

TÜRKİYE'DE BİRİNCİL ENERJİ TÜKETİMİ, KARBONDİOKSİT EMİSYONU VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ: EŞBÜTÜNLEŞME VE NEDENSELLİK ANALİZİ

Halil ALTINTAŞ

Doç. Dr., Erciyes Üniversitesi, İİBF
İktisat Bölümü
haltintas@erciyes.edu.tr

Türkiye'de Birincil Enerji Tüketimi, Karbondioksit Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi

The Relationships Between Primary Energy Consumption, Carbon Dioxide Emission And Economic Growth in Turkey: An Analysis Of Cointegration And Causality

Özet

Bu çalışma 1970-2008 dönemi için Türkiye'de karbondioksit emisyonu, fert başına gelir, birincil enerji tüketimi ve yatırımlar arasındaki ilişkiyi eşbütünleşme ve nedensellik testleriyle araştırmaktadır. Ampirik sonuçlarda, değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin mevcut olduğu gözlenmiştir. Test sonuçlarında ekonomik büyüme ve birincil enerji tüketiminden karbondioksit emisyonuna doğru kısa dönem tek yönlü nedensel ilişkiye rastlanmıştır. Ayrıca enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve yatırımların uzun dönemde karbondioksit emisyonunun Granger nedeni olduğu ortaya konmuştur. Bu sonuçlardan Türkiye'de enerji tüketimi ve yatırımların ekonomik büyümede en önemli faktör olduğu söylenebilir. Dolayısıyla artan enerji tüketiminin uzun dönemde daha fazla kirlenmeye yol açacağından politika yapıcılarının artan enerji talebini karşılamak için alternatif enerji kaynaklarını teşvik etmeleri gerekmektedir.

Abstract

The study investigates cointegration and causality between primary energy consumption, CO₂ emissions, per capita gross domestic product and investments for Turkey using ARDL bounds testing approach complemented by Johansen-Juselius cointegration framework for time span 1970-2008. Empirical results indicate that there is an evidence of a long-run relationship between the variables in Turkey. The results indicate that uni-directional causality exists from economic growth and primary energy consumption to carbon dioxide emission both in the short-run. It has also been found that energy consumption, economic growth and investment are the long-run causes for CO₂ emissions. An important policy implication is that energy consumption can be considered as an important factor for the economic growth and investment in Turkey. Moreover, as higher energy consumption also means higher pollution in the long-run, policy makers should stimulate alternative energy sources for meeting up the increasing energy demand.

Anahtar Kelimeler: Enerji Tüketimi, Karbondioksit Emisyonu, Ekonomik Büyüme, Türkiye.

Keywords: Energy Consumption, Carbon Dioxide Emissions Economic Growth, Turkey.

1. Giriş

Son yıllarda birçok ülke, enerji talebini karşılamak amacıyla daha fazla enerji üretme çabasında bulunurken aynı zamanda atmosferdeki sera gazı emisyonlarını azaltacak politikaları uygulamaya koymaktadırlar. Genel olarak global ısınmayı 2yüze kalacağı ifade edilmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı, enerji arzı ve kullanımındaki mevcut eğilimin ekonomik, çevresel ve sosyal açılardan sürdürülemez olduğunu, kararlı ve kalıcı önlemler alınmadıkça, enerjiyle ilişkili karbon dioksit CO₂ emisyonunun 2050 yılında iki kattan daha fazla olacağını ve artan petrol talebinin petrol arz eden ülkelerde güvenlik kaygılarını artıracığını bildirmektedir (Apergis vd., 2010: 2255).

Birleşmiş Milletler'in iklim değişimiyle ilgili dördüncü değerlendirme Raporu'nda 2100 yılına kadar sıcaklığın ortalama 2-4.2 derece yükseleceği öngörülmektedir. Birçok uzman global ısınmanın ana kaynağını global ekonomideki hızlı artışa, enerjinin önemli bir kısmının tüketilmesine bağlamakta ve sera etkisinin dünyanın iklim değişimini etkileyen altı farklı gaz salınımından kaynaklandığını belirtmişlerdir. 1997 Kyoto Protokolü'nde, 2008 ve 2012 arasında 1990 yılı değerlerine göre karşılaştırıldığında sera gazı emisyonunun yüzde 5.2 azaltılması talep edilmiştir. Protokol 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. CO₂ emisyonu, fosil yakıtların yanmasıyla ortaya çıkmakta ve sera gazı emisyonuna en büyük katkıyı tek başına sağlamaktadır. İklim değişikliğine neden olan birçok kirleticiler arasında yer alan CO₂, tüm sera gazlarının yüzde 58.8'ini oluşturmaktadır. Bu gelişimin oluşumunda 1970'li yıllardan beri dünyada ekonomik büyümenin hızla artış trendi göstermesi etkili olmuş ve buna bağlı olarak CO₂ emisyonunun etkisi gittikçe artmıştır. Bu nedenle CO₂ emisyonu konusunda yapılan öngörüler ve analizler, enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin temiz enerji ekonomisinin en önemli parçasını oluşturduğunu ileri sürmektedirler (Pao vd., 2012: 400).

Dünyada global ısınma ve iklim değişikliği tehdidinin gittikçe artması, ekonomik büyüme enerji tüketimi ve çevresel kirlenme arasındaki ilişki üzerine odaklanılmasını gündeme getirmiştir. Ekonomik büyüme ve enerji tüketimi konusunda çok sayıda araştırma mevcuttur. Bu araştırmaların önemli bir kısmı 1970'li yıllardaki petrol şokları ve Kyoto Protokolü anlaşmasının etkileri bağlamında ortaya çıkmıştır. Ekonomik teoriler, enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme arasında açıkça bir ilişkinin varlığını ifade etmemektedir. Bu değişkenlerle yapılan ampirik araştırmalar ise son yirmi yılda enerji ekonomisinin en önemli alanlarından birini oluşturmaktadır. Bu araştırmalarda gelişmekte olan ülkelerin çoğunlukla enerji tüketim miktarlarını artırarak yüksek büyüme oranlarını sürdürmelerinin, etkin olan teknolojileri ihmal etmeleri pahasına gerçekleştirdikleri sonucuna varılmıştır (Tiwari, 2011: 95).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de 1970-2008 dönemi için birincil enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi farklı eşbütünleşme yöntemleri ve Granger nedensellik testleriyle analiz etmektir. Çalışmanın ikinci bölümünde Dünyada ve Türkiye’de çevresel sorunlar ve enerji tüketimine yönelik bir değerlendirme yapıldıktan sonra, üçüncü bölümde birincil enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme konusunda yapılmış ampirik çalışmalar ve sonuçları değerlendirilecektir. Dördüncü bölümde ise çalışmadaki kullanılacak yöntemler, Beşinci bölümde ise incelenen döneme ilişkin ampirik uygulama sonuçlarına yer verilmektedir. Sonuç kısmında ise araştırmada elde edilen sonuçlara yönelik değerlendirme ve politika önerileri yer almaktadır.

2. Enerji Tüketimi ve Çevresel Sorunlar

Dünyada toplam enerji arzının 2004-2020 arasında iki katına yükseleceği öngörülmektedir. Örneğin kömürün 2004’de yüzde 24 olan oranının 2020’de yüzde 36’ya yükselerek petrolü belirli ölçüde ikame edeceği, dolayısıyla petrolün oranının toplam enerji arzında yüzde 40’dan yüzde 27’ye düşeceği beklenmektedir. Bu gelişmenin CO₂ emisyonunda önemli artışa yol açacağı ve 2020’de 2004 yılının üç katı bir değere ulaşarak 600 metrik ton (Mt) düzeyine ulaşacağı öngörülmektedir (Kaygusuz, 2009: 260).

Dünya enerji tüketiminde fosil kaynaklar en önemli paya sahip olmuşlardır. 2010 yılı itibariyle petrol yüzde 33.6 ile tüketimde en büyük paya sahip olmuş, bir önceki yıla göre yüzde 3.1 artış göstererek 2010 yılında günlük 87.4 milyon varile ulaşmıştır. Kömür tüketimi ise 1970’den bu yana yüzde 29.6 oranla birincil enerji tüketiminde en büyük artış oranına ulaşmış, 2010 yılında yüzde 7.6 göstermiştir. Kömür tüketiminde Çin’in payı yüzde 48.2’ye yükselmiştir (TMMOB, 2012: 2).

Fosil yakıtların kullanımı sonucu ortaya çıkan atmosferdeki CO₂ emisyonunun artan oranı, doğal sistemler üzerinde negatif etkilere yol açmaktadır. Bilindiği gibi, kömür, petrol ve doğalgaz gibi birincil fosil yakıtlar karbon içermekte olup, bu yakıtların yanması esnasında oksijenle birleşen karbon birincil sera gazı olan CO₂’yi oluşturmaktadır. CO₂ emisyonunun en önemli olumsuz etkisi, iklim değişikliği üzerinde görülmektedir. Bu bağlamda, kömür ve petrol tüketiminin yerini rüzgâr, güneş ve hidroenerji gibi CO₂ yaymayan alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması sürdürülebilir kalkınmanın en temel ilkelerinden sayılmaktadır.

ABD’nin Uluslararası Enerji Yönetim birimi (EIA-Energy Information Administration) tarafından hazırlanan 2011 Uluslararası Enerji Görünümü Raporu’nda enerji tüketimi ve etkileri konusunda şu bilgilere yer verilmektedir (EIA, 2011):

-Dünya’da enerjiyle ilgili CO₂ emisyonunun 2008’de 30.2 milyar metric tondan 2020’de 35.2 milyar metrik tona, 2035’de ise yüzde 43’lük bir artışla 43.2 milyar metric tona yükseleceği öngörülmektedir. Güçlü ekonomik büyüme ve fosil yakıt-

lara bağıllık, özellikle OECD dışındaki ülkelerde sürmesi, karbon dioksit emisyonunda artış öngörüsünü desteklemektedir. 2008'de OECD üyesi olmayan ülkelerdeki CO₂ emisyonu OECD emisyonunu yüzde 24 aşmıştır. Yapılan projeksiyonda kömürün CO₂ emisyonunun ortaya çıkmasında en fazla paya sahip olacağının sürmesi beklenmektedir.

-Ülkeler arasında emisyon gelişimini karşılaştırmada kullanılan CO₂ yoğunluğuna ilişkin bir diğer ölçütte fert başına düşen karbon dioksit emisyonudur. OECD ülkelerinde fert başına düşen CO₂ emisyonu, fert başına hem gelir düzeyinin yüksek olması hem de fosil yakıtların daha fazla kullanılmasında dolayı OECD dışındaki ülkelere göre daha yüksektir. OECD dışı ülkeler arasında Çin fert başına emisyonunda 2008'de 5.1 metric tondan 2035'de 9,3 metric tona yükseleceği ve yıllık ortalama yüzde 2.2'lik bir artışla karşılaşacağı öngörülmekte ve böylece fert başına CO₂ emisyonu artışında en yüksek yüzde artış hızına sahip ülke olacağı vurgulanmaktadır. Çin'in aksine OECD ülkelerinde fert başına CO₂ emisyonunun 2008'de 11.1 metric tondan 2035'de 10.6 metric tona düşeceği beklenmektedir.

-Çin ve Hindistan'da güçlü ekonomik büyüme ve yurtiçi zengin kömür rezervleri, elektrik gücü ve endüstriyel işlemlerde kömürün kullanımında önemli artışların ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Çin'de 2008-2035 döneminde kömür yakılarak yaratılan kapasitenin hemen hemen iki katına yükseleceği ve Çin'de sanayi sektöründe kömür kullanımının yüzde 67 artacağı beklenmektedir. Hindistan'da kömür yakılarak yaratılan kapasite 2008'de 99 gigawattan 2035'de 172 gigawata yükselmesi beklenmektedir. Böylece sanayi sektöründe kömür kullanımının yüzde 94 artacağı tahmin edilmektedir.

