

Türkiye’de Karbondioksit Emisyonu, Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Dışa Açıklık İlişkisi: Eşbütünleşme Analizi

Oktay KIZILKAYA¹
Orhan ÇOBAN²
Emrah SOFUOĞLU³

ÖZET

Bu çalışmanın temel amacı Türkiye’de karbondioksit emisyonu, ulaşım sektörü enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve dışa açıklık arasındaki ilişkiyi incelemektir. Bu bağlamda 1967-2010 dönemi incelenmiş olup yıllık veriler kullanılmıştır. Çalışmada yöntem olarak Johansen (1990) Maksimum Olabilirlik-iz testleri kullanılarak eşbütünleşme ilişkisi elde edilmiştir. Analiz sonuçları Türkiye’de karbondioksit emisyonu, ulaştırma sektörü enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve dışa açıklık arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Türkiye’de karbondioksit emisyonları üzerinde ekonomik büyümenin, ulaşım sektörü enerji tüketiminin ve dışa açıklığın pozitif bir etkisi vardır. Bu bulgular çerçevesinde sonuç kısmında çeşitli politika önermelerinde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Karbondioksit Emisyonu, Ekonomik Büyüme, Dışa Açıklık, Enerji Tüketimi, Eşbütünleşme

Jel Kodu: F2, O1, Q4, Q5.

Carbon Dioxide Emissions, Energy Consumption, Economic Growth and Openness In Turkey: Cointegration Analysis

ABSTRACT

The aim of this study is to analyze the relationship between carbon dioxide emissions, road sector energy consumption, economic growth and trade openness in Turkey. In this context, we examined over the period of 1967-2010 based on annual data. We applied Johansen (1990) Maximum Likelihood-Trace approaches to test for a long run relationship between variables and obtained cointegration relation. According to the analysis results, in the long term, there is a relationship between carbon dioxide emissions, road sector energy consumption, economic growth and trade openness. Economic growth, road sector energy

¹ Yrd. Doç. Dr., Ahi Evran Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, okizilkaya@ahievran.edu.tr

² Prof. Dr., Selçuk Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, ocoban@selcuk.edu.tr

³ Arş. Gör., Ahi Evran Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, emrah.sofuoglu@ahievran.edu.tr

consumption and trade openness have a positive impact on CO₂ emissions in Turkey. As a result of these findings we have offered various policy recommendations.

Keywords: *Carbon Dioxide Emissions, Economic Growth, Energy Consumption, Cointegration*

Jel Codes: *F2, O1, Q4, Q5.*

Giriş

İnsanoğlu dünyanın başlangıcından bugüne yaşadığı çevrede sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu sorunlar bazen doğanın kendi döngüsel sürecinden kaynaklanmakta iken bazen de insanoğlunun kendi eli ile meydana gelmektedir. İnsanoğlu özellikle 1850’li yıllardan itibaren fosil yakıtlardan yararlanmayı keşfetmiş bu sayede çoğu şimdiki gelişmiş devletler olan ülkeler ekonomik büyümelerini ve kalkınmalarını, siyasi nüfuzlarını, teknoloji düzeylerini, sanayilerini, ulaştırma sektörlerini ciddi anlamda geliştirmişlerdir. Dünyada üretim arttıkça üretim sürecinin en büyük girdisi olan enerji ihtiyacı da artmış bu nedenle fosil yakıt kullanıldıkça sera gazları atmosferde birikmeye başlamış ve özellikle 1990’li yıllardan itibaren çevresel sorunlar belirgin hale gelmiş, iklim değişikliği sorunu daha geniş kitlelerde yankı bulmaya başlamıştır (Karakaya ve Sofuoğlu, 2015).

Dünya Enerji Görünümü (WEO) 2014 yılında yayınlamış olduğu raporuna göre yerküre ısısının 2°nin altında sınırlandırılabilmesi için atmosferdeki CO₂ miktarının maksimum 2300 Gt olması gerekmektedir. Ancak bu miktarın yaklaşık %50’si dolmuştur ve önümüzdeki 25 yıl içerisinde mevcut politikaların devam etmesi halinde diğer yarısının da dolacağı öngörülmektedir.

Küresel iklim değişikliği sorunu milyonlarca insanı yoksullukla karşı karşıya getirmiştir. Gelişmiş ve az gelişmiş ülkelerde dahil tüm dünyada insanlar her yıl iklim değişikliği nedeniyle sel, kasırga, kuraklık, tsunami vs. gibi afetlerden etkilenmektedir (Hossain, 2012). Bu sorunlar özellikle şimdiki gelişmiş ülkelerin ekonomik büyümelerini arttırırken çevreyi göz ardı etmeleri nedeniyle gerçekleşmiştir. İklim değişikliği sorununa çözüm bulmak için Birleşmiş Milletler çatısı altında 1995’te ilk olarak Berlin’de gerçekleştirilen COP (Taraflar Konferansı) toplantılarında bugüne kadar ne yazık ki genel, kapsayıcı ve bağlayıcı bir karar çıkmamıştır. Bunun sebebi ülkelerin ekonomik büyümeleri için ihtiyaç duydukları girdileri ucuz maliyetli yollardan karşılamak istemesidir.

