



Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,
The Journal of Social Sciences Institute
Sayı/Issue:38 – Sayfa / Page: 273-286
ISSN: 1302-6879 VAN/TURKEY

Makale Bilgisi / Article Info
Geliş/Received: 22.08.2017 Kabul/Accepted: 29.09.2017

**EKONOMİK BÜYÜME, ENERJİ TÜKETİMİ, TİCARİ
AÇIKLIK VE KARBONDİOKSİTEMİSYON ETKİLEŞİMİ:
TÜRKİYE ÖRNEĞİ¹**

***THE INTERACTION AMONG ECONOMIC GROWTH, ENERGY
CONSUMPTION, TRADE OPENNESS AND CO₂ EMISSION:
THE CASE OF TURKEY***

Doç. Dr. Zafer KANBEROĞLU
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
zkanberoglu@yyu.edu.tr

Doç. Dr. M. Akif ARVAS
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
aarvas@yyu.edu.tr

Arş. Gör. Mustafa TÜRKMENOĞLU
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
mustafaturkmenoglu@yyu.edu.tr

Öz

Ekonomik büyümenin asli kaynaklarından biri olan enerji kullanımı ülkeler arası gelişen ticaretle birlikte karbondioksit (CO₂) salınımı üzerinde etkin bir unsur olmuştur. Bu bağlamda gelişmiş ülkeler çevre dostu teknolojilerin kullanımını artırırken, çevreye duyarlı olmayan teknolojileri daha alt düzeyde gelişim gösteren ülkelere kaydırmışlardır. Bu sebeple büyüme, enerji, ticari açıklık üçlüsü, ülkelerin çevre ve CO₂ emisyonu üzerinde olumlu ve olumsuz yönde etkide bulunmaktadır. Bu çalışmada

¹Bu çalışma ENSCON 2017, Uluslararası Enerji, Büyüme ve Güvenlik Kongresinde sunulan bildiriden makaleye dönüştürülmüştür.

1980-2015 dönemi için ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticari açıklık ve karbondioksit emisyonu arasındaki ilişki yıllık veriler kullanılarak ARDL yöntemi ile incelenmiş ve uzun dönemde enerji tüketiminin karbondioksit emisyonu üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu, karbondioksit emisyonu ile büyüme arasında da negatif yönlü ilişki bulunduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Büyüme, Enerji Tüketimi, Ticari Açıklık, CO₂ Emisyonu

Abstract

The use of energy, one of the main sources of economic growth, has been a key factor in the emission of CO₂ along with international trade between countries. In this context, while developed countries have increased the use of environmentally friendly technologies, they have shifted non-environmentally sensitive technologies to underdeveloped countries. Thus, growth, energy, and the trade openness have an impact on the CO₂ emissions and the environment of countries both positively and negatively. Therefore, using yearly data, the impact of economic growth on energy consumption, trade openness and CO₂ emissions is analyzed for the 1980-2015 period, using ARDL approach. It is found that long term energy consumption has a positive and statistically significant effect on CO₂ emissions and, however, a negative relationship between CO₂ emissions and growth.

Keywords: Growth, Energy Consumption, Trade Openness, CO₂ Emission

Giriş

Bir ülkede yaşayan bireylerin sosyo-ekonomik gelişimi ve refahının artışı enerji tüketimi önemli rol oynamaktadır. Enerji tüketimi özellikle gelişmekte olan ülkelerde serbestleşen dünya ticareti, küresel ısınma ve iklim değişiklikleri nedeniyle ekonomik büyümeyle beraber sera gazı artışına da yol açmaktadır.

Sera gazı artışı dolayısıyla çevresel faktörler ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimin teorik çerçevesi Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi üzerine inşa edilmiştir. Söz konusu hipoteze göre kişi başı gelir artışı belli bir eşik değere kadar çevreye zarar verir, söz konusu eşikten sonra kişi başı gelir artışının çevre kirliliğini azaltacağı öngörüsünde bulunur.

Ülkelerin ekonomik büyümelerinde dış ticaretleri özellikle ihracatları önem arz etmektedir. İhracat toplam faktör verimliliğini artıran ekonomik üretim sürecinde yayılma etkisine (spill-overeffect) sahiptir. Özellikle sanayi sektörü ihracat artışı, enerji tüketim artışı, ekonomik büyüme ve nihai olarak çevresel etki birbirini beslemektedir. Bu kapsamda teorik olarak söz konusu değişkenlerin birbirine bağlı olduğu aşikârdır.

