

TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR VE YENİLENEMEYEN ENERJİ TÜKETİMİ, EKONOMİK BÜYÜME VE KARBONDİOKSİT SALINIMI ARASINDAKİ İLİŞKİ: BİR SVAR (YAPISAL VAR) ANALİZİ

Prof. Dr. Murat ÇETİN* 

Öğr. Gör. Serhat SEZEN** 

ÖZ

Bu çalışmada yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbondioksit salınımı arasındaki ilişki yapısal VAR (SVAR) analizi ile araştırılmıştır. Türkiye için 1970-2014 dönemlerini kapsayan çalışmada yıllık zaman serileri kullanılarak iki farklı yapısal VAR (SVAR) modeli kurulmuştur. Öncelikle tüm değişkenler birim kök testleriyle sınanmış ve birinci farklarında durağan hale gelmiştir. Değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin varlığını analiz edebilmek için Johansen-Juselius ve Phillips-Ouliaris eşbütünleşme testleri kullanılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar, her iki modelde değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğunu göstermiştir. İki farklı yapısal VAR (SVAR) analizi sonuçları yenilenebilir enerji tüketimindeki şokların karbondioksit salınımını ve kişi başına reel GSYİH'yi azalttığını, buna karşılık yenilenemeyen enerji tüketimindeki şokların hem kişi başına GSYİH'yi hem de karbondioksit salınımını yükselttiğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Yenilenemeyen Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme, Karbondioksit Salınımı, Eşbütünleşme, Yapısal VAR (SVAR)

Jel Kodları: C22, O44, Q56.

THE RELATIONSHIP BETWEEN RENEWABLE AND NONRENEWABLE ENERGY CONSUMPTION, ECONOMIC GROWTH AND CARBON DIOXIDE EMISSIONS IN TURKEY: A SVAR (STRUCTURAL VAR) ANALYSIS

ABSTRACT

In this paper, the relationship between renewable and non-renewable energy consumption, economic growth and carbon dioxide emissions was investigated by structural VAR (SVAR) analysis. Two different structural VAR (SVAR) model using annual time series covering the 1970-2014 period was established for Turkey. Firstly, all the variables were tested by the unit root tests and became

* Namık Kemal Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, mchetin@nku.edu.tr

** Namık Kemal Üniversitesi, Malkara Meslek Yüksekokulu, İşletme Programı, ssezen@nku.edu.tr

stationary in their first differences. The Johansen-Juselius and Phillips-Ouliaris cointegration tests were used to analyze the presence of cointegration relationship between the variables. The results obtained from analyses indicated that there were cointegration relationship between the variables in two models. Two different structural VAR (SVAR) analyzes results revealed that shocks in renewable energy consumption reduced carbon dioxide emissions and per capita real GDP while shocks of non-renewable energy consumption increased both per capita real GDP and carbon dioxide emissions.

Key Words: *Renewable Energy Consumption, Non-Renewable Energy Consumption, Economic Growth, Carbon Dioxide Emissions, Cointegration, Structural VAR (SVAR)*

Jel Codes: *C22, O44, Q56.*

1. GİRİŞ

1900'lü yılların sonlarından itibaren etkisi gitgide artan küresel ısınma ve iklim değişikliği, başta gelişmiş ülkeler olmak üzere tüm dünyanın ilgisini çevre kirliliği ve fosil yakıtlardan elde edilen enerji konularına yöneltti. Bu duruma paralel olarak 1997'de Kyoto Protokolüyle, çevre temizliği ve sürdürülebilirliğinin önemi hem gelişmekte olan ülkeler hem de gelişmiş ülkeler tarafından kabul edildi. Bu protokole göre, sera gazı emisyonu 2008-2012 yılları arasında 1990 yılı seviyesine göre % 5,2 azaltılması hedeflendi. Ayrıca, protokol sera gazlarını, özellikle de karbondioksit emisyonlarını küresel ısınmanın başlıca nedenleri olarak görmüş, karbondioksit emisyonlarının bilinen en kirletici gaz olduğunu ve dünya genelindeki sera gazlarının % 58,8'inden sorumlu olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte protokol, iklim değişikliğine ve artmakta olan enerji talebine en önemli çözümlerden biri olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına işaret etmiştir (IEA, 2011).

Fosil yakıtlardan elde edilen enerjinin çevreye verdiği zararlar ve bu yakıtların yakın bir zamanda tükeneceğinin bilinmesi ülkeleri alternatif enerji kaynaklarını bulmaya yöneltmektedir. Tam bu noktada yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar, dünya genelinde giderek artmaktadır. Bu bağlamda, Türkiye ise, jeotermal, güneş ve rüzgâr başta olmak üzere yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve çeşitliliği oldukça zengin bir ülkedir. Ancak Türkiye, fosil tabanlı enerji kaynaklarına alternatif olabilecek yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarını potansiyelinin altında kullandığı ve değerlendirilemeyen her bir yerli ve yenilenebilir enerji kaynağının aynı zamanda ilave enerji ithalatı, maliyet ve çevre kirliliği oluşturarak büyüme ve çevre üzerinde baskı oluşturmaktadır (Bayrak ve Esen, 2014).

Literatürde yenilenebilir ve/veya yenilenemeyen enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbondioksit salınımı arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların sayısı özellikle petrol krizleri sonrası

artmıştır. Yapılan çalışmalarda kullanılan veri setine, incelenen döneme ve yöntemlere göre farklılık gösterdiğinden ortak bir fikir birliğine varılamadığı görülmektedir.

Apergis, Payne, Menyah ve Rufael (2010), 1984-2007 dönemleri arasında 19 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke için karbondioksit salınımı, nükleer enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel hata düzeltme modelini kullanarak açıklamaya çalıştıkları çalışmalarında, uzun dönemde nükleer enerji tüketimi ile karbondioksit salınımı arasında negatif bir ilişki olduğu ancak yenilenebilir enerji tüketimi ile karbondioksit salınımı arasında beklentilerin aksine pozitif bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca kısa dönemde nükleer enerji tüketiminin karbondioksit salınımını azaltılmasında önemli bir rolü olmasına rağmen yenilenebilir enerji tüketiminin karbondioksit salınımının azaltılmasında etkisi olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Öztürk ve Acaravcı (2010), 1968-2005 dönemleri arasında Türkiye’de karbondioksit salınımı, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi (ARDL) sınır testi ve Vektör hata düzeltme modeli (VECM) yöntemlerini kullanarak açıklamaya çalıştıkları çalışmalarında, değişkenlerin eşbütünlük olduğu yani uzun dönemde birlikte dengeye geldikleri sonucuna ulaşmışlardır.

Azgun (2011), 1968-2008 dönemi arasında toplam elektrik tüketimi ile reel gayri safi yurtiçi hasıla arasındaki ilişkiyi Yapısal Vektör Otoregresif (SVAR) yöntemiyle incelediği araştırmasında, reel gayri safi milli hasıladaki şokların elektrik tüketiminde dalgalanmalara neden olduğu ve özellikle endüstriyel elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin aşırı derecede zayıf olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Hatzigeorgiou, Polatidis, ve Haralambopoulos (2011), 1977-2007 dönemleri arasında Yunanistan’da ekonomik büyüme, enerji yoğunluğu ve karbondioksit salınımı arasındaki ilişkiyi Johansen eşbütünlük ve Granger nedensellik testleriyle açıklamaya çalıştıkları çalışmalarında, değişkenlerin eşbütünlük oldukları yani uzun dönemde birlikte dengeye geldikleri, ayrıca ekonomik büyümeden karbondioksit salınımına tek yönlü bir nedenselliğin olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Shahbaz, Zeshan ve Shabbir (2011), 1971-2010 dönemi arasında Pakistan’da yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbondioksit salınımı arasındaki ilişkiyi Yapısal Vektör Otoregresif (SVAR) yöntemiyle inceledikleri çalışmalarında, yenilenemeyen enerji tüketimindeki artış kısa dönemde GSYİH’ı yükseltse de bu enerji kaynağının kullanımı karbondioksit salınımında %87’lik bir paya sahip olduğu, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının karbondioksit salınımını düşürdüğü ancak ekonomik faaliyetleri yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı kadar artırmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Shahbaz vd., (2011), 1980-2008 dönemleri arasında Romanya’da yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbondioksit salınımı arasındaki ilişkiyi Yapısal Vektör

Otoregresif (SVAR) yöntemiyle inceledikleri çalışmalarında, ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında pozitif bir ilişki olduğunu ve yenilenemeyen enerji tüketimi ile de karbondioksit salınımı arasında pozitif güçlü bir korelasyon olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Silva, Soares ve Pinho (2012), 1960-2004 dönemini kapsayan çalışmalarında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla elektrik üretiminin, ekonomik büyüme ve karbondioksit salınımına etkilerini dört farklı ülkenin verilerini kullanarak Yapısal Vektör Otoregresif (SVAR) yöntemiyle incelemişler ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla elde edilen elektrik üretiminin karbondioksit salınımında belirgin düşüslere neden olduğunu, ayrıca ABD dışındaki diğer üç ülkede yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların kişi başı GSYİH açısından ekonomik maliyetlerinin yükseldiği sonucuna ulaşmışlardır.

