

TÜRKİYE’DE İKTİSADİ BÜYÜME VE BİRİNCİL ENERJİ TÜKETİMİNİN KARBON SALINIMI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ : YAPISAL VAR YAKLAŞIMI

Geliş Tarihi (ReceivedDate) 03.01.2019

Geliş Tarihi (ReceivedDate) 04.01.2019

Şükrü APAYDIN¹
Celal TAŞDOĞAN²

Özet

Bu çalışmada ekonomik büyüme ve birincil enerji tüketiminin karbondioksit salınımı üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Türkiye’nin 1965-2017 dönemine ilişkin verilerin kullanıldığı çalışmada yapısal vektör otoregresyon modeli kullanılmaktadır. ADF, PP, Ng-Perron ve KPSS testleri ile durağanlık analizi yapılmış, değişkenler arasındaki eşbütünlük ilişkisi Johansen-Juselius yöntemiyle test edilmiştir. Bağımsız değişkenlerin karbon salınımı üzerindeki uzun dönemli etkilerinin belirlenmesi amaçlandığı için, çalışmada uzun dönem kısıtlı yapısal VAR modeli benimsenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, değişkenler arasında karşılıklı bir etkileşim söz konusu olmakla birlikte, hem ekonomik büyüme ve hem de birincil enerji tüketimi karbon salınımını pozitif yönde etkilemekte ve kalıcı sonuçlar ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, birincil enerji tüketiminin karbon salınımını büyümeye göre daha fazla artırdığı, ayrıca büyümenin birincil enerji tüketimini pozitif yönde ve kalıcı olarak etkilediği bulgular arasındadır.

Anahtar Kelimeler: Büyüme, Birincil Enerji Tüketimi, Karbon Emisyonu, Yapısal VAR, Türkiye.

THE IMPACT OF ECONOMIC GROWTH AND PRIMARY ENERGY CONSUMPTION ON CARBON EMISSIONS IN TURKEY: STRUCTURAL VAR APPROACH

Abstract

The aim of this study is to investigate the effect of economic growth and primary energy consumption on carbon dioxide emission. It is used the structural vector autoregression model with data for the period of 1965-2017 in Turkey. In empirical application, ADF, PP, Ng-Perron and KPSS tests have been performed for stationary analysis then tested relation among variables by using Johansen-Juselius Method. The study has adopted structural VAR model in long term because of that it is aimed to determine the long run effects of independent variables on carbon emission. According to the findings of the study, there is an interrelation among variables alongside both the economic growth and the primary energy consumption have a positive effect on the carbon emission as well as leaving permanent effects. However, the primary energy consumption is more likely to increase carbon emissions than the growth, and the growth also affects primary energy consumption positively and permanently.

Keywords: Growth, Primary Energy Consumption, Carbon Emission, Structural VAR, Turkey.

GİRİŞ

İktisat politikası amaçları incelendiğinde, sürdürülebilir bir ekonomik büyüme ve kalkınma ülkelerin en kadim amacı olarak göze çarpar. Bu amaç açısından hemen her dönemde emek, sermaye, toprak gibi temel üretim faktörleriyle birlikte enerji, önemi giderek artan bir faktör olmuştur. Zira ekonomik büyüme ve kalkınma hızlarının artmasının yanı sıra dünya nüfusundaki artış, teknolojik gelişmeler, küreselleşme gibi pek çok faktör enerji tüketimindeki artışlara önemli katkılar yapmaya devam etmektedir.

Enerji talebindeki artışlar, son yıllarda ivme kazanan alternatif enerji kaynağı arayışlarına rağmen, büyük ölçüde birincil enerji kaynaklarından karşılanmaya devam etmekte ve birincil enerji tüketimindeki artış hızla devam etmektedir. Tablo 1’de özetlenen verilere göre, 1965-2017 döneminde birincil enerji tüketimi, dünya ölçeğinde ortalama 8,3 milyar ton eşdeğer petrol (mtep) düzeylerinde iken, dönem boyunca artış oranı ortalama olarak yüzde 2,5 düzeyinde gerçekleşmiştir. Söz konusu artış oranları alt dönemler itibarıyla ele alındığında en yüksek artışın ortalama olarak yaklaşık yüzde 4’ler civarında 1965-1980 döneminde olduğu gözlenir. İkinci alt dönem olan ve küreselleşme sürecinin ilk evresi olarak değerlendirilebilecek 1980-2000 döneminde bu artış biraz hız kesse de devam etmiş (yüzde 1,6), sürecin ikinci evresinde yeniden artmış ve ortalama yüzde 2,2 seviyelerine yükselmiştir. Aynı veriler Türkiye açısından çok daha dikkat çekicidir. Zira 1965-2017 döneminde birincil enerji kullanımı 57,6 mtep olmasına rağmen, alt dönemler itibarıyla oransal artışta düşüşler görülse de dönem boyunca artış oranı ortalama olarak yüzde 6 düzeyindedir.

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, sukruapaydin@nevsehir.edu.tr

² Doç. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, tasdogan@hotmail.com

Tablo 1: Dünyada ve Türkiye'de Birincil Enerji Kullanımı ve Karbon Salınımı

Dönem	Birincil Enerji Kullanımı				Karbondiyoksit Salınımı			
	Dünya		Türkiye		Dünya		Türkiye	
	MTEP (Ortalama)	Artış (%)	MTEP (Ortalama)	Artış(%)	MTEP (Ortalama)	Artış (%)	MTEP (Ortalama)	Artış (%)
1965-1980	5308,758	3,983	16,778	8,327	15257,114	3,383	51,131	7,689
1980-2000	7919,739	1,631	47,583	5,484	20756,832	1,173	133,527	5,229
2000-2017	11598,802	2,215	104,901	4,833	29581,414	2,101	276,721	4,591
1965-2017	8378,295	2,540	57,681	6,080	22084,634	2,148	157,016	5,647

Not: Hesaplamalar yazarlar tarafından yapılmıştır. MTEP : Milyon Ton Eşdeğer Petrol
Kaynak: www.bp.com/content/.../bp/.../statistical-review/bp-stats-review-2018-all-data.xlsx.

Öte yandan Tablo 1'in ikinci bölümü incelendiğinde, birincil enerji tüketimi artmaya devam ederken hem dünya ölçeğinde hem de Türkiye özelinde karbon emisyonunda da önemli artışlar olduğu dikkat çekmektedir. 1965-2017 dönemi dünya genelinde karbon salınımı ortalama 22 milyar ton eşdeğer petrol düzeyinde iken bu rakam aynı dönem için Türkiye'de 157 mtep düzeyindedir. Aynı dönemde dünya ve Türkiye'de karbon salınımındaki artış oranları sırasıyla yüzde 2,1 ve yüzde 5,6 olarak gerçekleşmiştir. Alt dönemler itibarıyla bu artış oranlarının Türkiye'de azalma eğiliminde olduğu gözlemlense bile yine dünya seviyelerinin çok üzerinde olması söz konusudur.

Tablo 2: Büyüme Hızları, Birincil Enerji Tüketimi ve Karbon Salınımı Artış Oranları (%)

Dönem	Dünya			Türkiye		
	Birincil Enerji Tüketimi	Karbon Salınımı	Büyüme Oranları	Birincil Enerji Tüketimi	Karbon Salınımı	Büyüme Oranları
1965-1980	3,983	3,383	4,484	8,327	7,689	4,636
1980-2000	1,631	1,173	2,915	5,484	5,229	4,162
2000-2017	2,215	2,101	2,902	4,833	4,591	5,243
1965-2017	2,540	2,148	3,376	6,080	5,647	4,750

Not: Hesaplamalar yazarlar tarafından yapılmıştır. Verilen oranlar dönem ortalamalarını göstermektedir.
Kaynak: Tablo 1 ve <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG>

Birincil enerji kullanımı ile karbon salınımı değişim oranlarının büyüme oranlarıyla birlikte ele alındığı Tablo 2 incelendiğinde, üç değişken arasında dikkat çekici eğilimler olduğu görülmektedir. Hem dünya ölçeğinde hem Türkiye özelinde büyüme oranları, birincil enerji tüketimi ve karbon emisyonu değişim oranlarının birbirlerine yakın seyrettiği görülmektedir. Değişkenler arası bu eğilim, ilgili verilerin yıllık olarak değerlendirilmesi halinde çok daha net ortaya çıkmaktadır. Bu durum, değişkenler arası ilişkilerin ampirik olarak analiz edilmesini önemli kılmaktadır.

Bu düşünceden hareketle çalışmanın temel amacı ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve karbon salınımı arasındaki ilişkilerin ampirik olarak analiz edilmesidir. Yapılan analizde temel olarak ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin karbon salınımı üzerindeki etkilerine odaklanılmaktadır. Bir başka deyişle çalışma, sürdürülebilir büyüme perspektifi altında gerçekleştirilmektedir. Böylece büyüme ve büyüme amacı doğrultusunda kullanılan birincil enerji tüketiminin çevresel etkilerinin belirlenmesi ve sonuçların temel amaç olan iktisadi büyümenin sürdürülebilirliği açısından değerlendirilmesi hedeflenmektedir.