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye içinde çevresel etkileri olan değişkenlerin etkileşimi önem arz etmektedir. Dünyanın en büyük 20 ekonomisi içerisinde yer alan Türkiye, son yıllarda ulusal ve uluslararası çevresel düzenleme anlaşmalarına taraf olmuştur. Bu sebeple bu konularda daha hassas davranmaya başlamıştır. Özellikle Türkiye'nin 2009'da imzaladığı ve sera gazı salınımını azaltmayı hedefleyen Kyoto Protokolü ile de bu konudaki iradesini ortaya koymuştur. Bu çalışma kapsamında ekonomik büyüme, enerji tüketimi, CO₂emisyonu ve ticari açıklık arasındaki ilişki Türkiye örneğinde incelenecektir.

Literatür Taraması

Ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticari açıklık ve CO₂emisyonu arasındaki etkileşimin birlikte incelendiği çalışmalar son dönemlerde artmıştır. Özellikle 2007 öncesi yapılan çalışmalarda bu dört değişken ikiye veya üçerli gruplar halinde incelenmiştir. Yazında mevcut söz konusu dört değişkenin birlikte incelendiği çalışmalar aşağıda açıklanmıştır.

Halicioğlu (2009) CO₂emisyonu, enerji tüketimi, gelir ve ticaret arasındaki ilişkiyi Türkiye örneğinde incelemiştir. Çalışmada 1960-2005 dönemi ele alınmış ve sınır testi ile analiz edilmiştir. Çalışma bulgularına göre Türkiye de CO₂emisyonu en fazla etkiye sırasıyla ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve dış ticaret üzerinde sahiptir.

Hossain (2011) CO₂emisyonu, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve ticari açıklık arasındaki ilişkiyi yeni sanayileşen ülkeler örneğinde incelemiştir. Çalışmada 1971-2007 dönemi ele alınmış ve granger nedensellik testi kullanılmıştır. Çalışma bulgularına göre değişkenler arasında uzun dönemli ilişki bulunmaz iken kısa dönemli ekonomik büyüme ve ticari açıklıktan CO₂emisyona tek yönlü ilişki tespit edilmiştir.

Jayanthakumaran vd. (2012) CO₂emisyonu, gelir, enerji tüketimi ve ticaret arasındaki ilişkiyi Çin ve Hindistan örneğinde karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Çalışmada 1975-2005 dönemi ele alınmış ve ARDL sınır testi yönteminden faydalanılmıştır. Çalışma bulgularına göre Çin ve Hindistan da CO₂emisyonu, kişi başı gelir, yapısal değişimler ve enerji tüketimi tarafından etkilenmektedir.

Kohler (2013) CO₂emisyonu, enerji tüketimi, gelir ve dış ticaret arasındaki ilişki Güney Afrika örneğinde incelemiştir. Çalışmada 1960-2009 dönemini ele almış ve ARDL yönteminden faydalanılmıştır. Çalışma bulgularına göre CO₂emisyonu, enerji tüketimi, gelir ve dış ticaret arasında pozitif iki yönlü nedensellik tespit edilmiştir.

Shahbazvd. (2013) ekonomik büyüme, enerji tüketimi, uluslararası ticaret ve CO₂ salınımı arasındaki ilişkiyi Endonezya örneğinde incelemiştir. Çalışma, ARDL yöntemi ve IAA (Innovativeaccountingapproach) yaklaşımıyla 1975-2011 dönemi çeyrekli verileri ile analiz edilmiştir. Çalışma bulguları ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin CO₂ salınımını artırdığını ve uluslararası ticaretin CO₂ salınımını azalttığını tespit etmiştir.

Sebri ve Salha (2014) ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve ticari açıklık arasındaki BRICS ülkeleri örneğinde incelemiştir. Çalışmada 1971-2010 dönemi ele alınmış ve ARDL sınır testi yönteminden faydalanılmıştır. Çalışma bulgularına göre değişkenler arasında uzun dönemli ilişkiler mevcuttur.

