

Milli Gelir, Karbon Emisyonu ve Enerji Tüketimi: Türkiye İçin Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Nedensellik Analizi

İbrahim Doğan^a

Nurgün Topallı^b

Öz: Küresel ısınma günümüzde en önemli çevresel problemlerden biridir. Dünya genelinde ekonomik büyüme ile birlikte enerji talebindeki artış çevresel tahribatı da beraberinde getirmektedir. Özellikle ülkelerin üretim ve tüketimlerinde fosil yakıtları tercih etmeleri karbon dioksit (CO₂) emisyon miktarını yükselterek küresel ısınmayı hızlandırmaktadır. Bu nedenle ekonomik büyüme-enerji-çevre değişkenlerinin birlikte ele alınarak aralarındaki ilişkinin yönünün belirlenmesi politikacılar ve uygulamacılar açısından önem arz etmektedir. Çalışmanın amacı Türkiye için 1965-2013 döneminde CO₂, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi doğrusal ve doğrusal olmayan nedensellik testleri ile sınamaktır. Doğrusal Granger Nedensellik testi sonuçları, enerji tüketiminden CO₂ ve gayri safi yurt içi hasıla (ekonomik büyümeye) doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğunu, ancak enerji tüketimi ve CO₂ değişkenleri arasında herhangi bir nedenselliğin olmadığını ortaya koymaktadır. Doğrusal olmayan nedensellik analizi sonuçlarına göre ise enerji tüketimi ve ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve CO₂ arasındaki çift yönlü nedensellik olduğu bulguları elde edilmiştir. Çalışmanın temel sonucu doğrusal olmayan ve doğrusal olan nedensellik analizinin sonuçları bakımından doğrusal olmayan sonuçların ilgili değişkenler arasında nedensellik ilişkisini çift yönlü olarak daha güçlü desteklemesidir.

Anahtar Sözcükler: Ekonomik Büyüme, Enerji, CO₂ Emisyonu, Doğrusal Granger Nedensellik, Doğrusal Olmayan Granger Nedensellik

JEL Sınıflandırması: C12, C14, O44, Q54

Income, Carbon Emission and Energy Consumption: The Analysis of Linear and Non-Linear Causality Relationship for Turkey

Abstract: Today, the global warming is one of the most important environmental problems. The increase in energy demand, by means of economic growth, brings with environmental problems throughout the world. In particular, the countries which choose fossil fuel for their production and consumption accelerate the global warming as increasing the amount of carbon dioxide (CO₂) emissions. Thus it is important, to consider the variables of economic growth, energy and environment together and to determine the direction of the relationships in between them, for policy makers and implementers. Aim of this study is testing the relationship in between the variables of CO₂ emission, energy consumption and economic growth through parametric and non-parametric causality models, for Turkey. The results of parametric Granger Causality Test reveal that, there is a unidirectional causality relationship from energy consumption and CO₂ emission to gross domestic product (GDP) and there is not any kind of causality in between the variables of energy consumption and CO₂ emission. According to the results of non-parametric causality analyses, there is bidirectional causality relationship in between the variables of CO₂ emission, energy consumption and economic growth. Main result of this study, considering the results of both parametric and non-parametric analyses, the results of non-parametric analyses support bidirectional causality relationship between the related variables more strongly.

Keywords: Economic Growth, Energy, CO₂ Emission, Linear Granger Causality, Non-Linear Granger Causality

JEL Classification: C12, C14, O44, Q54

^aAssoc. Prof., PhD., Bozok Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü, Yozgat, Türkiye, Ibrahim.dogan@bozok.edu.tr

^bAssoc. Prof., PhD., Bozok Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü, Yozgat, Türkiye, nurgun.topalli@bozok.edu.tr

1. Giriş

Son yıllarda küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği sorunları, ekonomik büyüme ve çevre tahribatı arasındaki ilişkiye yönelik ilgiyi artırmıştır. Ülkelerin enerji taleplerinin büyük bir bölümünün fosil yakıtlardan karşılanması atmosferdeki sera gazı miktarını yükselterek küresel ısınmaya neden olmaktadır. Bu nedenle CO₂ emisyonunun azaltılması ülkelerin çevre politikalarında öncelikli hedef haline gelmiştir. Küresel ısınma ve sera gazı konuları her bir ülke ekonomisini yakından ilgilendirmekle birlikte bu alanda etkin çözümlere ulaşmak, ülkelerin küresel ölçekte birlikte hareket etmelerini gerektirmektedir. Bu bağlamda iklim değişikliği ile mücadele amacıyla 1992 yılında uluslararası nitelik taşıyan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi imzalanmıştır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne dayanarak 1997 yılında gerçekleştirilen Kyoto Protokolü'nde sera gazı emisyonunun azaltılması ve sınırlandırılması amaçlanmıştır.

İklim değişikliği konusu diğer ülkelerde olduğu gibi ekonomik olarak büyüyen ve AB'ye aday olan bir ülke olarak Türkiye için büyük önem arz etmektedir. Çevre sorunları konusunda etkin bir politika izlemek isteyen Türkiye 2004 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne ve 2009 yılında da Kyoto Protokolüne taraf olmuştur. Türkiye'nin sera gazı emisyonu son 20 yıldır artış göstermiş, 1990 yılından 2012 yılına kadar yaklaşık %133.4 artarak 2012 yılında 439.9 milyon ton CO₂ eşdeğeri düzeyine ulaşmıştır. Benzer şekilde kişi başı CO₂ eşdeğer emisyonu 3.4 ton/kişi iken, bu değer 2012 yılında 5.9 ton/kişi olarak gerçekleşmiştir. Sektörel olarak değerlendirildiğinde Türkiye'nin CO₂ emisyonunda ilk sırada %70.2 ile enerji kaynaklı emisyonlar, ikinci sırada %14.3 ile endüstriyel işlemler, üçüncü sırada %8.2 ile atık ve dördüncü %7.3 ile tarımsal faaliyetler yer almıştır (TÜİK, 2014).

Gelişmekte olan Türkiye'nin hem enerji talebi hem de CO₂ emisyonu yıllar itibariyle yükselmektedir. Bu nedenle büyüme-enerji-çevre ilişkisinin Türkiye açısından değerlendirilmesi ve ilişkinin yönünün belirlenmesi politikacılar ve uygulamacılar açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacı büyüme-enerji ve çevre değişkenlerini birlikte ele alarak Türkiye'de ilişkinin yönünün belirlenmesidir. Literatürde ekonomik büyüme-enerji ya da ekonomik büyüme- çevre ilişkisini ayrı olarak ele alan çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ancak ekonomik büyüme-enerji ve çevre ilişkisini birlikte inceleyen çalışma sayısı nispeten daha sınırlı sayıdadır. Ayrıca konu ile ilgili çalışmaların büyük bir kısmında doğrusal olmayan davranışlar göz ardı edilerek doğrusal nedensellik testleri uygulanmıştır. Ekonometri literatürü özellikle 1990'lı yıllardan itibaren önemli ve hızlı bir gelişme göstermiştir. Birçok zaman serisinin doğrusal bir davranış sergilemediği bilinen bir gerçektir. Bu nedenlerle birçok paket program ortaya çıkmış ve teoriler sınanmaya başlanmıştır. Özellikle literatürde doğrusal nedensellik testi çokça uygulama alanı bulmuş ancak bu durum doğrusal olmayan Granger Nedensellik Testleri için geçerli değildir. Bu nedenle çalışmada hem doğrusal hem de doğrusal olmayan nedensellik testlerine yer verilmiştir.