-Dünyada konutlarda enerji kullanımının 2008'de 69 katrilyon Btu¹'den 2035'de 69 katrilyon Btu'ya yükseleceği beklenmektedir. Buna karşılık sanayi sektöründe enerji tüketiminin 2008'de 191 Btu'dan 2035'de 288 katrilyon Btu'ya yükseleceği öngörülmektedir. 2009'da resesyondan kaynaklanan enerji kullanımındaki azalma en fazla imalat sektöründe görülmüş ve bu durum sanayi sektöründe enerji kullanımında önemli ölçüde azalmaya yol açmıştır. BP (British Petroleum) Dünya Enerji İstatistikleri Raporu'nda 2010 yılında birincil enerji tüketimi 2009 yılına göre yüzde 5.6 artarak 12.000 milyon tep² olmuştur. 2011 yılında ise yüzde 2.5'lik birincil enerji tüketimi artışı gerçekleşirken, OECD ülkelerinde yüzde 0.8 azalmış, gelişmekte olan ülkelerde ise yüzde 5.3 artış gerçekleşmiştir. Rapor'da Çin'de kullanılan her tür enerjide artış görüldüğü, ülkenin dünya çapındaki tüketim payının yüzde 20'nin üzerine çıkarak (2011'de yüzde 21.3) 2011'de dünya enerji tüketiminde birinci sırada yer almıştır (BP, 2012). BP Dünya Enerji İstatistikleri'ne göre Türki-

¹ 1055 Kjul enerjiye eşit enerji birimi

² 171.3 milyon petrole eşdeğer enerji birimi

ye’de 2011 yılında 32 milyon ton petrol tüketilirken, 2010 yılına göre yüzde 5.8 oranında artış kaydedilmiştir. Türkiye bu rakamlarla, dünya petrol tüketiminin yüzde 0.8’sini gerçekleştirmiştir. Aynı Rapor’da 2011 yılında Türkiye’de enerji tüketimi bir önceki yıla göre yüzde 9.2 artmıştır. 2011 yılı itibariyle Türkiye dünyadaki toplam enerji tüketiminin yüzde 1’ini gerçekleştirmiştir (BP, 2012).

BP, 2010 yılında dünya enerji tüketiminde ekonomik büyümeye göre daha fazla artış yaşandığını, küresel enerji tüketimindeki bu artışın 1973 yılından bu yana görülen en yüksek değerde olduğunu bildirmektedir. Türkiye’de 2011 yılında 28.7 milyon ton petrol, 45.7 milyar metreküp doğalgaz tüketmiştir. Türkiye bu rakamlarla dünya petrol tüketiminin yüzde 0.8’sini ve doğalgaz tüketiminin ise yüzde 1.4’ünü gerçekleştirmiştir. 2011’de dünyadaki kömür üretiminin ise yüzde 0.4’ünü gerçekleştiren Türkiye, kömür tüketiminde aynı yıl yüzde 5.1’lik artış göstermiştir. Ayrıca 2011 yılı itibariyle Türkiye’nin dünyadaki kömür tüketimindeki payı ise yüzde 0.9 olarak gerçekleşmiştir (BP, 2012).

Türkiye’de 2010’da fert başına düşen CO₂ emisyonu 3.38 tondur ve bu değer 10.5 ton olan OECD ortalamasından daha düşüktür. 1990-2010 arasında fert başına düşen CO₂ emisyonu Türkiye’de ortalama yüzde 47,9 artarken, OECD ülkelerinde yüzde 2.77, ABD Uluslararası Enerji Yönetimi’ne (EIA) üye Avrupa ülkelerinde ise yüzde 12.3 azalmıştır (EIA, 2012).

Türkiye’de 2010’da toplam CO₂ emisyonu 263 milyon ton (metric ton)’ye yükselmiştir. CO₂ emisyonu 1990 düzeyi ile karşılaştırıldığında yüzde 103.5, 2000 düzeyi ile karşılaştırıldığında yüzde 26.2 artmıştır. Kömür geçmişte olduğu gibi en önemli emisyon kaynağı olmaya devam etmiş, emisyon kaynağı olarak kömürü, gaz ve petrol izlemiştir. 2010’da toplam emisyonun yüzde 49’i kömürden, yüzde 27.8’i gazdan ve yüzde 23.1’i petrolde kaynaklanmıştır (EIA, 2012)

1990-2009 döneminde ülkemizde birincil enerji talebi yıllık ortalama yüzde 4.3 düzeyinde gerçekleşmiştir. Türkiye, OECD ülkeleri içerisinde geçtiğimiz 10 yıllık dönemde enerji talep artışının en hızlı gerçekleştiği ülke durumundadır. Aynı şekilde dünyada 2000 yılından bu yana elektrik ve doğalgazda Çin’den sonra en fazla talep artışına sahip ikinci büyük ekonomi konumundadır. 2008 yılında ülkemizin toplam birincil enerji tüketimi 106.3 milyon tep, üretimi ise 29.2 milyon tep olarak gerçekleşmiştir. Enerji arzında yüzde 32’lik pay ile doğalgaz ilk sırayı alırken, doğalgazı yüzde 29.9 ile petrol, yüzde 29.5 ile kömür izlemiş, yüzde 8.6’lık bölüm ise hidrolik dahil olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmıştır. Yapılan projeksiyonlara göre birincil enerji tüketimimizin, referans senaryo çerçevesinde, 2020 yılına kadar olan dönemde de yıllık ortalama yüzde 4 oranında artması beklenmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2012).

3. Literatür Araştırması

Ekonomik büyüme ve enerji tüketimi gibi ekonomik büyüme ve çevresel kirleticiler arasındaki ilişki son yirmi yılda yoğun bir şekilde analiz edilmektedir. Ancak bu zamana kadar yapılan ampirik sonuçlar tartışmalı ve birtakım belirsizlikler içermektedir. Bu alandaki en önemli araştırmalardan birincisi, Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinin test edilmesine yöneliktir (Pao vd., 2012: 401). Kuznets'in (1955) 1955'de yapmış olduğu çalışmasında gelir dağılımı ile ekonomik büyüme arasındaki ters U şeklinde gelir arttıkça gelir dağılımının önce kötüleştiği daha sonra iyileştiği şeklinde ilişkiyi gösteren Kuznets Eğrisi, 1990'lı yıllarda çevre kalitesi ile fert başı gelir ilişkisine uygulanmaya başlanmıştır. Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi, çevresel koşulların bozulması ile fert başına gelir arasındaki ilişkiyi açıklamakta ve ekonomik kalkınma sürecinde çevresel kirlilik düzeyinin başlangıçta artacağını daha sonra azalacağını göstermektedir ve ters U şeklinde eğri ile temsil edilmektedir (Dinda, 2004a: 433). Bu hipotez ilk defa Grossman ve Krueger (1991) tarafından test edilmiş, daha sonra kirleticiler ve gelir arasındaki EKC ilişkisi, teorik olarak Beltratti, (1997), Bulte ve van Soest (2001), Dinda (2002), Pecchenino (1994), Jones ve Rodolfo (1995), Selden ve Song (1995) ve Stokey (1998) tarafından ortaya konmuştur. Son yıllarda ise Beckerman (1992), Shafik (1994), Heil ve Selden (1999), Friedl ve Getzner (2003), Managi ve Jena (2008), Coondoo ve Dinda (2008), Romero- Avila (2008) ve Akbostancı vd. (2009) gibi araştırmacılar EKC testine yönelik uygulamalı çalışmalar yapmışlar ayrıca Stern vd. (1996), Stern (2004) ve Dinda (2004b) gibi araştırmacılar EKC literatürünü genişletmiştir (Halicioğlu, 2009: 1157). Bu çalışmalarda genel olarak karma sonuçlara ulaşılmışsa da ulusal geliri artan ülkelerin çevresel kirlenme emisyonunu azaltmada büyük çaba göstermedikleri ve artan ekonomik büyümenin çevre kirlenmesine eşlik ettiği sonucu yaygın olarak kabul görmüştür.

İkinci grup enerji tüketimi ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmalarla ilgilidir. Bu araştırmalarda artan ekonomik büyümenin daha fazla enerji tüketimini gerektireceği gösterilmektedir. Aynı şekilde artan etkin enerji kullanımının ekonomik gelişme düzeyini daha da artıracağı belirtilmektedir. Ayrıca ekonomik büyümenin enerji tüketimini uyarıp uyarmadığı veya tek başına enerji tüketiminin artan toplam etkinlik ve teknolojik gelişmeye bağlı olarak dolaylı bir şekilde toplam talep kanalı aracılığıyla ekonomik büyümenin bir uyarıcısı olup olmadığına yönelik araştırmalar yapılmıştır. Bu yöndeki araştırmalarda eşbütünleşme teknikleri ve Granger nedensellik testleri kullanılarak literatürde çok sayıda araştırmaya [Erol ve Yu (1987), Brown ve Yücel (2002), Glasure ve Lee (1997), Oh ve Lee (2004), Lee (2005), Altınay ve Karagöl (2004), Lee ve Chang (2005) Shiu ve Lam (2004) Soytaş ve Sarı (2009), Wolde-Rufael (2005), Wolde-Rufael (2009), Morimoto ve Hope (2004)] rastlanmaktadır. Huang vd. (2008) ise enerji tüketiminden reel GSYİH'ya doğru nedensellik testlerin ampirik sonuçlarını detaylı bir şekilde değer-

lendirmiş ve ekonomik büyümede enerji tüketiminin rolünün değişkenlik arz ettiğini ve incelenen dönem ve ülkeler için zaman zaman tartışmalı sonuçlar ortaya çıktığını belirtmişlerdir.

Üçüncü grupta ise karbon dioksit emisyonu, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki dinamik ilişkileri inceleyen ve daha önceki iki yaklaşımın birleşiminden oluşan araştırmalara dayanmaktadır. Chang (2010), 1981-2006 dönemi arasında Çin’de GSYİH, CO₂ emisyonu, ham petrol, kömür, elektrik tüketimi arasındaki dinamik ilişkiyi eşbütünleme ve hata düzeltme modeline dayalı Granger nedensellik testleriyle incelemiştir. Araştırma sonucunda GSYİH’den CO₂ emisyonuna, ham petrol tüketimine ve kömüre doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Ayrıca elektrik tüketiminin GSYİH artışıyla pozitif ilişki içinde olduğunu, kömür tüketimiyle CO₂ emisyonunun çift yönlü nedensellik gösterdiği ve böylece geri besleme (feed back) etkisine sahip olduklarını belirtmişlerdir. Araştırma sonucunda Çin’de ekonomik büyümenin artan ölçüde enerji tüketimi ve CO₂ emisyonunu uyardığını, bundan dolayı Çin hükümetinin birbirini dışlayan politika (mutually exclusive policy) uygulamasının oldukça zor olduğunu, aksi takdirde enerji koruyucu (conservative) bir politikasının uygulanmasının halkın refahı üzerinde ters etkilere yol açacağını vurgulamıştır.

Çin için benzer bir çalışma 1980-2008 dönemi için Pao vd. (2012) için yapılmıştır. Eşbütünleşme yönteminin kullanıldığı çalışmada CO₂ emisyonu, enerji tüketimi ve reel GSYİH arasında uzun dönem ilişkinin var olduğunu, CO₂ emisyonunun reel üretim artışına duyarız, (inelastik), ancak enerji tüketimine karşı esnek olduğunu göstermiştir. Böylece enerji tüketiminin CO₂ emisyonunun belirlenmesinde reel üretimden daha önemli olduğunu belirterek çalışmanın EKC hipotezini desteklemediğini göstermişlerdir.

Apergis ve Payne (2010), 1992-2004 dönemi için 11 CIS (Commonwealth of Independent States, Ermenistan, Azerbaycan, Belarus, Gürcistan, Kırgızistan ve Moldova, Rusya, Tacikistan, Ukrayna ve Özbekistan) ülkesinde CO₂ emisyonu, enerji tüketimi ve reel üretim arasındaki ilişkiyi panel hata düzeltme modeli kullanılarak nedensel ilişkiyi araştırmıştır. Uzun dönemde enerji tüketiminin CO₂ emisyonu üzerinde pozitif ve anlamlı etkiye sahip olduğunu ve EKC hipotezini doğrulayacak şekilde reel üretimin ters U şeklinde eğilim gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Kısa dönemde ise enerji tüketimi ve reel üretimden CO₂ emisyonuna doğru çift yönlü, enerji tüketimi ve reel üretim arasında ise tek yönlü nedenselliğin olduğunu göstermişlerdir.

Pao ve Tsai (2010), BRIC ülkeleri için, çevre kirleticiler, enerji tüketimi ve reel üretim arasındaki ilişkiyi 1971-2005 dönemi için panel veri ve panel nedensellik testleriyle analiz etmiştir. Uzun dönemde enerji tüketiminin CO₂ emisyonu üzerinde pozitif bir ilişki içinde olduğunu, reel üretimin EKC eğrisi hipotezine uygun olarak

ters U şeklinde bir örüntü sergilediği göstermişlerdir. Panel nedensellik sonuçlarında uzun dönemde enerji tüketimi- CO₂ emisyonu ve enerji tüketimi-reel üretim arasında çift yönlü güçlü bir nedensellik ilişkisi bulunduğu, kısa dönemde ise emisyonun ve enerji tüketiminden reel üretime doğru bir nedenselliğin varlığını göstermişlerdir. Sonuçta ekonomik büyümeyi negatif yönde etkilemeden CO₂ emisyonunu azaltmak için hem enerji arzına yönelik yatırımların hem de enerji verimliliğini artırmanın gerekli olduğu vurgulanarak gereksiz enerji tüketimini azaltmaya yönelik enerji koruyucu politikaların enerji bağımlısı BRIC ülkelerinde başlatılmasının yerinde olacağı ifade edilmiştir.