1997 yılında 3. Taraflar Konferansı'nda şekillenen ve ancak 2005 yılında yürürlüğe girebilen Kyoto Protokolü'nde EK-1⁴ listesinde yer alan ülkelerin 2008-2012 döneminde sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerinin yaklaşık %5,3 altına çekmeleri kararı alınmıştır (Karakaya ve Özçağ, 2003). Bu anlamda sera gazı azaltımı için gereken enerji dönüşümünde yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha ucuz olan fosil yakıtlardan vazgeçmenin ülkelere ciddi maliyetler getirmesi ülkelerin sera gazı azaltımı noktasında yükümlülük almaya yanaşmamasına neden olmuştur. Ekonomik büyüme ile doğrudan ilişkisi bulunan sanayi, ulaştırma, inşaat gibi sektörlerde meydana gelen enerji tüketimi atmosfere yüksek miktarda CO₂ emisyonu yaymaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada CO₂ emisyonları ile ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve dışa açıklığın ele alınmasının nedeni Türkiye'de gerçekleştirilen ekonomik faaliyetlerinin iklim değişikliği sorununun en büyük göstergelerinden birisi olan CO₂ emisyonları üzerindeki etkisi incelenmektedir.

TÜİK'in yapmış olduğu sera gazı envanteri⁵ sonucuna göre 2013 yılında toplam sera gazı emisyonu CO₂ eşdeğeri olarak 459,1 milyon ton (Mt) olarak hesaplanmıştır. 2013 yılı emisyonlarında CO₂ eşdeğeri olarak en büyük payı %67,8 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken, bunu sırasıyla %15,7 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, %10,8 ile tarımsal faaliyetler ve %5,7 ile atık takip etmiştir. CO₂ eşdeğeri olarak 2013 yılı toplam seragazı emisyonu 1990 yılına göre %110,4 artış göstermiştir. 1990 yılında kişi başı CO₂ eşdeğer emisyonu 3,96 ton/kişi olarak hesaplanırken, bu değer 2013 yılında 6,04 ton/kişi olarak hesaplanmıştır. Ayrıca sera gazı içerisinde en büyük paya sahip olan Toplam CO₂ emisyonlarının 2013 yılında %82,2'si enerji tüketiminden, %17,6'sı endüstriyel işlemler ve ürün kullanımından, %0,2'si tarımsal faaliyetler ve atıktan kaynaklanmıştır.

Bu çalışmada 1967-2010 yılları arasındaki yıllık veriler kullanılmış olup, değişkenler Johansen eşbütünleşme analizi ile test edilmiştir. Çalışmanın giriş bölümünde genel olarak iklim değişikliği sorunundan, bu soruna neden olan CO₂ emisyonlarından ve ekonomik büyüme ile fosil yakıt tüketimi arasındaki ilişkiden bahsedilmiştir. Birinci bölümde CO₂ emisyonları, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve dışa açıklık ilişkisini araştıran ampirik

⁴ Kyoto Protokolü'ne göre Ek I ülkelerinin temel sorumluluğu, küresel ısınmanın önlenmesi amacıyla yönelik olarak sera gazı emisyonlarının azaltımına ilişkin politikaları uygulamak ve 2000 yılına kadar toplam seragazı emisyonlarını 1990 seviyesine indirmektir. Ek II ilkelere ise, EK I'de belirtilen yükümlülükler ilaveten, Ek'ler dışında kalan gelişmekte olan ülkelere, seragazı emisyonlarının azaltımı konusunda finansal ve teknik destek sağlamakla yükümlü kılınmışlardır (Karakaya ve Özçağ, 2004)

⁵ Emisyon envanteri, enerji, endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, tarımsal faaliyetler ve atıktan kaynaklanan, doğrudan seragazıları olan karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazotmonoksit (N₂O) ve F-gazları ile dolaylı seragazıları azotoksitler (NO_x), metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC), karbonmonoksit (CO) ve kükürtdioksit (SO₂) emisyonlarını kapsamaktadır (TÜİK, 2013)

çalışmalara yer verilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde model ve veri seti tanıtılmış olup üçüncü bölümde analizden elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Son olarak sonuç bölümünde genel bir değerlendirme yapılarak çeşitli politika önermelerinde bulunulmuştur.

I. Literatür

Bu çalışmanın literatür kısmında CO₂ emisyonları, enerji tüketimi, gelir ve dışa açıklık arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalara ve elde edilen bulgulara yer verilmiştir. İlgili literatür birden fazla ülkeyi ele alan panel veri analizi yöntemiyle yapılan çalışmalar ve tek ülkeyi ele alan zaman serisi analizleri yöntemi kullanılan çalışmalar olmak üzere iki grupta incelenmiştir.