Yazdı andMastorakis (2014) yenilenebilir enerji tüketimi, ticari açıklık, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi İran örneğinde incelemiştir. Çalışmada 1975-2011 dönemi ele alınmış ve ARDL yönteminden faydalanılmıştır. Çalışma bulgularına göre kısa dönemde yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme pozitif iki yönlü nedensellik içindedir ve CO₂ emisyonu üzerinde yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyümeninpozitif etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Palamalai vd. (2015) enerji tüketimi, CO₂ emisyonu, ekonomik büyüme ve ticaret arasındaki ilişkiyi Hindistan örneğinde VECM modeli ile incelemiştir. Çalışma bulguları enerji tüketimi, CO₂ emisyonu, ekonomik büyüme ve ticaret arasında uzun dönemli ilişki olduğunu ve CO₂ emisyonunu diğer değişkenlerin artırdığını tespit etmiştir.

Omri vd. (2015) finansal kalkınma, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme ilişkisini 12 Ortadoğu ve Kuzey Afrika ülkesi örneğinde incelemiştir. Çalışma panel veri yöntemini 1990-2011 dönemi için kullanmıştır. Çalışma bulguları ekonomik büyüme ve ticari açıklık arasında çift yönlü nedensellik olduğunu ve Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin söz konusu ülkeler için geçerli olduğunu tespit etmiştir.

Kasman ve Duman (2015) CO₂ emisyonu, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve ticaret arasındaki ilişkiyi AB ülkeleri ve AB aday ülkeleri örneğinde incelemiştir. Çalışmada 1992-2010 dönemi ele alınmış ve panel veri analizi kullanılmıştır. Çalışma bulgularına göre söz konusu ülkelerde Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi geçerli ve CO₂ emisyonu, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve ticaret arasında uzun dönem nedensellik tespit edilmiştir.

Hussainand Ali (2016) ticaret, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve çevre arasındaki ilişkiyi Pakistan örneğinde incelemiştir. Çalışmada 1980-2015 dönemi ele alınmış ve JohansenKoentegrasyon

testinden faydalanılmıştır. Çalışma bulgularına göre enerji tüketimi ve ticari açıklığın karbon emisyonu üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Öztürk ve Öz (2016) enerji tüketimi, gelir, doğrudan dış yatırımlar ve CO₂ emisyonu ilişkisini Türkiye örneğinde incelemiştir. Çalışmada 1974-2011 dönemi ele alınmış ve Maki Koentegrasyon yönteminden (değişkenler arasında uzun dönemli ilişki varlığını belirler) faydalanılmıştır. Çalışma bulgularına göre kısa ve uzun dönemde Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin Türkiye için geçerli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca doğrudan dış yatırımların çevre üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu, CO₂ emisyonu ve doğrudan dış yatırımlar arasında iki yönlü nedensellik olduğu ve enerji tüketiminden ekonomik büyümeye tek yönlü nedensellik olduğu tespit edilmiştir.

Veri Seti ve Metodoloji

Bu çalışmada Türkiye Ekonomisi'ne ait 1980-2015 arası yıllık veriler kullanılmıştır. Aşağıdaki tabloda değişkenlere ait tanımlayıcı özet istatistikler yer almaktadır. Tüm veriler, OECD'nin resmi istatistik sitesinden elde edilmiştir.

Tablo 1. Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler

	lnCO2	lnY	lnE	lnTR
Mean	0.010195	4.009614	0.009601	1.549989
Median	0.012866	3.974309	0.012645	1.605029
Maximum	0.037601	4.386118	0.038453	1.721505
Minimum	-0.052146	3.661906	-0.040419	1.204054
Std. Dev.	0.021439	0.195444	0.017126	0.147421
Skewness	-0.722927	0.270973	-0.638462	-0.519636
Kurtosis	3.174455	2.349031	3.392163	1.962851
Jarque-Bera	3.093024	1.046303	2.602141	3.143825
Probability	0.212990	0.592650	0.272240	0.207648
Sum	0.356829	140.3365	0.336020	54.24962
SumSq. Dev.	0.015628	1.298745	0.009972	0.738916
Observations	35	35	35	35

Ekonometrik denklemin genel şekli şu şekilde tanımlanmıştır:

$$CO_{2t} = f(E_t, Y_t, TR_t) \quad (1)$$

Tüm değişkenlerin logaritması alındıktan sonra model

$$\ln CO_{2t} = \varphi_0 + \varphi_E \ln E_t + \varphi_Y \ln Y_t + \varphi_{TR} \ln TR_t + \omega_t \quad (2)$$

halini almıştır. Burada CO_{2t} kişi başına CO₂ emisyon miktarını; E_t kişi başına enerji tüketimini; Y_t ekonomik büyümeyi ifade eden kişi başına reel geliri ve son olarak TR_t ise kişi başına ticari açıklığı temsil