Wang vd. (2011), Çin'in 28 eyaletinde 1995-2007 dönemi için CO₂ emisyonu, enerji tüketimi, ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel eşbütünleşme ve vektör hata düzeltme yöntemleriyle araştırmışlardır. Model tahmini sonucunda CO₂ emisyonu, enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin eşbütünleşik oldukları görülmüştür. Ayrıca CO₂ emisyonu-enerji tüketimi ve enerji tüketimi-ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik bulgusuna ulaşmışlardır. Ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin Uzun dönemde CO₂ emisyonunun nedeni olduğunu, ayrıca CO₂ emisyonu ve ekonomik büyümenin ise uzun dönemde enerji tüketiminin nedeni olduğunu bulmuşlardır. Bu sonuçlar Çin'in uzun dönemde CO₂ emisyonunu azaltamayacağını, bir ölçüde CO₂ emisyonunun azaltılmasının Çin'in ekonomik büyümesi için engel teşkil edeceğini ifade etmişlerdir.

Öztürk ve Acaravcı (2010), 1968-2005 dönemi için Türkiye'de ekonomik büyüme CO₂ emisyonu, enerji tüketimi ve istihdam arasındaki ilişkiyi ARDL eşbütünleşme yöntemi ve Granger nedensellik testleriyle araştırmışlardır. Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğunu, CO₂ emisyonunun gelir elastikiyetinin 0.60 ve enerji tüketiminin gelir elastikiyetinin 1.37 olduğunu tahmin etmişlerdir. CO₂ emisyonu ve enerji tüketiminin reel üretimin Granger nedeni olmadığını, EKC hipotezinin de Türkiye'de geçerliliğinin olmadığını belirtmişlerdir.

Alam vd. (2011), 1971-2006 dönemi için Hindistan'da dinamik model yaklaşımı kullanarak enerji tüketimi, karbondioksit emisyonu, gelir arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Uzun dönemde enerji tüketimi ile karbondioksit emisyonu arasında tek yönlü Granger nedenselliğinin varlığına ortaya konurken, reel gelir üzerinde ne karbondioksit emisyonunun ne de enerji tüketiminin nedensel etkiye yol açmadığını belirlemişlerdir. Enerji tüketimi ve gelir arasında herhangi bir nedensel ilişkinin olmamasını, ekonomik büyüme engellenmeden enerji koruyucu ve verimlilik artırıcı politikaların Hindistan'da izlenmesine dayandırmıştır. Böylece ekonomik büyüme etkilenmeden CO₂ emisyonunun azaltılmasının ve küresel ısınmaya karşı mücadelede önemli katkının sağlandığını belirtmişlerdir.

Ang (2008), 1971-199 dönemi için Malezya'da fert başına reel GYİH, CO₂ ve enerji tüketimi arasında uzun dönem ilişkisini ebütünleşme ve hata düzeltme modeline

dayalı Granger nedensellik testleriyle araştırmıştır. Tahmin sonucunda değişkenler arasında uzun dönem ilişkisinin var olduğu gözlenirken CO₂ emisyonu ve enerji tüketiminin reel GSYİH ile pozitif ilişki içinde olduğu, aynı zamanda ekonomik büyümeden enerji tüketimi artışına doğru hem kısa hem de uzun dönemde nedenselliğin olduğunu göstermişlerdir.

Fodha ve Zaghdoud (2010), 1961-2004 dönemi arasında Tunus'ta EKC hipotezini geçerliliğini çevresel kirleticiler olarak fert başına karbondioksit ve sülfürdioksit (SO₂) emisyonları, ekonomik gösterge olarak fert başına GSYİH göstergesi kullanarak araştırmıştır. İki kirleticinin de GSYİH ile eşbütünleşik olduğunu, fert başına GSYİH ile SO₂ emisyonu arasında ters U ilişkisi bulunduğunu ve EKC hipotezinin Tunus'ta geçerli olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca fert başına gelirden her iki çevre kirleticisiye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunduğunu göstermişlerdir.

Lotfalipour vd. (2010), 1967-2007 dönemi için İran'da ekonomik büyüme, karbondioksit emisyonu ve fosil yakıt tüketimi arasındaki ilişkiyi Toda-Yamamoto Granger nedensellik yöntemi ile araştırmıştır. Ampirik sonuçlarda uzun dönemde GSYİH'dan iki enerji tüketim göstergesinden (petrol ürünleri ve doğal gaz tüketimi) CO₂ emisyonuna doğru nedensellik ilişkisi olduğunu, buna karşılık fosil yakıtlar tüketiminden CO₂ emisyonuna nedensel ilişkinin bulunmadığını göstermişlerdir.

Hossain (2011), 1971-2007 yılları arasında sanayileşmekte olan 9 ülkenin (Brazil, China, India, Malaysia, Mexico, Philippines, South Africa, Thailand ve Türkiye) CO₂ emisyonu, enerji tüketimi, ekonomik büyüme, ticari açıklık ve şehirleşme oranı göstergeleri arasındaki ilişkileri panel data ve nedensellik testleriyle araştırmıştır. Fisher panel eşbütünleşme testinde değişkenlerin eşbütünleşik oldukları tespit edilmiştir. Granger nedensellik testlerinde uzun dönem nedensel ilişkiye rastlanmamış, ancak kısa dönemde ekonomik büyüme ve ticari açıklıktan CO₂ emisyonuna, ekonomik büyümeden enerji tüketimine, ticari açıklıktan ve şehirleşmeden ekonomik büyümeye ve ticari açıklıktan şehirleşmeye doğru Granger nedenselliğe rastlanmıştır. Uzun dönemde enerji tüketimine ilişkin CO₂ emisyonu esnekliğinin kısa dönem esnekliğinden büyük olması, incelenen ülkelerde enerji tüketiminin CO₂ emisyonunu daha da artırarak çevre kirliliğini kötüleştireceğini ifade etmiştir.

4. Ekonometrik Yöntem

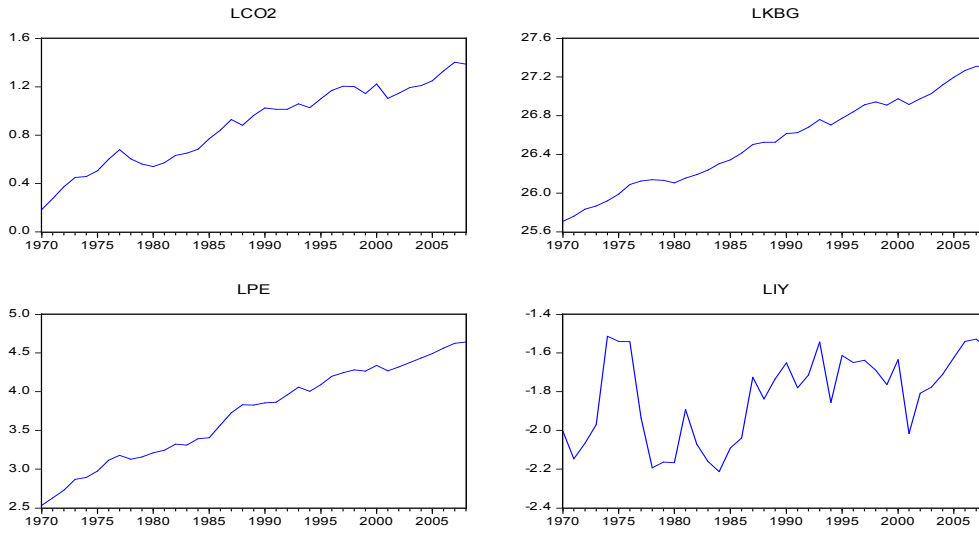
4.1. Model ve Veri Seti

CO₂ emisyonu, birincil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin araştırıldığı çalışmamızdaki model (1), önceki çalışmalarda [Masih ve Masih (1997), Ang (2007), Apergis ve Payne (2009), Tiwari (2011) ve Hossain (2011)] kullanılan modellere uygun olarak tanımlanmıştır. Önceki çalışmalarda genel olarak enerji-ekonomik büyüme veya çevresel kirleticiler-ekonomik büyüme ilişkisi incelenmiştir. Ayrıca modellerde iki değişken yanında ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonunu

etkileyen farklı kontrol değişkenler de eklenerek tahminler yapılmıştır. Çalışmamızda CO₂ emisyonu, fert başına gelir, birincil enerji kullanımı ve yatırımlar arasındaki uzun dönem ilişkinin varlığı aşağıdaki modelle araştırılmıştır.

$$LCO2_t = \alpha_0 + \alpha_1 LKBG_t + \alpha_2 LPE_t + \alpha_3 LIY_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Burada fert başına düşen dolar cinsinden geliri, fert başına karbondioksit emisyonunu (metrics per capita), birincil enerji tüketimini (Mtoe), sabit sermaye yatırımlarını (GSYİH'ya oran olarak) ve hata terimini göstermektedir. Fert başına gelir, CO₂ emisyonu ve sabit sermaye birikimi Dünya Bankası (WDI) istatistiklerinden ve birincil enerji tüketimi BP istatistiklerinden elde edilmiştir. Tüm değişkenlerin logaritmaları alınarak model tahmininde kullanılmıştır. Modelde 1970-2008 dönemine ilişkin yıllık veriler kullanılmıştır. Modelde kullanılan değişkenlerin serilerine ilişkin grafikler aşağıda gösterilmektedir.



Grafik 1. Modelde Kullanılan Değişkenlerin Grafikselleştirilmesi

Ekonomik büyüme, karbondioksit emisyonu, birincil enerji tüketimi ve yatırımlar arasındaki ilişkiler iki farklı aşamada yapılacaktır. Birinci aşamada değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkiler ARDL sınır testi ve VAR yöntemi kullanılarak araştırılacaktır. İkinci aşamada ise hata düzeltme modeline dayalı nedensellik modelleri ve TYDL nedensellik testleri yardımıyla değişkenler arasındaki nedensellik ilişkileri araştırılacaktır.

4.2. ARDL Sınır Testi

Literatürde en sık kullanılan eşbütünleşme testleri, hata terimine dayalı iki aşamalı Engle-Granger (1987) yöntemi ile sistem yaklaşımına dayalı Johansen (1988) ve

Johansen ve Juselius (1990) yöntemidir. Bu yöntemlerin uygulanabilmesi için modelde yer alan tüm değişkenlerin düzeyde durağan olmaması $I(0)$ ve birinci farkları alındığında durağan hale gelmesi gerekmektedir (Pesaran vd., 2001: 289-290). Eşbütünleşme dereceleri farklı olan serilere eşbütünleşme yönteminin uygulanamama sorununu Pesaran ve Shin (1995) ve Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen sınır testi yaklaşımı ortadan kaldırmaktadır. Bu yeni yöntem ARDL (Autoregressive Distributed Lag) yaklaşımı olarak ifade edilmektedir. Bu yaklaşımın avantajı değişkenlerin bütünleşme dereceleri dikkate alınmaksızın değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin var olup olmadığının araştırmasıdır. Diğer taraftan bu yöntemin uygulanması üç nedene bağlı olarak uygun görülmektedir. Birincisi, sınır testi prosedürü kolaydır ve Johansen ve Juselius (1990) gibi çok değişkenli eşbütünleşme yöntemlerinin aksine, modelin gecikme uzunluğu EKKY ile tahmin edildikten sonra eşbütünleşme ilişkisinin varlığı belirlenmektedir. İkincisi, sınır testi prosedürü Johansen ve Juselius (1990) eşbütünleşme tekniklerinden farklı olarak, birim kök testi modeline dahil edilen değişkenlerin ön testlerinin yapılmasını gerektirmemektedir. Sınır testi, modeldeki serilerin $I(2)$ olması dışında, bütünüyle $I(0)$ ve $I(1)$ veya hepsinin karşılıklı eşbütünleşik $I(1)$ olup olmadığına bakılmaksızın uygulanabilmektedir. Üçüncüsü, sınır testi küçük veya sınırlı örnek kümeleri için oldukça etkindir.