Birinci grup çalışmalar içerisinde çeşitli ülkeleri ele alan ve panel veri yöntemini kullanılan çalışmalar özetlenmiştir. Kaskan ve Duman (2015), yapmış oldukları çalışmada 1992-2010 yılları arasında AB üyesi ve aday ülkelerde ekonomik büyüme, CO₂, enerji tüketimi, dış açıklık ve şehirleşme arasındaki ilişkiyi panel veri analizi ile incelemişlerdir. Çalışmada elde edilen bulgular ÇKC (Çevresel Kuznet Eğrisi)'ni destekler niteliktedir. Ayrıca kısa dönemde enerji tüketimi, GSYH ve dışa açıklıktan CO₂'ye, GSYH'dan enerji tüketimine, GSYH, enerji tüketimi ve şehirleşmeden dış açıklığa, şehirleşmeden GSYH'ya tek yönlü panel nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Sebri ve Ben-Salha (2014), BRICS ülkelerinde 1971-2010 döneminde ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi, dışa açıklık ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi ARDL sınır sınırı testi ve vektör hata düzeltme modelini kullanarak incelemişlerdir. Ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi bulmuşlardır. Farhani v.d. (2014), çalışmalarında MENA ülkelerinde 1920-2004 yılları arasında CO₂ emisyonları, GSYH, enerji tüketimi, ve şehirleşme arasındaki ilişkiyi panel veri analizi ile sınımlanmıştır. Analiz sonuçlarının Çevresel Kuznets Eğrisi ile uyumlu olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Salahuddin ve Gow (2014), 1980-2012 döneminde Körfez Arap İşbirliği Konseyi ülkelerinde ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi test etmişlerdir. Elde edilen bulgulara göre kısa ve uzun dönemde enerji tüketimi ile CO₂ arasında ve ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki söz konusudur. Ayrıca enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları birbirinin Granger nedenidir. Hossain (2011), yapmış olduğu çalışmada 1971-2007 yılları arasında karbondioksit emisyonları, enerji tüketimi ekonomik büyüme ve şehirleşme arasındaki nedensellik ilişkisini Johansen Fisher panel eşbütünlük yöntemi ile

araştırmışlardır. Granger nedensellik testi sonuçlarına göre değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkini olmadığı ancak kısa dönemde ekonomik büyüme ve dış açıklıktan karbondioksit emisyonlarına doğru, ekonomik büyümeden enerji tüketimine, dış açıklıktan ekonomik büyümeye, şehirleşme oranından ekonomik büyümeye ve dış açıklıktan şehirleşmeye doğru çift yönlü nedensellik ilişkileri mevcuttur.

İkinci grup çalışmalar tek ülke üzerinden giden zaman serisi yöntemi kullanılan çalışmalardır. Begum v.d (2015), Malezya’da 1970-2009 yılları arasında CO₂ emisyonları, GSYH, enerji tüketimi ve nüfus arasındaki ilişkiyi ARDL sınır testi yöntemi ile araştırmışlardır. Çalışmanın sonucuna göre ilgili dönemde Malezya’da ÇKE hipotezi geçerli değildir. Ayrıca enerji tüketimi ve GSYH’nın uzun dönemde CO₂ üzerinde pozitif etkisi vardır ancak nüfusun herhangi bir etkisine rastlanılmamıştır. Farhani v.d (2014), çalışmalarında Tunus’ta 1971-2008 yılları arasında CO₂, enerji tüketimi, GSYH ve dış açıklık arasındaki ilişkiyi ARDL sınır testi ile analiz etmişlerdir. Elde edilen ampirik bulgular ışığında değişkenler arasında uzun dönemde çift yönlü bir nedensellik ilişkisi ve kısa dönemde GSYH’dan, GSYH karesinden ve enerji tüketiminden CO₂’ye doğru tek yönlü nedensellik ilişkileri tespit edilmiştir. Yazdi ve Mastorakis (2014), 1975-2011 döneminde İran’da yenilenebilir enerji tüketimi, CO₂ emisyonları, dış açıklık ve ekonomik büyüme ilişkisini ARDL sınır testi yöntemiyle analiz etmişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre modelde kullanılan değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi mevcuttur. Ayrıca Granger nedensellik test sonuçlarına göre de kişi başı GSYH’nın karesinden CO₂ emisyonlarına ve yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi elde edilmiştir. Bozkurt ve Akan (2014), 1960-2010 yılları arasında Türkiye’de CO₂ emisyonları, GSYH ve enerji tüketimi ilişkisini Johansen eşbütünleşme ve Cholesky etki-tepki analizi yöntemiyle incelemişlerdir. Çalışmada elde edilen bulgulara göre CO₂ emisyonları ekonomik büyümeyi negatif oranda etkilerken enerji tüketimini pozitif yönde etkilemektedir. Halıcıoğlu (2009), 1960-2005 döneminde Türkiye’de CO₂ emisyonları, gelir, enerji tüketimi ve dış açıklığı ARDL sınır testi yöntemiyle araştırmıştır. Elde edilen bulgulara göre CO₂ emisyonları; enerji tüketimi, gelir ve dış açıklık tarafından belirlenmektedir. Gelir; CO₂ emisyonları, enerji tüketimi ve dış açıklık tarafından belirlenmektedir. Son olarak CO₂ emisyonları üzerinde en yüksek açıklayıcılığa sahip olan değişkenin gelir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Acaravcı v.d (2013), Türkiye’de 1960-2007 döneminde enerji tüketimi, büyüme, dış açıklık ve finansal gelişmelerin CO₂ emisyonları üzerine etkilerini ARDL sınır testi yöntemi ile analiz etmişlerdir. Elde edilen bulgulara çerçevesinde ÇKE hipotezinin Türkiye için geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca dış