etmektedir. Son olarak ω ise ortalaması sıfır, sabit varyanslı ve normal dağılıma sahip olan hata terimini ifade etmektedir. Modele göre, enerji tüketimindeki bir artışın CO₂ emisyonunu artıracak $\phi_\varepsilon > 0$, ayrıca yüksek ekonomik büyümenin yüksek CO₂ emisyonlarına yol açacağı varsayılmıştır $\phi_\nu > 0$. Ticaret açıklığı katsayısının beklenen işareti negatiftir $\phi_{rr} < 0$ çünkü kirletici unsur taşıyan malların ticaretine uluslararası yasalarla çeşitli sınırlamalar getirilmiştir. Bu nedenle ticaret artıçça kirlilik oranının düşmesi beklenmektedir. Fakat diğer taraftan Grossman ve Kruger (1991) ve Halıcıoğlu (2009) bunun katsayısının gelişmekte olan ülkelerde pozitif çıkacağını, çünkü bu ülkelerin üretim desenlerinin kirletici faktör taşıdıklarını ileri sürmüşlerdir.

Zivot ve Andrews (1992), Perron (1989)'un dışsal kırılma noktası varsayımını eleştirerek, alternatif hipotez altında trend fonksiyonunda tahmini bir kırılmaya izin veren yeni bir birim kök test prosedürü geliştirmiştir (Zivot ve Andrews, 1992). Kırılma tarihi belirlendikten sonra, hesaplanan t istatistiği, Zivot ve Andrews (1992)'un hesaplamış olduğu kritik değerinden küçükse birim kökün olduğunu ifade eden temel hipotez kabul edilmektedir (Tıraşoğlu, 2014).

$$\Delta x_t = a + ax_{t-1} + bt + cDU_t + \sum_{j=1}^k d_j \Delta x_{t-j} + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\Delta x_t = b + bx_{t-1} + ct + bDT_t + \sum_{j=1}^k d_j \Delta x_{t-j} + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$\Delta x_t = c + cx_{t-1} + ct + dDU_t + dDT_t + \sum_{j=1}^k d_j \Delta x_{t-j} + \varepsilon_t \quad (5)$$

Bu denklemlerde DU_t kukla değişkeni göstermekte ve zaman kırılmasıyla birlikte her noktada ortaya çıkan ortalamadan sapmayı ifade etmektedir. Diğer trend kukla değişkenler ise DT_t ile gösterilmiştir:

$$DU_t = \begin{cases} 1 \dots \text{eğer } t > TB \\ 0 \dots \text{eğer } t < TB \end{cases} \quad \text{ve} \quad DT_t = \begin{cases} t - TB \dots \text{eğer } t > TB \\ 0 \dots \text{eğer } t < TB \end{cases}$$

Zivot-Andrews birim kök testi ile serilerin durağanlık özellikleri sağlandıktan sonra Pesaran ve diğ. Tarafından geliştirilen ARDL sınır testi yaklaşımı ile değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünlüşme ilişkisinin var olup olmadığı araştırılmıştır. Modeller şu şekildedir:

$$\begin{aligned} \Delta \ln CO_{2t} = & \beta_1 + \beta_{DUM} DUM + \beta_C \ln CO_{2t-1} + \beta_E \ln E_{t-1} + \beta_Y \ln Y_{t-1} + \beta_{TR} \ln TR_{t-1} \\ & + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta \ln CO_{2t-i} + \sum_{j=0}^q \beta_j \Delta \ln E_{t-j} + \sum_{k=0}^r \beta_k \Delta \ln Y_{t-k} + \sum_{l=0}^s \beta_l \Delta \ln TR_{t-l} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \Delta \ln E_t = & \beta_1 + \beta_{DUM} DUM + \beta_C \ln CO_{2t-1} + \beta_E \ln E_{t-1} + \beta_Y \ln Y_{t-1} + \beta_{TR} \ln TR_{t-1} \\ & + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta \ln E_{t-i} + \sum_{j=0}^q \phi_j \Delta \ln CO_{2t-j} + \sum_{k=0}^r \phi_k \Delta \ln Y_{t-k} + \sum_{l=0}^s \phi_l \Delta \ln TR_{t-l} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \Delta \ln Y_t = & \beta_1 + \beta_{DUM} DUM + \beta_C \ln CO_{2t-1} + \beta_E \ln E_{t-1} + \beta_Y \ln Y_{t-1} + \beta_{TR} \ln TR_{t-1} \\ & + \sum_{i=1}^p \varphi_i \Delta \ln Y_{t-i} + \sum_{j=0}^q \varphi_j \Delta \ln CO_{2t-j} + \sum_{k=0}^r \varphi_k \Delta \ln E_{t-k} + \sum_{l=0}^s \varphi_l \Delta \ln TR_{t-l} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \Delta \ln TR_t = & \beta_1 + \beta_{DUM} DUM + \beta_C \ln CO_{2t-1} + \beta_E \ln E_{t-1} + \beta_Y \ln Y_{t-1} + \beta_{TR} \ln TR_{t-1} \\ & + \sum_{i=1}^p \theta_i \Delta \ln TR_{t-i} + \sum_{j=0}^q \theta_j \Delta \ln CO_{2t-j} + \sum_{k=0}^r \theta_k \Delta \ln E_{t-k} + \sum_{l=0}^s \theta_l \Delta \ln Y_{t-l} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (9)$$