Çalışmada Türkiye'nin 1965-2017 dönemi verileri yapısal vektör otoregresyon (Structural Vector Autoregression – SVAR) modeli ile analiz edilmektedir. Hem benimsenen yöntem hem de kapsanan dönem itibarıyla değerlendirildiğinde, çalışmanın konuyla ilgili ampirik literatüre önemli bir katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

1. Literatür İncelemesi

Ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve karbon salınımı arasındaki ilişkileri konu edinen literatür incelendiğinde, yapılan araştırmaları genel olarak iki grupta sınıflandırmak mümkün görünmektedir.

Birinci grupta yer alan çalışmaların büyük ölçüde ekonomik büyüme-çevresel kirlenme ilişkisine odaklandıkları ve bu çerçevede Çevresel Kuznets Hipotezinin geçerliliğinin test edilmesine yöneldikleri görülür. Grossman ve Kruger'in (1991) çalışmasını takiben sayıları gittikçe artan bu çalışmalarda, kişi başına gelir artışı ile çevresel kirlenme arasında ters U şeklinde bir ilişki olup olmadığı belirlenmeye çalışılmaktadır. Bununla birlikte elde edilen ampirik sonuçlar çelişkilidir. Örneğin son dönemde Türkiye ekonomisine yönelik olarak Başar ve Temurlenk (2007), Öztürk ve Acaravcı (2010), Dam, vd. (2013), Koçak (2014), Erdoğan, vd. (2015), Tutulmaz (2015) tarafından yapılan çalışmalarda ters U şeklinde Çevresel Kuznets eğrisinin olmadığı, N veya ters N şeklinde bir ilişki bulunduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Buna karşılık Atıcı ve Kurt (2007), Akbostancı, vd. (2009), Halıcıoğlu (2009), Saatçi ve Dumrul (2011), Öztürk ve Acaravcı (2013), Yavuz, (2014), Bozkurt ve Okumuş (2015), Özcan (2015), Artan, vd. (2015), Lebe (2016), Katırcıoğlu ve Taşpınar (2017), Çetin ve Yüksel (2018) tarafından yapılan çalışmalarda söz konusu hipotezin geçerliği olduğu bulgusuna ulaşılmaktadır.

İkinci grup çalışmalarda ise karbon emisyonunun temel olarak fosil yakıt kullanımından kaynaklandığı düşüncesinden hareketle, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi veya büyüme-CO2 arasındaki ilişkilerde olduğu gibi iki veya daha fazla değişken arasındaki uzun dönemli ilişkilere ağırlık verilmektedir. Kraft ve Kraft (1978) çalışmasından sonra giderek artan bu çalışmalarda genel olarak nedensellik analizleri ve eşbütünleşme testleri kullanılmaktadır. Çeşitli eşbütünleşme ve nedensellik analizlerinin kullanıldığı bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar da birbirinden oldukça farklıdır. Türkiye ekonomisine yönelik kimi çalışmalarda ekonomik 'büyümenin karbon salınımına neden olduğu' sonucuna ulaşılrken, kimi çalışmalarda 'karbon salınımı ekonomik büyümenin nedenidir' şeklinde bulgu elde edilmektedir. Hatta bazı çalışmalarda değişkenler arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir.³

Bu çalışmalardan farklı olarak Türkiye ekonomisine yönelik yapılan son dönem çalışmalardan olan Bayramoğlu ve Yurtkur (2016), karbon emisyonu ve ekonomik büyüme ilişkisini doğrusal olmayan eşbütünleşme analizi ile incelemiş, iki değişken arasında doğrusal bir ilişki yokken doğrusal olmayan bir uzun dönemli bir ilişkinin olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Yapılan çalışmalar genel olarak değerlendirilirse, daha önce de ifade edildiği gibi, bu çalışma hem yöntem hem değişkenler ve hem de incelenen dönem açısından diğerlerinden farklılaşmaktadır. Dolayısıyla çalışmanın ilgili ampirik literatüre katkı sağlama potansiyeli olduğu açıktır.

2. Ekonometrik Yöntem: Yapısal Vektör Otoregresyon (SVAR) Modelleri

Çalışmada kullanılan SVAR modelleri Sims (1980) tarafından geliştirilen VAR modellerinden hareketle türetilen modellerdir. VAR modelleri, her bir değişkenin hem kendi gecikmeli hem de diğer değişkenlerin cari ve geçmiş değerleriyle açıklanan n denklemlilikli, n değişkenli doğrusal bir modeldir (Enders, 1995; Stock ve Watson, 2001).

VAR modellerine dayanan k sayıda içsel değişkenden oluşan (yani k boyutlu), maksimum gecikme sayısı p olan (yani p . dereceden) bir SVAR modelinin genel gösterimi (1) numaralı denklemdeki gibidir.⁴

$$Ay_t = A_0 + A_1y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + B\varepsilon_t \quad (1)$$

Burada y_t ($k \times 1$) boyutlu değişkenler vektörünü, A_i ($i = 1, \dots, p$) ($k \times k$) katsayılar matrisini, A değişkenler arasındaki eş anlamlı ilişkileri gösteren katsayılar matrisini ve ε_t ise ($k \times 1$) boyutlu yapısal şoklar vektörünü göstermektedir. Burada içsel değişkenlerin durağan, yapısal şokların serisel olarak ilişkisiz ve beyaz gürültü süreçleri oldukları varsayılmaktadır.

³ Nedenselliğin büyümeden karbondioksit salınımına doğru bulunduğu çalışmalara örnek olarak Halıcıoğlu (2009), Saatçi ve Dumrul (2011), Altıntaş (2013), Yöntem (2013), Çetin ve Şeker (2014), Çoban ve Kılınç (2015), Balıbey (2015), Keskingöz ve Karamelikli (2015), Artan, vd. (2015), Bozkurt ve Okumuş (2015), Uysal ve Yapraklı (2015), Pata (2018a ve 2018b) çalışmaları verilebilir. Karbon salınımı ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisinin bulunamadığı çalışmaya örnek olarak Soyaş ve Sarı (2009), Öztürk ve Acaravcı (2010), Koçak (2014) gösterilebilir. Karbondioksit salınımının büyümenin nedeni olarak bulunduğu Türkiye ekonomisine yönelik çalışmalara ise Lise (2006), Bozkurt ve Akan (2014), Genç ve Tandoğan (2015), Pata ve Terzi (2016) çalışmalarıdır. Alper ve Alper (2017) ise karbondioksit emisyonu, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki ilişkileri analiz etmekte, büyüme ve enerji tüketiminin çevre kirliliğini artırdığı sonucuna ulaşmaktadır. Ayrıca çalışmada ekonomik büyümenin enerji tüketimine göre çevreyi daha fazla kirlettiği bulgusuna yer verilmiştir.

⁴ Çalışmada açıklanan SVAR modelinin teorik yapısı geliştirilirken Enders (1995), Amisano ve Giannini (1997), Breitung, vd. (2004) ile Lütkepohl (2005)'ten yararlanılmıştır.

SVAR modellerinde değişkenlerin cari değerleri, diğer değişkenler üzerinde eşanlı etkilere sahip olduğu için (1) numaralı modelden doğrudan tahmin yapılamamaktadır. Bu nedenle yapısal modelin her iki tarafı A^{-1} ile çarpılarak (2) numaralı denklemde gösterilen indirgenmiş biçim VAR modeli elde edilmektedir:

$$y_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 y_{t-1} + \dots + \Gamma_p y_{t-p} + u_t \quad (2)$$

Burada $\Gamma_0 = A^{-1}A_0$, $\Gamma_1 = A^{-1}A_1$, $\Gamma_p = A^{-1}A_p$ ve $u_t = A^{-1}\varepsilon_t$ tanımlamalarını gösterir. Ayrıca indirgenmiş biçim hata terimi u_t , $k \times I$ boyutlu gözlemlenemeyen sıfır ortalamaya sahip beyaz gürültü sürecidir. Yapısal şoklar (ε_t) ile indirgenmiş biçim hata terimi (u_t) terimi arasındaki bağlantı (3) numaralı sistemde birbiriyle ilişkili hale gelmiştir:

$$u_t = A^{-1}B\varepsilon_t \quad (3)$$

Ayrıca u_t 'nin (gözlemlenen) varyans-kovaryans matrisi ile ε_t 'nin (gözlemlenemeyen) varyans-kovaryans matrisi arasındaki ilişki de,

$$\Sigma_u = A^{-1}BB'(A^{-1})'$$

şeklindedir. Buradaki önemli husus, indirgenmiş biçim model artık terimleri ile yapısal model şoklarının 'bileşik' hale gelmiş olmasıdır. Bir diğer ifade ile indirgenmiş modelin artık terimleri, dolaylı şokların değişkenler üzerindeki eşzamanlı etkileriyle 'karışmıştır'. Bu bileşik şoklar değişkenlerin tahmin hatalarını göstermelerine rağmen, yapısal bir yoruma sahip değillerdir. Bir başka anlatımla, indirgenmiş modelden elde edilen artık terim ve katsayılar, gerçek yapısal katsayı ve şokları yansıtmamaktadır. Enders'a (1995) göre, sadece öngörü ile ilgileniliyorsa, öngörü hatalarındaki bu bileşim önemli değildir. Ancak her bir değişkendeki şokların etkilerini ortaya koyabilmek için etki-tepki fonksiyonları ve varyans ayrıştırması elde edilmek istendiğinde yapısal şokların kullanılması gerekmektedir. Bu durumda da yapısal şoklar ayrıştırılmalıdır.