CO₂ emisyonu, ekonomik büyüme ve enerji kullanımı arasındaki ilişkinin yönünün belirlenmesi etkin politikaların oluşturulması açısından önem göstermektedir. Elde edilen bulgular Türkiye ve diğer gelişmekte olan ülkelerde çevre-enerji ve ekonomik büyüme politikalarının belirlenmesinde faydalı olacaktır. Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde konu ile ilgili literatür özetlenmiştir. Üçüncü bölümde çalışmanın yöntemine ve dördüncü bölümde ekonometrik bulgulara yer verilmiştir. Son bölümde ise elde edilen bulgular ışığında konu ile ilgili genel bir değerlendirme sunulmuştur.

2. Literatür

Literatürde çevre sorunları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki genellikle üç grup çalışma dahilinde incelenmektedir. İlk grup çalışmalar çevresel bozulma ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye odaklanmaktadır. Bu çalışmalarda ülkeler için Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezinin geçerliliği sınanmaktadır. ÇKE hipotezinde ekonomik büyüme ve çevresel bozulma arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğu kabul edilmektedir. Bu ilişkinin ters U şeklinde açıklanmasının sebebi, teorik bağlamda ölçek, kompozisyon ve teknoloji etkisine bağlanmaktadır. Ölçek etkisi eğrinin artan kısmını diğer iki etki ise azalan kısmını göstermektedir (Grosman ve Krueger 1991). Ekonomik büyümenin ilk aşamalarında çevre sorunları ile ilgili farkındalık düşük düzeyde ya da dikkate alınmamaktadır. Çevre dostu teknolojiler ise mevcut değildir. Ekonomik büyümenin ileriki aşamalarında, çevresel bozulma gelirdeki artış ile birlikte gelir düzeyi belirli bir

eşik düzeyine ulaşana kadar artmaktadır. Bu eşik düzeyinden sonra kişi başına düşen gelir düzeyinin artması ile birlikte çevre kalitesi iyileşmektedir (Dinda, 2004: 434). Bu hipotezin detaylı şekilde incelendiği çalışmalar mevcuttur (Dinda (2004); Stern (2004)). Birinci grup çalışmalarda ÇKE ile ilgili çalışmaların temeli Grossmann ve Krueger (1991), Shafik ve Bandyopadhyay (1992) ve Panayotou (1993) çalışmalarına dayanmaktadır (Panayotou, 2003: 2; Dinda, 2004: 433). İlgili çalışmaların bir bölümünde ÇKE hipotezini destekler sonuçlara ulaşırken, bazılarında ise hipotezin desteklenmediği tespit edilmiştir (Panayotou (1997); Bruyn, Van den Berg ve Opschoor (1998); Coondoo ve Dinda (2002); Egli (2002); Lindmark (2002); Lise (2006); Akbostancı, Türüt-Aşık ve Tunç (2009); Choi, Heshmati ve Cho (2010); Acaravcı ve Öztürk (2010); Fodha ve Zaghdoud (2010); Orubu ve Omotor (2011); Farhani ve Rejeb (2012)).

İkinci grup çalışmalar enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Çalışmalardan elde edilen bulgular konu ile ilgili olarak karma sonuçlar elde edildiğini göstermektedir. Temel çalışmalardan biri olan Kraft and Kraft (1978) çalışmasında 1947-1974 döneminde ABD’de gelirden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Literatürde ekonomik büyüme ve enerji arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulan çalışmalar geniş yer tutmaktadır (Masih ve Masih (1996); Asufu-Adjaye (2000); Glasure (2002); Hondroyannis, Lolos ve Papapetrou (2002); Oh ve Lee (2004); Yoo (2005); Erdal, Erdal ve Esengün (2008); Akpolat ve Altıntaş (2013); Bayar (2014)). Bazı çalışmalarda ise enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi (Stern (2000); Wolde-Rufael (2004); Soytaş, Sarı ve Özdemir (2001); Sarı ve Soytaş (2004); Karagöl, Erbaykal ve Ertuğrul (2007); Ceylan ve Başer (2014)), bazı çalışmalarda ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi (Ghosh (2002); Yoo (2006); Lise ve Montfort (2007); Zhang ve Cheng (2009); Özata (2010); Kapusuzoğlu ve Karan (2010); Uzunöz ve Akçay (2012); Topalli ve Alagöz (2014)) olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Diğer bir grup çalışmada ise (Yu ve Hwang (1984); Yu ve Jin (1992); Altınay ve Karagöl (2004); Jobert ve Karanfil (2007)) ilgili ülkelerde enerji tüketimi ve büyüme arasında nedensellik ilişkisi olmadığı yönünde bulgular elde edilmiştir. Genel olarak enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini inceleyen çalışmalarda ilişkinin yönü hakkında farklı sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir.

Üçüncü grup çalışmalarda çevre kirliliği, enerji ve ekonomik büyüme arasındaki dinamik ilişki birlikte analiz edilmektedir. Konu ile ilgili literatürdeki çalışmaların büyük bir bölümünde değişkenler arasındaki ilişki nedensellik testi ile incelenmiştir. Çalışmalarda genel olarak reel GSYİH, CO₂ emisyonu, enerji kullanımı değişkenleri kullanılmıştır (Dinda ve Coondoo (2006); Ang (2007); Ang (2008); Zhang ve Cheng (2009); Chang (2010); Hamit-Hagar (2012)). Bununla birlikte analizlerde gayrisafi (brüt) sabit sermaye yatırım değişkeni (Soytaş, Sarı ve Ewing (2007); Zhang ve Cheng (2009)), toplam işgücü değişkeni (Soytaş vd., (2007); Öztürk ve Acaravcı (2010)), kent nüfusu (Zhang ve Cheng, (2009)), dışa açıklık (Halıcıoğlu (2009)) gibi değişkenleri kullanan çalışmalar da mevcuttur. Tablo 1’de CO₂, enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi doğrusal yöntemler kullanarak inceleyen çalışmalar özetlenmiştir.

Tablo 1: CO₂, Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisi ile ilgili Uygulamalı Çalışmalar

Yazar	Ülke ve Dönem	Yöntem	Sonuç (Uzun dönem)
Coondoo ve Dinda (2002)	Kuzey Amerika, Batı ve Doğu Avrupa, Orta ve Güney Amerika, Okyanusya, Asya ve Afrika, Japonya olmak üzere seçilmiş 88 ülke 1960-1990	Granger Nedensellik	CO ₂ →Y (Kuzey Afrika, Batı Avrupa) Y→CO ₂ (Orta Afrika, Güney Amerika, Japonya) Y↔CO ₂ (Asya ve Avrupa)
Dinda ve Coondoo (2006)	88 Ülke 1960-1990	VECM Modeli	Y↔CO ₂
Say ve Yücel (2006)	Türkiye 1970-2002	Regresyon Analizi	EC ve CO ₂ emisyonu arasında güçlü bir ilişki
Ang (2007)	Fransa 1960-2006	VECM Modeli	Y→CO ₂ Y→EC Kısa Dönem EC→Y