Modellerde, delta (Δ) birinci dereceden fark alma operatörünü ve ε_t ise hata terimlerini ifade etmektedir. Modellerdeki en uygun gecikme uzunlukları, en düşük Akaike Bilgi Kriterine (AIC) göre seçilmiştir. Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı Pesaran tarafından geliştirilen şu hipotezlere dayanmaktadır:

$$H_0 : \beta_{CO_2} = \beta_Y = \beta_{TR} = 0 \quad \text{değişkenler arasında eşbütünleşme yok} \quad (10)$$

$$H_A : \beta_{CO_2} \neq \beta_Y \neq \beta_{TR} \neq 0 \quad \text{değişkenler arasında eşbütünleşme var} \quad (11)$$

Pesaran ve diğ. asimptotik kritik üst sınır ve kritik alt sınır değerlerini geliştirerek seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığını bu kritik değerlere bakarak karar verileceğini ifade etmişlerdir. Eğer hesaplanan F istatistiği kritik üst sınır değerinden büyükse o zaman seriler arasında uzun dönemli eş bütünleşme ilişkisinin var olduğu, kritik alt sınır değerinden küçük olması

durumunda eşbütünleşmenin olmadığı, eğer her iki kritik değer aralığında çıkarsa ilişkinin varlığını konusunda kararsız kalınacağı sonucu çıkarılmaktadır.

Kısacası bu çalışmada, verilerin durağanlık düzeylerinin belirlenmesinden sonra gecikme uzunluklarının tespit edilerek uygun ARDL modelinin bulunması, F-testi ile eş bütünleşme ilişkisine karar verilmesi ve sonrasında da uzun ve kısa dönem ilişkilerin bulunması şeklinde bir yöntem izlenmiştir. Literatüre uygun olarak bu çalışmada da önce serilerin durağanlık düzeyleri incelenmiş, ardından tüm değişkenlerin aynı bütünleşme düzeyine sahip olup olmadığı test edilmiş ve buna göre kullanılacak eş bütünleşme testine karar verilerek kurulan modeller tahmin edilmiştir.

Ekonometrik Bulgular

ARDL modelinin tahmin işleminden önce serilerin durağan olup olmadıkları Zivot-Andrews testi ile sınanmış ve sonuçlar aşağıdaki tabloda sunulmuştur. Buna göre sadece gelir ve ticari açıklık değişkenleri düzey değerinde durağanken $I(0)$, diğer değişkenlerin ancak birinci dereceden farkları alındıktan sonra durağanlaştıkları $I(1)$ görülmüştür. Ayrıca serilerdeki yapısal kırılmanın meydana geldiği yıllar da tabloda yer almaktadır.

Tablo 2. Zivot-Andrews Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi

Değişken Adı	Düzyey değerde	Birinci Alınmış	Farkı
	t-stat	Time break	Time break
$\ln CO_{2t}$	-2.839(2)	2009	-6.422(4) 2009
$\ln Y_t$	-6.402(1)*	1998	
$\ln E_t$	-4.015(4)	2001	- 2003 6.491(4)*
$\ln TR_t$	-4.929(4)*	1994	

Not: Gecikme sayıları parantez içinde gösterilmiştir.

*%1 düzeyinde istatistiksel anlamlığı ifade etmektedir.