Bu ayrıştırma işlemi için A ve/veya B matrislerine $(k^2 - k)/2$ sayıda kısıt getirilmesi gerekmektedir. Zira yapısal şokların varyans-kovaryans matrisi $(k^2 + k)/2$ sayıda bağımsız elemandan oluşmaktadır. A matrisinin birim matris olması durumunda tam tanımlanmış bir sistem için B matrisinin sıfır olmayan elemanları üzerine konulacak kısıt sayısı sıra koşulu (order condition) gereği $(k^2 - k)/2$ 'yi geçmemelidir.

Bu çerçevede değişkenler arasındaki anlık veya kısa dönemli ilişkiler ile uzun dönemli ilişkileri belirleyebilmek için *kısa dönem* ve *uzun dönem kısıtlar* şeklinde iki grup kısıt uygulaması söz konusudur.

Kısa dönem kısıtlar ile ilgili ilk uygulama Sims (1980) tarafından yapılan ve literatürde *Cholesky Ayrıştırması* olarak adlandırılan uygulamadır. Bu yöntemde yapısal şoklar sistemi alt üçgensel veya yinelemeli (recursive) bir yapıda girmektedir. Buna göre sıralamada yer alan ilk değişken sadece kendi şoklarından etkilenirken, ikinci değişken hem kendi hem de birinci değişkenin şoklarından, nihayet son sıradaki değişken kendi şoklarının yanı sıra diğer değişkenlere ait şoklardan da etkilenmektedir. Ancak *Wold Nedensel Zinciri* (Wold Causal Chain) olarak böyle bir yapıda, etki-tepki fonksiyonları değişkenlerin sıralamasına son derece duyarlıdır. Zira üç değişkenli bir sistemde 6 farklı sıralama yapmak mümkündür ve böyle bir durumda, her farklı sıralama sonuçları önemli ölçüde etkileyebilecektir (Enders, 1995). Bu nedenle Bernanke (1986) ve Sims (1986) yinelemeli olmayan bir yapının kullanılmasını önermişlerdir. Literatüre SVAR modelleri olarak geçen bu modellerde, ekonomik teoriye göre kısıtlar uygulanmakta ve değişkenlerin sıralaması önemli olmamaktadır. Bu çerçevede A ve/veya B matrislerine uygulanan kısıtlara göre *A Modeli*, *B Modeli* ve *AB Modeli* olmak üzere üç tür SVAR modelinden bahsedilmektedir.

Doğrudan gözlemlenebilir değişkenler arasındaki ilişkileri modellemek üzere geliştirilen *A Modelinde*, otoregresif katsayılar üzerine yoğunlaşmakta ve B birim matris iken A matrisi üzerine $(k^2 - k)/2$ kadar kısıt uygulanmaktadır. Buna karşın yapısal şokların etkilerine odaklanılan *B Modelinde* ise, doğrudan indirgenmiş biçim artık terimlerinden yapısal şoklar belirlenerek B matrisi üzerine kısıt konulmaktadır. A 'nın birim matris olarak alındığı bu modelde, getirilecek kısıt sayısı yine $(k^2 - k)/2$ kadar olmaktadır. Nihayet hem değişkenler arası eşanlı ilişkilerin hem de yapısal şokların etkilerinin bir

arada ele alındığı *AB Modelinde* hem A hem B matrisine kısıtlar getirilmektedir. Ancak bu modelde kısıt sayısı $k^2 + (k^2 - k)/2$ olmaktadır (Amisano ve Giannini, 1997; Breitung, 2004; Lütkepohl, 2005).

Görece daha yeni çalışmalarda kısa ve uzun dönem kısıtlar yerine uzun dönem kısıtlar uygulanmaktadır. Blanchard ve Quah (1989) tarafından yapılan çalışma, bu tür SVAR modellerinin en tipik ve en bilinen örneğidir. Bu modelin temel avantajı, şokların etkilerinin kalıcı olup olmadığının belirlenmesine imkan vermesidir (Blanchard ve Quah, 1989; Enders, 1995).

Bu çalışmada da ekonomik büyüme ve birincil enerji tüketiminin karbondioksit salınımı üzerindeki etkilerinin kalıcı olup olmadığı araştırıldığı için, Enders (1995)'i izleyerek benimsenen uzun dönem kısıtlı SVAR modeli, kullanılan değişkenler çerçevesinde sabit terimler ihmal edilerek aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} dloggdp_t \\ dlogprimary_t \\ dlogcarbon_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11}(L) & C_{12}(L) & C_{13}(L) \\ C_{21}(L) & C_{22}(L) & C_{23}(L) \\ C_{31}(L) & C_{32}(L) & C_{33}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \\ \varepsilon_{3t} \end{bmatrix} \quad (4)$$

veya y_t değişkenler vektörünü olmak üzere daha kısa bir gösterimle,

$$y_t = C(L)\varepsilon_t \quad (5)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada $C(L)$ uzun dönem etki çarpanlarıdır ve ε_t her biri sabit varyanslı bağımsız beyaz gürültü süreçleri olan şoklar olarak kabul edilmektedir. Serilerin durağan olduğu varsayımı altında VAR modeli de (6) numaralı sistemdeki gibi gösterilmektedir:

$$\begin{bmatrix} dloggdp_t \\ dlogprimary_t \\ dlogcarbon_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11}(L) & A_{12}(L) & A_{13}(L) \\ A_{21}(L) & A_{22}(L) & A_{23}(L) \\ A_{31}(L) & A_{32}(L) & A_{33}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dloggdp_{t-1} \\ dlogprimary_{t-1} \\ dlogcarbon_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \\ u_{3t} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Daha kısa gösterimle:

$$y_t = A(L)y_{t-1} + u_t \quad (7)$$

Artık terimler ile yapısal şoklar arasındaki ilişki ise kısa gösterimle (8) numaralı eşitlikteki gibidir:

$$u_t = C(0)\varepsilon_t \quad (8)$$

(8) numaralı eşitlikte yer alan $C(0)$, şokların değişkenler üzerindeki anlık etkilerini ya da kısa dönem etki çarpanlarını göstermektedir. Uzun dönem kısıtlı SVAR modelleri açısından problem, uzun dönem kısıtların VAR gösterimine transferidir. Bunu kolaylaştırmak için (7) numaralı eşitlik $y_t = A(L)y_t + u_t$ şeklinde yazılabilir. Ayrıca $y_t = [I - A(L)L]^{-1}u_t$ olduğundan (9) numaralı eşitlik elde edilebilecektir:

$$y_t = A(L)u_t \quad (9)$$

(5), (8) ve (9) numaralı denklemler kullanılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilecektir:

$$y_t = A(L)C(0)\varepsilon_t$$

$$C(L) = A(L)C(0)$$

Böylece uzun dönem kısıtlar kullanılıp $A(L)$ tahmin edildikten sonra, tam tanımlı SVAR modeli elde edilebilecek, etki-tepki fonksiyonları ile öngörü hatasının varyans ayrıştırması yapılabilecektir.

Etki-tepki fonksiyonları, bir değişkenin belirli bir şoka karşı zaman içindeki tepkilerini ölçen hareketli ortalama katsayılarıdır. Tahminin öngörü hata varyans ayrıştırması ise tahminin p dönem sonraki dalgalanmada (tahminin hata varyansındaki sapmada) her bir şokun katkısını belirlemektedir. Örneğin

herhangi bir şok türündeki değişim, y serisine ait tahminin hata varyansını hiç açıklamıyorsa, bu durumda y serisinin dışsal olması ve diğer değişkenden ve o değişkenin şoklarından bağımsız hareket etmesi söz konusu olmaktadır (Enders, 1995: 311; Lütkepohl, 2005:64)

Her iki analiz de indirgenmiş biçim VAR modeli üzerine yapısal kısıtlar uygulandıktan sonra gerçekleştirilmektedir. Ancak söz konusu analizlerin güvenilir sonuçlar ortaya koyması, indirgenmiş modelin istikrar ve durağanlık koşullarını sağlamış olmasına bağlıdır. İndirgenmiş biçim VAR modelinin istikrarlı olabilmesi için, sistemin ters karakteristik köklerinin birim çember içinde olması veya mutlak değer olarak birden küçük olması gerekmektedir. İstikrar koşulu aynı zamanda durağanlığı da ifade ettiği için, bu koşulu sağlayan VAR modelinin aynı zamanda durağan olduğu kabul edilmektedir. Öte yandan etki-tepki katsayılarının birikimli miktarları, bir şokun uzun dönemli etkilerini göstermek üzere de kullanılabilir. Hareketli ortalama katsayı matrisleri toplanarak belirlenen birikimli etkiler, *uzun dönem etki çarpanları* olarak adlandırılmaktadır. (Lütkepohl 2005:25, 56).

3. Uygulama

3.1. Veri Tabanı ve Değişkenlerin Tanımlanması

Ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin karbondioksit salınımı üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılan çalışmada, Türkiye ekonomisine ilişkin 1960-2017 dönemi verileri kullanılmıştır. Ekonomik büyümeyi temsilen reel gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYH), enerji faktörünü temsilen birincil enerji tüketimi ve karbon salınımını temsilen karbondioksit verileri seçilmiştir. Reel GSYH verileri Dünya Bankası internet sitesinden ABD doları olarak, birincil enerji tüketimi ve karbondioksit miktarları www.bp.com sitesinden kilogram petrol eşdeğeri olarak temin edilmiştir. Yapılan analizlerde tüm değişkenlerin doğal logaritmaları alınmış ve sırasıyla *loggdp*, *logprimary* ve *logcarbon* kısaltmalarıyla gösterilmiştir.

