. ve KRUGER, A. (1995), Economic Growth and the Environment, *Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.
- HALICIOGLU, F. (2009), An Econometric Study of CO2 Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey, *Energy Policy*, 37, 1156-1164.
- HAMIT-HAGGAR, M. (2012), Greenhouse Gas Emissions, Energy Consumption and Economic Growth: A Panel Cointegration Analysis from Canadian Industrial Sector Perspective, *Energy Economics*, 34, 358-364.
- HANSEN, L.P. (1982), Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators, *Econometrica*, 50(4), 1029-1054.
- HE, J. ve RICHARD, P. (2010), Environmental Kuznets Curve for CO2 in Canada, *Ecological Economics*, 69, 1083-1093.
- HORTON, J.B., KEITH, D.W. ve HONEGGER, M. (2016), Implications of the Paris Agreement for Carbon Dioxide Removal and Solar Geoengineering, *Harvard Project on Climate Agreements*, Harvard Kennedy School.
- JALIL, A. ve FERIDUN, M. (2011), The Impact of Growth, Energy and Financial Development on the Environment in China: A Cointegration Analysis, *Energy Economics*, 33(2), 284-291.
- JAYANTHAKUMARAN, K., VERNA, R. ve LIU, Y. (2012), CO2 Emissions, Energy Consumption, Trade and Income: A Comparative Analysis of China and India, *Energy Policy*, 42, 450-460.
- JOHANSEN, S. ve JUSELIUS, K. (1990), Maximum Likelihood Estimation and Inferences on Cointegration, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52(2), 169-210.
- KATIRCIOGLU, S.T. (2014), International Tourism, Energy Consumption and Environmental Pollution: The Case of Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 36, 180-187.
- KATIRCIOGLU, S.T. ve TASPINAR, N. (2017), Testing the Moderating Role of Financial Development in an Environmental Kuznets Curve: Empirical Evidence from Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 572-586.
- KAYGUSUZ, K. (2010), Sustainable Energy, Environmental and Agricultural Policies in Turkey, *Energy Conversion and Management*, 51, 1075-1084.
- KESKİNGÖZ, H. ve KARAMELİKLİ, H. (2015), Dış Ticaret, Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyümenin CO2 Emisyonu Üzerine Etkisi, *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9, 7-17.
- KIZILKAYA, O., SOFUOĞLU, E. ve ÇOBAN, O. (2016), Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi ve Çevre Kirliliği Analizi: Türkiye Örneği, *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2), 255-272.
- LOPEZ, R. (1994), The Environment as a Factor of Production: The Effects of Economic Growth and Trade Liberalization, *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, 163-184.
- NASIR, M. ve REHMAN, F. (2011), Environmental Kuznets Curve for Carbon Emissions in Pakistan: An Empirical Investigation, *Energy Policy*, 39(3), 1857-1864.
- NG, S. ve PERRON, P. (2001), Lag Length Selection and the Construction of Unit Root Tests with Good Size and Power, *Econometrica*, 69(6), 1519-1554.

- OOMS, D.L. ve PERLINGS, J.H. (2005), Effects of EU Daily Policy Reform for Dutch Dairy Farming: A Primal Approach Using GMM Estimation, *European Review of Agricultural Economics*, 32(4), 517-537.
- OZTURK, I. ve ACARAVCI, A. (2013), The Long-run and Causal Analysis of Energy, Growth, Openness and Financial Development on Carbon Emissions in Turkey, *Energy Economics*, 36, 262-267.
- OZCAN, 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.
- PAO, H-T., YU, H-C. ve YANG, Y-H. (2011), Modeling the CO2 Emissions, Energy Use, and Economic Growth in Russia, *Energy*, 36, 5094-5100.
- PHILLIPS, P. ve PERRON, P. (1988), Testing for a Unit Root in Time Series Regression, *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- PHILLIPS, P.C.B. ve OULIARIS, S. (1990), Asymptotic Properties of Residual based Tests for Cointegration, *Econometrica*, 58, 165-193.
- ROBALINO-LOPEZ, A., MENA-NIETO, A., GARCIA-RAMOS, J.E. ve GOLPE, A.A. (2015), Studying the Relationship between Economic Growth, CO2 Emissions, and the Environmental Kuznets Curve in Venezuela (1980-2015), *Renewable and Sustainable Energy Review*, 41, 602-614.