Aşağıda 3 bağımsız değişkene sahip sınır testi modelleri, kısıtlanmamış hata düzeltme (unrestricted error correction) modellerinin en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmesine dayanmaktadır ve aşağıdaki denklemlerde gösterilmektedir.

$$\Delta LKBG_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} \Delta LKBG_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{2i} \Delta LCO2_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{3i} \Delta LPE_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{4i} \Delta LIY_{t-i} + \beta_5 LKBG_{t-1} + \beta_6 LCO2_{t-1} + \beta_7 LPE_{t-1} + \beta_8 LIY_{t-1} + u_{4t} \quad (2)$$

$$\Delta LCO2_t = \delta_0 + \sum_{i=1}^m \delta_{1i} \Delta LCO2_{t-i} + \sum_{i=0}^m \delta_{2i} \Delta LKBG_{t-i} + \sum_{i=0}^m \delta_{3i} \Delta LPE_{t-i} + \sum_{i=0}^m \delta_{4i} \Delta LIY_{t-i} + \delta_5 LCO2_{t-1} + \delta_6 LKBG_{t-1} + \delta_7 LPE_{t-1} + \delta_8 LIY_{t-1} + u_{5t} \quad (3)$$

$$\Delta LPE_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_{1i} \Delta LPE_{t-i} + \sum_{i=0}^m \alpha_{2i} \Delta LIY_{t-i} + \sum_{i=0}^m \alpha_{3i} \Delta LKBG_{t-i} + \sum_{i=0}^m \alpha_{4i} \Delta LCO2_{t-i} + \alpha_5 LPE_{t-1} + \alpha_6 LIY_{t-1} + \alpha_7 LKBG_{t-1} + \alpha_8 LCO2_{t-1} + u_{6t} \quad (4)$$

$$\Delta LIY_t = \phi_0 + \sum_{i=1}^m \phi_{1i} \Delta LIY_{t-i} + \sum_{i=0}^m \phi_{2i} \Delta LKBG_{t-i} + \sum_{i=0}^m \phi_{3i} \Delta LCO2_{t-i} + \sum_{i=0}^m \phi_{4i} \Delta LPE_{t-i} + \phi_5 LIY_{t-1} + \phi_6 LKBG_{t-1} + \phi_7 LCO2_{t-1} + \phi_8 LPE_{t-1} + u_{7t} \quad (5)$$

Burada Δ değişkenlerin birinci farkını simgelemektedir. Yukarıdaki modellerde sınır testinin uygulanabilmesi için olarak gösterilen gecikme uzunluğunun belirlenmesi gerekmektedir. Gecikme uzunluğunun belirlenmesi için AIC, SC, FPE ve HQ gibi bilgi kriterlerinden yararlanılmaktadır. Burada en küçük kritik değeri sağlayan gecikme uzunluğu modelin gecikme uzunluğu olarak belirlenmektedir. Ancak burada seçilen kritik değerin en küçük olduğu gecikme uzunluğu ile oluşturulan modelin hata terimlerinde otokorelasyon (ardışık bağımlılık) olmaması gerekmektedir. Seçilen kritik değerin en küçük olduğu gecikme uzunluğu ile oluşturulan model otokorelasyon problemi içeriyorsa bu durumda ikinci en küçük kritik değeri sağlayan gecikme uzunluğu alınmakta ve eğer otokorelasyon problemi devam ediyorsa bu problem ortadan kalkıncaya kadar bu işleme devam edilmektedir.

Ardından eşbütünleşme ilişkisi varlığının araştırılmasında bağımlı ve bağımsız değişkenlerin birinci dönem gecikmelerinin katsayılarına topluca F testi (wald test) uygulanarak anlamlılığının test edilmesi yoluyla belirlenmektedir. Bu test için değişkenler arasında eşbütünleşmenin olmadığı şeklinde H_0 (sıfır) hipotezler ile eşbütünleşmenin varlığını ifade eden alternatif hipotezler (H_1) aşağıda tanımlanmaktadır. Değişkenler arasında eşbütünleşmenin varlığının söz konusu olabilmesi için sıfır hipotezinin reddedilmesi gerekmektedir.

Model 2 için $H_0 : \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \beta_8 = 0$, alternatif $H_1 : \beta_5 \neq \beta_6 \neq \beta_7 \neq \beta_8 \neq 0$. Sıfır hipotez koşulunda hesaplanan F istatistiği değeri $F_{LRY}(LKBG/LKBG, LCO2, LPE, LIY)$ ile hesaplanmaktadır. Model 3 için $H_0 : \delta_5 = \delta_6 = \delta_7 = \delta_8 = 0$ $H_1 : \delta_5 \neq \delta_6 \neq \delta_7 \neq \delta_8 \neq 0$ 'dır. Sıfır hipotez koşulunda F istatistiği değeri $F_{LCO2}(LCO2/LCO2, LKBG, LPE, LIY)$ ile hesaplanmaktadır. Model 4 için $H_0 : \alpha_5 = \alpha_6 = \alpha_7 = \alpha_8 = 0$; $H_1 : \alpha_5 \neq \alpha_6 \neq \alpha_7 \neq \alpha_8 \neq 0$ 'dır Aynı şekilde F istatistiği değeri $F_{LPE}(LPE/LPE, LIY, LKBG, LCO2)$ şeklinde ifade edilerek hesaplanmaktadır. Model 5 için $H_0 : \phi_5 = \phi_6 = \phi_7 = \phi_8 = 0$; $H_1 : \phi_5 \neq \phi_6 \neq \phi_7 \neq \phi_8 \neq 0$ dir ve F istatistiği değeri $F_{LIY}(LIY/LIY, LKBG, LCO2, LPE)$ ile hesaplanmaktadır.

F testi, değişkenlerin bir gecikmeli seviye değerlerinin anlamlılığının test edilmesi yoluyla değişkenler arasında uzun dönemde bir ilişkinin olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Pesaran vd. (2001) tarafından elde edilen kritik değerlerin geniş gözlem sayısına (500 ve 1000 arasında) sahip örneklem için üretildiğinden dolayı örnek kütesinin küçük olması durumunda elde edilen kritik değerle-

rin önemli ölçüde sapma göstereceği ve yanıltıcı sonuçlar vereceği bilinmelidir. Çalışmamızda örnek büyüklüğü 39 olduğundan Narayan (2005) tarafından gösterilen kritik değerler kullanılmıştır. Bağımlı değişken ile tahminciler arasında eşbütünlüğün olup olmadığına şu şekilde karar verilecektir: Hesaplanan F istatistiği değeri üst kritik sınır değeri aşarsa, sıfır hipotez reddedilecek ve bağımlı değişken ile tahminciler arasında eşbütünlüğün olduğu sonucuna varılacaktır. Hesaplanan F istatistiği değeri alt kritik sınır değerinden daha düşükse, eşbütünlüğün olmadığı şeklindeki boş hipotez reddedilememektedir. Diğer taraftan hesaplanan F istatistiği değeri alt ve üst kritik sınır değerlerinin arasında ise kesin bir yorum yapılamamakta ve diğer eşbütünlük testleri yaklaşımlarına başvurulması gerekmektedir.

Çalışmada seriler arasında eşbütünlük araştırıldıktan sonra Granger nedensellik testi iki farklı metodoloji ile test edilmektedir. Birinci yaklaşımda vektör hata düzeltme düzeltme modeliyle (VECM) ikinci yaklaşımda ise Tado ve Yamamoto (1995) ve Dolado ve Lutkepohl (1996) (bundan sonra TYDL) yaklaşımıyla Granger nedensellik testleri yapılmaktadır. VECM yaklaşımında kısa ve uzun dönem nedensellik test edilirken, ön testleri gerektirmemesi bakımından avantajlı görülen TYDL yaklaşımında sadece kısa dönem nedensellik test edilmektedir.

4.3. Vektör Hata Düzeltme Modeline (VECM) Dayalı Granger Nedensellik Yaklaşımı

Serilerin eşbütünlük olduğu durumda bir gecikmeli hata düzeltme terimi eklenerek standart Granger nedensellik testlerine geçilmektedir. Değişkenler arasında uzun dönem ilişkisinin olması, değişkenler arasında en az bir yönde Granger nedenselliğinin bulunmasını gerektirmektedir. Uzun dönem ilişkisinin mevcut olması halinde Granger nedensellik testleri aşağıdaki çok değişkenli p'inci seviyeden vektör hata düzeltme modeli (VECM) şeklinde kurulmaktadır.

$$(1-L) \begin{bmatrix} LKBG_t \\ LCO6_t \\ LPE_t \\ LIY_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \end{bmatrix} + \sum_{i=1}^p (1-L) \begin{bmatrix} \beta_{1i} & \beta_{2i} & \beta_{3i} & \beta_{4i} \\ \beta_{21i} & \beta_{22i} & \beta_{23i} & \beta_{24i} \\ \beta_{31i} & \beta_{32i} & \beta_{33i} & \beta_{34i} \\ \beta_{41i} & \beta_{42i} & \beta_{43i} & \beta_{44i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} LKBG_{t-i} \\ LCO6_{t-i} \\ LPE_{t-i} \\ LIY_{t-i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \theta \\ \phi \\ \gamma \\ \delta \end{bmatrix} [ECT_{t-1}] \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \\ \varepsilon_{3t} \\ \varepsilon_{4t} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Yukarıda, tanımlanan değişkenlere ek olarak (1-L) fark işlemcisini, ECT_{t-1} uzun dönem eşbütünlük ilişkisinde elde edilen gecikmeli hata düzeltme terimini gös-

termektedir ve bu terim değişkenler arasında ilişki mevcutsa modele eklenmektedir ve $\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t}, \varepsilon_{3t}$ ve ε_{4t} hata terimlerini göstermektedir. Hata düzeltme modelinde gecikmeli açıklayıcı değişkenlerin F-istatistiği kısa dönem nedensel etkinin ve gecikmeli hata düzeltme teriminin katsayılarının t-istatistiği uzun dönem nedensel etkinin anlamlılığını göstermektedir. Uygun gecikme uzunluğu (p) ise Schwarz bilgi kriteri (SBC) ve/veya Akaike (AIC) bilgi kriterine dayalı olarak belirlenmektedir.

4.4. TYDL Nedensellik Yaklaşımı

Engle ve Granger (1987), tarafından geliştirilen Engle- Granger düzeltme modeli (ECM) ve Johansen ve Juselius (1990) tarafından geliştirilen vektör hata düzeltme modeli (VECM) zaman serileri analizlerinde eşbütünleşme ve eşbütünleşme sorununu inceleyen analizlerdir. Rambaldi ve Doran (1996)'a göre nedensel ilişkinin testine yönelik geliştirilen ECM ve VECM modellerinin özellikle örnek büyüklüğünün küçük olması halinde varyans değerine karşı duyarlı olduğunu ve uzun zamanı gerektirdiğini ifade etmiştir. Ayrıca VECM, birim kök ve eşbütünleşme testlerini gerektirmekte ve örnek büyüklüğünden olumsuz yönde etkilendiğinden nedensellik sonuçları yanıltıcı olabilmektedir. Bu sorunları ortadan kaldırmak için Yamada ve Toda (1998) küçük örneklerde üç farklı nedensellik modellerinin performansını incelemek için Monte Carlo simülasyonu uygulamıştır. Üç nedensellik prosedürü arasında Toda ve Yamamoto (1995) ve Dolado ve Lutkepohl (1996) tarafından geliştirilen TYDL nedensellik yaklaşımının en uygun olduğu sonucuna varmıştır. Ayrıca hata düzeltme modeli ve Fully Modified VAR (FM-VAR) nedensellik yaklaşımlarının örnek büyüklüğünü TYDL yaklaşımına göre daha olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Bu nedenle çalışmada değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi TYDL nedensellik prosedürü uygulanarak araştırılmıştır. Bu metod, bir VAR modeli parametrelerinin anlamlılığını testinde yararlanılan modifiye edilmiş Wald testini kullanmaktadır. Toda ve Yamamoto'ya göre modifiye edilmiş Wald istatistiği, serilerin I(0), I(1) veya I(2) kombinasyonlarına veya herhangi bir seviyede entegre olsa da veya olmasa uygulanabilmektedir. Bu prosedür, entegrasyon seviyesinin (d_{max})VAR modelindeki uygun gecikme uzunluğunu (k) aşmadığı sürece geçerlidir.

