

TÜRKİYE'DE SEKTÖR-KAYNAK BAZINDA ENERJİ YAPISININ DOĞRUSAL OLMAYAN YÖNTEMLERLE ANALİZİ¹

Analysis of Energy Structure in Sector-Resource with Nonlinear Methods in Turkey

Gönderim Tarihi / Received: 25.12.2019

Kabul Tarihi / Accepted: 04.02.2020

Doi: <https://doi.org/10.31795/baunsobed.664765>

Kumru TÜRKÖZ*
Utku UTKULU**

ÖZ: Bu çalışmada 1970-2017 döneminde Türkiye'de sektörlerin katma değer yaratma sürecinde ihtiyaç duydukları enerjinin yoğunluklu olarak hangi kaynaklardan sağlandığı tespit edilerek, bu kaynaklardan sağlanan enerji miktarlarının doğrusallık ve durağanlık yapıları incelenmiştir. Doğrusalsızlık testlerinden Brock, Dechert ve Scheinkman (BDS) test istatistiği sonuçları, sektörlerde kaynak bazında kullanılan enerjinin doğrusal bir yapı sergilemediğini ve doğrusal olmayan birim kök testlerinden Kapetanios, Shin ve Snell (KSS) test sonuçları ise kaynakların durağan bir yapı sergilemediğini göstermiştir. Bu sonuçlar kapsamında kaynak bazında tespit edilen durağan olmayan yapıya yapısal kırılmaların mı neden olduğu Clemente-Montañes-Reyes (CMR) (1998) birim kök testi ile araştırılmıştır. Ampirik bulgular; değişkenlerin yapısal kırılmalarla birlikte birim kök içerdiğini ve kaynak bazında kırılmaların farklı yapısal değişim dönemlerinde meydana geldiğini göstermiştir. Bu sonuçlar, enerji tüketiminde meydana gelen herhangi bir şokun kalıcı olduğunu gösterdiğinden geçmiş dönemler baz alınarak oluşturulan enerji talep yönetimi politikalarının daha kalıcı bir etkisi olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sektörel Enerji Yapısı, Doğrusalsızlık Testi, Durağanlık Testi.

ABSTRACT: In this study, firstly it is determined from which sources the energy that the sectors need in the production process is provided and investigate to stationary-linearity forms of these sources in Turkey in the period of 1970-2017. The results of the BDS test

¹ Bu çalışma, Prof. Dr. Utku UTKULU danışmanlığında Arş. Gör. Kumru TÜRKÖZ tarafından hazırlanan "Yenilenebilir Enerji Arzının Modellenmesi: Türkiye için Sektörel Bir Analiz" adlı doktora tez çalışmasından türetilmiştir. Çalışma etik kurul izni gerektiren çalışmalar arasına yer almamaktadır.

* Arş. Gör., Balıkesir Üniversitesi/İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi/İktisat Bölümü/İktisat Teorisi A.B.D., kumru.turkoz@balikesir.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-0640-4212>

** Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi/İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi/İktisat Bölümü/Uluslararası İktisat A.B.D., utku.utkulu@deu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-8419-0598>

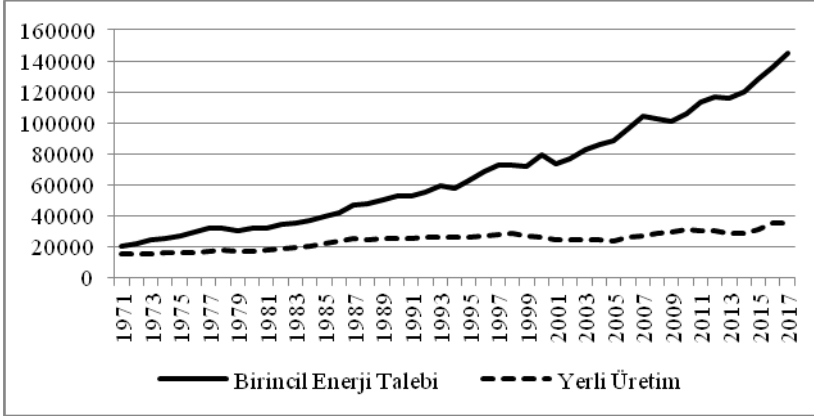
statistics, which is one of the non-linearity tests, showed that the energy used on the basis of resources in the sectors does not exhibit a linear structure. On the other hand, KSS test results, which is one of the non-linear unit root tests, showed that the sources do not exhibit a stationary structure. Whether structural breaks are caused to non-stationary structures was investigated by CMR (1998) unit root test. Empirical findings shown that the variables contain unit root with structural breaks and the breaks on the basis of source occur at different periods of structural change. Since these results will cause any shock in energy consumption to be permanent, it is thought that energy demand management policies created based on past periods may have a more permanent effect.