Tuğcu, Öztürk ve Aslan (2012), 1980-2009 dönemleri arasında yedi gelişmiş ülkede yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını (ARDL) yöntemiyle inceledikleri çalışmalarında, uzun dönemde yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde önemli etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Jebli ve Youssef (2015), 1980-2009 dönemleri arasında Tunus’da kişi başına karbondioksit salınımı, GSYİH, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi (ARDL) sınır testi, vektör hata düzeltme modeli (VECM) ve Granger nedensellik yöntemlerini kullanarak açıklamaya çalıştıkları çalışmalarında, GSYİH, karbondioksit salınımı ve yenilenemeyen enerjiden yenilenebilir enerjiye kısa dönemde tek yönlü nedenselliğin olduğu, uzun dönemde ise yenilenemeyen enerjinin karbondioksit salınımı üzerinde etkili olduğu ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbondioksit salınımını azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Maslyuk ve Dharmaratna (2013), 1980-2010 dönemi arasında Asya kıtasında yer alan 11 gelişmekte olan ülkede ekonomik büyüme, karbon dioksit salınımı ve toplam elektrik üretimindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının payı arasındaki ilişkileri Yapısal Vektör Otoregresif (SVAR) yöntemiyle inceledikleri çalışmalarında, gelişmekte olan ülkelerin pek çoğunda özellikle ilk yıllarda ekonomik büyüme ile çevre sürdürülebilirliği arasında ters yönlü bir ilişkinin olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Akay, Abdieva ve Oskonbaeva (2015), 1988-2010 dönemleri arasında Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkeleri için yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbondioksit salınımı arasındaki dinamik nedensellik ilişkisini Panel nedensellik ve Panel VAR (PVAR) yöntemiyle açıklamaya çalıştığı çalışmalarında, ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında çift yönlü bir nedensellik olduğu, karbondioksit salınımından yenilenebilir enerjiye doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğu,

ayrıca yenilenebilir enerji tüketiminin karbondioksit salınımını azaltıcı bir etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Büyükyılmaz ve Mert (2015), 1960-2010 dönemleri arasında Türkiye’de karbondioksit salınımı, kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başı gayri safi milli hasıla arasındaki ilişkiyi (MS-VAR) yöntemiyle incelemişler, yapılan çalışma ile modelde yer alan değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığı ve değişkenler arasında karşılıklı bir nedenselliğin olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Farhani (2015), 1975-2008 dönemleri arasında 12 MENA ülkesinde yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbondioksit salınımı arasında nedensellik ilişkisini panel eşbütünleşme tekniğini kullanarak incelediği çalışmasında, değişkenler arasında kısa dönemde yenilenebilir enerji tüketiminden karbondioksit salınımına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğunu belirtmiş, uzun dönemde ise ekonomik büyüme ve karbondioksit salınımından yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin olduğu sonucuna ulaşmıştır. Panel FMOLS ve DOLS yöntemi sonuçlarına göre ise sadece karbondioksit salınımının yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde etkisinin olduğunu ifade etmiştir.

Saidi ve Mbarek (2015), 1990-2013 dönemleri arasında dokuz gelişmiş ülke için dinamik panel verileri kullanarak nükleer enerji tüketimi, karbondioksit salınımı, yenilenebilir enerji ve kişi başına reel GSYİH arasındaki nedensellik ilişkisini araştırdıkları çalışmalarında, yenilenebilir enerji tüketiminden kişi başına reel GSYİH’ya doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu, uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketimi ile kişi başına reel GSYİH arasında çift yönlü bir nedenselliğin olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Spetan (2016), 1986-2012 dönemleri arasında Ürdün’de yenilenebilir enerji tüketimi, karbondioksit salınımı ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini araştırmış ve bu araştırma da eşbütünleşme testi ve panel vektör hata düzeltme yöntemlerini kullandığı araştırmasında, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında uzun dönemli denge ilişkisinin olduğu, ayrıca panel hata düzeltme modeline göre de yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında kısa dönemde tek yönlü nedenselliğin olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Sugiawan ve Managi (2016), 1971-2010 dönemleri arasında Endonezya’da yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi, ekonomik büyüme ve karbondioksit salınımı arasındaki ilişkiyi Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi altında ARDL yöntemiyle inceledikleri çalışmalarında, uzun dönemde hipotezin geçerli olduğu ve karbondioksit salınımının azaltılması için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır.

Irandoost (2016), 1975-2012 dönemleri arasında 4 kuzey ülkesinde yenilenebilir enerji tüketimi, teknolojik yenilik, ekonomik büyüme ve karbondioksit salınımı arasındaki ilişkiyi Vektör Otoregresif

(VAR) yönteminden yararlanarak Granger nedensellik analizini kullandıkları çalışmalarında, incelenen 4 ülkede yenilenebilir enerji tüketiminden karbondioksit salınımlarına çift yönlü nedensellik, ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine ise tek yönlü nedenselliğin olduğunu ifade etmişlerdir.

Gökmenoğlu ve Taşpınar (2016), 1974-2010 dönemleri arasında Türkiye’de karbondioksit salınımı, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve doğrudan yabancı yatırımlar değişkenlerini kullanarak Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini Toda-Yamamoto nedensellik testiyle inceledikleri çalışmalarında, enerji tüketimi ile karbondioksit salınımı arasında çift yönlü nedensel bir ilişkinin olduğu, ayrıca ekonomik büyüme ve enerji tüketiminden doğrudan yabancı yatırıma ve ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru nedensel bir ilişki olduğunu ifade etmişlerdir.

Liu, Zhang ve Bae (2017), 1970-2013 dönemleri arasında Güneydoğu Asya Ülkeleri Birliği (ASEAN) 4 ülkede kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketiminin karbondioksit salınımı üzerindeki etkilerini Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerliliğini Granger nedensellik, panel OLS, FMOLS ve DOLS yöntemlerini kullanarak inceledikleri araştırmalarında, bu dört ülkede kişi başına karbondioksit salınımı ile reel GSYİH arasındaki ters U-şekilli Kuznets hipotezini reddetmişler, uzun dönemde yenilenemeyen enerjinin karbondioksit salınımlarında olumlu bir etkisi olduğunu, ayrıca kişi başına karbondioksit salınımı ile hem yenilenebilir hem de yenilenemeyen enerji tüketimi arasında iki yönlü Granger nedensellik olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Aydın ve Esen (2017), 1971-2014 yılları arasında Türkiye ekonomisine ait verileri kullanarak kişi başına düşen karbondioksit (CO₂) emisyonu ile kişi başına GSYH arasındaki ilişkiyi doğrusal olmayan Smooth Transition Regression (STR) modeliyle inceledikleri çalışmada, çevre kirliliğinin ekonomik gelişimin ilk aşamalarında ekonomik büyüme ile birlikte artma eğiliminde olduğu; ancak belirli bir eşik seviyesinin aşılmasının ardından artış hızının yavaşladığı ama azalmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın bulguları, Türkiye’deki gelir düzeyi ve çevre kirliliği arasındaki ilişkinin birçok faktöre bağlı olduğunu ve bu nedenle ekonomik büyümenin tek başına çevresel sorunları çözemediğini ortaya koymaktadır.