Soytaş vd. (2007)	ABD 1960-2004	Granger Nedensellik	Y ≠ CO ₂ EC → CO ₂	
Ang (2008)	Malezya 1971-1999	VECM Modeli	Y → EC	Kısa Dönem Y → EC
Apergis ve Payne (2009)	6 Orta Amerika Ülkesi 1971-2004	Panel Hata Düzeltme Modeli	EC ↔ CO ₂	Kısa Dönem Y → CO ₂ EC → CO ₂ Y ↔ EC
Halıcıoğlu (2009)	Türkiye 1960-2005	Sınır Testi	CO ₂ emisyonunun açıklanmasında ilk sırada ekonomik büyüme, ikinci olarak enerji tüketimi ve son olarak dış ticaretin olduğu tespit edilmiştir	
Soytaş ve Sarı (2009)	Türkiye 1960-2000	Granger Nedensellik	Y ve CO ₂ arasında uzun dönemli ilişki yoktur. CO ₂ → EC	
Zhang ve Cheng (2009)	Çin 1960-2007	Granger Nedensellik	Y → EC EC → CO ₂	
Acaravcı ve Öztürk (2010)	19 Avrupa Ülkesi 1960-2005	Sınır Testi ve ARDL Yöntemi	Danimarka, Almanya, Yunanistan, İzlanda, İtalya, Portekiz, İsviçre için Y → EC, EC → CO ₂	Kısa Dönem Danimarka ve İtalya için ; Y → CO ₂ , Yunanistan için; Y → EC, İsviçre için; Y ↔ EC
Apergis ve Payne (2010)	11 Bağımsız Devletler Topluluğu 1992-2004	Panel Vektör Hata Düzeltme Modeli	EC ↔ CO ₂	Kısa dönem Y → EC EC → CO ₂ Y ↔ EC
Chang (2010)	Çin 1981-2006	VECM Modeli	Y ↔ CO ₂ Y ↔ EC	
Lean ve Smyth (2010)	5 ASEAN Ülkesi 1980-2006	Panel Vektör Hata Düzeltme Modeli	EC → Y CO ₂ → Y	Kısa Dönem CO ₂ → Y
Öztürk ve Acaravcı (2010)	Türkiye 1968-2005	Sınır Testi	CO ₂ ≠ Y, EC ≠ Y, CO ₂ ↔ EC	
Hamit-Hagar (2012)	Kanada 1970-2007	Panel Nedensellik ve Granger Nedensellik	Y → CO ₂ EC → CO ₂	Kısa dönem Y → CO ₂ EC → CO ₂
Mensah (2014)	6 Afrika Ülkesi 1971-2009	Toda Yamamoto Nedensellik	Gana için; EC → CO ₂ , EC → Y Nijerya için; Y → CO ₂ , EC → CO ₂ Senegal ve Kenya için; Y → CO ₂ Güney Afrika için; CO ₂ → Y	

Not: Y, EC, CO₂ simgeleri sırasıyla ekonomik büyümeyi, enerji tüketimini ve CO₂ emisyonunu temsil etmektedir.

Literatür değerlendirildiğinde çevre, enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin çoğunlukla doğrusal modeller ve nedensellik testleri ile analiz edildiği dikkatleri çekmektedir. Ancak son dönemlerde değişkenler arasındaki doğrusal olmayan davranışları da dikkate alan modeller kullanılmaya başlanmıştır (Huang, Hwang ve Yang (2008); Esteve ve Tamarit (2012); Wang (2012); Park ve Hong (2013); Mensah (2014)). Örneğin hem doğrusal hem de doğrusal olmayan Granger Nedensellik analizi kullanılarak incelenen Chiou-Wei, Chen ve Zhu (2008) çalışması farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. Doğrusal Granger Nedensellik testi sonuçlarına göre Hong-Kong ve Endonezya'da enerji tüketiminden büyümeye doğru tek yönlü; Tayvan ve

Filipinler’de büyümeden enerjiye doğru tek yönlü; Tayland, Kore ve ABD’de ilişkinin olmadığı; Singapur ve Malezya’da ise çift yönlü nedensellik olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır. Doğrusal olmayan nedensellik testi sonuçlarına göre ise; Tayvan ve Hong-Kong’da enerji tüketiminden büyümeye; Singapur ve Filipinler’de büyümeden enerjiye doğru tek yönlü; Kore, Malezya, Tayland ve ABD’de ilişkinin olmadığı; Endonezya’da çift yönlü nedensellik olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır. G7 ülkelerinin incelendiği Ajmi, Montasser ve Nguyen (2013) çalışmasında da Chiou-Wei vd. (2008) çalışmasına benzer şekilde karma sonuçlar elde edilmiştir. Hiemstra-Jones (HJ) testi sonuçlarına göre İngiltere için enerji tüketiminden büyümeye doğru tek yönlü; Kanada, Fransa, Japonya ve ABD için çift yönlü nedensellik olduğu tespit edilmiştir. Aynı çalışmada Kyrtsou-Labys testi sonuçlarına göre ise Fransa ve ABD için enerji tüketiminden büyümeye; Almanya için büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik olduğu bulguları elde edilmiştir.

Dergiades, Martinopoulos ve Tsoulfidis (2013) çalışmasında ise Yunanistan için hem doğrusal hem de doğrusal olmayan nedensellik ilişkisinde enerji kullanımından büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi elde edilmiştir. Nazlıoğlu, Kayhan ve Adıgüzel (2013) çalışmasında Türkiye için doğrusal yöntemle hem kısa hem uzun dönemde çift yönlü nedensellik ilişkisi elde edilirken, doğrusal olmayan nedensellik analizinde değişkenler arasında nedensellik ilişkisi olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Lin ve Wesseh (2014) çalışmasında Güney Afrika için enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki parametrik olmayan bootstrap yöntemi ile incelenmiş ve uzun dönemde enerji tüketiminden büyümeye doğru tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Ayrıca uzun dönemde enerji kullanımının CO₂ emisyonunu yükseltici etkileri olduğu bulgusu elde edilmiştir.

CO₂ ve büyüme arasındaki ilişkiyi doğrusal olmayan nedensellik yöntemi ile inceleyen Kim, Lee ve Nam (2010) çalışmasında Kore için CO₂ ve büyüme arasında doğrusal yöntemlerle incelendiğinde nedensellik elde edilemezken, doğrusal olmayan Granger Nedensellik testi sonuçlarına göre çift yönlü nedensellik bulgusu elde edilmiştir. Wang (2012) çalışmasında ise 98 ülke için panel veri yöntemi kullanılarak CO₂ ve GSYİH değişkenleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma sonucunda ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı tespit edilmiştir. Statik ve dinamik panel threshold (panel eşiği) sonuçlarına göre düşük büyüme rejimlerinde ekonomik büyüme CO₂ emisyonunu negatif, orta dönem büyüme rejimlerinde ekonomik büyüme CO₂ emisyonunu pozitif olarak etkilemekte, yüksek büyüme rejimlerinde ise ekonomik büyümenin CO₂ üzerindeki etkisi anlamsız çıkmıştır. Literatürdeki çalışmalardan elde edilen sonuçlar kullanılan yöntem ve döneme göre ülkelerde karma sonuçların elde edildiğini göstermektedir.

3. Metodoloji

Çalışmada enerji tüketimi, çevre ve ekonomik büyüme arasında bir ilişkinin olup olmadığı eğer bir ilişki var ise bu ilişkinin yönünün nasıl olduğu test edilmektedir. Bu amaçla literatürde genellikle hem doğrusal hem de doğrusal olmayan Granger Nedensellik testi kullanılmaktadır. Bu iki yöntem arasında bir farklılık olup olmadığını tespit için doğrusal ve doğrusal olmayan Granger Nedensellik testi istihdam edilmiştir.