Değişkenler arasındaki uzun dönemli eş-bütünleşme ilişkisini saptamak üzere ARDL sınır testi yaklaşımı esnek olmasından dolayı tercih edilmiştir. Bu yaklaşıma göre serilerin aynı bütünleşme derecesinde bütünleşik olmaları gerekmiyor. Gecikme uzunluğu minimum AIC değeri baz alınarak 4 olarak seçilmiştir. Sonraki adımda ise değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığını saptamak için F istatistikleri hesaplanmıştır. Tablo 3'teki sonuçlara göre hesaplanan F istatistikleri %1 önem derecesinde üst kritik tablo

değerinden büyük çıktığı için değişkenler arasında 4 adet eşbütünlük vektörünün olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Serilerde yapısal kırılmanın yaşandığı yıllar sırasıyla 2009, 1998, 2003 ve 1994'tür.

Tablo 3. ARDL Eşbütünlük Test Sonuçları

Sınır Testi					Tanısal Testler			
Tahmin Edilmiş Modeller	Optimal Gecikme Uzunluğu	Yapısal Kırılma	F-İstatistiği	χ^2_{NORM}	χ^2_{ARC}	χ^2_{RESI}	χ^2_{SEK}	
$F_{CO_2}(CO_2 / E, Y, TR)$	3,2,3,2	2009	12.41 0*	0.159	1.64 0	0.463	0.315	
$F_Y(Y / CO_2, E, TR)$	1,0,2,4	1998	477.3 33*	0.595	1.33 6	0.027	0.619	
$F_{TR}(TR / CO_2, E, Y)$	4,3,4,4	1994	45.31 5*	0.637	0.43 5	0.128	1.039	
$F_E(E / CO_2, E, Y)$	2,0,0,0	2003	22.11 7*	0.626	1.88 9	1.506	1.425	
Kritik Değerler (T=36)								
Önemlilik derecesi	Alt Değeri	Sınır	Üst Sınır Değeri	I(1)				
	I(0)							
%1	3.42		4.84					
%5	2.45		3.63					
%10	2.01		3.10					

Not: * %1 istatistiksel anlamlık düzeyini ifade etmektedir.

Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı saptandıktan sonra, bir sonraki adımda ekonomik büyümenin, enerji tüketiminin ve ticaret açıklığının CO₂ emisyonu üzerine marjinal etkileri hesaplanmıştır. Tablo 4'teki sonuçlara göre enerji tüketiminin CO₂emisyonu üzerine pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır. Buna göre enerji tüketimindeki bir artış enerji kullanımından kaynaklı kirletici faktörlerin artmasına yol açmaktadır. Yani diğer faktörler sabitken, enerji tüketimindeki yüzde 1'lik bir artış CO₂'yi yüzde 1.260 oranında artırmaktadır. CO₂ ile büyüme arasındaki katsayı beklentinin aksine negatif çıkmıştır. Elde edilen sonuca göre büyümede meydana gelen %1'lik bir artış CO₂ miktarını % 0.031 birim düşürmektedir. Bu durum belki ya Türkiye'nin uluslararası çevre anlaşmalarına muhatap olması nedeniyle CO₂ miktarlarını düşürmüş olmasından veya büyümenin motoru olarak daha temiz

enerji kaynaklarının kullanılmasından kaynaklanmış olabilir. Ticaret açıklığı değişkeni ile CO₂ değişkeni arasındaki ilişki, pozitif fakat istatistikî olarak anlamsız bulunmuştur. Bu durum, istatistiksel anlamlılık bir tarafa bırakıldığında, Türkiye'nin gelişmekte olan bir ülke olması nedeniyle üretim yapısının ve teknolojisinin henüz yeterince çevreye duyarlı hale gelmediği şeklinde yorumlanabilir. Teorik gerekçelerle, ticaret açıklığı ile kirlilik arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi ortaya koymak amacıyla modellere TR değişkeninin karesi alınmıştır. Buna göre doğrusal olmayan ticaret açıklığı değişkeninin katsayısı istatistikî olarak anlamsız ve beklenen işareti pozitif çıkmıştır. Bu durum ters U-şeklinde bir doğrusal olmayan ilişkinin mevcut olmadığını göstermektedir (inverted U-shaped).