Chiu (2017), 1971-2010 yılları arasında 99 ülkede kişi başına düşen karbondioksit emisyonu, kişi başına reel GSYH ve enerji arasındaki ilişkiyi doğrusal olmayan Panel Smooth Transition Regression (PSTR) modeliyle inceledikleri çalışmada, başlangıçta reel gelir arttıkça karbondioksit emisyonunun da arttığı; ancak daha sonra bu artış hızının yavaşladığı, karbondioksit emisyonları için Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Wang, Hao ve Yao (2017), 1995-2015 yılları arasında Çin’de kişi başına düşen karbondioksit (CO₂) emisyonu ile kişi başına reel GSYH arasındaki ilişkiyi doğrusal olmayan Panel Smooth Transition Regression (PSTR) modeliyle inceledikleri çalışmada, ekonominin gelişmesiyle birlikte, kişi

başına düşen karbondioksit (CO₂) emisyonunun mutlak miktarda arttığı; ancak bu artış hızının giderek yavaşladığı sonucuna ulaşılmıştır.

2. EKONOMETRİK MODEL VE METODOLOJİ

2.1. Model ve Veri Seti

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemeyen enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbondioksit salınımı arasındaki ilişki Türkiye ekonomisi kapsamında iki farklı Yapısal VAR (SVAR) analizi kullanılarak açıklanmaya çalışılacaktır. Çalışmada yer alan değişkenlere ilişkin veriler 1970-2014 dönemine ait yıllık zaman serileridir. Verilen değişkenler dikkate alınarak aşağıdaki gibi iki farklı ekonometrik model oluşturulmuştur:

$$\ln CO_2 = \beta_0 + \beta_1 \ln REN + \beta_2 GDP + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\ln CO_2 = \beta_0 + \beta_1 \ln EN + \beta_2 GDP + \varepsilon_t \quad (2)$$

Yukarıdaki modellerin oluşturulmasında Sugiawan ve Managi (2016), Jebli ve Youssef (2015) çalışmalarında kullanmış oldukları denklemler dikkate alınmıştır. Bu iki denklemde CO₂ kişi başına karbondioksit salınımını (metrik ton), REN yenilenebilir enerji tüketimini (toplam enerji tüketiminin yüzdesi olarak), EN, kişi başına enerji tüketimini (petrol eş değeri kg olarak), GDP kişi başına reel GSYİH (2010 sabit ABD Doları olarak)'yı ifade etmektedir. ε_t ise normal dağılımlı, ortalaması sıfır ve varyansı sabit olan hata terimini ifade etmektedir. Ayrıca tüm değişkenlerin doğal logaritmaları alınmıştır. β_0 , modeldeki sabit terimi, β_i , $i = 1,2$ parametreleri modelde yer alan her bir bağımsız değişkenin elastikiyetlerini göstermektedir. Çalışmada yer alan tüm değişkenlere ait veriler Dünya Bankasından alınmıştır.

Tablo 1: Değişkenlerin Tanımlanması

Değişkenler	Açıklama	Kaynak
lnCO ₂	Karbondioksit Salınımını (metrik ton, kişi başına)	Dünya Bankası
lnREN	Yenilenebilir Enerji Tüketimi (toplam enerji tüketiminin %)	Dünya Bankası
lnEN	Yenilenemeyen Enerji Tüketimini (petrol ve eşdeğeri kg, kişi başına)	Dünya Bankası
lnGDP	Kişi başına reel GSYİH (kişi başına, sabit 2010)	Dünya Bankası

Çalışmada yer alan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler ve korelasyon matrisi aşağıda Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Tanımlayıcı İstatistikler ve Korelasyon Matrisi (Zaman Serisi: 1970-2014)

İstatistikler/Değişkenler	lnCO ₂	lnREN	lnGDP	lnEN
Ortalama	0.957022	2.489972	8.857870	6.875579
Medyan	1.002381	2.598012	8.837768	6.883963
Maksimum	1.502182	3.490127	9.496423	7.368592
Minimum	0.200983	1.075430	8.347833	6.257896
Standart Sapma	0.359612	0.705510	0.316467	0.304828
Çarpıklık	-0.261037	-0.484157	0.296082	-0.095496

Basıklık	1.977974	2.070446	2.054911	2.014089
Jargue-Bera	2.469562	3.378190	2.332220	1.890934
Olasılık	0.290898	0.184687	0.311577	0.388498
Gözlem Sayısı	45	45	45	45
lnCO ₂	1	-0.959346	0.977404	0.996279
lnREN	-0.959346	1	-0.991297	-0.973839
lnGDP	0.977404	-0.991297	1	0.987411
lnEN	0.996279	-0.973839	0.987411	1

2.2. Birim Kök Testleri

Zaman serilerini içeren çalışmalarda serilerin birim kök içerip içermediklerini yani durağan olup olmadıklarını belirleyebilmek ve hangi düzeyde durağan olduklarını göstermek amacıyla geliştirilmiş pek çok durağanlık testi vardır. Çalışmada yer alan değişkenlere ilişkin durağanlık analizlerinde uygulamada çok sık kullanılmakta olan ADF ve PP testlerine yer verilmiştir.

2.3. Eşbütünleşme Testi

Eşbütünleşme analizi, seriler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığının belirlenebilmesi amacıyla yapılmaktadır. Eşbütünleşme analizinde, serilerin aynı düzeyde durağan olması koşuluyla aralarında bir eşbütünleşme olabileceği söylenmektedir.

Eşbütünleşme literatürüne ilişkin çok sayıda yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar arasında çalışmalarda en sık kullanılanlar, Engle-Granger (1987), Johansen-Juselius (1990) ve Phillips-Ouliaris (1988) testleridir. Bu çalışmada değişkenler arasındaki uzun dönemli bir denge ilişkisinin var olup olmadığı Johansen-Juselius (1990) ve Phillips-Ouliaris (1988) yöntemleriyle incelenmiştir.

2.4. SVAR Analizi

Ekonomik analiz ve öngörü için kullanılan VAR yöntemleri arasında önemli farklar bulunmaktadır. Şayet yalnız öngörü ile ilgileniyorsak, hata terimlerinin unsurları önemli değildir. Yapısal VAR'ların amacı ekonomik teoriyi kullanarak bozucu terimlerden (u_{1t}, u_{2t}) yapısal yenilikleri keşfetmektir (Kutlar, 2017:11).

Sims ve Bernanke (1986)'nın amacı ekonomik analizleri kullanarak yenilikleri model haline dönüştürmektir. Bu yöntemi anlamak için hata terimleri ile yapısal yenilikleri n değişkenli VAR modelinde ele alınabilir; birinci mertebe n değişkenli modeli,

$$\begin{bmatrix} 1 & \beta_{12} & \beta_{13} & \dots & \beta_{1n} \\ \beta_{21} & 1 & \beta_{23} & \dots & \beta_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \beta_{n1} & \beta_{n2} & \beta_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{1t} \\ x_{2t} \\ \cdot \\ x_{nt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{10} \\ \beta_{20} \\ \cdot \\ \beta_{n0} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \gamma_{13} & \dots & \gamma_{1n} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \gamma_{23} & \dots & \gamma_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \gamma_{n3} & \dots & \gamma_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{1t-1} \\ x_{2t-1} \\ \cdot \\ x_{nt-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \\ \cdot \\ e_{nt} \end{bmatrix} \quad (3)$$

şeklinde. Daha yoğun olarak;

$$Bx_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 x_{t-1} + e_t \quad (4)$$

olur ve daha önce ele alındığı gibi x_t ,

$$x_t = B^{-1}\Gamma_0 + B^{-1}\Gamma_1 x_{t-1} + B^{-1}e_t \quad (5)$$

biçiminde elde edilebilir. EKK metodu kullanılarak varyans/kovaryans matrisi;

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \dots & \sigma_{nn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Σ matrisindeki her eleman $\sigma_{ii} = \left(\frac{1}{T}\right) \sum u_{1t} u_{jt}$ değerini içerir. Σ matrisi simetrik olduğundan, $(n^2 + n)/2$ eleman içerir. Sonuç olarak bir tahmin edilen VAR da yapısal modeli tahmin etmek için, yapısal modele $(n^2 - n)/2$ kadar sınırlama gereklidir. Yukarıdaki sistemde Choleski ayrışması (bozulması) ile sınırlamayı hesaplamak için diyagonal prensibine göre bütün elemanlar sıfır olmalıdır (Kutlar, 2017:12).