Çalışmada ilk olarak değişkenlerin durağanlık analizleri birim kök testleriyle sınanmış, daha sonra aynı dereceden durağan oldukları tespit edilen değişkenler için eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Nihayet, eşbütünleşik olmadıkları belirlenen değişkenler farkları alınarak durağanlaştırılmış ve SVAR modeli tahmin edilmiştir.

3.2. Birim Kök Testleri

Çalışmanın bu bölümünde zaman serileri analizleri açısından son derece önemli olan durağanlık analizlerine yer verilmiştir. Çünkü analizde kullanılacak zaman serilerinin birim kök içermesi, “*düzmece/sahte regresyon*” adı verilen (Granger ve Newbold, 1974) bir duruma neden olabilmektedir. Bu durumda tahmin edilen model yüksek R^2 ve anlamlı t istatistiklerine sahip olsa dahi, iktisadi olarak anlamlı olmayan, güvenilmez sonuçlar ortaya koyabilmektedir.

Araştırmada durağanlığın test edilebilmesi için ampirik çalışmalarda en fazla kullanılan dört birim kök testi uygulanmıştır. Bunun nedeni, her birim kök testinin çeşitli zayıf yönlerinin bir diğer test tarafından dikkate alınmış olmasıdır.

Örneğin pek çok çalışmada kullanılan Geliştirilmiş Dickey-Fuller (ADF) testi, zaman serilerinin kendi gecikmeli değerlerinden etkilenmeleri durumunda durağan olmayacakları ve ilgili zaman serisinin bir otoregresyon sürecinden türetildiği varsayımına dayanmaktadır. Oysa çoğu makroekonomik serisi *hareketli ortalama süreci (MA)* içerebilmekte, bu sürecin önemli olması modele daha fazla gecikmenin dahil edilmesini gerektirmektedir. Ne var ki bu durumda da testlerde önemli derecede *boyut bozukluğu* (size distortion) ortaya çıkmaktadır (Schwert, 1989). ADF testinin bu yönüne dikkat çekmek üzere Phillips-Perron testi geliştirilmiştir (Enders, 1995).

ADF testinden farklı olarak Phillips-Perron (1988) (PP) testi, hata terimlerinin gecikmeli değerlerini serisel olarak ilişkili ve değişen varyanslı olarak ele almaktadır. Bu testte otokorelasyon sorununu giderebilmek için test istatistiği modifiye edilmektedir. Bu, PP testinin temel avantajı olmakla birlikte, hata teriminde büyük ve negatif MA bileşeni bulunduğunda önemli boyut bozukluğu ya da örneklem çarpıklığı ortaya çıkmaktadır. Ayrıca sabit ve trend içeren testlerin, sadece sabit terim içeren testlere göre gücünün (yanlış bir hipotezin reddedilme olasılığının) azalması nedeniyle, bu durumları göz önüne alan Ng-Perron (Ng-P) testi geliştirilmiştir.

Perron ve Ng (1996) ile Ng ve Perron (2001) tarafından geliştirilen bu test, hata terimlerinin büyük negatif MA veya AR köklerine sahip olması durumunda ortaya çıkan boyut bozukluğunu dikkate

almaktadır. *M* testleri olarak adlandırılan dört istatistiğin kullanıldığı Ng-P testi GLS temelli trendden arındırılmış testlerdir. *M* istatistik değerleri kritik değerlerden küçük olduğunda zaman serisinin birim kök içerdiği şeklindeki boş hipotez reddedilmektedir.

Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (1992) tarafından geliştirilen KPSS testinde, ‘birim köke yakın durağanlık durumunda geleneksel testlerin gücünün azaldığı’ düşüncesinden hareketle hipotezlerin yerleri değiştirilerek daha hassas bir yöntem geliştirildiği iddia edilmektedir. Burada diğer testlerden farklı olarak boş hipotez trend veya ortalama durağanlık olarak alınmaktadır. Hesaplanan LM istatistiği kritik değerden küçük olduğunda durağanlık hipotezi kabul edilmektedir.

Açıklanan nedenlerle değişkenlerin durağanlık analizleri bu dört teste göre yapılmış, tüm birim kök testlerinde optimal gecikme uzunlukları Akaike Bilgi Kriterine (AIC) göre belirlenmiş, test sonucunda durağan olmayan değişkenlerin farkları alınarak birim kök testleri yeniden yapılmış ve sonuçlar Tablo 3-6’da rapor edilmiştir. Bütün test sonuçları incelendiğinde tüm değişkenlerin birinci dereceden yani fark durağan oldukları gözlenmiş, bu nedenle değişkenlerin eşbütünleşik olup olmadıklarının test edilmesi aşamasına geçilmiştir.

Tablo 3: ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	DÜZEY			1. FARK		
	Test Biçimi*	ADF İst.	KD** (%5)	Test Biçimi	ADF İst.	KD (%5)
loggdp	(0, c)	-1.24722	-2.91877	(0, c)	-6.983694	-2.91995
logprimary	(0, c)	-2.55535	-2.91877	(0, c)	-7.261241	-2.91995
logcarbon	(0, c)	-2.32780	-2.91877	(0, c)	-7.345798	-2.91995

* Parantez içinde kullanılan ifadeler sırasıyla gecikme sayısı, sabit terim ve trendi temsil etmektedir.
** MacKinnon (1996) kritik değerlerini temsil etmektedir.

Tablo 4: PP Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	DÜZEY			1. FARK		
	Test Biçimi*	Test İstatistiği	KD** (%5)	Test Biçimi	Test İstatistiği	KD (%5)
loggdp	(1, c)	-1.24799	-2.91877	(1, c)	-6.983547	-2.91995
logprimary	(3, c)	-2.72352	-2.91877	(1, c)	-7.259117	-2.91995
logcarbon	(2, c)	-2.50229	-2.91877	(2, c)	-7.338966	-2.91995

* Parantez içinde kullanılan ifadeler sırasıyla gecikme sayısı ve sabit terimi temsil etmektedir.
** MacKinnon (1996) kritik değerlerini temsil etmektedir.

Tablo 5: KPSS Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	DÜZEY			1. FARK		
	Test Biçimi*	LM ist.	KD** (%5)	Test Biçimi	LM ist.	KD (%5)
loggdp	(5, c)	0.966707	0.46300	(1, c)	0.103704	0.46300
logprimary	(5, c, t)	0.216252	0.14600	(2, c, t)	0.099263	0.14600
logcarbon	(5, c)	0.982609	0.46300	(3, c)	0.408481	0.46300

* Parantez içinde kullanılan ifadeler gecikme sayısı, sabit terim ve trendi temsil etmektedir.
**Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (1992) kritik değerlerini temsil etmektedir.

Tablo 6: Ng-P Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler		DÜZEY				1. FARK			
		MZa	MZt	MSB	MPT	MZa	MZt	MSB	MPT
loggdp	<i>t değeri*</i> (0, c)	1.2645	1.6413	1.2979	118.68	-25.3945	-3.5398	0.1393	1.0422
	KD**	-8.1000	-1.9800	0.2330	3.1700	-8.1000	-1.9800	0.2330	3.1700
logprimary	<i>t değeri</i> (0, c)	1.6833	3.4112	2.0265	303.056	-9.3001	-2.1555	0.2317	2.6376
	KD**	-8.1000	-1.9800	0.2330	3.1700	-8.1000	-1.9800	0.2330	3.1700
logcarbon	<i>t değeri</i> (1, c)	1.7066	3.3019	1.9348	278.05	-9.1728	-2.1363	0.2329	2.6913
	KD**	-8.1000	-1.9800	0.2330	3.1700	-8.1000	-1.9800	0.2330	3.1700

*Parantez içindeki ifadeler sırasıyla AIC bilgi kriterine gecikme sayısını ve sabit terimi temsil etmektedir.
** %5 güven aralığını temsil eden Kritik değerler Ng-Perron (2001) tablo değerleridir.

3.3. Eşbütünleşme Analizi: Johansen Yöntemi

Yapılan testler sonucunda değişkenler birinci dereceden durağan oldukları için, aralarında uzun dönemli bir ilişkinin bulunup bulunmadığını test edebilmek için Johansen (1988) ve Johansen ve Juselius (1990) tarafından geliştirilen eşbütünleşme yöntemi kullanılmıştır. Zira tek tek alındıklarında durağan olmayan seriler, birlikte ele alındıklarında aralarında uzun dönemli bir ilişkiye sahip olabilmektedirler. Bu nedenle değişkenler durağanlaştırılmadan önce eşbütünleşme testlerine tabi tutulmaları gerekmektedir. Aksi halde değişkenler arasındaki ilişki sahte regresyon özelliği gösterebilmektedir (Kadılar, 2000).

Maksimum olabilirlik yöntemine dayanan bu analiz, özellikle ikiden fazla değişken söz konusu olduğunda çok daha güvenilir sonuçlar vermekte; durağan olmayan serilerde eşbütünleşik vektörlerin sayısı ile bu vektörlerin elemanlarına yönelik hipotez testlerinin yapılmasına imkan tanımaktadır. VAR yöntemine dayalı analizde eşbütünleşme ilişkisi test edilirken *iz (trace)* ve *maksimum özdeğer (maximum eigenvalue)* testleri olarak bilinen iki olabilirlik istatistiği kullanılmakta, hesaplanan değerlerle Johansen ve Juselius (1990) tarafından tablolaştırılan kritik değerler karşılaştırılarak eşbütünleşik vektör sayısı belirlenmektedir. Test istatistiği kritik değerlerden küçük ise yokluk hipotezi kabul edilmektedir.