Tablo 4. Uzun ve Kısa Dönem Analiz Sonuçları (Bağımlı değişken= $\ln CO_{2t}$)

Değişkenler	Katsayı	T- istatistiği	Katsayı	T- istatistiği
Uzun Dönem Analiz				
<i>Sabit</i>	0.110*	3.125	0.115*	2.665
$\ln E_t$	1.260*	7.855	1.263*	7.815
$\ln Y_t$	-0.031**	-2.396	-0.031**	-2.333
$\ln TR_t$	0.009	0.589	----	----
$\ln TR_t^2$	----	----	0.002	0.509
Kısa Dönem Analiz				
<i>Sabit</i>	0.113*	2.724	0.113**	2.402
$\ln E_t$	1.258*	6.527	1.148*	8.816
$\ln Y_t$	-0.031**	-2.018	-0.029**	-2.067
$\ln TR_t$	0.005	0.305	----	----
$\ln TR_t^2$	---	----	0.002	0.400
ECM_{t-1}	-0.219	-0.643	-	-1.631
R^2	0.924		0.460***	
$F - stat$	11.421*		0.865	
			33.517*	
Kısa Dönem Tanımsal Testler				
Testler	F- istatistiği	Prob. Değeri	F- istatistiği	Prob. Değeri
$\chi^2 ARCH$	0.819	0.525	2.472	0.085

χ^2 WHITE	1.181	0.375	1.837	0.140
χ^2 RAMSEY	0.356	0.834	0.108	0.897

Not: *,** ve ***, sırasıyla, %1, %5 ve %10 istatistiksel anlamlık düzeylerini ifade etmektedir.

Kısa dönem analiz sonuçlarına göre ise, enerji ve ticaret açıklığı değişkenlerin CO₂ emisyonu üzerine pozitif etkilere sahipken, ekonomik büyüme negatif etkiye sahiptir. Sonuçlara göre enerji tüketimi, CO₂ artışı üzerine en büyük etkiye sahiptir. Ayrıca, hata teriminin bir gecikmeli değerinin (ECM_{t-1}) katsayısının -0.219 (-0.460) %10 düzeyinde istatistiksel anlamlılığa sahip olması ve negatif işaret taşıması, CO₂, enerji tüketimi, ticaret açıklığı ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir ilişkinin var olduğu yönündeki çalışma ön savını desteklemektedir. Bu sonuca göre, herhangi bir içsel ya da dışsal şok durumunda CO₂ emisyonunda meydana gelen değişimlerin uzun dönemde her sene ortalama olarak %21 (%46) oranında düzeltildiği bulgusuna ulaşılmıştır. Bir diğer deyişle, yaklaşık 5 (2) yıl gibi bir sürede kısa dönemli sapmalar tekrar uzun dönem dengesine gelmektedir.

Tahmin edilmiş modellere ilişkin tanısal testler Tablo 4'te yer almaktadır. Test sonuçlarına göre (F-istatistiklerine ait anlamsız prob değerleri), kısa dönem model tahmin sonuçlarında; otoregresif koşullu değişen varyans (ARCH testi), White değişen varyans sorunlarının olmadığını ve kısa dönem model kurulumlarında spesifikasyon hatalarının bulunmadığını göstermektedir (Ramsey testi).

Sonuç

Bu çalışmada son dönemlerde dünya ekonomilerini yakından ilgilendiren CO₂ emisyonu üzerinde ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve ticari açıklığın etkisi incelenmeye çalışılmıştır. Söz konusu kirlilik problemi özellikle gelişmekte olan ülkeleri yakından ilgilendirmektedir. Zira bu ülkeler, nano-teknolojik sanayi yapısından uzak, çevreye zararı yüksek olan ağır sanayi kullanmak zorunda kalmaktadırlar. Türkiye gelişmiş ülke olma aşamasına gelmiş bir ülke olarak geç de olsa çevre dostu teknolojilere sahip olma yolunda hızla ilerlemektedir. Bu bağlamda ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticari açıklık ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişki Türkiye içinde önem arz etmektedir.

Türkiye örneği üzerinde yapılan çalışmanın ampirik bulgularına göre uzun dönemde enerji tüketiminin, CO₂ emisyonu üzerine pozitif

ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla enerji tüketimindeki bir artış enerji kullanımından kaynaklı kirletici faktörlerin artmasına yol açmaktadır. CO₂ emisyonu ile büyüme arasındaki katsayı beklentinin aksine negatif çıkmıştır. Bu durumun temel sebebi Türkiye'nin uluslararası çevre anlaşmalarına taraf olması nedeniyle CO₂ emisyonu miktarlarını düşürmüş olmasından veya büyümenin motoru olarak daha temiz enerji kaynaklarının kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Ticaret açıklık değişkeni ile CO₂ emisyonu değişkeni arasındaki ilişki, pozitif fakat istatistikî olarak anlamsız bulunmuştur. Bu ilişki, Türkiye'nin üretim yapısının ve teknolojisinin henüz yeterince çevreye duyarlı hale gelmediği şeklinde yorumlanabilir. Kısa dönem analiz sonuçlarına göre ise, enerji ve ticaret açıklığı değişkenlerin CO₂ emisyonu üzerine pozitif etkilere sahipken, ekonomik büyüme negatif etkiye sahiptir. Bu sonuç uzun dönemli bir ilişkinin var olduğu yönündeki çalışma ön savını desteklemektedir. Bu sonuca göre, herhangi bir içsel ya da dışsal şok durumunda CO₂ emisyonunda meydana gelen değişimlerin uzun dönemde her sene ortalama olarak %21 (%46) oranında düzeltildiği bulgusuna ulaşılmıştır.

Çalışmanın ampirik sonuçlarının gösterdiği gibi Türkiye çevre dostu teknolojide henüz istenen noktada bulunmamaktadır. Bu bağlamda güneş, rüzgar, jeotermal vb. kaynaklı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, uluslararası (Kyoto Protokolü gibi) anlaşmaların ivedilikle yerine getirilmesi çabaları Türkiye sürdürülebilir refaha ulaştıracaktır.

Kaynakça

Grossman, G. M. And Krueger, A. B. (1991). Environmental Impacts of a North American free trade agreement, *NBER Working Paper* No. 3914. Cambridge.

Halicioğlu, F. (2009). An econometric study of CO₂ emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey, *Energy Policy*, 37, 1156-1164.

Hossain, S. (2011). Panel estimation for CO₂ emissions, energy consumption, economic growth, trade openness and urbanization of newly industrialized countries, *Energy Policy*, 39, 6991-6999.

Hussain, Z. and Ali, A. (2016). An Econometric Analysis of Trade, Economic Growth, Energy Consumption and Environmental Quality for Pakistan, *Bulletin of Energy Economics*, 4(2), 133-137.

Im, K. L., Pesaran, M. H., Shin, Y. (2003), Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels, *Journal of Econometrics*, 115, 53-74.

Jayanthakumaran, K., Verma, R. and Liu, Y. (2012). CO₂ emissions, energy consumption, trade and income: A comparative analysis of China and India, *Energy Policy*, 42, 450-460.

Kasman, A. ve Duman, Y.S. (2015). CO₂ emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: A panel data analysis, *Economic Modelling*, 44, 97-103.

Kohler, M. (2013). CO₂ emissions, energy consumption, income and foreign trade: South African perspective, *ERSA Working Paper* 356.

Omri, A., Saida, D., Anissa, C. and Christophe, R. (2015). Financial development, Environmental quality, trade and economic growth: what causes what in MENA countries, *Business School Working Paper Series* 2015-622.

Öztürk, Z. ve Öz, D. (2016). The relationship between energy consumption, income, foreign direct investment and CO₂ emissions: The case of Turkey, *Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 6 (2), 269-288.

Palamalai, S., Ravindra, I.S. and Prakasam, K. (2015). Relationship between energy consumption, CO₂ emissions, economic growth and trade in India, *International journal of economics*, 2 (1), 1-17.

Perron, P. (1989). The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis, *Econometrica*, 57 (6), 1361-1401.

Pesaran, M.H., Shin, Y., Smith R.J. (2001). Bound testing approaches to the analysis of level relationships, *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289-326.

Sebri, M. and Salha, A.B. (2014). On the causal dynamics between economic growth, renewable energy consumption, CO₂ emissions, trade openness: Fresh evidence from BRICS countries, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 14-23.

Shahbaz, M., Qazi, M.A.H., Aviral, K.T. and Nuno, C.L. (2013). Economic growth, energy consumption, Financial development, international trade ve CO₂ emissions in Indonesia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 109-121.

Tıraşoğlu, B. Y., (2014). Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testleri İle OECD Ülkelerinde Satın Alma Gücü Paritesi Geçerliliğinin Testi, *Ekonometri ve İstatistik*, 20, 68-87

Zivot, E. and D.W.K. Andrews (1992). Testing the null hypothesis of stationarity evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock and against the alternative of a unit root: how sure are we the Unit-Root Hypothesis. Journal of Business and Economic Time Series have a unit root?, *Journal of Economic Statistics*, 10(3), 251-270.

Yazdı, S.K. ve Mastorakis, N. (2014). Renewable, CO₂ emissions, Trade Openness and economic growth in Iran, *Latest Trends in energy-environment and development*, 360-370.