ticaretten GSYH oranına bir artış CO₂ emisyonlarında da artış meydana getirmektedir. Ancak finansal gelişmelerin CO₂ emisyonları üzerinde belirli bir etkisine rastlanılmamıştır. Shahbaz v.d (2013), 1965-2008 döneminde Güney Afrika’da finansal gelişme, ekonomik büyüme, kömür tüketiminin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini ARDL sınır testi yöntemi ile araştırmışlardır. Sonuçlara göre ekonomik büyümedeki artış CO₂ emisyonlarını arttırırken finansal gelişmenin artması tam tersi bir etki doğurmaktadır. Ayrıca Güney Afrika için ÇKE hipotezi geçerlidir. Zaman (2012), Bangladeş’te 1975-2008 yılları arasında CO₂ emisyonları, dış açıklık ve kişi başına GSYH arasındaki ilişkiyi Johansen eşbütünleşme testi ile sınımlamışlardır. Granger nedensellik testi sonuçlarına göre dış açıklık ile GSYH arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi vardır ancak dış açıklıktan ve GSYH’dan CO₂’ye doğru herhangi bir nedensellik ilişkisine rastlanılmamıştır. Naranpanawa (2011), yapmış olduğu çalışmada Sri Lanka’da 1960-2006 yılları arasında dış açıklık ile CO₂ arasındaki ilişkiyi ARDL sınır testi yöntemi ile analiz etmiştir. Çalışmanın sonucuna göre uzun dönemde dış açıklık ve CO₂ arasında nedensellik ilişkisi yokken, kısa dönemde değişkenler arasında ilişki vardır. Choi v.d (2010), 1971-2006 yılları arasındaki verileri ile Çin (gelişen ekonomi), Kore (endüstrileşmiş ekonomi) ve Japonya (gelişmiş ekonomi)’yı karşılaştırarak CO₂, ekonomik büyüme ve dış açıklık arasındaki ilişkiyi VAR ve VEC yöntemleri ile test etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre değişkenler arasında dinamik ilişkilere ulaşılmıştır.

II. Model ve Veri Seti

Ampirik analizde kullanılan model şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$\ln CO_2 = \beta_0 + \beta_1 \ln energy_t + \beta_2 \ln gdp_t + \beta_3 \ln open_t + e_t$$

Burada; t zamanı, $\ln CO_2$ kişi başına düşen karbondioksit emisyonunu, $\ln energy$ enerji üretimini, $\ln gdp$ kişi başına düşen GSYH’yı ve son olarak $\ln open$ dış açıklığı temsil ederken e_t hata terimini temsil etmektedir. Çalışmada Türkiye’de karbondioksit emisyonları ile GSYH, enerji üretimi ve dış açıklık arasındaki ilişki zaman serisi verileri ile incelenmektedir. Dış açıklık dünya bankasından alınan değerleri hesaplanarak oluşturulmuştur (Cari ihracat+cari ithalat/cari GSMH). Araştırma 1967-2010 dönemini kapsamakta olup, veriler yıllık gözlemlerden oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan tüm veriler Dünya Bankası’nın veri tabanından elde edilmiştir. Ayrıca verilerin doğal logaritmaları kullanılmıştır.

Tablo1: Analizde Kullanılan Değişkenler

Değişkenler	Kısaltmalar	Açıklama	Veri Kaynağı	Dönem

Kişi başına düşen karbondioksit emisyonu	Inco2	Kişi başına metrik ton	Dünya Bankası	1967-2010
Ulaşım sektörü kişi başına enerji tüketimi	lnenergy	Kg (petrol eşdeğer)	Dünya Bankası	1967-2010
Kişi başına GSYH	lngdp	Dolar	Dünya Bankası	1967-2010
Dış açıklık	lnopen	Dolar	Dünya Bankası	1967-2010

III. Yöntem ve Bulgular

Durağan olmayan zaman serileri ekonometrik analizlerde çoğunlukla problemleri olarak nitelendirilmişlerdir. Granger ve Newbold (1974), durağan olmayan seriler kullanılarak yapılan tahminde ortaya sahte regresyonun çıkacağını ifade etmişlerdir. Dolayısıyla, ekonometrik analizlerde değişkenler arasında anlamlı ilişkiler elde edilebilmesi için analizi yapılan serilerin durağan olması gerekmektedir (Tarı 2002). Durağanlık genel olarak; ortalamasıyla varyansı zaman içinde sabit olan ve iki dönem arasındaki ortak varyansı, bu ortak varyansın hesaplandığı döneme değil de yalnızca iki dönem arasındaki uzaklığa bağlı olan olasılıklı bir süreç için durağandır şeklinde ifade edilmektedir (Gujarati, 2006). Düzey değerinde durağan olan seriler $I(0)$ olarak simgelenirken birinci farkında durağan olan seriler $I(1)$ olarak ifade edilmektedir.

Aşağıdaki tabloda çalışmada kullanılacak değişkenler için uygulanan Genişletilmiş DickeyFuller (ADF) birim kök testi sonuçları verilmiştir.

Tablo2: Değişkenler İçin ADF Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	ADF (Düzey)	ADF (Birinci Fark)	Sonuç
Inco2	-2.754227(0)	-5.896626(0)	I(1)
lnenergy	-1.895641(0)	-4.402929(1)	I(1)
lngdp	-2.915236(0)	-6.610478(0)	I(1)
lnopen	-2.879392(1)	-4.264167(0)	I(1)
Kritik Değer (%1)	-4.192337	-3.600987	

Not: ADF testi için parantez içindeki değer SIC kriterine göre seçilen gecikme sayısını göstermektedir. Maksimum gecikme uzunluğu 9 olarak alınmıştır. Test biçimi olarak düzey değerinde sabit biçimli ve trendli, farkı alınmış serilerde de sabit terimli regresyon denklemi kullanılmıştır.