3.1. Doğrusal Granger Nedensellik Testi

Nedensellik kavramı Wiener (1956) ve Granger (1969) tarafından ortaya atılmıştır. Granger Nedensellik testi, temel olarak bir değişkenin şimdiki değeri ile diğer değişkenin geçmiş değerleri arasındaki korelasyonu saptamak olarak ifade edilebilir. Sezgisel olarak bu tanımlama (X_t, Y_t) gibi durağan iki değişkenli süreçte, X_t değişkeninin şimdiki ve geçmiş değerleri ile Y_t serisinin geçmiş değerlerini içermeyen gelecek değerleri üzerinde ilave bilgi içeriyorsa X_t değişkeni Y_t serisinin bir Granger nedeni olduğunu ortaya koymaktadır. Yani nedensellik testi geçmiş X değişkenindeki bilgiden hareketle Y değişkeninin mevcut ve gelecekteki hareketlerinin kısa vadeli tahminleri geliştirmek konusunda yararlı bilgiler sağlayabilir. Bu nedenle doğrusal olmayan Granger Nedensellik testinin anlaşılabilmesi için doğrusal olan nedensellik testine bakılması yarar sağlayacaktır.

Granger Nedenselliğine dayanarak Sims (1980) ortaya koymuş olduğu denklem aşağıdaki gibidir;

$$\Delta Y_t = \beta_{12} + \sum_{i=1}^{T_{11}} \alpha_{11i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=1}^{T_{12}} \alpha_{12j} \Delta X_{t-j} + \phi_1 ECT_{t-1} + v_{12t} \quad (1)$$

$$\Delta X_t = \beta_{22} + \sum_{i=1}^{T_{21}} \alpha_{21i} \Delta X_{t-i} + \sum_{j=1}^{T_{22}} \alpha_{22j} \Delta Y_{t-j} + \phi_2 ECT_{t-1} + v_{22t} \quad (2)$$

Denklemden Δ fark operatörü, T gecikme uzunluğunu α ve β parametre tahminlerini v_t ise hata terimini, ECT uzun dönem koentegrasyon ilişkisinin hatalarını ve ECT_{t-1} hata düzeltme terimini göstermektedir. X serisinden Y serisine Granger Nedenselliği olup olmadığını test etmek için sıfır hipotezi (H_0) şu şekildedir;

$$H_0: \beta_{12j} = 0 \quad j = 1, 2, 3, \dots, q$$

Vektör hata düzeltme modeline (VECM) dayalı Granger Nedensellik analizi hem kısa hem de uzun dönemde nedenselliği test etmek için kullanılmaktadır. Seriler arasındaki nedensellik testi F istatistik testi kullanılarak test edilir. Buna karşın uzun dönem Granger Nedensellik testi uzun dönem nedenselliğin kanıtlarını sağlayan t istatistik değerlerinin her bir denklemdeki hata düzeltme terimleri üzerindeki t istatistik değerleriyle test edilmektedir (Odhiambo, 2009).

3.2. Doğrusal Olmayan Granger Nedensellik Testi

Geleneksel doğrusal Granger Nedensellik testleri zaman içerisinde büyük gelişim göstermiş ve ekonomistlerin standart araç kutusunun parçası haline gelmiştir. Ancak doğrusal nedensellik testi doğrusal olmayan nedensellik ilişkisini bulmada yetersiz kalmaktadır. Brock, Hsieh ve LeBaron (1991) iki değişkenli basit bir doğrusal olmayan modelin Granger Nedensellik testi gibi doğrusal nedensellik testinin doğrusal olmayan öngörü gücünün nasıl ortaya koyamadığını sunmuştur. Granger Nedensellik tezinin parametrik olmayan çeşitli modelleri arasında Hiemstra ve Jones (1994) (HJ), Bell, Kay ve Malley (1996), Su ve White (2003) ve Diks ve Panchenko (DP) (2006) çalışmaları listelenebilir. Hiemstra ve Jones (1994), Baek ve Brock'un (1992) çalışmasını modifiye etmişlerdir.

Hiemstra ve Jones (1994) çalışmasına göre literatürde çoğu çalışma değişkenler arasındaki eş ilişki üzerine odaklanmaktadır. Daha açık bir deyişle değişkenler arasındaki nedensellik testi çalışmalarının çoğu geleneksel Granger Nedensellik testine dayandığı söylenebilir. Geleneksel Granger Nedensellik testleri X ve Y değişkenleri arasındaki anlamlı doğrusal olmayan ilişkiyi göz ardı edebilmektedir.

Brock, Dechert, Scheinkman ve LeBaron (BDS) (1996) bir zaman serisinde doğrusal olmayan ve seri bağımlılığın testi için parametrik olmayan bir metod sunmaktadır. BDS istatistiği, deterministik doğrusal olmayan dinamikler ve kaos teorisi üzerine son çalışmaların kökeni oluşturmaktadır. Diks ve Panchenko (2006) doğrusal olmayan Granger nedenselliğinde sıfır hipotezini test etmek için parametrik olmayan bir yöntem geliştirmiştir. Sıfır hipotezi aşağıdaki gibi ifade edilmiştir;

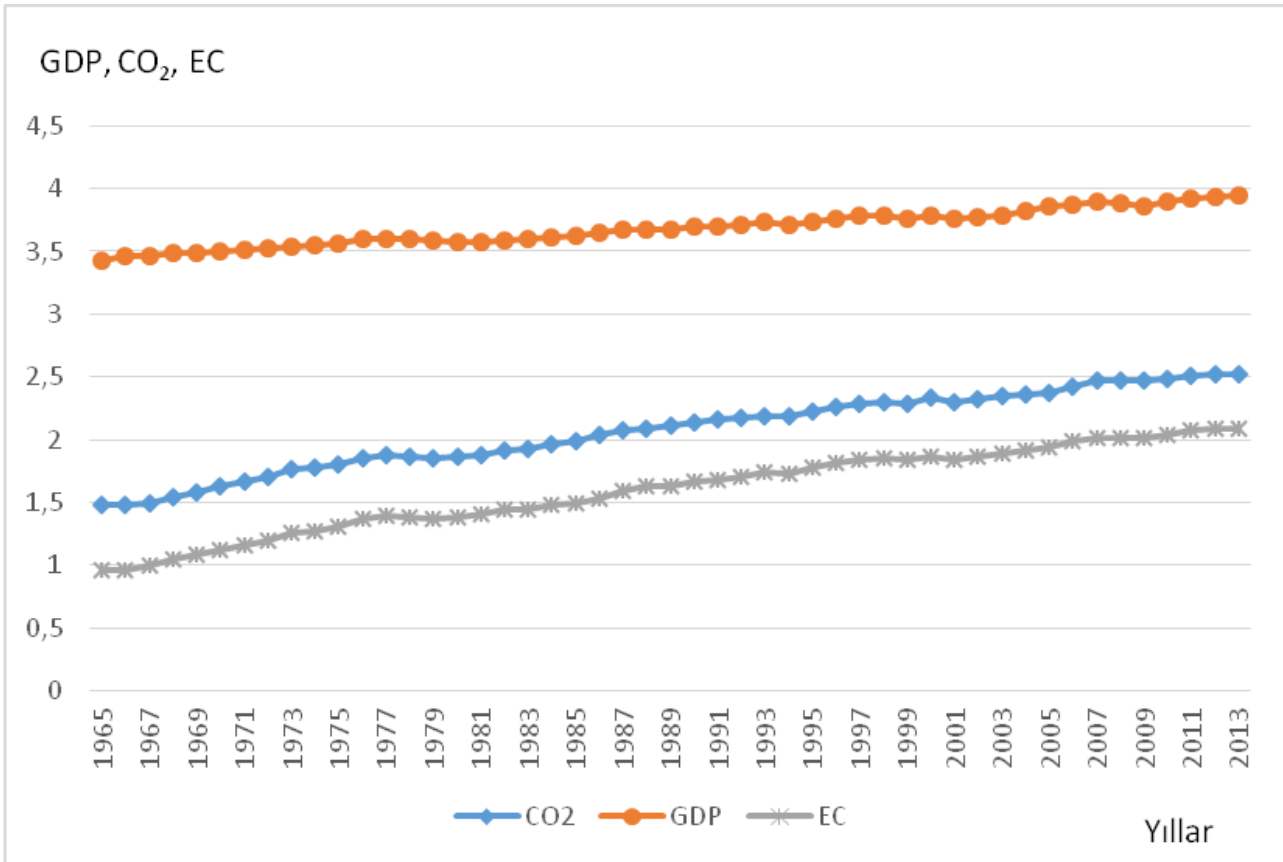
$$q = E[f_{X,Y,Z}(X, Y, Z)f_Y(Y) - f_{X,Y}(X, Y)f_{Y,Z}(Y, Z)] = 0 \quad (3)$$

$$T_n(\varepsilon_n) = \frac{n-1}{n(n-2)} \cdot \sum_i \left(\hat{f}_{X,Z,Y}(X_i, Y_i, Z_i) \hat{f}_Y(Y_i) - \hat{f}_{X,Y}(X_i, Y_i) \hat{f}_{Y,Z}(Y_i, Z_i) \right) \quad (4)$$