3. AMPİRİK BULGULAR

Yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemeyen enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin karbondioksit salınımı üzerindeki etkilerinin analiz edebilmesi amacıyla öncelikle değişkenlerin durağan olup olmadıkları ADF ve PP birim kök testleri ile incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 3 ve Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 3: ADF ve PP Birim Kök Test Sonuçları (Düzey Değerleri)

Değişkenler		ADF TESTİ t-istatistiği	PP TESTİ t-istatistiği
lnREN	Sabit Terimli	2.830444	2.549080
	Trendli-Sabitli	-1.038499	-0.717779
lnEN	Sabit Terimli	-1.355706	-1.367775
	Trendli-Sabitli	-2.416084	-2.416084
lnGDP	Sabit Terimli	0.461611	0.493773
	Trendli-Sabitli	-1.959686	-2.110789
lnCO ₂	Sabit Terimli	-1.695994	-1.753283
	Trendli-Sabitli	-3.368956	-3.431754

Birim kök testleri düzey değerleri sonuçlarına bakıldığında, tüm değişkenlerin düzeyde durağan olmadıkları görülmektedir. Bu nedenle değişkenlerin 1. farkları alınıp durağanlık durumları tekrar incelenecektir.

Tablo 4: ADF ve PP Birim Kök Test Sonuçları (Birinci Farklar)

Değişkenler		ADF TESTİ t-istatistiği	PP TESTİ t-istatistiği
lnREN	Sabit Terimli	-6.416894*	-6.416685*
	Trendli-Sabitli	-6.849418*	-9.175256*
lnEN	Sabit Terimli	-6.218670*	-6.217031*
	Trendli-Sabitli	-6.210213*	-6.204071*
lnGDP	Sabit Terimli	-6.267166*	-6.266961*
	Trendli-Sabitli	-6.303287*	-6.298551*
lnCO ₂	Sabit Terimli	-6.218263*	-6.358764*
	Trendli-Sabitli	-6.224821*	-6.359976*

*,** işaretleri sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde değişkenlerin anlamlılığını göstermektedir.

Birim kök testleri birinci farkları sonuçlarına bakıldığında, farkları alınan tüm değişkenlerin durağan hale geldikleri görülmektedir. Birim kök analizi sonuçları, tüm değişkenlerin aynı düzeyde durağan I(1) olduğunu göstermiş ve bu sebeple de değişkenler arasında bir eşbütünlüğün yani uzun dönemli bir ilişkinin olabileceği düşünülebilir. Bu nedenle daha önce verilmiş olan iki modele ilişkin ayrı ayrı eşbütünlük analizi yapılacaktır.

Eşbütünlük analizi için öncelikle her bir model için optimal gecikme uzunluğu belirlenmelidir. Her iki model için optimal gecikme uzunluğunun belirlenmesinde VAR modelinden yararlanılmaktadır. Buna göre; her iki model için optimal gecikme uzunlukları aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 5: VAR Modeliyle Optimal Gecikme Sayılarının Belirlenmesi

Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyümenin Karbondioksit Salınımı Üzerindeki Etkisi Modeli İçin					
Gecikme	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	NA	2.72e-06	-4.299780	-4.174397	-4.254122
1	253.2568	4.51e-09	-10.70553	-10.20400*	-10.52290*
2	14.14776	4.65e-09	-10.68262	-9.804937	-10.36302
3	20.14316*	3.84e-09	-10.89338	-9.639542	-10.43680
4	14.05241	3.75e-09*	-10.95622*	-9.326240	-10.36267

Tablo sonuçları incelendiğinde, LR değerinin 3. gecikme, FPE ve AIC değerlerinin 4. gecikme, SC ve HQ değerlerinin ise 1. gecikme için minimum değerler verdiği görülmektedir. Bu sonuçlara göre uygun gecikmenin belirlenmesinde SC kriteri dikkate alınarak ilk model için 1 gecikme kullanılmasının uygun olacağına karar verilmiştir.

Tablo 6: VAR Modeliyle Optimal Gecikme Sayılarının Belirlenmesi

Yenilenemeyen Enerji ve Ekonomik Büyümenin Karbondioksit Salımları Üzerindeki Etkisi Modeli İçin					
Gecikme	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	NA	1.03e-07	-7.575812	-7.450428	-7.530154
1	198.8559*	7.41e-10*	-12.51127*	-12.00974*	-12.32864*
2	11.75689	8.20e-10	-12.41804	-11.54035	-12.09843
3	2.618145	1.19e-09	-12.06347	-10.80964	-11.60689
4	5.522662	1.58e-09	-11.82168	-10.19170	-11.22813

Tablo sonuçları incelendiğinde, tüm kriterler için minimum gecikme sayısının 1 olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre de ikinci model için de uygun gecikmenin 1 olacağına karar verilmiştir.

Tablo 7: Eşbütünlük Testi Sonuçları (1. Model)

Panel A: Johansen Eşbütünlük Testi				
Hipotez	İz İstatistiği	Kritik Değer (%5)	Maximum Öz Değer İstatistiği	Kritik Değer (%5)
R=0	45.54852	29.79707***	32.40270	21.13162***
R≤1	13.14612	15.49471	12.46189	14.26460
R≤2	0.684229	3.841466	0.684229	3.841466
Panel B: Phillips-Ouliaris Eşbütünlük Testi				
LCO ₂	Tau İstatistiği	Olasılık Değeri	Z İstatistiği	Olasılık Değeri
LCO ₂	-4.196550	0.0750*	-25.78569	0.0615*

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyesinde istatistiksel anlamlılığı gösterir.

Tablo sonuçları incelendiğinde hem İz istatistiğinde hem de Maximum Öz Değer istatistiğinde 1 tane eşbütünlük vektörünün olduğu yani 1 tane eşbütünlük ilişkisinin var olduğu söylenebilir. Benzer şekilde Phillips-Ouliaris tau ve z istatistiği sonuçlarına göre de değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin var olduğu söylenebilir.

Tablo 8: Eşbütünlük Testi Sonuçları (2. Model)

Panel A: Johansen Eşbütünlük Testi				
Hipotez	İz İstatistiği	Kritik Değer (%5)	Maximum Öz Değer İstatistiği	Kritik Değer (%5)
R=0	37.05312	35.19275**	21.47168	22.29962
R≤1	15.58144	20.26184	9.478103	15.89210
R≤2	6.103334	9.164546	6.103334	9.164546
Panel B: Phillips-Ouliaris Eşbütünlük Testi				
LCO ₂	Tau İstatistiği	Olasılık Değeri	Z İstatistiği	Olasılık Değeri
LCO ₂	-3.617437	0.0958*	-20.99396	0.0706*

Tablo sonuçları incelendiğinde İz istatistiğinde 1 tane eşbütünleşme vektörünün olduğu yani 1 tane eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu söylenebilir. Benzer şekilde Phillips-Ouliaris tau ve z istatistiği sonuçlarına göre de değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin var olduğu söylenebilir.

Değişkenlerin durağan olup olmadıklarının sınanması, her iki model için en uygun gecikme uzunluklarının hesaplanması ve yine her iki model için eşbütünleşme ilişkisinin araştırılmasından sonra SVAR analizine geçilebilir. Kurulan modellerde yer alan değişkenlerin şoklar karşısında verdikleri tepkileri belirlemek için öncelikle SVAR modeli uzun dönem çarpan matris sonuçları verilecek daha sonra da etki-tepki analizi ve varyans ayrıştırması yapılacaktır. Ayrıca her iki modele ilişkin otokorelasyon ve değişen varyans sorunu olup olmadığı araştırılacaktır. Buna göre aşağıda öncelikle her iki modele ilişkin SVAR uzun dönem çarpan matrisi sonuçları verilmektedir.