ADF testinde hataların birbirinden bağımsız ve sabit varyanslı olduğu varsayımı, hem otoregresif hem hareketli ortalama bileşenleri söz konusu olduğunda soruna yol açmaktadır.

Philips (1987) ve Philips ve Perron (1988), hata terimleri arasında otokorelasyon ve değişen varyans olabileceği varsayımı altında bir birim kök testi geliştirmişlerdir. Hem otokorelasyon ve değişen varyans problemi hem de bu değişkenlerin durağanlığı hakkında daha sağlıklı bilgi edinebilmek için bu çalışmada ADF testine ek olarak Philips-Perron (PP) testi de uygulanmıştır. PP testlerinin sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo3: Değişkenler İçin Philips-Perron Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	PP (Düzey)	PP (Birinci Fark)	Sonuç
Inco2	-2.755350	-5.888196	I(1)
Inenergy	-1.949605	-5.500497	I(1)
Ingdp	-3.007605	-6.610457	I(1)
Inopen	-1.768780	-4.247259	I(1)
Kritik Değer (%1)	-4.186481	-3.596616	

Her iki yöntemde de durağanlık testi sonuçları ele alındığında değişkenlerinin tümünün yüzde 1 anlamlılık düzeyinde ilk farklarında durağan olduğu yani I(1) oldukları görülmektedir.

Eş-bütünleşme sınavasının yapılabilmesi için analizde kullanılacak değişkenlerin düzeyde birim kökünün olması ve farkı alındığında aynı dereceden durağan olması gerekmektedir. Bu amaç için ADF ve PP testleri yapılmış; söz konusu değişkenlerin tabloda da görüldüğü üzere birinci dereceden durağan oldukları görülmüştür. Dolayısıyla değişkenler arasında eş-bütünleşme sınavasının yapılması için gerekli ön koşul sağlanmıştır. Johansen ve Juselius (JJ) eşbütünleşme testinde tüm bilgi kriterlerinden elde edilen test sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Tablo4: Gecikme Uzunluğu Test Sonuçları

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	101.8517	NA	9.93e-08	-4.773256	-4.606078	-4.712379
1	256.0075	270.7126*	1.18e-10*	-11.51256*	-10.67667*	-11.20818*
2	269.1369	20.49456	1.39e-10	-11.37253	-9.867930	-10.82464
3	278.1479	12.30779	2.08e-10	-11.03161	-8.858295	-10.24021

*, kriter tarafından seçilen gecikme uzunluğunu göstermektedir.

VAR modeli için tüm bilgi kriteri testleri 1 gecikme değerini vermektedir. Bu çalışmada model için 1 gecikme uzunluğu tercih edilmiştir.

Tablo5: Otokorelasyon ve Değişen Varyans Test Sonuçları

Otokorelasyon Testi	Değişen Varyans Testi
---------------------	-----------------------

Lags	LM-Stat	Prob	Chi-Sq	df	Prob
1	16.28371	0.4333	167.4648	160	0.3270
2	18.00854	0.3234			
3	17.63136	0.3459			

Yukarıdaki tabloda görüldüğü üzere ilgili gecikme uzunluğunda prob değeri 0,05'den büyük olduğu için otokorelasyon sorununa rastlanmamıştır. Dolayısıyla eşbütünlük testine geçmeden önce gerekli tüm koşullar sağlanmıştır.

Tablo6: Johansen Eşbütünlük Testi Sonuçları

Değişkenler: Inco2, lnenergy, lngdp, lnopen				Gecikme Uzunluğu: 1			
İz (Trace) İstatistiği				Maksimum Özdeğer İstatistiği			
Sıfır Hipotezi (H ₀)	Alternatif Hipotez (H ₁)	Test İstatistiği	Kritik Değer (%5)	Sıfır Hipotezi (H ₀)	Alternatif Hipotez (H ₁)	Test İstatistiği	Kritik Değer (%5)
$r \leq 0^*$	$r > 0$	51.63170	47.85613	$r = 0^*$	$r = 1$	25.94130	27.58434
$r \leq 1$	$r > 1$	25.69040	29.79707	$r = 1$	$r = 2$	15.38529	21.13162
$r \leq 2$	$r > 2$	10.30511	15.49471	$r = 2$	$r = 3$	9.070733	14.26460
$r \leq 3$	$r > 3$	1.234379	3.841466	$r = 3$	$r = 4$	1.234379	3.841466

* , hipotezin reddedildiğini göstermektedir.

Tablodaki değişkenler arasında iz istatistiği, VAR modelinde belirlenen gecikme uzunluğu için 1 adet bütünlük vektörün olduğunu göstermektedir. Birden fazla eşbütünlük denklemi olması halinde tüm denklemlerin ayrı ayrı yorumlanması gerekmektedir. Bu nedenle elde edilen sonuç beklentiyle uygunluk göstermektedir. Bu durum, değişkenler (Inco₂, lnenergy, lngdp, lnopen) arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Elde edilen bu uzun dönemli ilişki, normalleştirilmiş eşbütünlük vektör tahminleri ile daha kolay yorumlanabilmektedir. Tahmin edilen vektör, ilgili endojen değişkenin katsayısının ters işaretiyle (-1 ile) çarpılması sonucu normalleşmektedir (Sevüktekin, Nargeleçekenler, 2010). Normalleştirilmiş eşbütünlük vektörü sonuçları aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo 7: Normalleştirilmiş Eşbütünlük Vektörü

Değişkenler	Katsayı	t istatistiği
Inco ₂	1	
lnenergy	-0.102699*	-1.74734
lngdp	-0.457233*	-4.72077
lnopen	-0.251620*	-7.62928
c (sabit)	7.656922	
Inco ₂ = f(lnenergy, lngdp, lnopen)		
Inco₂ = -7.657 + 0.103lnenergy + 0.456lngdp + 0.252lnopen		

* , %5 düzeyinde katsayıların anlamlı olduğunu göstermektedir.