4. Data ve Ampirik Sonuçlar

Veriler, BP enerji istatistiği (BP Statistical Review of World Energy) ve Dünya Kalkınma Göstergesi (World Development Indicator) sitelerinden elde edilmiştir. Kullanılan değişkenler enerji tüketimi (EC), elektrik üretmek için kullanılan yenilenebilir enerji de dahil ticari işlenmiş yakıtlardan oluşan birincil enerji tüketimini (Mtoe; milyon ton petrol eşdeğeri); karbon emisyonu (CO₂), milyon ton olarak karbondioksit emisyonunu; Gayri safi yurt içi hasıla (GDP), kişi başına sabit fiyatlarla milli geliri göstermektedir. Türkiye üzerine yapılan uygulamada her üç veri için ortak olan yılları içeren veri aralığı 1965-2013 dönemini kapsamaktadır. Serilerin doğal logaritmaları alınmıştır. Aşağıdaki şekil 1, kullanılan değişkenlerin yukarı doğru bir trend sergilediğini göstermektedir. Serilerin aynı yönlü birlikte hareket eğiliminde olması elektrik tüketimi, karbon emisyonu ve gayri safi yurt içi hasıla arasındaki nedensellik ilişkisini araştırmak için bir motivasyon sağlamaktadır.

Şekil 1. Ham Data Grafiği; Elektrik Tüketimi, CO₂ Emisyonu, Gayrisafi Yurtiçi Hâsıla



4.1. Değişkenlerin Birim Kök Analizi Sonuçları

Bir zaman serisi, deterministik ve stokastik olmak üzere iki özellik sergilemektedir. Deterministik özellik sabit katsayı, trend veya mevsimselliğin varlığını ortaya koyarken stokastik özellik ise serinin veya değişkenin durağanlığı ile ilgilidir. Bir serinin durağan olması zaman içinde belli bir değere yaklaşması anlamına gelir. Durağanlığı test etmek için kullanılan birim kök testi sonuçları düzey (EC, CO₂ ve GDP) ve bir gecikmeli (ΔEC , ΔCO_2 ve ΔGDP) olarak sabit ve sabitli trendli olarak bakılmıştır. Sabitsiz değerlere bakılmış ancak istatistiki olarak anlamlı sonuçlar vermemiştir. Sonuçlar, bilgi kriteri olan SBC kriteri tarafından belirlenen ADF (Augmented Dickey-Fuller) ve Barlett Kernel'in Newey-West tahmincisini kullandığı PP (Phillips-Perron) testi sonuçları istihdam edilerek elde edilmiştir.

Tablo 2. Birim Kök Sonuçları

	ADF		PP	
	Sabit	Sabitli Trendli	Sabit	Sabitli Trendli
<i>EC</i>	2.648 (1.000)	-0.879 (0.950)	5.431 (1.000)	-0.559 (0.976)
<i>CO₂</i>	1.895 (0.999)	-1.410 (0.845)	2.370 (1.000)	-1.355 (0.8161)
<i>GDP</i>	0.956 (0.995)	-1.368 (0.857)	1.975 (0.999)	-1.396 (0.849)
ΔEC	-6.036 (0.000)	-7.004 (0.000)	-6.036 (0.000)	-7.929 (0.000)
ΔCO_2	-5.917 (0.000)	-6.930 (0.000)	-5.917 (0.000)	-6.417 (0.000)
ΔGDP	-6.661 (0.000)	-6.905 (0,000)	-6.659 (0.000)	-8.027 (0.000)

Not: Δ değişkenlerin gecikme operatörünü göstermektedir. Sonuçlar, SBC kriteri tarafından belirlenen ADF ve Barlett Kernel'in Newey-West tahmincisini kullandığı PP testi sonuçları istihdam edilerek elde edilmiştir.

Sonuçlara göre tüm değişkenlerin $I(1)$ 'de yüzde bir anlamlılık seviyesinde durağan olduğu görülmektedir. Tablo 3'te gecikme uzunluğu en düşük AIC ve SBC bilgi kriterine sahip olan 1. gecikme uzunluğu en uygun gecikme operatörü olarak seçilmiştir.

Tablo 3. Gecikme Uzunluğu Seçim Sonuçları

<i>Lag</i>	<i>LogL</i>	<i>LR</i>	<i>FPE</i>	<i>AIC</i>	<i>SC</i>	<i>HQ</i>
0	-605.390	NA	3.91e+08	28.297	28.420	28.342
1	-476.263	234.230*	1465820.*	22.709*	23.201*	22.891*
2	-472.437	6.406340	1878015.	22.950	23.810	23.267
3	-466.176	9.610	2170233.	23.077	24.306	23.531
4	-457.109	12.651	2234961.	23.074	24.672	23.663
5	-451.817	6.645	2803161.	23.247	25.213	23.972
6	-438.832	14.495	2531790.	23.061	25.396	23.922

4.2. Doğrusal Granger Nedensellik Sonuçları

Tablo 4 sonuçları kısıtsız VAR analizine dayalı Granger Nedensellik sonuçlarını göstermektedir. Tablo, enerji tüketiminden ve CO_2 'den gayri safi yurt içi hasılaya doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğunu ancak *EC* ve CO_2 değişkenleri arasında herhangi bir nedenselliğin olmadığını ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar Lean-Smyth (2010), Chiou-Wei vd. (2008) ve Ang (2007) sonuçları ile benzer ve paralellik göstermektedir. Tablo 4'teki sonuç, gayrisafi yurt içi hasılanın enerji tüketimi ve CO_2 tarafından belirlendiğini ifade etmektedir.

Tablo 4. Doğrusal Granger Nedensellik Sonuçları

Nedensellik	F Testi	P Değeri
$GDP \neq > EC$	0.197399	0.6568
$EC \Rightarrow GDP$	9.429965	0.0021*
$GDP \neq > CO_2$	1.056708	0.3040
$CO_2 \Rightarrow GDP$	5.651655	0.0174*
$CO_2 \neq > EC$	0.063542	0.8010
$EC \neq > CO_2$	1.636430	0.2008

* Anlamlılık seviyesi %5'tir.

4.3. Doğrusal Olmayan Granger Nedensellik Sonuçları

Tablo 5, Tablo 6 ve Tablo 7'de Hiemstra-Jones (HJ) ve Diks-Panchenko (DP) tarafından ortaya konulan doğrusal olmayan nedensellik sonuçları ortaya konulmaktadır. Her iki test de $L_X = L_Y = 2, \dots, 5$ ve $\varepsilon_n = 1.5$ band aralığında uygulanmıştır.