TYDL metodu iki aşamada yapılmaktadır. Birinci adımda sistemdeki değişkenlerin maksimum bütünleşme seviyesinin (d_{max}) belirlenmesi gerekmektedir. Birim kök testleriyle (d_{max}) belirlenmektedir. Var(k) modelinde değişkenlerin gecikme uzunlukları Sequential Modified LR testi, Akaike (AIC) Schwartz (SIC), Hannan-Quinn (HQIC) bilgi kriterine göre belirlenmektedir. Optimal gecikme uzunluğu (k) ve (d_{max}) belirlendikten sonra, VAR modelinin tanısıl test kontrolleri (otokorelasyon, değişen varyans, normallik testi ve VAR istikrar (stability) testleri yapılır. İkinci aşamada ilk k VAR katsayı matrislerine (tüm gecikmeli katsayılara değil) Wald testleri uygulanarak Granger nedensel etki sonuçlarına ulaşılır. VAR (k+ d_{max})'ın tah-

mini Wald istatistiğine ilişkin asimptotik χ^2 dağılımını garanti eder. Dolado ve Lutkepohl (1996)'ya göre d_{max} 'ın diğer bütünleşme seviyelerine göre daha iyi performans gösterdiğinden dolayı, çalışmada $d_{max}=1$ seçilmiştir. TYDL testi sonuçları aşağıdaki genişletilmiş VAR sisteminin tahmini yapılarak elde edilmiştir.

$$\begin{bmatrix} LKBG_t \\ LCO2_t \\ LPE_t \\ LIY_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} A_{1,1} & A_{1,1} & A_{3,1} & A_{4,1} \\ A_{2,1} & A_{2,1} & A_{2,1} & A_{2,1} \\ A_{3,1} & A_{3,2} & A_{3,3} & A_{3,4} \\ A_{4,1} & A_{4,2} & A_{4,3} & A_{4,4} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} LKBG_{t-1} \\ LCO2_{t-1} \\ LPE_{t-1} \\ LIY_{t-1} \end{bmatrix} + \dots + \begin{bmatrix} A_{1,k} & A_{2,k} & A_{3,k} & A_{4,k} \\ A_{2,1,k} & A_{2,1,k} & A_{2,3,k} & A_{2,4,k} \\ A_{3,1,k} & A_{3,2,k} & A_{3,3,k} & A_{3,4,k} \\ A_{4,1,k} & A_{4,2,k} & A_{4,3,k} & A_{4,4,k} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} LKBG_{t-k} \\ LCO2_{t-k} \\ LPE_{t-k} \\ LIY_{t-k} \end{bmatrix} \\
 + \begin{bmatrix} A_{1,p} & A_{1,p} & A_{3,p} & A_{4,p} \\ A_{2,p} & A_{2,p} & A_{2,p} & A_{2,p} \\ A_{3,p} & A_{3,2,p} & A_{3,3,p} & A_{3,4,p} \\ A_{4,p} & A_{4,2,p} & A_{4,3,p} & A_{4,4,p} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} LKBG_{t-p} \\ LCO2_{t-p} \\ LPE_{t-p} \\ LIY_{t-p} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \\ \varepsilon_{3t} \\ \varepsilon_{4t} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Burada p gecikmelerin düzeyini ($k+d_{max}$), VAR sisteminde optimal gecikme uzunlukları k Schwartz bilgi kriteri (SIC), tarafından belirlenmiştir. Denklem 3'de CO2 emisyonunun fert başı gelirin Granger nedeni olmadığı, $A_{1,2,k} = 0 \forall_k$ şeklinde kurulan boş hipotezin reddedilememesi halinde geçerli olacak, buna karşılık $A_{1,2,k} = 0 \forall_k$ şeklinde kurulan boş hipotezin reddedilmesi halinde CO2 emisyonunun büyümenin Granger nedeni olduğu kabul edilecektir. Benzer şekilde boş hipotezler $A_{1,3,k} = 0 \forall_k$, $A_{3,1,k} = 0 \forall_k$ ve $A_{1,4,k} = 0 \forall_k$ şeklinde tanımlandığında, sırasıyla fert başı gelir, birincil enerji tüketimi ve yatırımlar cinsinden nedensellik ilişkisi yorumlanmaktadır.

5. Ampirik Uygulamalar

5.1. Birim Kök Analizi

Granger ve Newbold (1974), durağan olmayan zaman serileriyle çalışılması halinde sahte regresyon problemiyle karşılaşılacağını göstermiştir. Zira durağan serilerin kullanıldığı serilerden elde edilen sonuçlarda bir sorun gözlenmez iken, durağan olmayan serilerin kullanılması güvenilir olmayan ve yorumlanması ekonomik olarak zor olan sonuçların elde edilmesine yol açabilecektir. Bu nedenle zaman serileriyle yapılan regresyon analizlerinde değişkenler arasındaki ilişkinin varlığını araştırmadan önce mutlaka analizlerde kullanılan değişkenlerin zaman serisi özelliklerinin incelenmesi gerekmektedir.

Uygulamada serilerin durağanlık özelliklerinin test edilmesinde en çok kullanılan yöntemler Dickey ve Fuller (1979), Genişletilmiş Dickey ve Fuller (ADF) (1981), Phillips ve Perron (PP) (1988) ve Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (KPSS) (1992) testleridir. ADF ve PP testi temel hipotezinde serinin durağan olduğu alternatif hipotezine karşı, birim kökün temel hipotezi olduğu ileri sürülmektedir. Ancak son yıllarda bazı yazarlar temel ve alternatif hipotez arasındaki ayırmada Dickey-Fuller testlerinin gücünün zayıf olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu çalışmalarda zaman serisi verilerinin durağanlığının tespiti için, birim kök alternatif hipotezine karşı durağan temel hipotezi biçimindeki testlerin daha uygun olduğu ileri sürülmüştür. Bu nedenle KPSS (1992) birim kök testi, serinin durağan olmadığı alternatif hipotezine karşın, durağan olduğu temel hipotezinin testi için Lagrange Multiplier (LM) istatistiğini önermiştir. KPSS (1992)'ye göre birim kök ve durağanlık testleri birbirlerinin tamamlayıcıdır.

Bu çalışmada serilerin durağan olup olmadıklarının belirlenmesinde ADF, PP ve KPSS birim kök testinden yararlanılmış ve değişkenlerin gecikme uzunluklarının belirlenmesinde Akaike bilgi kriteri kullanılmıştır.

Tablo 1: ADF, PP ve KPSS Birim Kök Test Sonuçları

	Augmented Dickey-Fuller (ADF) Test istatistiği		Philips-Perron Test istatistiği		KPSS LM Test istatistiği		
	Düzyey	Birinci Fark	Düzyey	Birinci Fark	Düzyey	Birinci Fark	
LKBG	-0.149(4)	-6.20(0) ^a	-0.53(1)	-6.20(2) ^a	0.75(5) ^a	-0.09(1)	
LCO2	-1.65(0)	-5.83(0) ^a	-1.65(1)	-5.83(2) ^a	0.76(5) ^a	0.15(1)	
LPE	-1.68(0)	-5.64(0) ^a	-1.95(6)	-5.63(5) ^a	0.76(5) ^a	0.234(4)	
LIY	-2.36(0)	-7.08(0) ^a	-2.588	-7.49(5) ^a	0.45(4) ^b	0.100(9)	
Anlamlılık Düzeyi	%1	-3.63	-3.63	-3.61	-3.62	0.73	0.73
	%5	-2.94	-2.91	-2.94	-2.94	0.46	0.46
	%10	-2.61	-2.13	-2.60	-2.61	0.34	0.34

Not: ADF testinde parantez içindeki değerler Akaike Bilgi kriteri kullanılarak seçilen gecikme uzunluklarıdır ve maksimum gecikme uzunluğu 9 olarak alınmıştır. PP testinde optimal gecikme uzunluğu, Bartlett kernel (default) spectral estimation yöntemi ve Newey-West Bandwidth (automatic selection) kriterlerinden yararlanılmıştır. ^a ve ^b sırasıyla % 1 , %5 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 1, birim kök test sonuçlarını göstermektedir. ADF ve PP testinde seriler için birim kök testi uygulandığında tüm serilerin birim köke sahip olduğu veya durağan olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Dolayısıyla serilerin birinci farkı alınarak yeniden birim kök testi uygulandığında serilerin durağanlaştığı veya birim kök olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Dolayısıyla ADF ve PP birim kök testleri sonucunda tüm serilerin bütünleşme derecesi I(1) olduğu söylenebilir. KPSS testinin istatistiksel olarak anlamlılığı, ADF ve PP birim kök testlerinden farklı olarak, birim kökün varlığını gösteren alternatif hipotez karşısında durağanlığı sıfır hipotezinde test etmektedir.

Serinin birinci farkı alındığında ise hesaplanan değerler anlamlı bulunmamıştır. Yani serinin birinci farkı alındıktan sonra tüm seriler durağanlaşmıştır. Dolayısıyla KPSS testinde boş hipotez durağan olduğu için tüm serilerin durağan olmadığı görülmektedir. Böylece ADF, PP ve KPSS birim kök test sonuçlarına göre tüm değişkenlerin düzeyde durağan olmadıkları, birinci farkları alındığında durağan hale geldikleri sonucuna ulaşılmıştır

Seriler arasında uzun dönemli bir ilişki araştırılmadan önce yapısal bir kırılmanın olabileceği dikkate alınarak yapısal kırılmayı dikkate alan Zivot ve Andrews (ZA) (1992) testi ile serilerin durağanlığı araştırılmıştır. Birçok yazar standart birim kök testlerinin yapısal değişimlere maruz kalacak değişkenler için uygun olmadığını belirtmektedir. Örneğin Perron (1989), yapısal değişimlerin varlığında standart ADF testlerinin birim kök hipotezini reddedememe eğilimi taşıdığını göstermiştir. Dolayısıyla, değişkenlerin durağan olmadığına, yalnızca standart birim kök test sonuçlarına dayalı olarak karar vermek yanıltıcı olabilir. Perron (1989), bilinen kırılma noktasının dışsal olduğu varsayımı altında üç farklı model kullanarak serilerin durağanlığını test etmiştir. Bununla birlikte bu test önemli tartışmalara neden olmuştur. Perron (1989) testi bir serinin (Yt) TB zamanında meydana gelen ekzojen bir yapısal değişimle birim köke sahip olduğu hipotezini test etmektedir. Zivot ve Andrews (1992) ise dışsal kırılma noktası varsayımını reddetmiş ve alternatif bir hipotez altında trend fonksiyonunda tahmini bir kırılmaya imkan tanıyan bir birim kök test prosedürü geliştirmiştir. Bu çalışmada tek bir yapısal değişimi endojen olarak dikkate alan Zivot ve Andrews birim kök testi kullanılarak serilerin entegrasyon düzeyi test edilmiştir. ZA birim kök testi aşağıdaki denklemler yardımıyla gösterilebilir.

$$Model A: \Delta y_t = \kappa + \varphi y_{t-1} + \beta t + \theta_1 DU_t + \sum_{j=1}^k d_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (8)$$

$$Model B: \Delta y_t = \kappa + \varphi y_{t-1} + \beta t + \gamma_1 DT_t + \sum_{j=1}^k d_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (9)$$

$$Model C: \Delta y_t = \kappa + \varphi y_{t-1} + \beta t + \theta_1 DU_t + \gamma_1 DT_t + \sum_{j=1}^k d_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (10)$$

$$DU_t = \begin{cases} 1 & \text{Eğer } t > TB \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases} \quad \text{ve} \quad DT_t = \begin{cases} t - TB & \text{Eğer } t > TB, \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

Burada $\lambda = TB/T$ ve TB olası kırılma yılını temsil etmektedir. y_{t-1} 'in katsayısının istatistikî olarak anlamlılığına bakılarak karar verilmektedir. Model A, trend durağan alternatif hipotez altında, trend fonksiyonunun kesim katsayısında (intercept

term) bir değişim olduğunu, Model B, trend fonksiyonun eğiminde bir değişim olduğunu, Model C ise her iki değişimin aynı anda gerekleştiiğini kabul eder.

Yukarıda da ifade edildiği üzere 1970-2008 döneminde yapısal kırılmaya sebep olabilecek ekonomik gelişmeler yaşandığı için, tüm değişkenlere Zivot ve Andrews birim kök testi A ve C modellerine uygulanmış ve test sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Zivot ve Andrews Yapısal Kırılmalı Birim Kök Test Sonuçları

	LKBG		LCO2		LPE		LIY	
	Model A	Model C	Model A	Model C	Model A	Model C	Model A	Model C
TB	2003	2001	1985	2001	1986	1986	1977	1977
ϕ	-0.599*** (-4.109)	-0.710*** -4.554	-4.43** (-4.00)	-0.46*** (-3.88)	-0.42*** (-4.51)	-0.04*** (-4.39)	-0.54*** -4.18	0.69*** -5.30
θ		0.211 (1.690)	0.08** (2.65)	-0.12*** (-2.88)	0.122*** (4.08)	0.12*** (3.94)	-0.26*** (-0.25)	-0.52*** (-4.067)
γ	-	-0.074*** (2.966)	-	0.01* (1.89)	-	-0.001 (-0.61)	-	-0.09*** (-2.61)
k	3	3	0	0	(0)	(0)	(0)	(0)
t_{α} kritik değerleri								
1%	-5.34	-5.57	-5.34	-5.57	-5.34	-5.57	-5.34	-5.57
5%	-4.93	-5.08	-4.93	-5.08	-4.93	-5.08	-4.93	-5.08
10%	-4,58	-4.82	-4,58	-4.82	-4,58	-4.82	-4,58	-4.82

Not: Kritik değerler, Zivot ve Andrews (1992)’den alınan değerleri göstermektedir. Parantez içindeki değerler t-istatistiği değerleridir. k, Akaike bilgi kriterine (AIC) göre (4 gecikme uzunluğuna göre) belirlenen uygun gecikme sayısıdır.