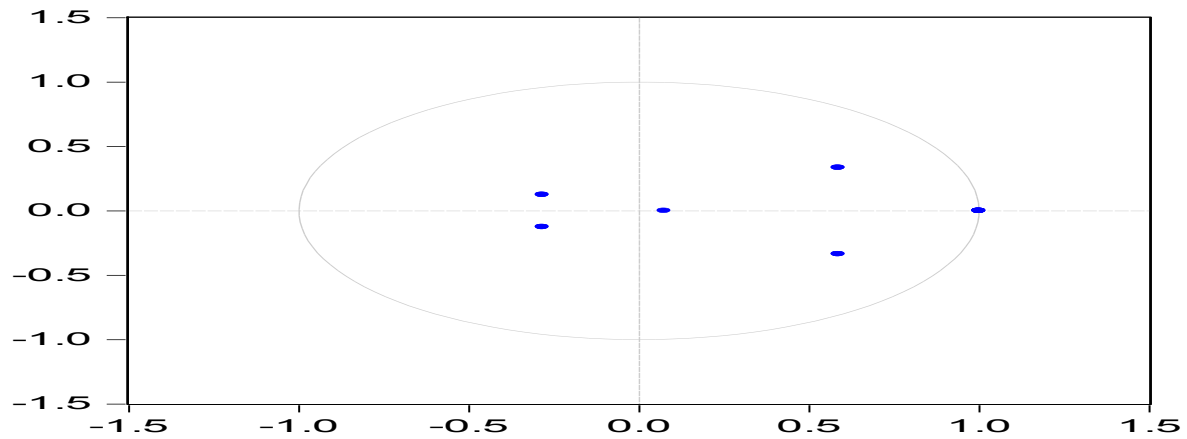
Yukarıdaki normalleştirilmiş eşbütünleşme vektörü tablosu incelendiğinde, analizde kullanılan değişkenlerin karbondioksit emisyonu üzerinde önemli etkilerinin olduğu görülmektedir. Bu değişkenler ele alındığında karbondioksit emisyonları üzerinde enerji tüketiminin, ekonomik büyümenin ve son olarak dışa açıklığın pozitif bir etkisinin olduğu görülmektedir.

$$\ln CO_2 = -7.657 + 0.103 \ln energy + 0.456 \ln gdp + 0.252 \ln open$$

Yukarıda tahmin edilmiş normalleştirilmiş eşbütünleşik denklem gösterilmektedir. Bu sonuçlar, CO₂ emisyonları üzerinde kara yolu enerji tüketiminin, ekonomik büyümenin ve dışa açıklığın önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla elde edilen bulguların iktisadi beklentilerle uyumlu olduğu görülmektedir.

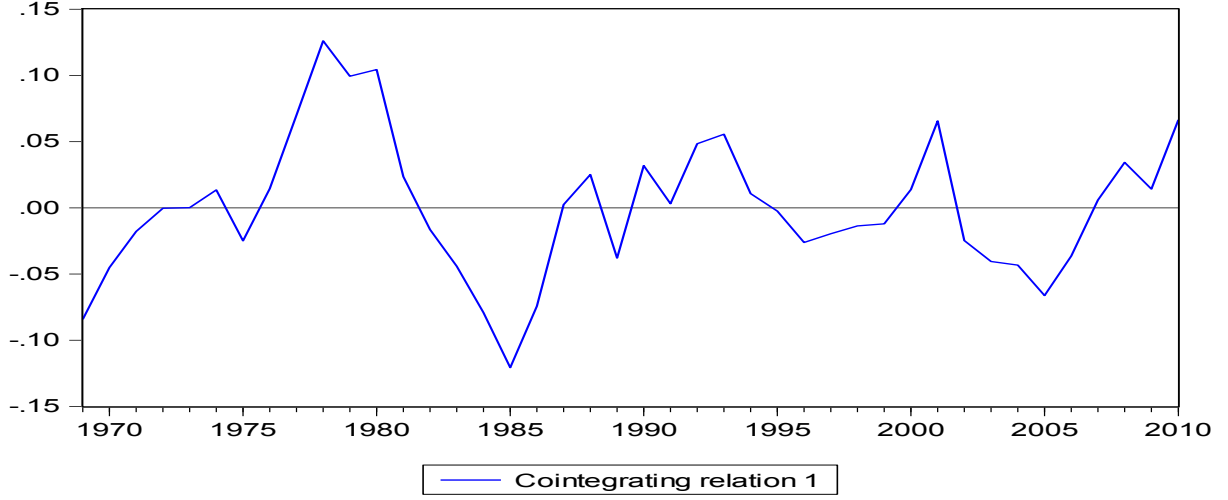
Aşağıdaki grafikte tahmin edilen model için AR karakteristik polinomunun ters kökleri gösterilmektedir. Köklerin tamamının çember içinde olması ve simetrik izdüşümlere sahip olması, modelin durağanlık açısından herhangi bir problem yaşamadığını ortaya koyup, eşbütünleşme ilişkisinin normal bir dağılım taşıdığını ve uygun bir matematik formu ile çalıştığını teyit etmektedir. Sonuç olarak grafik eşbütünleşme ilişkisini desteklemektedir.