Tablo 9: SVAR Uzun Dönem Çarpan Matrisi (1. Model)

	Katsayı	Standart Hata	Z-İstatistiği	Olasılık
C(1)	0.064794	0.006987	9.273618	0.0000
C(2)	-0.030111	0.005933	-5.075148	0.0000
C(3)	-0.034118	0.007477	-4.563204	0.0000
C(4)	0.032562	0.003511	9.273618	0.0000
C(5)	0.023096	0.006014	3.840627	0.0001
C(6)	0.035894	0.003871	9.273618	0.0000

Matrisin satırları değişkenleri, sütunları ise şokların değişkenler üzerinde yarattığı etkileri göstermektedir. Çarpan matrisindeki katsayılar ise şu şekilde ifade edilmektedir.

C(1) : Yenilenebilir enerji tüketiminin yenilenebilir enerji tüketimi şoklarına tepkisini

C(2) : Kişi başına reel GSYİH'nın yenilenebilir enerji tüketimi şoklarına tepkisi

C(3) : Karbondioksit salınımının yenilenebilir enerji tüketimi şoklarına tepkisi

C(4) : Kişi başına reel GSYİH'nın kişi başına reel GSYİH şoklarına tepkisi

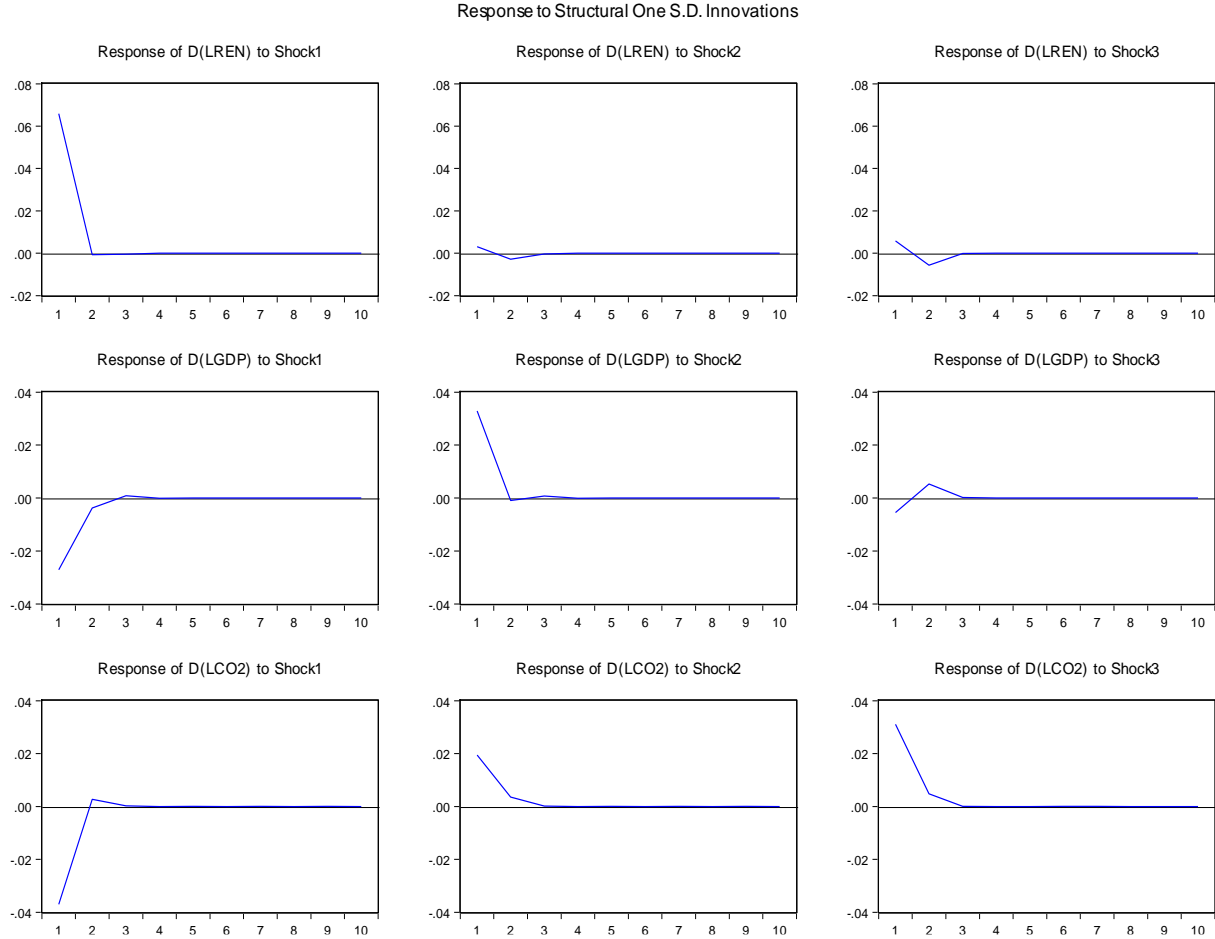
C(5) : Karbondioksit salınımının kişi başına reel GSYİH şoklarına tepkisi

C(6) : Karbondioksit salınımının karbondioksit salınımı şoklarına tepkisini göstermektedir.

Uzun dönem çarpan matrisinin katsayıları yorumlanmamakla birlikte, katsayıların anlamlılıkları ve işaretleri şokların etkileri hakkında fikir vermektedir. Katsayıların anlamlılıkları incelendiğinde; tamamının istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Ayrıca değişkenler arasındaki ilişkiler incelendiğinde; kişi başına reel GSYİH ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında iktisadi beklentilere aykırı olarak ters yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak da analizde incelenen döneme ilişkin kullanılmış olan veri setinden kaynaklı olabileceği söylenebilir.

Değişkenler arasındaki ilişkileri etki tepki grafiklerinden yararlanarak da inceleyebiliriz. Etki tepki fonksiyonu; bir değişkendeki bir standart sapmalılık şoka karşılık olarak diğer değişkenin nasıl tepki vereceğini göstermektedir.

Şekil 1: SVAR Modeli Etki Tepki Grafikleri (1. Model)



Analizdeki etki-tepki fonksiyonları, Cholesky Ayrıştırmasının yerine Yapısal Ayrıştırma ile elde edilmiştir. Buna göre; grafikler incelendiğinde, yenilenebilir enerji tüketimindeki bir standart sapmalılık şoka yenilenebilir enerji tüketimi azalarak da olsa iki dönem boyunca pozitif yönde tepki vermiş ve daha sonra şokun etkisi anlamlılığını yitirmiştir. Yine yenilenebilir enerji tüketimindeki şoka karşılık olarak gerek kişi başına reel GSYİH gerekse karbondioksit salınımı değişkenleri negatif yönde tepki vermiş ve daha sonra şokun etkisi anlamlılığını yitirmiştir. Burada karbondioksit salınımı değişkeninin verdiği tepki beklentilere uygun olarak çıkmış olmakla birlikte kişi başına reel GSYİH değişkeninin verdiği tepkinin iktisadi beklentilere aykırı olduğu ancak bu durumun da incelenen döneme ilişkin kullanılmakta olan veri setinden kaynaklanmış olabileceği söylenebilir. Grafikler incelenmeye devam ettiğinde; kişi başına reel GSYİH'daki bir standart sapmalılık şoka karşılık karbondioksit salınımının tepkisi azalmakla birlikte iki dönem boyunca pozitif yönde olmakta ve şokun etkisi daha sonra anlamlılığını yitirmektedir.

Etki tepki analizinden sonra, bir değişkende yaşanan bir şokun ne kadarlık kısmının diğer değişkenler tarafından kaynaklandığını yüzdelik olarak gösteren varyans ayrıştırması yönteminden yararlanılabilir. Buna göre ilk modele ilişkin varyans ayrıştırması tablo sonuçları aşağıda verilmiştir.