Tablo 2, yapısal kırılmalı ZA (1992) Model A sonuçlarına göre LKBG için 2003, LCO2 için 1985, LPE için 1986 ve LIY için 1977 kırılma tarihleri belirlenmiştir. Bu tarihler serilerin sabitlerinin kırılma noktalarıdır, ancak seriler analiz dönemi içinde durağan değillerdir. 2003, 1985 ve 1986 yılları genel olarak Türkiye’de ekonomide istikrarsızlıkların yaşandığı istikrar politikalarının uygulandığı yıllardır. Ancak bu yıllarda serilerde yapısal kırılmalar olmasına rağmen serilerin birim kök içerdiiğini sonucunu değiştirmemiştir. Model C sonuçlarına göre 1977, 1986 ve 2001 yılları kırılma tarihleri olarak belirlenmiştir. Bu tarihler serilerin hem sabit hem de eğim katsayılarındaki kırılmalar dikkate alınarak hesaplanan kırılma noktalarıdır. Ancak seriler analiz edildiğinde LIY serisi dışında diğer serilerin durağan olmadıkları görülmektedir. ZA (1992) testinden elde edilen sonuçların serilerdeki yapısal kırılmaların, yapısal kırılmaları dikkate almayan ADF, PP ve KPSS birim kök test sonuçlarını önemli ölçüde etkilemediği tüm serilerin I(1) olduğu söylenebilir.

5.2. ARDL Eşbütünleşme Yöntemi

Serilerin farkı alındığında durağan olduğuna karar verildikten sonra, değişkenler arasında uzun dönem ilişkisi tespit etmek amacıyla 2-5 nolu denklemlere sınır F-testi uygulanmıştır. Kritik değerlerle birlikte, eşbütünleşmeye yönelik sınır testi sonuçları aşağıdaki Tablo 3’de gösterilmektedir.

Tablo 3: Sınır Testi Eşbütünleşme F testi Sonuçları

Bağımsız Değişken	Fonksiyon	F-İstatistiği
LCO2	$F_{LCO2}(LCO2 LCO2,LKBG,LPE,LIY)$	5.047**
LKBG	$F_{LKBG}(LKBG LKBG,LCO2,LPE,LIY)$	1.958
LPE	$F_{LPE}(LPE LPE,LIY,LKBG,LCO2)$	3.886*
LIY	$F_{LIY}(LIY LIY,LKBG, LCO2, LPE)$	3.660*
Asimtotik Kritik Değerler		
	%1	%5
	I(0)	I(1)
	4.310	5.544
	I(0)	I(1)
	3.100	4.088
	I(0)	I(1)
	2.592	3.454

Not: Kritik Değerler Narayan (2005: 1987) bağımsız değişken sayısı $k=3$ ve $n=40$ gözlem Sayısına göre Case II Tablosundan alınmıştır.

Yukarıdaki sınır testi sonuçlarına göre LCO2, LPE ve LIY bağımlı değişken olması durumunda eşbütünleşme ilişkisinin olduğu anlaşılmaktadır. LKBG'nin bağımlı değişken olması halinde hesaplanan F-istatistiği $-F_{LKBG}(L|LKBG,LCO2,LPE,LIY)$ - değeri 1.958'dir ve bu değer yüzde 10 anlamlılık düzeyinde üst kritik sınır değerinden daha düşüktür. LCO2'nin bağımlı değişken olması halinde hesaplanan F-istatistiği $-F_{LCO2}(LCO2|LCO2,LKBG,LPE,LIY)$ - değeri 5.047'dir ve bu değer yüzde 5 anlamlılık düzeyinde üst kritik sınır değerinden üzerindedir. LPE'nin bağımlı değişken olduğu durumda hesaplanan F-istatistiği $-F_{LPE}(LPE|LPE,LIY,LKBG,LCO2)$ - değeri 3.886'dır ve bu değer yüzde 10 anlamlılık düzeyinde üst kritik sınır değerinden daha büyüktür. LIY'nin bağımlı değişken olduğu durumda hesaplanan F-istatistiği $-F_{LIY}(LIY|LIY,LKBG, LCO2, LPE)$ - değeri 3.660'dır ve bu değer yüzde 10 anlamlılık düzeyinde üst kritik sınır değerinden daha büyüktür. Dolayısıyla bu üç değişkenin bağımlı değişken olduğu modellerde değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır. Bu durumda değişkenler arasında 3 uzun dönem eşbütünleşme ilişkisinin varlığı söylenebilir. Sadece LKBG için hesaplanan F-istatistiği değeri ise yüzde 10 anlamlılık düzeyinde alt kritik sınır değerinin altındadır ve bu değişkenin bağımlı değişken olduğu modelde değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi yoktur. Aşağıdaki Tablo 3'de LCO2 değişkeninin bağımlı değişken olduğu modelde uzun dönem ARDL modeli ve bu modele göre elde edilen uzun dönem katsayılar gösterilmektedir. ARDL eşbütünleşme sınır testinde elde edilen uzun dönem ilişkisi, Johansen ve Jeselius'un (1990) eşbütünleşme yöntemi ile de doğrulanmaktadır. VAR tahmini değişkenlerin düzey değerlerinde yapılmış ve optimum gecikme uzunluğu Akaike

bilgi kriterine göre 3 olarak belirlenmiştir. Bu testten elde edilen sonuçlar aşağıdaki Tablo 4’de gösterilmektedir. Tablo 4’de görüldüğü gibi, 4 değişken arasında eşbütünlük ilişkisi mevcuttur ve bu sonuç, Pesaran vd. (2001)’de elde edilen sonuçları doğrulamaktadır.

Tablo 4. ARDL (1,1,0,0) Tahmin Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	Std. Hata	t-istat (p-değeri)
Bağımlı Değişken: LCO2			
LCO2(-1)	0.361***	0.113	3.1840 (0.003)
LKBG	0.059	0.040	1.4664 (0.152)
LKBG(-1)	-0.091**	0.040	-2.253 (0.031)
LPE	0.352***	0.062	5.670 (0.000)
LIY	0.060*	0.033	1.795 (0.082)
C	-0.388*	0.199	-1.951 (0.059)
Uzun Dönem Katsayılar			
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-ist.(p-değer
LKBG	-0.049	0.042	-1.152 (0.256)
LPE	0.551***	0.050	10.906 (0.000)
LIY	0.095*	0.056	1.693 (0.099)
C	-0.608**	0.238	-2.555 (0.051)

$$\chi^2_{BGAB}=4.23(0.12) \quad \chi^2_{RRMKM}=2.26(0.24) \quad \chi^2_{JBN}=5.63(0.59) \quad \chi^2_{WDV}=15.84(0.24)$$

Not: ARDL modelindeki gecikme sayıları 4 olmak üzere, AIC’ya göre belirlenmiştir. Parantez içindeki rakamlar p-olasılık değerlerini göstermektedir. ***,** sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeylerinde anlamlılıklarını gösterir. χ^2_{BGAB} , χ^2_{RRMKM} , χ^2_{JBN} ve χ^2_{WDV} sırasıyla Breusch-Godfrey ardışık bağımlılık, Ramsey regresyonda model kurma hatası, Jarque-Bera normallik ve White değişen varyans sınaması istatistikleridir.

Johansen eşbütünlük yönteminde sıfır hipotez, değişkenler arasında eşbütünlüğün olmadığı şeklinde kurulmaktadır: $H_0: r_0=0$. Maksimum eigenvalue (özdeğer) istatistiği 70.71’dir ve bu değer yüzde kritik değer olan 54.07’den büyüktür. Tabloda Trace (iz) testi için de aynı değerlendirme yapıldığında sıfır hipotez değişkenler arasında eşbütünlük yoktur şeklindedir. Her iki testte de yüzde 5 anlamlılık düzeyinde eşbütünlüğün olmadığı şeklindeki sıfır hipotez reddedilmektedir. Ancak $H_0: r_0 \leq 1, r \leq 2$ ve $r \leq 3$ altında trace ve maksimum eigenvalue istatistikleri % 5 kritik değerlerden küçüktür. Bu sonuçlar incelenen dönemde dört değişken arasında bir eşbütünlük vektörünün olduğunu, diğer bir ifadeyle ekonomik büyüme, karbondioksit emisyonu, birincil enerji tüketimi ve yatırımlar arasında uzun dönem ilişkisinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca Tablo 4’de karbondioksit emisyonu modelinin uzun dönem esneklikleri de gösterilmektedir. Johansen testinde elde edilen uzun dönem katsayıları ARDL modelinde elde edilen katsayılarla karşılaştırılırsa benzer sonuçlar ortaya çıktığı görülmektedir. ARDL modelinde ol-

duğu gibi LKBG değişkeninin istatistiksel bakımdan anlamsız, buna karşılık LPE ve LIY değişkenlerinin LCO2 ile pozitif ve anlamlı ilişki içinde olduğu görülmektedir.

Table 4. Johansen-Juselius Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Eigenvalue	λ_{trace}				λ_{max}			
	H ₀	H ₁	λ_{trace}	%5 Kritik Değer	H ₀	H ₁	λ_{max}	% 5 Kritik Değer
0.661	r=0	r≤1	70.719*	54.079	r=0	r=1	45.436*	28.588
0.225	r≤1	r≤2	25.283	35.192	r≤1	r=2	12.727	22.299
0.143	r≤2	r≤3	12.555	20.261	r≤2	r=3	8.775	15.892
0.001	r≤3	r≤4	3.7802	9.1645	r≤3	r=4	3.780	9.1645

Normalize edilmiş eşbütünleşme denklemi:

$$LCO2_t = -0.050LKBG + 0.557LPE + 0.125LIY - 0.724C$$

t-ist (-1.56) (16.02) (3.048) (-4.763)

Not: VAR modeli, Akaike (AIC) kriterine göre incelenen uygun gecikme sayısı 3 olarak belirlenmiştir. Ayrıca Johansen testi "sabit parametre koentegrasyonda vardır VAR testinde yoktur" şeklindeki ikinci seçeneğe göre model çözülmüştür. Trace and maximum likelihood testleri için kritik değerler (Osterwald -Lenum, 1992)'dan alınmıştır. (*) %5 düzeyde anlamlılığı, r eşbütünleşme vector sayısını göstermektedir. Normalize edilmiş eşbütünleşme denklemine C sabiti göstermektedir.

Tablo 5: Seçilen ARDL (4,3,3,1) Modeline İlişkin Hata Düzeltme Gösterimi

Değişkenler	Katsayı	Std. Hata	t-istat (p- değer)
Bağımsız Değişken: Δ LCO2			
Δ LCO2(-1)	0.515	0.400	1.284 (0.213)
Δ LCO2(-2)	0.590	0.366	1.611 (0.122)
Δ LCO2(-3)	0.408	0.266	1.534 (0.140)
Δ LCO2(-4)	0.365*	0.201	1.817 (0.084)
Δ LKBG(-1)	-0.164*	0.080	-2.038 (0.055)
Δ LKBG(-2)	0.024	0.070	0.350 (0.729)
Δ LKBG(-3)	-0.106	0.066	-1.597 (0.125)
Δ LPE(-1)	-0.265	0.247	-1.072 (0.296)
Δ LPE(-2)	-0.540**	0.239	-2.257 (0.035)
Δ LIY(-1)	0.068	0.071	0.969 (0.344)
Δ LIY(-2)	0.012	0.079	0.151 (0.881)
Δ LIY(-3)	0.107	0.078	1.359(0.189)
ECT(-1)	-1.023**	0.457	-2.234 (0.037)
C	0.034*	0.019	1.798 (0.087)

Tanısal Testler

$$\chi^2_{BGAB} = 0.380(0.688) \quad \chi^2_{RRMKH} = 2.26(0.24) \quad \chi^2_{JBN} = 5.63(0.59) \quad \chi^2_{WDV} = 9.727(0.716)$$

Not: ARDL modelindeki gecikme sayıları 4 olmak üzere, AIC'ya göre belirlenmiştir. Parantez içindeki rakamlar p-olasılık değerlerini göstermektedir. ***,** sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeylerinde anlamlılıklarını gösterir.