Bu çerçevede sırasıyla *loggdp*, *logprimary* ve *logcarbon* kısaltmalarıyla temsil edilen gayrisafi yurtiçi hasıla, birincil enerji tüketimi ve karbondioksit değerleri arasındaki eşbütünleşme testi, değişkenlerin trend içerdikleri göz önüne alınarak sabit terim ve trendli olarak yapılmış, test sonuçları Tablo 7'de özetlenmiştir. Tablodan da görüleceği gibi, değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi tespit edilememiş, bu nedenle SVAR analizinde tüm değişkenler birinci farkları alınarak modellenmiştir.

Tablo 7: Johansen Eşbütünleşme Analiz Sonuçları

Hipotez	Eigenvalue	İz (Trace) İstatistiği	Kritik Değer (0,05)	Olasılık**
Eşbütünleşme Yoktur	0.302335	36.86884	42.91525	0.1763
En Fazla Bir Eşbütünleşme Vardır	0.212629	18.50803	25.87211	0.3108
En Fazla İki Eşbütünleşme Vardır	0.116485	6.316207	12.51798	0.4212
Hipotez	Eigenvalue	Özdeğer (Max-Eigen) İstatistiği	Kritik Değer (0,05)	Olasılık**
Eşbütünleşme Yoktur	0.302335	18.36081	25.82321	0.3502
En Fazla Bir Eşbütünleşme Vardır	0.212629	12.19182	19.38704	0.3975
En Fazla İki Eşbütünleşme Vardır	0.116485	6.316207	12.51798	0.4212

*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) olasılık değerleridir.

3.4. Yapısal VAR (SVAR) Modeli Tahmini

VAR modelleriyle yapılan tahminlerden doğru sonuçlar elde edilmesinin en temel koşulu, modelin optimal gecikme sayısının belirlenmesi ve istikrar koşullarının sağlanmasıdır. Eğer gecikme sayısı uygun şekilde belirlenmemişse, modelin serbestlik derecesi ve diğer tanısıl sorunlarla karşılaşmak kaçınılmaz olabilmektedir. Bu nedenle modelin tahmininden önce optimal gecikme sayısı belirlenmiş ve diğer uygunluk testleri yapılmıştır.

Modelin gecikme sayısı Eviews 10 paket programında yer alan gecikme sayısı seçme kriterine göre yapılmış, sonuçlar EK Tablo: 1’de sunulmuştur. Buna göre tahmin edilecek model için en uygun sayısı 1 olarak belirlenmiştir. Ancak 1 gecikme ile yapılan tahmin sonucunda otokorelasyonun yanı sıra, normal dağılım, değişen varyans gibi tanısıl sorunlara rastlandığı için modelin gecikme sayısı artırılarak yeniden tahmin yapılmış ve benzer sorunlarla burada da karşılaşmıştır. Dolayısıyla hiçbir sorun kalmayınca kadar gecikme sayısı artırılmış, tüm sorunların ortadan kalktığı 8 gecikmeli model tahmin edilmiştir.

Tahmin edilen modelin uygunluğunu belirleyebilmek için durağanlık ve otokorelasyon testleri yapılmış, test sonuçları EK Tablo: 2’de gösterilmiştir. Buna göre otoregresif birim kök testiyle sınıadığımız istikrar/durağanlık testi sonucunda tüm karakteristik köklerin birim çember içinde yer aldığı için tahmin edilen VAR sisteminin durağan olduğuna karar verilmiştir (bkz. EK Şekil: 1). Modele ilişkin hata terimlerinin otokorelasyon içerip içermediği Lagrange Çarpan Testiyle kontrol edilmiştir. Boş hipotezin belirtilen gecikmede otokorelasyonun olmadığı şeklinde yapıldığı test sonuçlarına göre, olasılık değeri tüm istatistik değerleri için 8 gecikmeye kadar %5 anlamlılık düzeyinden büyük olduğu için, hata terimleri arasında otokorelasyon olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (bkz. EK Tablo: 2). Son olarak değişen varyans sınaması için White testi ve normal dağılım için Jarque-Bera testleri uygulanmış, burada da olasılık değerleri %5’ten büyük olduğu için değişen varyans sorunu olmadığına ve artık terimlerin normal dağılıma sahip olduklarına karar verilmiştir (bkz. EK Tablo: 3).

Çalışmanın temel amacı, ekonomik büyüme ve birincil enerji tüketiminin karbondioksit salınımı üzerindeki uzun dönemli etkilerini belirlemek olduğu için Blanchard-Quah tipi uzun dönem kısıtlı SVAR modeli benimsenmiştir. Belirlenen kısıtlar çerçevesinde uzun dönem kısıtlı SVAR modeli aşağıdaki gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} dloggdp_t \\ dlogprimary_t \\ dlogcarbon_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11}(L) & 0 & 0 \\ C_{21}(L) & C_{22}(L) & 0 \\ C_{31}(L) & C_{32}(L) & C_{33}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \\ \varepsilon_{3t} \end{bmatrix}$$

Buna göre; büyüme sürecinin farklı dinamiklerden etkilendiği düşüncesinden hareketle, reel gayrisafi yurtiçi hasılanın (GSYH) uzun dönemde sadece kendi şoklarından etkilendiği varsayılmıştır. Ekonomik büyüme gerçekleştikçe, birincil enerji tüketimi artacağı için, birincil enerji tüketiminin hem kendi hem de reel GSYH şoklarından etkilendiği kabul edilmiştir. Nihayet, büyüme ve birincil enerji tüketiminin karbondioksit salınımını nasıl etkilediği temel araştırma sorusu olduğundan, karbondioksit değişkeninin kendi şokları yanı sıra büyüme ve birincil enerji tüketimindeki şoklara maruz kaldığı varsayılmıştır.

Bu çerçevede hesaplanan kısa $[C(0)]$ ve uzun dönem $[C(L)]$ etki-tepki fonksiyonları matris formunda aşağıdaki gibi elde edilmiştir (parantez içindeki terimler bootstrap t değerlerini göstermektedir):

$$C(0) = \begin{bmatrix} 0.1237 & -0.0586 & -0.0088 \\ (5.6104) & (-3.5337) & (-1.6349) \\ 0.0214 & 0.0263 & -0.0134 \\ (2.2328) & (4.7301) & (-2.8091) \\ 0.0194 & 0.0186 & 0.0118 \\ (2.9487) & (3.9145) & (2.9523) \end{bmatrix}$$

$$C(L) = \begin{bmatrix} 0.0918 & 0.0000 & 0.0000 \\ (4.6652) & (0.0000) & (0.0000) \\ 0.0070 & 0.0245 & 0.0000 \\ (0.6494) & (4.2475) & (0.0000) \\ 0.0058 & 0.0239 & 0.0080 \\ (0.5005) & (3.8101) & (3.1306) \end{bmatrix}$$

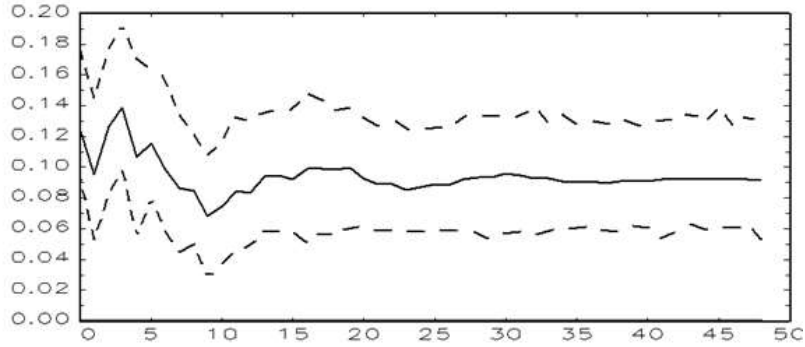
Bu verilere göre, GSYİH kendi şoklarına hem kısa hem de uzun dönemde pozitif yönde tepki verirken, kısa dönem etkileri daha büyüktür. Buna karşın birincil enerji tüketimi ve karbondioksit şokları, büyümeyi kısa dönemde negatif yönde etkilemektedir.

Birincil enerji tüketimi, hem kısa hem de uzun dönemde kendi şoklarından pozitif yönde etkilenmektedir. Bir diğer ifade ile birincil enerji tüketimindeki artışlar, kendi kendisini beslemektedir. Benzer şekilde ekonomik büyümede meydana gelen şoklar, hem kısa hem de uzun dönemde birincil enerji tüketiminde artışa yol açmaktadır, ki bu, beklenen bir sonuçtur. Ancak karbondioksit salınımındaki şoklar birincil enerji tüketiminin kısa dönemde az da olsa azalmasına yol açmaktadır.

Karbondioksit salınımı, tüm değişkenlerde meydana gelecek şoklara hem kısa hem uzun dönemde pozitif yönde tepki vermektedir. Bir başka ifade ile hem kendi hem de birincil enerji tüketimi ve ekonomik büyümede meydana gelecek şoklar, karbondioksit salınımını artırmaktadır. Uzun dönemde karbondioksit salınımındaki artışta en fazla birincil enerji tüketimi rol oynarken (0.0239), ekonomik büyümenin etkisinin kendi şoklarından daha fazla olması (0.0080) dikkat çekmektedir.