Tablolarda pHJ, Hiemstra-Jones'un olasılık değerlerini pT_2 ise Diks-Panchenko olasılık değerlerini göstermektedir. Bu değerlerin anlamlılık seviyesinden düşük olması doğrusal olmayan nedenselliğin varlığını göstermektedir. Tablo 5, CO_2 ile GDP arasındaki doğrusal olmayan nedensellik sonuçlarını gösterirken, Tablo 6 enerji tüketimi ile GDP arasındaki ve son olarak da Tablo 7 enerji tüketimi ile CO_2 arasındaki nedenselliğe odaklanmıştır. Her üç tablodaki sonuçlar üçüncü gecikmeye göre hem HJ hem de DP istatistiği bakımından benzer olan sonuçlar göstermektedir. Daha açık deyişle tablolardaki ilgili değişkenler arasında çift yönlü doğrusal olmayan bir nedenselliğin varlığı ortaya konulmaktadır.

Tablo 5. CO_2 ve GDP Arasındaki Doğrusal Olmayan Granger Nedensellik Sonuçları

$L_X = L_Y$	$CO_2 \Rightarrow GDP$				$GDP \Rightarrow CO_2$			
	THJ	pHJ	TT2	pT2	THJ	pHJ	TT2	pT2
2	2.5293	0.0055 ^a	2.6344	0.0042 ^b	1.6518	0.0492 ^a	1.6531	0.0491 ^b
3	1.7532	0.0397 ^a	1.6779	0.0466 ^b	1.7063	0.0439 ^a	1.6698	0.0474 ^b
4	1.4958	0.0673	1.3768	0.0842	1.8567	0.0316 ^a	1.8098	0.0351 ^b
5	1.4053	0.0799	1.2969	0.0973	1.6717	0.0042 ^a	1.5951	0.0553

Notlar: ^a %5 ve %1 anlamlılık seviyesinde Hiemstra-Jones istatistiği,

^b %5 ve %1 anlamlılık seviyesinde Diks-Panchenko istatistiği

Örneğin Tablo 5'de üçüncü gecikmeye kadar HJ istatistiğine göre CO_2 ve gayri safi yurt içi hâsıla arasında olasılık değerlerinin %5 ten küçük olması çift yönlü doğrusal olmayan bir nedenselliğin olduğunu göstermektedir. Örneğin HJ istatistiğinde CO_2 'den GDP'ye ikinci ve üçüncü gecikme için olasılık değerleri sırasıyla 0,0055 ve 0,0397 olarak çıkmıştır. Bu durum DP istatistiği için sırasıyla 0,0042 ve 0,0466 olarak

gerçekleşmiştir. Bu sonuç DP istatistiğinde de yine çift yönlü bir nedensellik söz konusu olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 6. EC ve GDP Arasındaki Doğrusal Olmayan Granger Nedensellik Sonuçları

$L_X = L_Y$	$EC \Rightarrow GDP$				$GDP \Rightarrow EC$			
	<i>THJ</i>	<i>pHJ</i>	<i>TT2</i>	<i>pT2</i>	<i>THJ</i>	<i>pHJ</i>	<i>TT2</i>	<i>pT2</i>
2	2.1540	0.0156 ^a	2.0326	0.0210 ^b	1.6859	0.0459 ^a	1.6879	0.0457 ^b
3	1.8861	0.0296 ^a	1.7109	0.0435 ^b	1.9426	0.0260 ^a	1.8397	0.0329 ^b
4	1.5647	0.0588	1.4427	0.0745	2.1823	0.0145 ^a	2.1140	0.0172 ^b
5	1.4029	0.0803	1.3121	0.0947	2.0900	0.0183 ^a	2.0664	0.0193 ^b

Notlar: ^a %5 ve %1 anlamlılık seviyesinde Hiemstra-Jones istatistiği,

^b %5 ve %1 anlamlılık seviyesinde Diks-Panchenko istatistiği

Benzer şekilde Tablo 6 ve Tablo 7 için sırasıyla enerji tüketimi ve GDP, enerji tüketimi ve CO₂ arasındaki çift yönlü doğrusal olmayan nedenselliğin varlığı herhangi bir değişkendeki bir artışın/azalışın nedeninin diğer değişkendeki artış/azalış ile açıklanacağı anlamına gelir. Tablo 6'da üçüncü gecikme için EC'den GDP'ye sırasıyla HJ ve DP istatistik değerleri 0,0296 ve 0,0435 olarak gerçekleşmiştir. Tablo 7'de ise üçüncü gecikme için bu değerler sırasıyla 0,0302 ve 0,0500 olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 7. EC ve CO₂ Arasındaki Doğrusal Olmayan Granger Nedensellik Sonuçları

$L_X = L_Y$	$EC \Rightarrow CO_2$				$CO_2 \Rightarrow EC$			
	<i>THJ</i>	<i>pHJ</i>	<i>TT2</i>	<i>pT2</i>	<i>THJ</i>	<i>pHJ</i>	<i>TT2</i>	<i>pT2</i>
2	1.6573	0.0487 ^a	1.6211	0.0524	2.1952	0.0140 ^a	1.9404	0.0261 ^b
3	1.8770	0.0302 ^a	1.6439	0.0500 ^b	1.9526	0.0254 ^a	1.7088	0.0437 ^b
4	1.9668	0.0245 ^a	1.7368	0.0412 ^b	1.4628	0.0717	1.3598	0.0869
5	1.9785	0.0239 ^a	1.7993	0.0359 ^b	1.4724	0.0704	1.3533	0.0879

Notlar: ^a %5 ve %1 anlamlılık seviyesinde Hiemstra-Jones istatistiği,

^b %5 ve %1 anlamlılık seviyesinde Diks-Panchenko istatistiği

Tablo 5, 6 ve 7 için çift yönlü doğrusal olmayan nedenselliğin varlığı ekonomide gayri safi yurt içi hasılda bir artış/azalış olduğunda karbon dioksit salınımında bir artışın/azalışın nedeni olduğunu, tam tersine karbon salınımında bir artış/azalış olması durumunda gayri safi yurt içi hasılda bir artışın/azalışın nedeni olduğu anlamına gelmektedir. Çalışmadan elde edilen bu sonuçlar Kim, Lee ve Nam (2010), Ajmi vd. (2013), Chiou-Wei vd. (2008) (Endonezya için) çalışmalarıyla benzer sonuçlar ortaya koyduğunu göstermektedir.

Doğrusal sonuçlardaki değişkenler arasındaki söz konusu ilişkinin enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru gerçekleştiğini ve enerji tüketiminin gayri safi yurt içi hasılayı olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Doğrusal olmayan sonuçlarda ise değişkenler arasındaki söz konusu ilişkinin çift yönlü olması hem enerji tüketimindeki artış gayri safi yurt içi hasılayı hem de gayri safi yurt içi hasıladaki artış enerji tüketimini olumlu yönde etkilemektedir.

5. Sonuç

Ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve çevre bozulması arasındaki ilişki son dönemlerde sıklıkla üzerinde durulan bir konu haline gelmiştir. Enerji ülkelerin ekonomik kalkınması için gerekli faktörlerden biridir ve bu nedenle ekonomi faaliyetlerinde önemli bir rol oynar. Öte yandan, dünya genelinde ülkelerin ekonomik büyüme ile birlikte enerji tüketimindeki artışlar çevresel bozulmayı hızlandırmaktadır. Özellikle sera gazlarındaki artış iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya neden olarak çevre kalitesini bozmakta ve çevre sorunlarına neden olmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkeler için ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu ilişkisi hükümetlerin izlediği enerji ve çevre politikalarında önem arz eder hale gelmiştir. Bu çalışmanın amacı Türkiye için 1965-2013 döneminde CO₂, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi doğrusal ve doğrusal olmayan nedensellik testleri ile sınamaktır. Çalışmanın temel sonucu, doğrusal olmayan nedensellik sonuçlarının doğrusal olan nedensellik analizinin sonuçlarına göre ilgili değişkenler arasında nedensellik ilişkisini çift yönlü olarak daha güçlü şekilde ortaya koymasındır.