χ^2_{BGAB} , χ^2_{RRMKH} , χ^2_{JBN} ve χ^2_{WDV} sırasıyla Breusch-Godfrey ardışık bağımlılık, Ramsey regresyonda model

5.3. Granger Nedensellik Testi

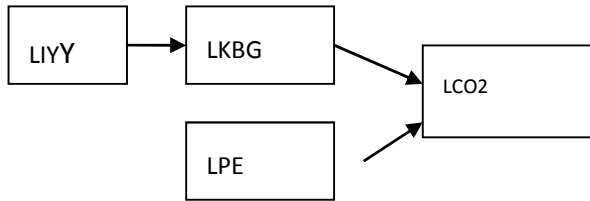
Aşağıdaki Tablo 6'da hata düzeltme modeli (ECM) çerçevesinde kısa dönem ve uzun dönem Granger nedensellik sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 6. VECM Yaklaşımına Dayalı Granger Nedensellik Testi Sonuçları

Bağımlı Değişken	Kısa Dönem Nedensel Etki				Uzun Dönem Nedensel Etki
	F-İstatistiği (p-değeri)				t-ist. (p-değeri)
	$\sum \Delta LCO2_{t-i}$	$\sum \Delta LKBG_{t-i}$	$\sum \Delta LPE_{t-i}$	$\sum \Delta LIY_{t-i}$	ECT_{t-1}
$\Delta LCO2_t$		2.540*(0.085)	2.616*(0.097)	0.892 (0.462)	-1.023 (0.037) **
$\Delta LKBG_t$	1.264(0.299)	-	0.170 (0.682)	2.552*(0.064)	-
ΔLPE_t	1.422 (0.262)	0.237 (0.631)	-	0.294 (0.889)	0.128 (0.653)
ΔLIY_t	2.975*(0.099)	2.039*(0.139)	1.466(0.247)	-	-0.551 (0.031) **

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeylerinde anlamlılığı ifade etmektedir. Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir.

Kısa dönem nedensel etki sonuçlarına bakıldığında karbondioksit emisyonu modelinde, fert başına gelir ve birincil enerji tüketimi yüzde 10 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Dolayısıyla kısa dönemde fert başına gelir ve birincil enerji tüketimi, CO₂ emisyonunun Granger nedenidir. Diğer taraftan fert başına gelir modelinde sadece yatırım yüzde 10 düzeyde anlamlıdır ve bu sonuç kısa dönemde yatırımdan fert başına gelire doğru tek yönlü Granger nedensel etkinin varlığına işaret etmekte ve yatırımların efektif talebin bir unsuru olduğunu da doğrulamaktadır. Birincil enerji tüketimi modelinde ne kısa ne de uzun dönemde nedensellik ilişkisine rastlanmamıştır. Aşağıdaki şekilde değişkenler arasındaki kısa dönem Granger nedensel ilişkiler gösterilmektedir.



Şekil 1: Değişkenler Arasındaki Kısa Dönem Nedensel İlişkiler (Tablo 6)

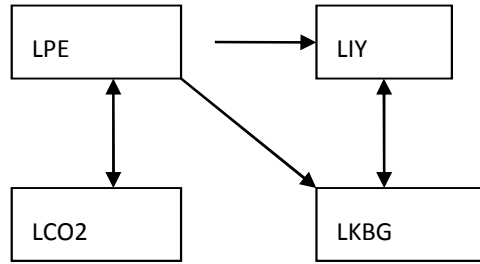
Uzun dönem nedensel etki sonuçları değerlendirildiğinde, karbondioksik emisyonu ve yatırım modellerinin gecikmeli hata düzeltme terimlerinin katsayılarının negatif ve anlamlı olması, bu modellerde uzun dönem nedensel ilişkinin varlığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla uzun dönemde karbondioksit emisyonu modelinde, fert başına gelirden, birincil enerji tüketiminden ve yatırımlardan karbondioksit emisyonuna doğru tek yönlü Granger nedensel etki söz konusudur. Benzer şekilde yatırım modelinde de fert başına gelirden, karbondioksit emisyonundan ve birincil enerji tüketiminden yatırımlara doğru uzun dönem Granger etki görülmektedir.

SUR (seemingly unrelated regression) regresyon tekniği kullanılarak tahmin edilen 4 değişkenli VAR modeli sonuçları aşağıdaki Tablo 7’de gösterilmektedir. Bu sonuçlar aynı zamanda TYDL yaklaşımına dayalı Granger nedensellik testi sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 7. TYDL Yaklaşımına Dayalı Granger Nedensellik Testi Sonuçları (χ^2 İstatistikleri)

Bağımsız Değişkenler	Nedensellik Etkisi			
	$LCO2_t$	$LKBG_t$	LPE_t	LIY_t
$LCO2_t$	-	5.60 (0.130)	6.14* (0.100)	3.61(0.300)
$LKBG_t$	4.50 (0.210)	-	13.60*** (0.000)	24.10*** (0.000)
LPE_t	16.83*** (0.000)	0.63 (0.880)	-	4.47 (0.214)
LIY_t	4.88 (0.180)	24.78*** (0.000)	7.52** (0.057)	-

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeylerinde anlamlılığı ifade etmektedir. Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir.



Şekil 2: Değişkenler Arasındaki Nedensel İlişkiler (Tablo 7)

Yukarıdaki Tablo 7’de LPE ile LCO2 ve LIY ile LPE ve LIY ile LKBG arasında istatistiksel bakımdan anlamlı çift yönlü nedensel ilişkinin olduğu görülmektedir. Buna karşılık LPE’den LKBG’ye ve LIY’e doğru tek yönlü Granger nedensel etkinin varlığı görülmektedir. Yukarıdaki Tabloda elde edilen kısa dönem nedensel ilişkiler oklar yardımıyla aşağıda gösterilmektedir.

Yukarıdaki nedensellik sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilir:

- Türkiye’de yüksek ekonomik büyüme, sanayi, ulaştırma, ticaret, hanehalkı ve tarım gibi nihai tüketimin olduğu sektörlerde enerji talebini uyarmaktadır. Artan enerji talebi de, enerjide arz yönlü artışı gerektirmektedir. Böylece Türkiye’de birincil enerji tüketiminin önemli bir kısmı, CO₂ emisyonu katsayısının önemli oranını oluşturan taşkömürü, linyit ve petrol gibi fosil yakıtların kullanımından kaynaklanmaktadır ve her iki değişken arasında karşılıklı ilişki mevcuttur.

-Enerji tüketimi ile CO₂ emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisine rastlanırken, enerji tüketimi aynı zamanda ekonomik büyüme ve yatırımların nedenidir. Bu sonuç CO₂ emisyonun azaltılmasının enerji tüketiminin azalması pahasına gerçekleşebileceğini, ancak enerji tüketimindeki azalmadan ekonomik büyümenin ve yatırımların zarar göreceğini göstermektedir. Sonuçta, ekonomik büyümeyi negatif yönde etkilemeden CO₂ emisyonunu azaltmak için hem enerji arzına yönelik yatırımların artırılması hem de enerji verimliliğini artırıcı politikaların geliştirilmesi gereklidir. Ayrıca gereksiz enerji tüketimini azaltmaya yönelik enerji koruyucu politikaların enerji bağımlısı Türkiye için zorunlu bir politika olması gerektiği unutulmamalıdır. Böylece enerji verimliliğini artırıcı yatırımlar ve sera gazı emisyonlarını azaltıcı politikalar Türkiye için uygun bir politika stratejisi olarak ekonomik faaliyetlere zarar vermeyecektir.

- Kısa ve uzun dönem nedensellik sonuçlarında yatırım ve birincil enerji tüketimi arasında ilişkinin olduğu görülmektedir. Bu sonucun enerji ve çevre politikaları açısından önemli olduğunu, büyüme ve istihdamı artırıcı sabit sermaye yatırımlarını artırmaya yönelik politikaların enerji tüketimini artıracak olduğunu göstermektedir. Aksi takdirde gelecekteki yatırımı artırmaya yönelik politikalarda artan enerji talebinin dikkate alınmaması, enerji talebinin düşük tahmin edilmesine yol açarak enerji darboğazlarının ortaya çıkmasını kaçınılmaz kılacaktır.

-Kömürün birincil enerji kaynağı olmasını sürdürmesi ve buna bağlı olarak CO₂ emisyonunu artırması, enerji kaynaklarını çeşitlendirici politikalarla fosil yakıtlara dayalı enerji tüketiminin azaltılmasını gerekli kılmaktadır. Rüzgâr, güneş enerjisi,

doğal gaz ve nükleer enerji gibi temiz enerji kaynaklarının kullanımını artırıcı aktif önlemler uygulamaya konmalıdır.

6. Sonuç

Dünyada yüksek ekonomik büyümeye bağlı olarak fosil yakıtların kullanılması ve bunun neden olduğu sera gazlarının küresel ısınma ve iklim değişiklerine yol açması, ülkelerin enerjiyi daha verimli kullanması, yerli ve yenilenebilir kaynaklara yönelmesine ve öz kaynaklarını daha etkin biçimde kullanımının önemini artırmıştır.

Dünya enerji tüketiminde başta, petrol ve kömür olmak üzere fosil kaynaklar en önemli paya sahiptir. Birçok uzman, global ısınmanın ana kaynağı global ekonomideki hızlı artışı, enerjinin önemli bir kısmının tüketilmesine bağlamakta ve sera etkisinin dünyanın iklim değişimini etkileyen altı farklı gaz salınımından kaynaklandığını belirtmiştir.

Bu çalışmada Türkiye’de 1970-2008 dönemi için birincil enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve fert başına gelir arasındaki ilişki farklı eşbütünleşme yöntemleri ve Granger nedensellik testleriyle analiz edilmiştir. Granger nedensellik testlerinde ise kısa dönemde fert başına gelir ve birincil enerji tüketiminin, CO₂ emisyonunun Granger nedeni olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, fert başına gelirden, birincil enerji tüketiminden ve yatırımlardan karbondioksit emisyonuna doğru tek yönlü uzun dönem Granger nedensel etkiye de rastlanmıştır. TYDL nedensellik sonuçlarında ise birincil enerji tüketimi ile karbondioksit emisyonu, karbondioksit emisyonu ile yatırımlar, yatırımlar ile birincil enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensel ilişkinin olduğu görülmüştür.

Bu sonuçlardan hareketle, Türkiye’de yüksek ekonomik büyüme, enerji talebini uyardır. Artan enerji talebine bağlı olarak, enerji arzının önemli bir kısmı birincil enerji tüketimi kullanılarak karşılanmaktadır. Taşkömürü, linyit ve petrol gibi fosil yakıtların tüketimiyle sağlanan enerji üretiminde CO₂ emisyonunun ortaya çıkması kaçınılmaz olmaktadır. Test sonuçlarında bu sonucu doğrulayacak şekilde birincil enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu arasında iki yönlü karşılıklı ilişki belirlenmiştir. CO₂ emisyonunu artırması, enerji kaynaklarını çeşitlendirici politikalarla fosil yakıtlara dayalı enerji tüketiminin azaltılmasını gerekli kılmaktadır. Rüzgâr, güneş enerjisi, doğal gaz ve nükleer enerji gibi temiz enerji kaynaklarının kullanımını artırıcı aktif önlemler uygulamaya konmalıdır.

Atmosferdeki CO₂ emisyonunu düşürmek için, enerji dönüşüm veya kullanımında verimliliğinin arttırılması sağlayıcı teknolojilerden yararlanılması, daha az karbon içerikli yakıtlara geçilmesi (örneğin kömür yerine doğal gaz kullanımı) çok az ya da

hiç CO₂ çıkarmayan yenilenebilir enerji kaynakları ya da nükleer enerji kullanımının arttırılması ve karbondioksitin kimyasal ya da fiziksel olarak tutum ve depolaması gibi alternatiflerin düşünülmesi faydalı olacaktır.