- SABOORI, B. ve SULAIMAN, J. (2013), CO2 Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) Countries: A Cointegration Approach, *Energy*, 55, 813-822.
- SAIKKONEN, P. (1991), Asymptotically Efficient Estimation of Cointegration Regressions, *Econometric Theory*, 7, 1-21.
- SAY, N.P. ve YUCEL, M. (2006), Energy Consumption and CO2 Emissions in Turkey: Empirical Analysis and Future Projection based on an Economic Growth, *Energy Policy*, 34, 3870-3876.
- SEKER, F., ERTUGRUL, H.M. ve CETIN, M. (2015), The Impact of Foreign Direct Investment on Environmental Quality: A Bounds Testing and Causality Analysis for Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 347-356.
- SHAHBAZ, M., TIWARI, A.K. ve NASIR, M. (2013a), The Effects of Financial Development, Economic Growth, Coal Consumption and Trade Openness on CO2 Emissions in South Africa, *Energy Policy*, 61, 1452-1459.
- SHAHBAZ, M., HYE, Q.M.A., TIWARI, A.K. ve LEITAO, N.C. (2013b). Economic Growth, Energy Consumption, Financial Development, International Trade and CO2 Emissions in Indonesia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 109-121.
- SHAHBAZ, M., SOLARIN, S.A., SBIA, R. ve BIBI, S. (2015), Does Energy Intensity Contribute to CO2 Emissions? A Trivariate Analysis in Selected African Countries, *Ecological Indicators*, 50, 215-224.
- SHAHZAD, S.J.H., KUMAR, R.R., ZAKARIA, M. ve HURR, M. (2017), Carbon Emissions, Energy Consumption, Trade Openness and Financial Development in Pakistan: A Revisit, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 185-192.
- SOLARIN, S.A., AL MULALI, U., MUSAH, I. ve OZTURK, I. (2017), Investigating the Pollution Haven Hypothesis in Ghana: An Empirical Investigation, *Energy*, 124, 706-719.
- STOCK, J.H. ve WATSON, M. (1993), A Simple Estimator of Cointegrating Vectors in Higher Order Integrated Systems, *Econometrica*, 61, 783-820.
- SUGIAWAN, Y. ve MANAGI, S. (2016), The Environmental Kuznets Curve in Indonesia: Exploring the Potential of Renewable Energy, *Energy Policy*, 98, 187-198.
- SUN, C., ZHANG, F. ve XU, M. (2017), Investigation of Pollution Haven Hypothesis for China: An ARDL Approach with Breakpoint Unit Root Tests, *Journal of Cleaner Production*, 161, 153-164.

- TIWARI, A.K., SHAHBAZ, M. ve HYE, Q.M.A. (2013), The Enviromental Kuznets Curve and the Role of Coal Consumption in India: Cointegration and Causality Analysis in an Open Economy, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 519-527.
- TUTULMAZ, O. (2015), Environmental Kuznets Curve Time Series Application for Turkey: Why Controversial Results Exist for Similar Models?, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 73-81.
- UYSAL, D. ve YAPRAKLI, H. (2016), Kişi Başına Düşen Gelir, Enerji Tüketimi ve Karbondioksit (CO2) Emisyonu Arasındaki İlişkinin Yapısal Kırılmalar Altında Analizi: Türkiye Örneği, *Selçuk Üniversitesi İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 31, 186-202.
- WIVANDA, R.E., TURNER, P.M. ve HALL, M.J.M. (2011), Expectations and The Inertia of Inflation: The Case of Indonesia, *Journal of Policy Modeling*, 33, 426-438.
- WORLD BANK WORLD DEVELOPMENT INDICATORS DATABASE (2017), <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>.
- YAN, Y.F. ve YANG, L.K. (2010), China's Foreign Trade and Climate Change: A Case Study of CO2 Emissions, *Energy Policy*, 8(1), 350-356.
- YAVUZ, N.C. (2014), CO2 Emission, Energy Consumption, and Economic Growth for Turkey: Evidence from a Cointegration Test with a Structural Break, *Energy Sources, Part B*, 9, 229-235.