Bu çalışma, enerji, ekonomik büyüme ve çevre politikaları için hükümet ve karar vericiler açısından bazı çıkarımlarda bulunarak pratik bilgiler sağlar. Doğrusal analiz sonuçları güçlü şekilde enerji tüketiminden reel gayrisafi yurtiçi hasılaya ve CO₂ emisyonundan reel gayrisafi yurtiçi hasılaya doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğunu göstermektedir. HJ ve DP testine göre her üç değişken arasında da (EC, CO₂ ve GSYİH) güçlü çift yönlü nedensellik tespit edilmiştir. CO₂ emisyonu ve enerji tüketimi arasındaki çift yönlü nedenselliğin varlığı politika yapıcılarının enerji tüketimini azaltarak çevreyi korumaya yönelik politikaların ön plana çıkarılmasını sağlayabilir. Ekonomik büyüme-enerji ve çevre arasındaki ilişki zamanla değişebilmektedir. Değişkenler arasında ilişkinin yönünün farklı olması ülkelerde farklı politikaların uygulanmasına imkân vermektedir. Özellikle fosil yakıtlar yerine çevre dostu yenilenebilir enerji politikalarına ağırlık verilmeli, kamuda çevre farkındalığı oluşturulmalı ve enerji verimliliğinin artırılması sağlanmalıdır. Ayrıca enerji tüketiminin gayri safi yurt içi hasılayı olumlu etkilemesi söz konusudur. Bu durumda Türkiye'nin enerji tüketimindeki payın daha çok fosil yakıttan oluştuğu düşünülürse çevre açısından da yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji tüketimindeki payının artırılması ekonomik büyümenin sürdürülebilmesi açısından önemlidir.

Kaynaklar

- Acaravcı, A., Öztürk, İ. (2010). On The relationship between energy consumption, CO₂ emissions and economic growth in Europe. *Energy*, 35, 5412-5420.
- Ajmi, A. N., Montasser, G. E., Nguyen, D. K. (2013). Testing the relationships between energy consumption and income in G7 countries with nonlinear causality tests. *Economic Modelling*, 35, 126-133.
- Akbostancı, E., Türüt-Aşık, S., Tunç, G. İ. (2009). The relationship between income and environment in Turkey: is there an environmental kuznets curve?. *Energy Policy*, 37, 861-867.
- Akpolat, A., Altıntaş, N. (2013). Enerji tüketimi ile reel gsyih arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkisi: 1961-2010 dönemi. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 8(2), 15-127
- Altınay, G., Karagöl, E. (2004). Structural break, unit root, and the causality between energy consumption and gdp in Turkey. *Energy Economics*, 26, 985-994.
- Ang, J. B. (2007). CO₂ emissions, energy consumption, and output in France. *Energy Policy*, 35, 4772-4778
- Ang, J. B. (2008). Economic development, pollutant emissions and energy consumption in Malaysia. *Journal of Policy Modelling*, 30, 271-278.
- Apergis, N., Payne, J. E. (2009). CO₂ emissions, energy usage, and output in Central America. *Energy Policy*, 37, 3282-3286.
- Apergis, N., Payne, J. E. (2010). The emissions, energy consumption, and growth nexus: evidence from the commonwealth of independent states. *Energy Policy*, 38, 650-655.

- Asume-Adjaye, J. (2000). The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries. *Energy Economics*, 22, 615-625.
- Baek, E., Brock, W. (1992). A general test for nonlinear granger causality: bivariate model. *Working Paper*. Ames, IA: Iowa State University and Madison, WI: University of Wisconsin-Madison.
- Bayar, Y. (2014). Türkiye’de birincil enerji kullanımı ve ekonomik büyüme. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 28(2), 253-269.
- Bell, D., Kay J., Malley, J. (1996). A non-parametric approach to non-linear causality testing. *Economics Letter*, 51(1), 7-18.
- Brock, W., Hsieh D., LeBaron, B. (1991). *Nonlinear dynamics chaos and instability: statistical theory and economic evidence*. Cambridge: MIT Press
- Brock, W., Dechert, W., Scheinkman, J., Lebaron, B. A. (1996). Test for independence based on the correlation dimension. *Economet. Rev*, 15, 197-235.
- Bruyn, S.M., Van den Berg, J. C. J. M, Opschoor, J.B. (1998). Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves. *Ecological Economics*, 25, 161-175.
- Ceylan, R., Başer, S. (2014). Türkiye’de petrol tüketimi ile reel gsyih arasındaki uzun dönem ilişkinin Johansen eş-bütünleşme yöntemi ile analiz edilmesi. *Business and Economics Research Journal*, 5(2), 47-60.
- Chang, C. (2010). A multivariate causality test of carbon dioxide emissions, energy consumption and economic growth in China. *Applied Energy*, 87, 3533-3537.
- Chiou-Wei, S. Z., Chen, C., Zhu, Z. (2008). Economic growth and consumption revisited- evidence from linear and nonlinear granger causality. *Energy Economics*, 30, 3063-3076.
- Choi, E., Heshmati, A., Cho, Y. (2010). An empirical study of the relationship between CO₂ emissions, economic growth and openness. *IZA Discussion Paper*, No:5304, 1-27.
- Coondoo, D., Dinda, S. (2002). Causality between income and emission: a country group- specific econometric analysis. *Ecological Economics*, 40, 351-367.
- Dergiades, T., Martinopoulos, G., Tsoulfidis, L. (2013). Energy consumption and economic growth: parametric and non-parametric causality testing for the case of Greece. *Energy Economics*, 36, 686-697.
- Dinda, S. (2004). Environmental kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological Economics*, 49, 431-455.
- Dinda, S., Coondoo, D. (2006). Income and emission: a panel data-based cointegration analysis. *Ecological Economics*, 57, 167-181.
- Diks, C., Panchenko, V. A. (2006). New statistic and practical guidelines for nonparametric Granger causality testing. *J. Econ. Dyn. Control*, 30, 1647-1669.
- Egli, H. (2002). Are cross-country studies of the environmental kuznets curve misleading? new evidence from time series data for Germany. *Social Science Research Paper*, 1-36.
- Erdal, G., Erdal, H., Esengün, K. (2008). The causality between energy consumption and economic growth in Turkey. *Energy Policy*, 36,3838-3842.
- Esteve, V., Tamarit, C. (2012). Threshold cointegration and nonlinear adjustment between CO₂ and income: the environmental kuznets curve in Spain, 1857-2007. *Energy Economics*, 34, 2148-2156.
- Farhani, S., Rejeb, J.B. (2012). Energy consumption, economic growth and CO₂ emissions: evidence from panel Ddata for Mena region. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2(2), 71-81.
- Fodha, M., Zaghdoud, O. (2010). Economic growth and pollutant emissions in Tunisia: an empirical analysis of the environmental kuznets curve. *Energy Policy*, 38, 1150-1156.
- Ghosh, S. (2002). Electricity Cconsumption and economic growth in India. *Energy Policy*, 30, 125-129.
- Glasure, Y. U. (2002). Energy and national income in Korea: further evidence on the role of omitted variables. *Energy Economics*, 24, 355-365.