Tablo 10: Varyans Ayrıştırma Tablosu (1. Model)

Dönem	D(LREN)			D(LGDP)			D(LCO ₂)		
	D(LREN)	D(LGDP)	D(LCO ₂)	D(LREN)	D(LGDP)	D(LCO ₂)	D(LREN)	D(LGDP)	D(LCO ₂)
1	98.99	0.22	0.77	39.84	58.54	1.61	50.53	13.94	35.52
2	98.08	0.40	1.50	39.70	57.26	3.02	50.01	14.18	35.80
3	98.08	0.40	1.50	39.71	57.25	3.03	50.01	14.18	35.80
4	98.08	0.40	1.50	39.71	57.25	3.03	50.01	14.18	35.80
5	98.08	0.40	1.50	39.71	57.25	3.03	50.01	14.18	35.80
6	98.08	0.40	1.50	39.71	57.25	3.03	50.01	14.18	35.80
7	98.08	0.40	1.50	39.71	57.25	3.03	50.01	14.18	35.80
8	98.08	0.40	1.50	39.71	57.25	3.03	50.01	14.18	35.80
9	98.08	0.40	1.50	39.71	57.25	3.03	50.01	14.18	35.80
10	98.08	0.40	1.50	39.71	57.25	3.03	50.01	14.18	35.80

Tablo sonuçları incelendiğinde; 1. dönemde yenilenebilir enerji tüketimindeki değişimin yaklaşık % 99'lük kısmının kendisinden kaynaklandığı, % 0.22'lik kısmının kişi başına reel GSYİH şoklarından, % 0.77'lik kısmının da karbondioksit salınımı şoklarından kaynaklandığı görülmektedir ve bu durum 10. Dönemin sonuna kadar büyük ölçüde aynı kalmıştır. Yine 1. dönemde kişi başına reel GSYİH'daki değişimin % 39.84'lük kısmı yenilenebilir enerji tüketimi şoklarından, % 58.54'lük kısmı kendisinden ve % 1.61'lik kısmı karbondioksit salınımı şoklarından kaynaklandığı ve bu durumda büyük ölçüde değişmeden 10. dönemin sonuna kadar devam ettiği görülmektedir. Son olarak karbondioksit salınımında 1. dönemdeki değişimin % 50.53'lük kısmı yenilenebilir enerji tüketimi şokundan, % 13.94'lük kısmı kişi başına reel GSYİH şokundan ve % 35.52'lik kısmı da kendisinden kaynaklandığı ve bu durumda diğerleri gibi 10. dönemin sonuna kadar devam ettiği söylenebilir.

Çalışmanın buraya kadar ki kısmında yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başına reel GSYİH değişkenlerinin karbondioksit salınımı üzerindeki etkileri SVAR analiziyle araştırılmış ve yapılan etki tepki fonksiyonları ve varyans ayrıştırması yöntemlerine ilişkin sonuçlar tablolar ve grafikler yardımıyla açıklanmaya çalışılmıştır. Çalışmanın bundan sonra ki kısmında aynı analiz ve beraberinde kullanılan yöntemlerle yenilenemeyen enerji tüketimi ve kişi başına reel GSYİH değişkenlerinin karbondioksit salınımı üzerindeki etkileri araştırılıp yine tablolar ve grafikler yardımıyla açıklanmaya çalışılacaktır.

Tablo 11: SVAR Uzun Dönem Çarpan Matrisi (2. Model)

	Katsayı	Standart Hata	Z-İstatistiği	Olasılık
C(1)	0.044454	0.004794	9.273618	0.0000
C(2)	0.033769	0.005715	5.908971	0.0000
C(3)	0.051392	0.005928	8.669682	0.0000
C(4)	0.028882	0.003114	9.273618	0.0000
C(5)	0.001398	0.002099	0.666080	0.5054
C(6)	0.013727	0.001480	9.273618	0.0000

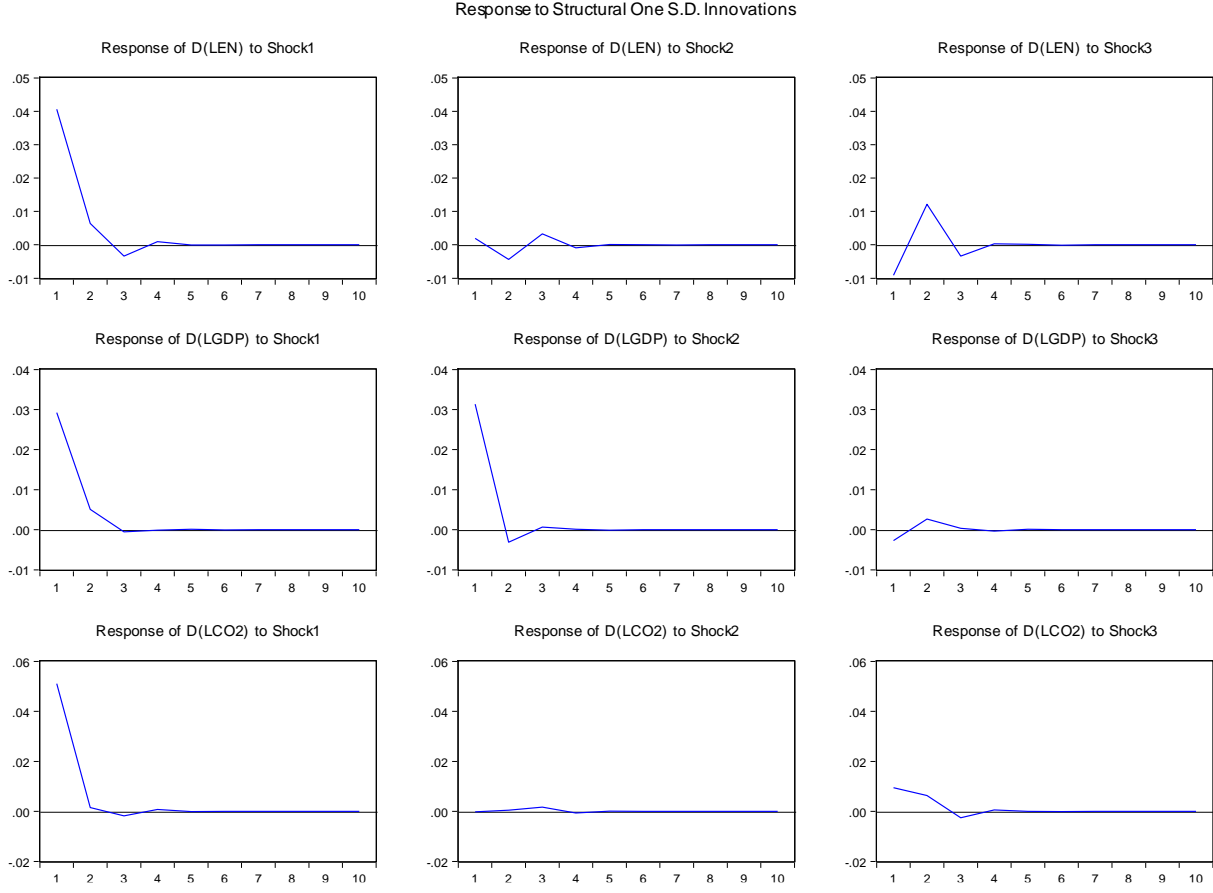
Matrisin satırları değişkenleri, sütunları ise şokların değişkenler üzerinde yarattığı etkileri göstermektedir. Çarpan matrisindeki katsayılar ise şu şekilde ifade edilmektedir.

- C(1) : Yenilenemeyen enerji tüketiminin yenilenemeyen enerji tüketimi şoklarına tepkisini
C(2) : Kişi başına reel GSYİH'nın yenilenemeyen enerji tüketimi şoklarına tepkisi
C(3) : Karbondioksit salınımının yenilenemeyen enerji tüketimi şoklarına tepkisi
C(4) : Kişi başına reel GSYİH'nın kişi başına reel GSYİH şoklarına tepkisi
C(5) : Karbondioksit salınımının kişi başına reel GSYİH şoklarına tepkisi
C(6) : Karbondioksit salınımının karbondioksit salınımı şoklarına tepkisini göstermektedir.

Bundan önceki modelde bulunan sonuçlarda belirtildiği üzere, uzun dönem çarpan matrisinin katsayıları yorumlanmamaktadır. Ancak bununla birlikte bulunan sonuçlara ilişkin katsayıların anlamlılıkları ve işaretleri şokların etkileri hakkında fikir vermektedir. Katsayıların anlamlılıkları incelendiğinde; karbondioksit salınımının kişi başına reel GSYİH şoklarına verdiği tepkiyi gösteren değişkenin istatistiki olarak anlamsız çıktığı görülmektedir. Ayrıca değişkenlerin işaretleri incelendiğinde; şoklara karşı verilen tepkilerin iktisadi beklentilere uygun olduğu görülmektedir.

Çalışmada daha önce analizi yapılan modelde olduğu gibi bu modele ilişkin de değişkenler arasındaki ilişkileri yine etki tepki grafiklerinden yararlanarak açıklayabiliriz.