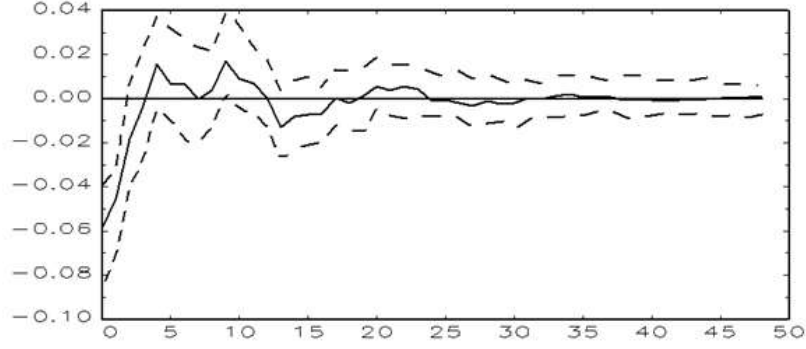
Değişkenler arasındaki bu ilişkiler, etki-tepki fonksiyonları aracılığıyla grafiksel olarak daha net gözlenebilir.

Şekil 1'den görülebileceği gibi, ekonomik büyüme kendi şoklarına pozitif yönde tepki vermekte ve yaklaşık 35-40 yıl sonra yeni denge değerlerine ulaşmaktadır. Bir diğer ifade ile büyüme sürecinde meydana gelen şoklar, sürecin dalgalı bir seyir izlemesine yol açmakla birlikte kalıcı etkiler ortaya koymaktadır.

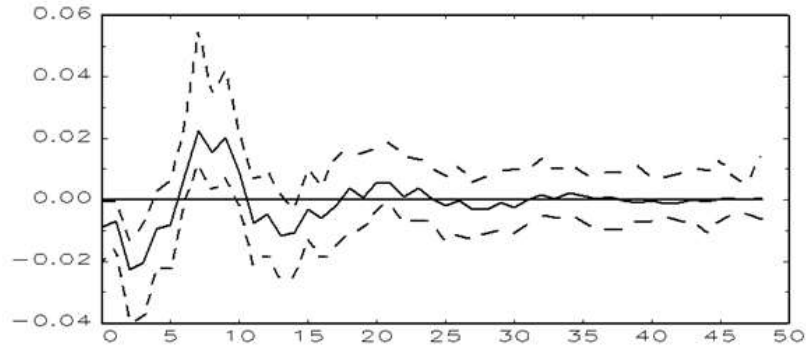


Şekil 1: İktisadi Büyümenin Kendi Şoklarına Birikimli Tepkisi

İktisadi büyümenin, hem birincil enerji tüketimi hem de karbondioksit şoklarına anlık tepkisi negatif olmakla birlikte dalgalı bir seyir izlemekte, her iki şokun etkisi yaklaşık 15 yıl sonra hafifleyerek yok olma eğilimine girmektedir. Bununla beraber, her iki şokun büyümeyi oldukça uzun sayılabilecek bir dönem boyunca etkiliyor olması dikkat çekicidir (Şekil 2 ve Şekil 3).

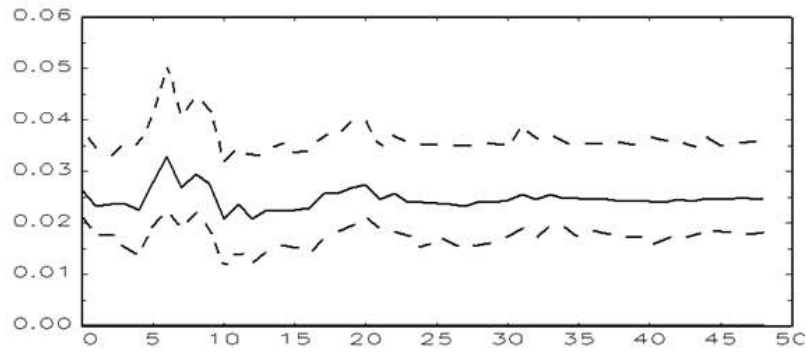


Şekil 2: İktisadi Büyümenin Birincil Enerji Şoklarına Birikimli Tepkisi

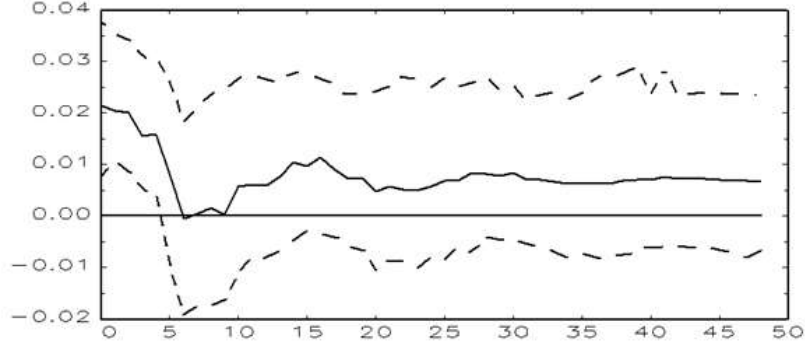


Şekil 3: İktisadi Büyümenin Karbondioksit Şoklarına Birikimli Tepkisi

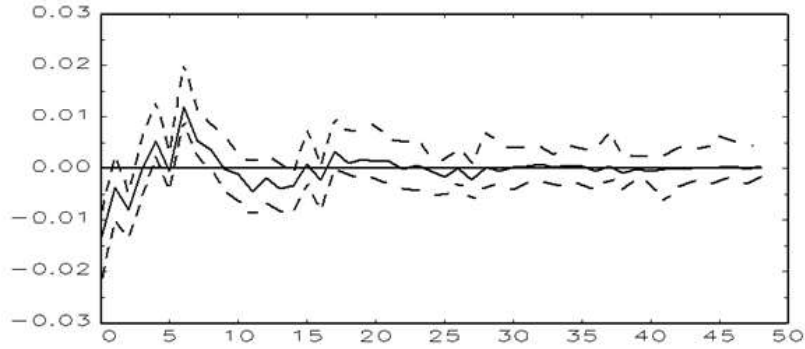
Birincil enerji tüketimi hem kendi hem de büyüme şoklarına pozitif yönde tepki vermektedir ve her iki şokun enerji tüketimi üzerinde kalıcı etkileri bulunmaktadır (Şekil 4 ve Şekil 5). Buna karşılık karbondioksit şoklarına gösterdiği anlık tepki negatif olmakta ve uzun dönemde tamamen ortadan kalkmaktadır. Bir diğer ifade ile karbondioksit şokları, birincil enerji tüketimi üzerinde kalıcı etkilere sahip değildir (Şekil 6).



Şekil 4: Birincil Enerji Tüketiminin Kendi Şoklarına Birikimli Tepkisi

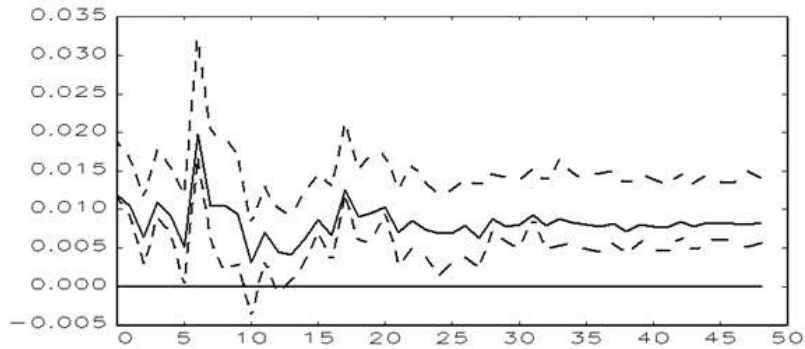


Şekil 5: Birincil Enerji Tüketiminin Büyüme Şoklarına Birikimli Tepkisi

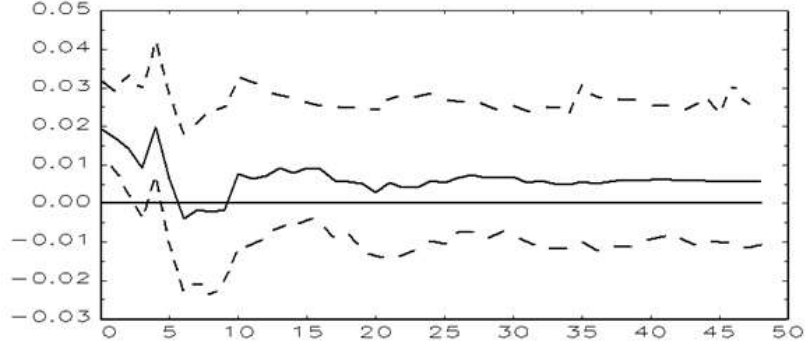


Şekil 6: Birincil Enerji Tüketiminin Karbondioksit Şoklarına Birikimli Tepkisi

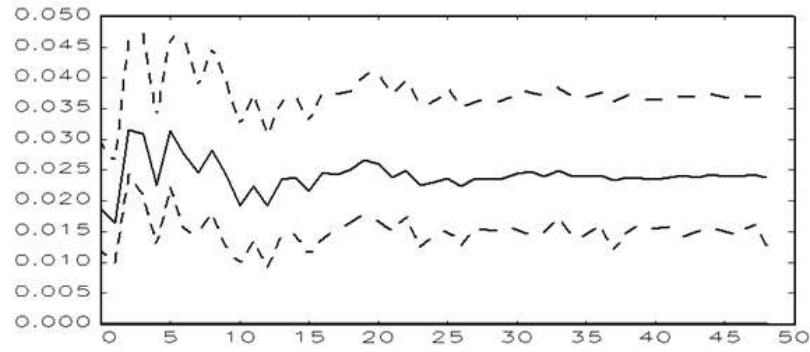
En dikkat çekici sonuçlar, esasen beklenildiği gibi, karbondioksit salınımının şoklara gösterdiği tepkilerde ortaya çıkmıştır. Karbondioksit salınımı tüm şoklara pozitif yönde tepki verirken, tüm şoklar kalıcı etkilere neden olmaktadır (Şekil 7-9). Karbon salınımındaki artışlar kendi kendini besleyici bir etki yaptığı gibi, ekonomik büyüme ve birincil enerji tüketimindeki yükselişler de daha fazla karbon salınımına yol açmaktadır. Tüm şokların kümülatif etkileri birlikte ele alınırsa, ekonomik büyüme sürecinin yol açtığı çevresel tahribatın boyutunun ürkütücü düzeyde olduğu kolaylıkla tahmin edilebilecektir.