-
- Granger, C. (1969). Investigating causal relations by econometric models and crossspectral methods. *Econometrica*, 37, 424–438.
- Grossman, G., Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement. *NBER Working Papers*, 3914, 1-57.
- Halicioğlu, F. (2009). An econometric Sstudy of CO₂ emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy*, 2009, 1156-1164.
- Hamit-Hagar, M. (2012). Greenhouse gas emissions, energy consumption and economic growth: a panel cointegration analysis from Canadian industrial sector perspective. *Energy Economics*, 34, 358-364.
- Hiemstra C., Jones, J. D. (1994). Testing for linear and nonlinear granger causality in the stock price-volume relation. *Journal of Finance*, 49(5), 1639-1664.
- Hondroyannis, G., Lolos, S., Papapetrou, E. (2002). Energy consumption and economic growth: assessing the evidence from Greece. *Energy Economics*, 24, 319-336.
- Huang, B., Hwang, M. J., Yang, C. W. (2008). Does more energy consumption bolster economic growth? an application of the nonlinear threshold regression model. *Energy Policy*, 36, 755-767.
- Jobert, T., Karanfil F. (2007). Sectoral energy consumption by source and economic growth in Turkey. *Energy Policy*, 35,5447-5456.
- Kapusuzoğlu, A., Karan, M. B. (2010). Gelişmekte olan ülkelerde elektrik tüketimi ile gayrisafi yurt içi hasıla (gsyih) arasındaki eş-bütünleşme ve nedensellik ilişkisinin analizi: Türkiye üzerine ampirik bir çalışma. *Business and Economics Research Journal*, 1(3), 57-68.
- Karagöl, E., Erbaykal, E., Ertuğrul, H. M. (2007). Türkiye’de ekonomik büyüme ile elektrik tüketimi ilişkisi: sınır testi yaklaşımı. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 1, 72-80.
- Kim, S., Lee, K., Nam, K. (2010). The relationship between CO₂ emissions and economic growth: the case of Korea with nonlinear evidence. *Energy Policy*, 38, 5938-5946.
- Kraft, J., Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and gnp. *Journal of Energy and Development*, 16, pp.267-285.
- Lean, H., Smyth, R. (2010). CO₂ emissions, electricity consumption and output in Asean. *Applied Energy*, 87, 1858-1864.
- Lin, B., Wesseh, P.K. (2014). Energy consumption and economic growth in South Africa reexamined: a nonparametric testing approach. *Renewable and Sustainable Energy Rewiews*, 40, 840-850.
- Lindmark, M. (2002). An EKC-pattern in historical perspective: carbon dioxide emissions, technology, fuel prices and growth in Sweden, 1970-1997. *Ecological Economics*, 42, 333-347.
- Lise, W. (2006). Decomposition of CO₂ emissions over 1980-2003 in Turkey. *Energy Policy*, 34, 1841-1853.
- Lise, W., Montfort, K. V. (2007). Energy consumption and gdp in Turkey: is there a cointegration relationship?. *Energy Economics*, 29, 1166-1178.
- Mensah, J. (2014). Carbon emissions, energy consumption and output: threshold analysis on the causal dynamics in emerging African economies. *Energy Policy*, 70, 172-182.
- Masih, A. M. M., Masih, R. (1996). Energy consumption, real income and temporal causality: result from a multi-country study based on cointegration and error-correction modeling techniques. *Energy Economics*, 18, 165-183.
- Nazlıoğlu, Ş., Kayhan, S., Adigüzel, U. (2013). Electricity consumption and economic growth in Turkey : cointegration, linear and nonlinear granger causality. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 9(4), 315-324.
- Odhiambo, N. M. (2009). Energy consumption and economic growth nexus in Tanzania: an ARDL bounds testing approach. *Energ. Policy*, 37, 617–622
- Oh, W., Lee, K. (2004). Causal relationship between energy consumption and gdp revisited: the case of Korea 1970-1999. *Energy Economics*, 26, 51-59.

- Orobu, C. O., Omotor, D. G. (2011). Environmental quality and economic growth: searching for environmental kuznets curves for air and water pollutants in Africa. *Energy Policy*, 39, 4178-4188.
- Özata, E. (2010). Türkiye’de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkilerin ekonometrik incelemesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26, 101-113.
- Öztürk, İ., Acaravcı, A. (2010). CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 3220-3225.
- Panayotou, T. (1997). Demystifying the environmental kuznets curve: turning a black box into a policy tool. *Environment and Development Economics*, 2(4), 465-484.
- Panayotou, T. (2003). Economic growth and the environment, 1-49.
<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/ead/sem/sem2003/papers/panayotou.pdf> (Erişim Tarihi 18 Aralık 2014)
- Park, J., Hong, T. (2013). Analysis of South Korea’s economic growth, carbon dioxide emissions, and energy consumption using the markov switching model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 543-551.
- Sarı, R., Soytaş, U. (2004). Disaggregate energy consumption, employment and income in Turkey. *Energy Economics*, 26, 335-344.
- Say, N. P., Yücel, M. (2006). Energy consumption and CO₂ emissions in Turkey: empirical analysis and future projection based on an economic growth. *Energy Policy*, 34, 3870-3876.
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica*, 48, 1-48.
- Soytaş, U., Sarı, R., Özdemir, Ö. (2001). Energy consumption and gdp relation in Turkey: a cointegration and vector error correction analysis. *Economies and Business in Transition: Facilitating Competitiveness and Change in the Global Environment Proceedings*, 838-844.
- Soytaş, U., Sarı, R., Ewing, T. B. (2007). Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States. *Ecological Economics*, 62, 482-489.
- Soytaş, U., Sarı, R. (2009). Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: challenges faced by an EU candidate member. *Ecological Economics*, 68, 1667-1675.
- Stern, I. D. (2000). A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macroeconomy. *Energy Economics*, 22, 267-283.
- Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental kuznets curve. *World Development*, 32(8), 1419-1439
- Su, L., White, H. (2003). A nonparametric Hellinger metric test for conditional independence. *Technical Report, Department of Economics, UCSD*.
- Topallı, N., Alagöz, M. (2014). Energy consumption and economic growth in Turkey: an empirical analysis. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 32, 151-159.
- TÜİK (2014). *Seragazi Emisyon Envanteri, 2012*.
<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=16174> (Erişim Tarihi 6 Ocak 2015).
- Uzunöz, M., Akçay, Y. (2012). Türkiye’de büyüme ve enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisi: 1970-2010. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 1-16.
- Wang, K. (2012). Modelling the nonlinear relationship between CO₂ emissions from oil and growth. *Economic Modelling*, 29, 1537-1547.
- Wiener, N., (1956). *The theory of prediction*. New York: Beckenbach, E. (Ed.), Modern Mathematics for Engineers. McGraw-Hill.
- Wolde-Rufael, Y. (2004). Disaggregated industrial energy consumption and gdp: the case of Shanghai, 1952-1999. *Energy Economics*, 26, 69-75.
- Yoo, S. (2005). Electricity consumption and economic growth: evidence from Korea. *Energy Policy*, 33, 1627-1632.

- Yoo, S. (2006). The causal relationship between electricity consumption and economic growth in the ASEAN countries. *Energy Policy*, 34,3573-3582.
- Yu, E.S., Hwang, B. (1984). The relationship between energy and gnp. *Energy Economics*, 6(3), 186-190.
- Yu, E. S. H., Jin, J. C. (1992). Cointegration test of energy consumption, income, and employment. *Resources and Energy*, 14, 259-266.
- Zhang, X., Cheng, X. (2009). Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China. *Ecological Economics*, 68, 2706-2712.

This Page Intentionally Left Blank