Grafik 1: AR Karakteristik Polinomunun Ters Köklerinin Birim Çember İçerisindeki Konumu
Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



Aşağıdaki grafikte ise sistemin sahip olduğu eşbütünleşme ilişkisi gösterilmiştir. Grafikte yer alan eşbütünleşme ilişkisinin 0 etrafında dalgalanması (-0.15 ile 0.15), modelde yer alan ve tek tek durağan olmayan değişkenlerin doğrusal bileşiminin durağan olduğunu göstermektedir.

Grafik 2: Sistemin Eşbütünleşme Grafiği



Sonuç

Bu çalışmada Türkiye’de karbondioksit emisyonu, ulaşım sektörü enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve dışa açıklık arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bu bağlamda 1967-2010 dönemi incelenmiş olup yıllık veriler kullanılmıştır. Çalışmada yöntem olarak Johansen (1990) Maksimum Olabilirlik-iz testleri kullanılarak eşbütünleşme ilişkisi elde edilmiştir. Analiz sonuçları Türkiye’de karbondioksit emisyonu, ulaşım sektörü enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve dışa açıklık arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Buna göre karbondioksit emisyonları üzerinde ekonomik büyümenin ve dışa açıklığın pozitif bir etkisi vardır. Bu sonuçlar toplu olarak değerlendirildiğinde Türkiye’de CO₂ emisyonlarının ekonomik faaliyetlerden ciddi oranda etkilendiği görülmektedir.

Türkiye’de ulaştırma sektöründen kaynaklanan CO₂ emisyonlarının toplam emisyonlar içerisindeki payı %18’lik bir paya sahiptir. Bu oran OECD ortalamasına (yüzde 30) göre düşük olsa da gelişmiş ülkelerdeki orandan düşük olmasının başlıca iki nedeni vardır. İlk olarak emisyon yaratan diğer sektörlerde enerji verimliliğini gelişmiş ülkeler arttırmışken; Türkiye’de henüz bu sektörlerde verimin düşük olması, yani bu sektörlerde de yüksek CO₂ emisyonu olması sebebiyle ulaştırma sektöründeki emisyonun payı da toplam emisyonlar içinde göreceli olarak düşük kalmaktadır. İkinci neden ise gelişmiş ülkelerde hareketlilik, yani kişi başına yapılan yolculuk sayısı ve yolculuğun uzunluğu daha fazlayken; Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde hareketlilik görece az olması da ulaştırma sektörünün toplam emisyonlar içerisinde gelişmiş ülkelere göre daha düşük paya sahip olmasına neden olmaktadır (Babalık-Sutcliffe, 2010)

Türkiye'nin birincil enerji talebinin yaklaşık yüzde 89'u fosil yakıtlardan oluşmaktadır (Türkyılmaz, 2014). Bu durum Türkiye'de meydana gelen ekonomik faaliyetlerin CO₂ emisyonlarını arttırdığını göstermektedir. Bu anlamda yenilenebilir enerji kaynaklarında ciddi rezervlere sahip olan Türkiye'nin bu yönde etkin ve verimli politikalar üretmelidir. Enerji Bakanlığı yayınlamış olduğu Enerji Verimliliği Strateji Belgesi'nde (2012), 2023 yılında elektrik üretiminde yenilenebilir enerjini payının %30'lara çıkarılması, enerji yoğunluğunun (enerji tüketimi/GSYH) 2011 yılına göre yüzde 20 azaltılması yer almaktadır. Bu hedefler Türkiye'de CO₂ emisyonlarının azalmasına katkı sağlayacak niteliktedir. Bunlara ek olarak gerekli güvenlik tedbirleri alındığı takdirde nükleer santrallerin sera gazı emisyonlarını azaltmada (nükleer santraller sera gazı emisyonu yaymamaktadır) önemli bir araç olduğu gerçeği görmezden gelinmemelidir (Ay, Kızılkaya, Sofuoğlu, 2015).

Bu bilgiler ışığında Türkiye'nin iklim değişikliği sorununda bir çözüm argümanı olarak ve yenilenebilir enerji üretimini arttırması ve enerji verimliliği sağlaması cari açık içerisindeki en yüksek paya sahip olan enerji ithalatını düşürecek ve enerji arz güvenliği bağlamında da olumlu bir etki yaratacaktır.