Şekil 2: SVAR Modeli Etki Tepki Grafikleri (2. Model)



Grafikler incelendiğinde, yenilenemeyen enerji tüketimindeki bir standart sapmalılık şoka yenilenemeyen enerji tüketimi azalarak da olsa iki dönem boyunca pozitif yönde tepki vermiş ve daha sonra 3. dönemde tepki negatife dönmekle birlikte 4. dönemde az da olsa tekrar yükselişe geçmiş ve sonra da etkisi anlamlılığını yitirmiştir. Yine yenilenemeyen enerji tüketimindeki şoka karşılık olarak gerek kişi başına reel GSYİH gerekse karbondioksit salınımı değişkenleri gitgide azalarak da olsa 2. dönemin sonuna kadar pozitif yönde tepki vermişler ve daha sonra şokun etkisi anlamlılığını yitirmiştir. Burada hem kişi başına reel GSYİH değişkeni hem de karbondioksit salınımı değişkeninin verdiği tepki iktisadi beklentilere uygun olarak çıkmıştır. Grafikler incelenmeye devam ettiğinde; kişi başına reel GSYİH'daki bir standart sapmalılık şoka karşılık karbondioksit salınımının tepkisi 2. dönemde az da olsa pozitif yönde olmakla birlikte 3. dönemin sonunda şokun etkisi anlamlılığını yitirmiştir. Yine karbondioksit salınımındaki bir standart sapmalılık şoka yenilenemeyen enerjinin tepkisi 1. dönemde negatif olmuş ama tepki 2. dönemde pozitive dönmüş ve 3. dönemde tekrar negatife dönerek dalgalı bir seyir izleyerek daha sonra anlamlılığını yitirmiştir.

Etki tepki analizinden sonra önceki modelde olduğu gibi bir değişkende yaşanan bir şokun ne kadarlık kısmının diğer değişkenler tarafından kaynaklandığını yüzdelik olarak gösteren varyans

ayrıştırması yöntemi kullanılacaktır. Buna göre ikinci modele ilişkin varyans ayrıştırması tablo sonuçları aşağıda verilmiştir.

Tablo 12: Varyans Ayrıştırma Tablosu (2. Model)

Dönem	D(LEN)			D(LGDP)			D(LCO ₂)		
	D(LEN)	D(LGDP)	D(LCO ₂)	D(LEN)	D(LGDP)	D(LCO ₂)	D(LEN)	D(LGDP)	D(LCO ₂)
1	94.97	0.20	4.81	46.33	53.26	0.40	96.71	0.00	3.28
2	86.97	1.16	11.85	46.65	52.58	0.76	95.26	0.00	4.72
3	86.06	1.69	12.24	46.65	52.58	0.76	94.94	0.11	4.94
4	86.03	1.73	12.23	46.64	52.57	0.77	94.91	0.13	4.94
5	86.03	1.73	12.23	46.64	52.57	0.77	94.91	0.13	4.94
6	86.02	1.73	12.23	46.64	52.57	0.77	94.91	0.13	4.94
7	86.02	1.73	12.23	46.64	52.57	0.77	94.91	0.13	4.94
8	86.02	1.73	12.23	46.64	52.57	0.77	94.91	0.13	4.94
9	86.02	1.73	12.23	46.64	52.57	0.77	94.91	0.13	4.94
10	86.02	1.73	12.23	46.64	52.57	0.77	94.91	0.13	4.94

Tablo sonuçları incelendiğinde; 1. dönemde yenilenemeyen enerji tüketimindeki değişimin yaklaşık % 95’lik kısmının kendisinden kaynaklandığı, % 0.20’lik kısmının kişi başına reel GSYİH şoklarından, % 4.81’lik kısmının da karbondioksit salınımı şoklarından kaynaklandığı görülmektedir. Ancak bu durum 10. Dönemin sonuna gelindiğinde karbondioksit salınımindaki şokların yenilenemeyen enerji tüketimindeki değişimin % 12.23’lük kısmını açıklayacak kadar arttığı görülmektedir. Kişi başına reel GSYİH’deki değişimin ise 1. dönemde % 46.33’lük kısmının yenilenemeyen enerji şoklarından kaynaklandığı, % 53.26’lık kısmının ise kendisinden kaynaklandığı görülmekte ve karbondioksit salınımı şoklarının etkisinin % 0.40 olduğu görülmektedir. Bu değerler 10. dönemin sonuna kadar önemli ölçüde değişmeden aynı kalmıştır. Karbondioksit salınımindaki değişimin ise 1. dönemde % 96.71’lik kısmı yenilenemeyen enerji tüketimi şoklarından kaynaklandığı ve % 3.28’lik kısmının ise kendisinden kaynaklandığı görülmüş ve bu sonuçlar 10. dönemin sonuna kadar büyük ölçüde aynı kalmıştır.

Çalışmanın bu kısmında her iki modele ilişkin yapılan analizlerin sonuçlarının güvenilirliği açısından her iki modelin hata terimlerine ait testlerin yapılması gerekmektedir. Bu nedenle her iki modelde otokorelasyon ve değişen varyans sorunu olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla Otokorelasyon-LM ve White Değişen varyans testleri yapılacaktır. Yapılan bu testlere ilişkin sonuçlar aşağıda tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13: Otokorelasyon-LM Testi ve White Değişen Varyans Testi Sonuçları

Otokorelasyon-LM Testi Sonuçları					
Gecikme	1. Model		2. Model		Olasılık
	LM-İstatistiği	Olasılık	LM-İstatistiği	Olasılık	
1	11.66496	0.2329	3.466313	0.9429	
2	12.16990	0.2039	3.686749	0.9308	
White Değişen Varyans Testi Sonuçları					
Ki-Kare	1. Model		2. Model		Olasılık
	df	Olasılık	Ki-Kare	df	
29.32050	36	0.7770	35.83057	36	0.4766

Olasılık değerleri incelendiğinde, tahmin edilen her iki modelde de hem otokorelasyon hem de değişen varyans sorununun olmadığı görülmektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemeyen enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbondioksit salınımı arasındaki ilişki, yapısal VAR (SVAR) analizi ile araştırılmıştır. Türkiye için 1970-2014 dönemlerini kapsayan çalışmada yıllık zaman serileri kullanılarak iki farklı yapısal VAR (SVAR) modeli kurulmuştur. Çalışmada yapısal VAR modeline geçilmeden önce modellerde yer alan tüm değişkenler birim kök testleriyle sınanarak düzeyde durağan olmayan değişkenlerin farkları alındıktan sonra durağan hale geldiği görülmüştür. Çalışmada yer alan tüm değişkenlerin aynı mertebeden durağan olması, değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin olabileceğine işaret ettiğinden her iki model içinde Johansen-Juselius ve Phillips-Ouliaris eşbütünleşme testleri uygulanmış ve yapılan testler sonucunda her iki modelde değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu, yani değişkenlerin uzun dönemde birlikte dengeye geldikleri görülmüştür.

Çalışmanın bu kısmından sonra yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbondioksit salınımı arasındaki ilişkiyi araştırmak için kurulan yapısal VAR (SVAR) analizi ve beraberinde etki-tepki analizi ile varyans ayrıştırması uygulanmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre, önsel beklentilere uygun olarak yenilenebilir enerji tüketimindeki şokların karbondioksit salınımını azaltmaktadır. Buna karşılık beklentilere aykırı olarak yenilenebilir enerji tüketimindeki şokların kişi başına reel GSYİH'yı azalttığı da etki-tepki analizinde görülmektedir. Beklentilere aykırı olarak gerçekleşen bu durum; kullanılan veri seti, incelenen dönem ya da uygulanan yöntemden kaynaklanmaktadır. Ayrıca aynı analize göre kişi başına reel GSYİH'daki şoka karşılık olarak karbondioksit salınımının arttığı görülmekte ve bu durum bize incelenen dönem açısından Türkiye ekonomisinde ekonomik büyümenin çevre kirliliğini de beraberinde getirdiğine işaret etmektedir.