Şekil 7: Karbondioksit Salınımının Kendi Şoklarına Birikimli Tepkisi



Şekil 8: Karbondioksit Salınımının Büyüme Şoklarına Birikimli Tepkisi



Şekil 9: Karbondioksit Salınımının Birincil Enerji Tüketimi Şoklarına Birikimli Tepkisi

Etki-tepki fonksiyonlarının ortaya koyduğu sonuçlar, öngörü hatasının varyans ayrıştırması bulgularıyla da desteklenmektedir. Tablo 8'den görülebileceği gibi, ekonomik büyümede görülen dalgalanmaların büyük kısmı kendi şoklarından kaynaklanırken, birincil enerji tüketiminde meydana gelecek şokların payı da yaklaşık %20'ler düzeyindedir. Karbondioksit salınımının payının yüzde 5-6'lar düzeyinde kalması, uzun dönem kısıtlarla ilgili yapılan varsayımların sonucu olarak ele alınabilir. Ancak bu varsayımlara rağmen, özellikle birincil enerji tüketiminin payının hiç de yadsınamayacak düzeyde olması ve karbon salınımının küçük oranlarda da olsa büyümeyi etkilemesi, değişkenler arasındaki ilişkinin varlığı açısından önemli bulgular olarak ele alınmalıdır.

Değişkenler arasındaki ilişkinin varlığı ve gücü, esas olarak birincil enerji tüketimi ve karbon salınımına ait varyans ayrıştırmasında ortaya çıkmaktadır. Zira iktisadi büyümenin birincil enerji tüketimindeki dalgalanmalar üzerindeki etkisi yıllar boyu devam etmekte ve yüzde 30'lar düzeyinde seyretmektedir. Keza ilk yıl itibariyle yüzde 13'lük bir paya sahip olan karbondioksit şokları da enerji tüketimindeki değişmelerde yüzde 30'luk paya sahiptir.

Nihayet etki-tepki fonksiyonlarının da gösterdiği gibi, modelin ortaya koyduğu asıl çarpıcı sonuç karbondioksit salınımındaki değişmelere yöneliktir. Karbon salınımındaki değişmelerin yaklaşık yüzde 75'lik kısmı büyüme ve birincil enerji şoklarından kaynaklanmaktadır. Büyüme süreci ve birincil enerji tüketimi arasındaki karşılıklı etkileşimlerle birlikte değerlendirildiğinde, bu sonuç çok daha vahim bir duruma işaret etmektedir. Zira iktisadi büyüme süreci bir yandan kendisi aracılığıyla diğer yandan enerji tüketimi üzerindeki etkisi aracılığıyla karbon salınımını kalıcı olarak etkilemektedir.

Tablo 8: Öngörü Hatası Varyans Ayrıştırması

Değişkenler	Dönemler	ŞOKLAR		
		Büyüme	Birincil Enerji	Karbondioksit
Büyüme	1	81	18	0
	4	78	21	1
	8	76	20	4
	12	74	20	6
	24	73	21	6
Birincil Enerji Tüketimi	1	35	52	13
	4	31	46	23
	8	30	39	31
	12	30	40	30
	24	30	39	31
Karbondioksit Salınımı	1	44	40	16
	4	35	50	15
	8	40	36	24
	12	40	36	24
	24	38	36	26

SONUÇ

Bu çalışmada ekonomik büyüme ve birincil enerji tüketiminin çevresel etkileri analiz edilmiştir. Bu amaçla büyüme, enerji tüketimi ve karbon salınımı arasındaki ilişkiler uzun dönem kısıtlı yapısal VAR yöntemiyle incelenmiştir. Türkiye'nin 1965-2017 dönemi verileri üzerinde uygulanan ampirik analiz sonucunda, ekonomik büyüme ve birincil enerji tüketiminin karbon salınımı üzerinde pozitif yönde ve kalıcı etkilere sahip olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bunun yanında birincil enerji tüketiminin ekonomik büyümeye göre çevre üzerinde daha büyük bir olumsuz etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bu nokta itibarıyla çalışma, Alper ve Alper'in (2017) büyümenin enerji tüketimine göre çevreyi daha fazla kirlettiği yönündeki bulgusuyla farklılaşmaktadır. Bu farklılık, zikredilen çalışmada kullanılan enerji değişkeninin petrol tüketimi ile sınırlandırılmasından kaynaklanmış olabilir. Buna rağmen elde edilen bulguların, farklı yöntem ve analiz teknikleriyle ulaşılmış olsa da, ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin karbon salınımına neden olduğu şeklinde sonuca ulaşan çalışmaların bulgularıyla örtüşmektedir.

Öte yandan çalışmada ortaya çıkan bir diğer önemli husus, ekonomik büyümenin birincil enerji tüketimi üzerindeki etkileridir. Zira büyüme, enerji tüketimini uzun dönemde pozitif yönde ve kalıcı olarak etkilemektedir. Bu husus, büyümenin hem doğrudan hem de enerji tüketimi aracılığıyla dolaylı olarak karbon salınımını etkilediği göz önüne alındığında, ekonomik büyümenin çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve dolayısıyla sürdürülebilir büyüme açısından son derece önem arz etmektedir: büyüme, hem doğrudan hem dolaylı olarak çevre kirliliğini artırmaktadır. Bu nedenle alternatif enerji kaynaklarının hem üretim hem de tüketimini teşvik edecek politikaların geliştirilmesinin, Türkiye'de sürdürülebilir bir büyüme sürecinin sağlanabilmesi açısından hayati derecede önem taşıdığı düşünülmektedir.

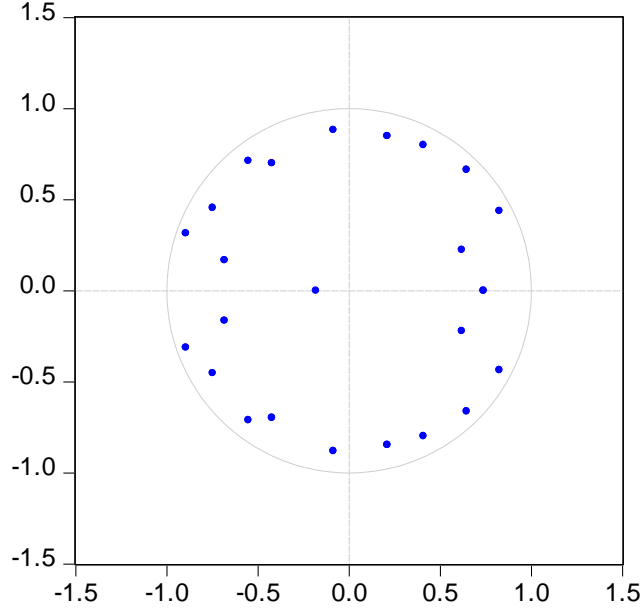
EKLER: Optimal Gecikme Uzunluğu ve Uygunluk Test Sonuçları

EK Tablo:1 Optimal Gecikme Uzunluğu Seçim Kriterleri

Gecikme	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	NA	1.61e-07	-7.127114	-6.886226	-7.037313
1	73.53836*	3.84e-08*	-8.565573*	-7.963352*	-8.341071*
2	2.631895	5.38e-08	-8.236705	-7.273152	-7.877502
3	6.953463	6.66e-08	-8.041219	-6.716333	-7.547315
4	9.086922	7.67e-08	-7.934345	-6.248127	-7.305740
5	2.197559	1.12e-07	-7.612830	-5.565279	-6.849523

6	11.22244	1.15e-07	-7.661727	-5.252844	-6.763720
7	11.03878	1.17e-07	-7.763490	-4.993274	-6.730781
8	6.375013	1.48e-07	-7.699017	-4.567469	-6.531607

Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



EK Şekil: 10. Otoregresif Birim Kök Testi

EK Tablo: 2. Lagrange Çarpan Testi Sonuçları

Gecikme	LM İstatistiği	Olasılık
1	7.120141	0.6278
2	6.867919	0.6539
3	10.30100	0.3307
4	8.317108	0.5063
5	10.98629	0.2806
6	6.621684	0.6793
7	5.413684	0.7988
8	10.11592	0.3452

EK Tablo: 3. Jarque-Bera ve White Testi Sonuçları

Test	X^2	Serbestlik Derecesi	Olasılık
<i>Jarque-Bera</i>	10.07866	6	0.1214
<i>White</i>	221.8936	228	0.6015

KAYNAKLAR

- Akbostancı, E., Türüt-Aşık, S. ve Tunç, İ. (2009). The Relationship between Income and Environment in Turkey: Is there an Environmental Kuznets Curve?. *Energy Policy*, 37(3): 861-867.
- Alper, F. Ö. ve Alper, A. E. (2017). Karbondioksit Emisyonu, Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi İlişkisi: Türkiye İçin Bir ARDL Sınır Testi Yaklaşımı, *Sosyoekonomi*, 25(33): 145-156.