Diğer taraftan enerji tüketimi ile CO₂ emisyonu, aynı zamanda enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ve yatırımların arasında nedensel ilişkinin bulunması, CO₂ emisyonun azaltılmasının enerji tüketiminin azalması pahasına gerçekleşebileceğini, ancak enerji tüketimindeki azalmadan ekonomik büyümenin ve yatırımların zarar göreceğini göstermektedir

Kaynaklar

- Akbostancı, E, Türüt-Asik S ve Tunç, G. İ. (2009), "The Relationship Between Income and Environment in Turkey: is There an Environmental Kuznets Curve?", *Energy Policy*, 37:861-867.
- Alam, M. J., Begum, I. A., Buysse, J., Rahman, S. ve Huylenbroeck, G. V. (2011), "Guido Van Huylenbroeckd Dynamic Modeling of Causal Relationship Between Energy Consumption, CO₂ Emissions And Economic Growth in India", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 243– 3251.
- Altınay, G. ve Karagol, E., (2004) "Structural Break, Unit Root, and The Causality Between Energy Consumption and GDP in Turkey", *Energy Economics*, 26, 985–994.
- Ang, James B., (2007), "CO₂ Emissions, Energy Consumption, And Output in France", *Energy Policy* 35 (10), 4772–4778.
- Ang, James B. (2008), "Economic "Development, Pollutant Emissions and Energy Consumption In Malaysia" , *Journal of Policy Modeling*, 30, 271–278.
- Apergis, N. ve Payne E. J. (2010), "The Emissions, Energy Consumption, and Growth Nexus: Evidence from The Commonwealth of Independent States", *Energy Policy*, 38, 650–655.
- Apergis, N. ve Payne, J.E., (2009), "CO₂ Emissions, Energy Usage, and Output in Central America", *Energy Policy*, 37, 3282–3286.
- Apergis, N., Payne, J. E., Menyah, K. ve Wolde-Rufael, Y. (2010), "On The Casual Dynamics Beetween Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy, and Economic Growth", *Ecological Economics*, 69, 2255-2260.
- Beckerman, W., (1992), "Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment?", *World Development* 20, 481–496.
- Beltratti, A., (1997), *Models of Economic Growth with Environmental Assets*, Kluwer Academic, London.
- BP (British Petroleum) (2012), *Historical Statistical Data from 1965-2011*, <http://www.bp.com/sectiongenericarticle800.do?categoryId=9037130&contentId=7068669>, (Erişim Tarihi 21.09.2012).
- Brown, S.P A. ve Yücel, M. K.,(2002), "Energy Prices and Aggregate Economic Activity: an Interpretative Survey", *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 42, 193–208.

- Bulte, E.H. ve van Soest, D.P., (2001), "Environmental Degradation in Developing Countries: Households and The (Reverse) Environmental Kuznets Curve", *Journal of Development Economics* 65, 225–235.
- Chang, Ching-Chih (2010) "A Multivariate Causality Test of Carbon Dioxide Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China", *Applied Energy*, 87, 3533–3537.
- Coondoo D. ve Dinda S. (2008), "The Carbon dioxide emission and income: A Temporal Analysis of Cross-Country Distributional Patterns", *Ecological Economics*, 65:375-385.
- Dinda S. (2004b), "Income and Emission: A Panel Data Based Cointegration Analysis", *Ecological Economics*, 57, 167-181.
- Dinda, S. (2004a), "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey", *Ecological Economics*, 49, 431–455.
- Dinda, S., (2002), A Theoretical Basis for Environmental Kuznets Curve, Economic Research Unit, Indian Statistical Institute, Kolkata.
- Dolado, J. ve Lutkepohl, H. S., (1996), "Making Wald Tests for Cointegrated VAR Systems", *Econometric Reviews*, 15 (4), 369–386.
- EIA, (2012), US Energy Information Administration, International Energy Statistics <http://www.eia.gov/countries/data.cfm> (Erişim, 21.09.2012).
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2012), Enerji. <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=enerji&bn=215&hn=12&nm=384&id=384> (Erişim 23.09.2012)
- Engle, R.F. ve Granger, C.W., (1987), "Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing", *Econometrica*, 55, 251–276.
- Erol, U. ve Yu, E.S.H., (1987), "On The Causal Relationship Between Energy and Income for Industrialized Countries", *Journal of Energy and Development* 13, 113-122.
- Dickey, David ve Wayne A Fuller; (1981), "Likelihood Ratio Statistics For Autoregressive Time Series With A Unit Root", *Econometrica*, 49(4), 1057-1072.
- Fodha, M. ve Zaghdoud, O. (2010), "Economic Growth And Pollutant Emissions in Tunisia: An Empirical Analysis of The Environmental Kuznets Curve", *Energy Policy* 38, 1150–1156.
- Friedl, B. ve Getzner, M. (2003), "Determinations of CO₂ Emissions in a Small Open Economy", *Ecological Economics*, 45, pp.133-148.

Glasure, Y.U. ve Lee, A.R., (1997), "Cointegration, Error-Correction, and The Relationship Between GDP and Energy: The Case of South Korea and Singapore", *Resource and Energy Economics*, 20, 17–25.

Granger, C. ve Newbold, P. (1974), "Spurious Regressions in Econometrics", *Journal of Econometrics*, 2, 111-120.

Grossman G.M. ve Krueger A.B. (1991), *Environmental Impacts of A North American Free Trade Agreement*. NBER Working Paper 3914. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

Halıcıoğlu, F. (2009), "An Econometric Study of CO₂ Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey", *Energy Policy* 37, 1156–1164.

Heil, M.T. ve Selden T. M. (1999) "Panel Stationary and with Structural Breaks: Carbon Emissions and GDP", *Applied Economics Letters*, 6, 223-225.

Hossain, Md. Sharif (2011) "Panel Estimation for CO₂ Emissions, Energy Consumption, Economic Growth Trade Openness and Urbanization of Newly Industrialized Countries", *Energy Policy*, 39, 6991–6999

Huang, B., Hwang, M.J. ve Yang, C.W., (2008), "Causal Relationship Between Energy Consumption and GDP Growth Revisited: A Dynamic Panel Data Approach", *Ecological Economics* 67, 41–54.

Johansen, S. (1988), "Statistical Analysis of Cointegration Vectors", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12/2-3, 231-254.

Johansen, S. ve Juselius, K., (1990), "Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration- with Applications to The Demand for Money", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 52 (2), 169–210.

John, A., Pecchenino, R., (1994). "An overlapping Generations Model of Growth and The Environment", *Economic Journal* 104, 1393–1410.

Kaygusuz, Kamil, (2009), "Energy and Environmental Issues Relating to Greenhouse Gas Emissions for Sustainable Development in Turkey", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 253-270.

Kuznets, S., (1955), "Economic Growth and Income Inequality", *American Economic Reviews* 17, 57–84.

Kwiatkowski, D., Phillips, P.C.B., Schmidt, P., Shin, Y., (1992), "Testing The Null of Stationarity Against The Alternative of A Unit Root: How Sure Are We That Economic Time Series Have A Unit Root?", *Journal of Econometrics* 54, 159–178.

- Lee, C. C ve Chang, C. P. (2005), "Structural Breaks, Energy Consumption, and Economic Growth Revisited: Evidence From Taiwan", *Energy Economics*, 27(6), 857-872.
- Lee, C. C., (2005), "Energy Consumption and GDP in Developing Countries: A Cointegrated Panel Analysis, *Energy Economics*", 27, 415-427.
- Lotfalipour, M. R., Falahi M. A. ve Ashena, M. (2010), "Economic Growth, CO₂ Emissions, and Fossil Fuels Consumption in Iran", *Energy*, 35, 5115-5120.
- Managi, S. ve Jena, P. R. (2008), "Environmental Productivity and Kuznets Curve in India", *Ecological Economics*, 65, pp. 432-440.
- Masih, A. M. M. ve Masih, R., (1997), "On The Temporal Causal Relationship Between Energy Consumption, Real Income, And Prices: Some New Evidence From Asian-Energy Dependent NICs Based on a Multivariate Cointegration/Vector Error-Correction Approach", *Journal of Policy Modeling*, 19(4), 417-440.
- Morimoto, R. ve Hope, C. (2004), "The Impact of Electricity Supply on Economic Growth In Sri Lanka", *Energy Economics*, 26(1) ,77-85.
- Narayan, P.K., (2005), "The Savings And Investment Nexus for China: Evidence From Cointegration Test" , *Applied Economics*, 1979-1990.
- Oh, W. ve Lee, K., (2004), "Causal relationship Between Energy Consumption and GDP Revisited: The Case of Korea 1970-1999", *Energy Economics* 26, 51-59.
- Osterwald-Lenum, M. (1992), "A Note with Quantiles of the Asymptotic Distribution of the Maximum Likelihood Cointegration Rank Test Statistic", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 54, 461-472.
- Öztürk, İlhan ve Acaravcı, Ali, (2010), "CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth In Turkey", *Renewable and Sustainable", Energy Reviews*, 14, 3220-3225.
- Pao, Hsiao-Tien ve Tsai, Chung-Ming (2010), "CO₂ "Emissions , Energy Consumption And Economic Growth in BRIC Countries" *Energy Policy*, 38, 7850-7860
- Pao, Hsiao-Tien, Fu, Hsin-Chia ve Tseng, Cheng-Lung (2012), "Forecasting of CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China Using An Improved Grey Model, *Energy*, 40, 400-409.
- Philips, P.C.B. ve P. Perron; (1988); "Testing for A Unit Root in Time Series Regression", *Biomètrika*, 75(2), ss. 336-346.
- Perron, P. (1989), "The Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit Root Hypothesis", *Econometrica*, 57(6), 1361-1401

Pesaran, H., ve Y. Shin (1995), "An Autoregressive Distributed Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis", S. Strom, A. Holly ve A. Diamond (Eds.), Centennial Volume of Ranger Frisch, Cambridge University Press.

Pesaran, H., Y. Shin ve R. J. Smith (2001), "Bound Testing Approaches to the Analysis of Long Run Relationships", *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.

Rambaldi, A.N., ve Doran, H.E. (1996), Testing For Granger Non-Causality in Co-integrated Systems Made Easy, Working Papers in Econometrics and Applied Statistics 88, Department of Econometrics, The University of New England.

Romero-Avira, D. (2008), "Questioning The Empirical Basis of The Environmental Kuznets Curve for CO₂: New Evidence from Panel Stationary Test Robust to Multiple Breaks and Cross-Dependence", *Ecological Economics* 64(3), 559-574.

Selden, T., Song, D., (1994), "Environmental Quality And Development: Is There A Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?", *Journal of Environmental Economics and Management* 27, 147– 162.

Shafik, N., (1994), "Economic Development and Environmental Quality: an Economic Analysis", *Oxford Economic Papers* , 46, 757–773.

Shiu, A. ve Lam, L.P. (2004), "Electricity Consumption And Economic Growth in China" *Energy Policy*, 32(1), 47-54.

Soytaş, U. ve Sarı, R. (2003), "Energy Consumption, Economic Growth, and Carbon Emissions: Challenges Faced by an EU Candidate Member", *Ecological Economics*, 68(6), 1667-1675

Stern, D.I. (2004), "The Rise and Fall of The Environmental Kuznets Curve ", *World Development*", 32, 1419-1439.

Stern, D.I., Common, M.S. ve Barbier, E.B., (1996), "Economic Growth And Environmental Degradation: A Critique of The Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 24 (7), 1151–1160.

Stokey, N.L., (1998), "Are there Limits to Growth?", *International Economic Review* 39 (1), 1-31.

Tiwari, Aviral Kumar (2011), "Primary Energy Consumption, CO₂ Emissions and Economic Growth: Evidence from India" *SEE Journal*, 6(2), 95-113.

TMMOB, (2012), Türkiye'nin Enerji Görünümü, Türkiye Makine Mühendisleri Odası Raporu, Genişletilmiş İkinci Baskı, Ankara.

Toda, H.Y. ve Yamamoto, T., (1995), "Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Processes", *Journal of Econometrics* 66, 225–250

Wang, S.S., Zhou, D.Q. Zhou, P. ve Wang, Q. W. (2011), "CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic growth in China: A Panel Data Analysis", *Energy Policy*, 39, 4870–4875.

Wolde-Rufael, Yemane (2004), "Disaggregated Industrial Energy Consumption And GDP: The Case of Shanghai, 1952–1999", *Energy Economics* 26(1), 69–75.

Wolde-Rufael, Y., (2005), "Energy Demand and Economic Growth: the African experience 19 countries", *Journal of Policy Modeling* 27 (8), 891-903.

Wolde-Rufael, Y., (2009), "Energy Consumption and Economic Growth: The Experience of African Countries Revisited", *Energy Economics* 31 (2), 217-224.

Yamada, H. ve Toda, H.Y., (1998), "Inference in Possibly Integrated Vector Autoregressive Models: Finite Sample Evidence", *Journal of Econometrics* 86, 55–95.

Zivot, E. ve Andrews, D.W.K., (1992). Further Evidence On The Great Crash, The Oil-Price Shock, And The Unit-Root Hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistic*, 10, 251-270.