Kaynakça

- Ay, A., Kızılkaya O., Sofuoğlu E. (2015), “Türkiye’de Karbondioksit Emisyonu, Doğrudan Yabancı Sermaye Yatırımları ve Enerji Tüketimi İlişkisi: Eşbütünlük Analizi” EconAnadolu Uluslararası İktisat Kongresi, Eskişehir, 2015
- Babalık-Sutcliffe, E. (2010), “Türkiye’nin Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı’nın Geliştirilmesi Projesi: Ulaştırma Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu”, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
- Begum R. A., Sohag K., Abdullah S.M.S., Jaafar M. (2015), “CO2emissions, energy consumption, economic and population growth in Malaysia”, c.41, ss.594-601
- Bozkurt C., Akan Y. (2014),” Economic Growth, CO2 Emissions and Energy Consumption: The Turkish Case”, International Journal of Energy Economics and Policy, c.4, No.3, ss.484-494
- Choi E., Heshmati A., Cho Y., (2010), “An Empirical Study of the Relationships between CO2 Emissions, Economic Growth and Openness”, Iza Discussion Paper Series, No.5304, ss 1-24
- ETKB (2012), “Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023”, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT/1/Documents/Mevzuat/Enerji_Verimliliği_Strateji_Belgesi_2012_2023.pdf
- Farhani S., Shahbaz M., Arouri M (2014), “Panel analysis of CO2 emissions, GDP, energy consumption, trade openness and urbanization for MENA countries”, İpag Business School Working Paper Series, c.449, ss. 1-21.
- Farhani S., Chaibi A., Rault C. (2014), “CO2emissions, output, energy consumption, and trade in Tunisia” Economic Modelling, c.38, ss.426-434
- Granger E., Newbold P., (1974) “Spurious Regression in Econometrics”, Journal of Econometrics, ss.111-120
- Gujarati, D. N (2006); “Temel Ekonometri”, (Çev: Ümit Senesen, Gülay Günlük Senesen). İstanbul: Literatür Yayıncılık., ss.726.
- Halicioğlu F. (2009), “An econometric study of CO2emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey”, Energy Policy, c.37, ss.1156-1164

- Hossain M.S. (2011), “Panel estimation for CO2 emissions, energy consumption, economic growth, trade openness and urbanization of newly industrialized countries” *Energy Policy*, c.39, No.11, ss. 6991–6999
- Hossain, S. (2012), “An Econometric Analysis for CO2 Emissions, Energy Consumption, Economic Growth, Foreign Trade and Urbanization of Japan”, *Low Carbon Economy*, 2012, 3, 92-105
- IEA (2014), International Energy Agency, World Energy Outlook Executive Summary, <http://www.iea.org/textbase/npsum/weo2014sum.pdf>
- Karakaya E., Sofuoğlu E. (2015), “İklim Değişikliği Müzakerelerine Bir Bakış: 2015 Paris İklim Zirvesi”, *Uluslararası Avrasya Enerji Sorunları Sempozyumu*, 28-30 Mayıs 2015, İzmir
- Karakaya E., Özçağ M. (2004) “Sürdürülebilir Kalkınma ve İklim Değişikliği: Uygulanabilecek İktisadi Araçların Analizi”, ss.3.
- Karakaya, E., ve Özçağ M. (2003), “Türkiye Açısından Kyoto Protokolü’nün Değerlendirilmesi ve Ayrıştırma (Decomposition) Yöntemi İle CO₂ Emisyon Belirleyicilerinin Analizi”, *VII. ODTÜ İktisat Konferansı*
- Kasman A., 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*, c.44, ss.97-103
- Naranpanawa A (2011), “Does Trade Openness Promote Carbon Emissions? Empirical Evidence from Sri Lanka”, *The Empirical Economics Letters*, c.10, No.10, ss.974-986
- Öztürk İ., Acaravcı A (2013), “The Long-Run And Causal Analysis Of Energy, Growth, Openness And Financial Development On Carbon Emissions İn Turkey”, *Energy Economics*, c.36, 262-267
- Phillips, P. C. B. (1987a), “Time Series Regression With A Unit Root”, *Econometrica*, c. 55, No. 2, ss. 277-301.
- Phillips, P. C. B., P. Perron(1988), “Testing For A Unit Root in Time Series Regression”, *Biometrika*, c. 75, No. 2., ss. 335-346.

- Salahuddin M., Gow J., (2014), “Economic growth, energy consumption and CO2emissions in Gulf Cooperation Council countries”, *Energy*, c.73, ss.44-58
- Sebri M., Ben-Salha O., (2014), “On the causal dynamics between economic growth, renewable energy consumption, CO2emissions and trade openness: Fresh evidence from BRICS countries”, *renewable and Sustainable Energy Reviews*, c.39, ss.14-23
- Sevüktekin, M. ve M. Nargeleçekenler (2010), “Ekonometrik Zaman Serileri Analizi”, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım. ss.517.
- Shahbaz M., Tiwari A.K., Nasir M., (2013), “The effects offinancial development, economic growth, coal consumption and trade openness on CO2 emissions in South Africa”, *Energy Policy*, c.61, ss.1452-1459
- Tarı, R. (2002), *Ekonometri “(2.Basım)”*, İstanbul: Alfa Yayınları., ss.376.
- TÜİK (2015), “Seragazı Emisyon Envanteri, 2013”, Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18744>
- Türkyılmaz, O (2014), “Türkiye Enerji Görünümü ve Geleceği”, TMMOB Makine ve Mühendisler Odası, ss.2
- Zaman R (2012), “CO2 Emissions, Trade Openness and GDP Percapita : Bangladesh Perspective “, *Munich Personal RePEc Arcieve* , No.48515, ss.1-38
- Yazdi S. K., Mastorakis N. (2014), “Renewable, CO2 emissions , Trade Openness, and Economic growth in Iran”, *Latest Trend in Energy, Enviroment and Development*, c.25, ss.360-370