Yenilenemeyen enerji tüketiminin modele dâhil edildiği ikinci modelde ise, yenilenemeyen enerji tüketimindeki şokların hem kişi başına GSYİH'ı hem de karbondioksit salınımını yükselttiği görülmektedir. Bu durumda ilk modelin bize işaret ettiği gibi incelenen dönemde yenilenemeyen enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi önemli ölçüde katkı sağladığını diğer bir deyişle, enerji ihtiyacının önemli bir kısmının fosil yakıtlardan temin edildiğine işaret etmektedir. Bu bulgular önsel beklentiler doğrultusunda iktisadi faaliyetlerin karbondioksit salınımını artırdığını göstermektedir.

Enerjide büyük ölçüde dışa bağımlı olan Türkiye, üretim yapmak için ihtiyacı olan petrol ve doğalgaz gibi enerji kaynaklarının büyük bir kısmını ithal ederek karşılamaktadır. Bu durumun cari açığı, dövize olan ihtiyacı, bütçe açığını ve üretim maliyetlerini artırmanın yanı sıra, üretim sürecinin her aşamasında kullanılan temel bir girdi ve refah düzeyinin yükselmesi için çıktı olarak tüketilen bu fosil tabanlı yakıtların atmosferdeki karbondioksit miktarının önemli ölçüde artmasına da sebebiyet vermektedir. Diğer bir deyişle, bu tür enerji kaynaklarının kullanımının artması, havadaki oksijen miktarını gitgide azaltmakta ve dolayısıyla insan sağlığına zarar vermektedir. Atmosferdeki karbondioksit miktarının artması aynı zamanda küresel ısınma ve iklim değişikliğine sebebiyet vererek küresel yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir.

21. yüzyılda ülkelerin gelişmişlik düzeylerine ve sahip oldukları üretim yapılarına göre farklı olmakla birlikte, ekonomilerin enerjiye olan ihtiyaçları her geçen gün artmaktadır. Ancak enerji ihtiyacının fosil yakıtlar olarak adlandırılan yenilenemeyen enerji kaynaklarından sağlamaya çalışmak da açık bir şekilde çevre kirliliğine yol açmakta ve insan sağlığına zarar vermektedir. İşte tam bu noktada ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yaparak hem enerji ihtiyaçlarını kendi potansiyelleriyle karşılamış olacak hem de çevreyi kirletmeden ve insan sağlığına zarar vermeden daha sağlam adımlarla ekonomik büyümeyi gerçekleştireceklerdir.

KAYNAKÇA

Akay, E. Ç., Abdieva, R. ve Oskonbaeva, Z. (2015) “Yenilenebilir Enerji Tüketimi, İktisadi Büyüme ve Karbondioksit Emisyonu Arasındaki Nedensel İlişki: Orta Doğu ve Kuzey Afrika Ülkeleri Örneği”, International Conference On Eurasian Economies.

Apergis, N., Payne, J. E., Menyah, K. ve Rufael, Y. W. (2010) “On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth”, Ecological Economics Journal, 69(11): 2255-2260.

Aydin, C. ve Esen, Ö. (2017) “The Validity of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Co2 Emissions in Turkey: New Evidence from Smooth Transition Regression Approach”, Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 14(39): 101-116.

- Azgun, S. (2011) “A Structural VAR Analysis of Electrical Energy Consumption and Real Gross Domestic Product: Evidence from Turkey”, *International Journal of Economics and Finance*, 3(5): 161-169.
- Bayrak, M. ve Esen, Ö. (2014) “Türkiye’nin Enerji Açığı Sorunu ve Çözümüne Yönelik Arayışlar”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 28(3): 139-158.
- Bernanke, B. S. (1986) “Alternative explanations of the money-income correlation”, *Carnegie-rochester conference series on public policy*, Elsevier, 25(1): 49-99.
- Büyükyılmaz, A. ve Mert, M. (2015) “CO₂ Emisyonu, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin MS-VAR Yaklaşımı İle Modellenmesi: Türkiye Örneği”, *Zeitschrift für die Welt der Türken Journal of World of Turks*, 7(3): 103-117.
- Chiu, Y. B. (2017) “Carbon dioxide, income and energy: Evidence from a non-linear model”, *Energy Economics*, 61: 279-288.
- Engle, R. F. ve Granger, W.J. (1987) “Cointegration and error correction: Representation, estimation, and testing”, *Econometrica*, 55: 251-276.
- Farhani, S. (2015) “Renewable Energy Consumption, Economic Growth and CO₂ emissions: Evidence from selected MENA countries”, *IPAG Working Paper Series*, 1(2): 24-41.
- Gökmenoğlu, K. ve Taşpınar, N. (2016) “The relationship between Co₂ emissions, energy consumption, economic growth and FDI: the case of Turkey”, *The Journal of International Trade & Economic Development*, 25(5): 706–723.
- Hatzigeorgiou, E., Polatidis, H. ve Haralambopoulos, D. (2011) “CO₂ emissions, GDP and energy intensity: A multivariate cointegration and causality analysis for Greece, 1977–2007”, *Applied Energy Journal*, 88: 1377–1385.
- IEA (2011) “CO₂ Emissions From Fuel Combustion: IEA Statistics”, https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2011_WEB.pdf, (29.03.2018).
- Irandoost, M. (2016) “The renewable energy-growth nexus with carbon emissions and technological innovation: Evidence from the Nordic countries”, *Ecological Indicators*, 69: 118–125.
- Jebli, M. B. ve Youssef, S. B. (2015) “The environmental Kuznets curve, economic growth, renewable and non-renewable energy, and trade in Tunisia”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47: 173–185.

- Johansen, S. ve Juselius, K. (1990) “Maximum likelihood estimation and inferences on cointegration”, Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 52(2): 169-210.
- Kutlar, A. (2017) “E.Views ile Uygulamalı Çok Denklemlili Zaman Serileri”, Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Liu, X., Zhang, S. ve Bae, J. (2017) “The impact of renewable energy and agriculture on carbon dioxide emissions: Investigating the environmental Kuznets curve in four selected ASEAN countries”, Journal of Cleaner Production, 164: 1239-1247.
- Maslyuk, S. ve Dharmaratna, D. (2013) “Renewable Electricity Generation, CO2 Emissions and Economic Growth: Evidence from Middle-Income Countries in Asia”, Estudios De Economia Aplicada, 31(1): 217-244.
- Öztürk, İ. ve Acaravcı, A. (2010) “CO2 emissions, energy consumption and economic growth in Turkey”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(9): 3220-3225.
- Phillips, P. C. ve Oualiaris S. (1988) “Testing for Cointegration Using Principal Component Methods”, Journal of Economics Dynamic and Control, 12(2): 205-230.
- Saidi, K. ve Mbarek, M. B. (2016) “Nuclear energy, renewable energy, CO2 emissions, and economic growth for nine developed countries: Evidence from panel Granger causality tests”, Progress in Nuclear Energy, 88: 364-374.
- Shahbaz, M., Zeshan, M. ve Shabbir, M. S. (2011) “Renewable and Nonrenewable Energy Consumption, Real GDP and CO2 Emissions Nexus: A Structural VAR Approach in Pakistan”, Munich Personal RePEc Archive, Paper No. 34859.
- Silva, S., Soares, I. ve Pinho, C. (2012) “The Impact of Renewable Energy Sources on Economic Growth and CO2 Emissions - a SVAR approach”, European Research Studies, 15: 133-144.
- Sims, C. (1986) “Are forecasting models usable for policy analysis”, Federal Reserve Bank Minneapolis, 10(1): 2-16.
- Spetan, K. (2016) “Renewable Energy Consumption, CO2 Emissions and Economic Growth: A Case of Jordan”, International Journal of Business and Economics Research, 5(6): 217-226.
- Sugiawan, Y. ve Managi, S. (2016) “The environmental Kuznets curve in Indonesia: Exploring the potential of renewable energy”, Energy Policy, 98: 187-198.
- Tuğcu, C. T., Öztürk, I. ve Aslan, A. (2012) “Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Growth Relationship Revisited: Evidence from G7 Countries”, Energy Economics, 34(6): 1942-1950.



Wang, Z. X., Hao, P. ve Yao, P. Y. (2017) “Non-Linear Relationship Between Economic Growth and CO2 Emissions in China: An Empirical Study Based On Panel Smooth Transition Regression Models”, *International Journal of Enviromental Research and Public Health*, 10: 1-11.