- Altıntaş, H. (2013). Türkiye’de Birincil Enerji Tüketimi Karbondioksit Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Eşbütünlüşme ve Nedensellik Analizi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 8(1): 263-294.
- Amisano, G. & C. Giannini (1997), *Topics in Structural VAR Econometrics*, Second Edition, Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Artan, S., Hayaloğlu, P. ve Seyhan, B. (2015). Türkiye’de Çevre Kirliliği, Dışa Açıklık ve Ekonomik Büyüme İlişkisi, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 13 (1): 308-325.
- Atıcı, C. ve Kurt, F. (2007) “Türkiye’nin Dış Ticareti ve Çevre Kirliliği: Çevresel Kuznets Eğrisi Yaklaşımı”, *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 13(2): 61-69.
- Balibey, M. (2015). Relationship Among CO2 Emissions, Economic Growth and Foreign Direct Investment and the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Turkey. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5(4): 1042-1049.
- Başar, S. ve Temurlenk, M.S. (2007). Çevreye uyarlanmış Kuznets eğrisi: Türkiye üzerine bir uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1), 1-12.
- Bayramoğlu, A. T. ve Yurtkur, A. K. (2016). Türkiye’de Karbon Emisyonu ve Ekonomik Büyüme ilişkisi: Doğrusal Olmayan Eşbütünlüşme Analizi. *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(4): 31-45.
- Bernanke, B. (1986), “An Alternative Explanations of Money-Income Correlation”, NBER Working Papers, No: 1842.
- Blanchard, O. J. & D. Quah (1989), “The Dynamic Effects of Aggregate Demand and Supply Disturbances”, *American Economic Review*, Vol. 79, No: 4, pp. 655-673.
- Bozkurt, C. ve Akan, Y. (2014). Economic Growth, CO2 Emissions and Energy Consumption: The Turkish Case. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(3): 484-494.
- Bozkurt, C. ve Okumuş, İ. (2015). Türkiye’de Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi, Ticari Serbestleşme ve Nüfus Yoğunluğunun CO2 Emisyonu Üzerindeki Etkileri: Yapısal Kırılmalı Eşbütünlüşme Analizi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(32): 23-35.
- Breitung, J., R. Brüggemann & H. Lütkepohl (2004), “Structural Vector Autoregressive Modeling and Impulse Responses”, içinde Lütkepohl, H. & M. Kratzig (Ed.), *Applied Time Series Econometrics*, pp. 159-196.
- Çetin, M. ve Şeker, F. (2014). Ekonomik Büyüme ve Dış Ticaretin Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye için Bir ARDL Sınır Testi Yaklaşımı, *Celal Bayar Üniversitesi İİBF Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 2(21): 213-229.
- Çetin, M. ve Yüksel, Ö. (2018). Türkiye Ekonomisinde Enerji Tüketiminin Karbon Emisyonu Üzerindeki Etkisi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İİBF Dergisi*, 5(2): 169-186.
- Çoban, O. ve Kılınç, N. Ş. (2015). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Karbon Emisyonu İlişkisi: Türkiye Örneği, *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 38(1): 195-208.
- Dam, M. M., Karakaya, E. ve Bulut, Ş. (2013). Çevresel Kuznets Eğrisi ve Türkiye: Ampirik Bir Analiz. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, EYİ Özel Sayısı: 85-95.
- Enders, W. (1995), *Applied Econometric Time Series*, John Wiley and Sons, INC., New York.
- Granger, C.W.J. & P. Newbold (1974), “Spurious Regressions in Econometrics”, *Journal of Econometrics*, Vol: 2, ss 111-120.
- Grossman G. M. ve Krueger A. B. (1991) “Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement”, NBER Working Paper Series, 3914.
- Halicioğlu, F. (2009). An Econometric Study of CO2 Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey. *Energy Policy*, 37(3): 1156-1164.
- Johansen, S. (1988), “Statistical Analysis of Cointegration Vectors”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 12, pp.231-254.
- Johansen, S. & K. Juselius (1990), “Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration wit Application to the Demand for Money”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 52, pp.169-209.
- Kadılar, C. (2000), *Uygulamalı Çok Değişkenli Zaman Serileri Analizi*, H. Ü. Fen Fakültesi İstatistik Bölümü, Ankara.
- Keskingöz, H. ve Karamelikli, H. (2015). Dış Ticaret, Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyümenin CO2 Emisyonu Üzerine Etkisi, *Kastamonu Üniversitesi İİBF Dergisi*, 9: 7-17.
- Koçak, E. (2014), Türkiye’de Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Geçerliliği: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı, *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 2(3): 62-73.
- Kwiatkowski, D., P. C. B. Phillips, P. Schmidt & Y. Shin (1992), “Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root: How Sure Are We that Economic Time Series Have a Unit Root”, *Journal of Econometrics*, Vol. 54, No: 1-3, October-December, pp. 159-178.

- Lebe, F. (2016). Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi: Türkiye için Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 17(2): 177-194.
- Lise, W. (2006). Decomposition of CO2 Emissions Over 1980–2003 in Turkey. *Energy Policy*, 34: 1841-1852.
- Lütkepohl, H. (2005). A New Introduction to Multiple Time Series Analysis, Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Ng, Serena & P. Peron (2001), “Lag Length Selection and the Construction of Unit Root Tests with Good Size and Power”, *Econometrica*, Vol. 69, pp: 1519-1554.
- Özcan, B. (2015). ÇKE hipotezi yükselen piyasa ekonomileri için geçerli mi? Panel veri analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 16(1), 1-14.
- Öztürk, I. ve Acaravcı, A. (2010). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9): 3220-225.
- Öztürk, İ. ve Acaravcı, A. (2013), The Long-run and Causal Analysis of Energy, Growth, Openness and Financial Development on Carbon Emissions in Turkey, *Energy Economics*, 36: 262-267.
- Pata, U. K. (2018a). The Effect of Urbanization and Industrialization on Carbon Emissions in Turkey: Evidence from ARDL Bounds Testing Procedure. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 7740-7747.
- Pata, U. K. (2018b). Renewable Energy Consumption, Urbanization, Financial Development, Income and CO2 Emissions in Turkey: Testing EKC Hypothesis with Structural Breaks, *Journal of Cleaner Production*, 187, 770-749.
- Pata, U. K. and Terzi, H. (2016). The Relationship between Aggregated-Disaggregated Energy Consumption and Economic Growth in Turkey. *Business and Economics Research Journal*, 7(4), 1-15.
- Peron, P. & Serena Ng, (1996), “Useful Modifications to Unit Root Tests with Dependent Errors and Their Local Asymptotic Properties”, *Review of Economic Studies*, Vol. 63, pp. 435-465.
- Phillips, P. C. B. & Perron, P. (1988), “Testing for a Unit Root in Time Series Regression”, *Biometrika*, 75, pp. 335-346.
- Saatçi, M. ve Dumrul, Y. (2011) “Çevre Kirliliği ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisinin Türkiye Ekonomisi için Yapısal Kırılmalı Eş-bütünleşme Yöntemiyle Tahmini”, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Ocak-Haziran 2011(37): 65-86.
- Schwert, G. W. (1989), “Tests for Unit Roots: A Monte Carlo Investigation”, *Journal of Business and Economic Statistics*, 7, pp: 147-160.
- Sims, C. (1980), “Macroeconomics and Reality”, *Econometrica*, Vol. 48, No: 1, January, pp. 1-48.
- Sims, C. (1986), “Are Forecasting Models Usable for Policy Analysis?”, *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*, Winter, pp. 3-16.
- Soytaş, U. ve Sarı, R. (2009). Energy Consumption, Economic Growth, and Carbon Emissions: Challenges Faced by an EU Candidate Member. *Ecological Economics*, 68: 1667-1675.
- Stock, J. H. & M. W. Watson (2001), “Vector Autoregressions”, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 15, No: 4, pp. 101-115.
- Tutulmaz, O. (2015), Environmental Kuznets Curve Time Series Application for Turkey: Why Controversial Results Exist for Similar Models?, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 73-81.
- Uysal, D. ve Yapraklı, H. (2016). Kişi Başına Düşen Gelir Enerji Tüketimi ve Karbondioksit (CO2) Emisyonu Arasındaki İlişkinin Yapısal Kırılmalar Altında Analizi: Türkiye Örneği, *Selçuk Üniversitesi İİBF Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 31: 186-202.
- Yavuz, N. C. (2014). CO2 Emission, Energy Consumption, and Economic Growth for Turkey: Evidence from a Cointegration Test with a Structural Break, *Energy Sources, Part B*, 9: 229-235.
- Yöntem, G. (2013). Ekonomik Büyüme ve Karbon Salınımı Arasındaki İlişkinin Nedensellik Analizi: Türkiye Örneği, <https://www.academia.edu/7213001> web adresinden elde edilmiştir.