Keywords: Sectoral Energy Structure, Nonlinearity Test, Stationary Test.

GİRİŞ

Hızla artan nüfus ve kentleşmenin yanı sıra Türkiye’de hızlı gelişim gösteren diğer bir alan da sanayileşmedir. Tarıma dayalı ekonomi anlayışının yerine sanayi sektörüne dayalı bir ekonomi anlayışının benimsenmesiyle ortaya çıkan sosyoekonomik yapıdaki değişim nüfus ve kentleşmeyle birlikte enerji talebinin giderek artan boyutlara ulaşmasına yol açmaktadır. Şekil 1’de yer verildiği gibi özellikle tarım-sanayi dönüşümünün hız kazandığı 1970’li yıllardan itibaren Türkiye’de her dönemde birincil enerji talebi yerli üretimin üzerinde seyretmektedir. Burada temel problem; artan enerji talebinin ülkenin yerli enerji kaynaklarından üretilen enerji miktarı ile karşılanamamasından kaynaklanmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) Genel Enerji Dengesi Tabloları verilerine göre; 1970 yılında 18.872 bin ton petrol eşdeğeri (btep) olan birincil enerji talebi 2017 yılına gelindiğinde 145.305 btep’e ulaşırken, 1970 yılında 14.516 btep olan yerli kaynaklardan üretilen enerji miktarı, 2017 yılına gelindiğinde yalnızca 35.357 btep olmuştur. Söz konusu bu dönemde tüketim yaklaşık 8 kat artarken, yerli üretim sadece 2,4 kat artmıştır. Dolayısıyla Türkiye yerli ve yenilenebilir kaynaklarla karşılayamadığı bu enerji talebini karşılayabilmek amacıyla dış kaynaklara başvurmakta, bu ise ülkeyi enerji konusunda dışa bağımlı hale getirmektedir.

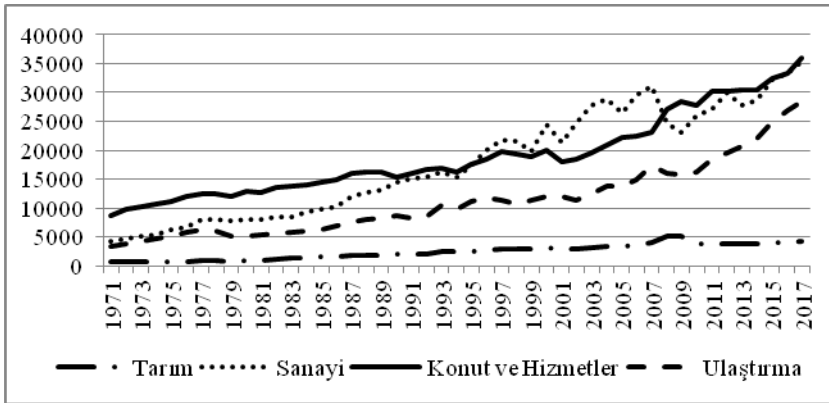
Şekil 1: Türkiye’de Birincil Enerji Arz ve Talebinin Gelişimi (btep)



Kaynak: (ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları 1971-2017)

2000’li yılların başından itibaren tarım ve sanayinin payının görece olarak azaldığı, hizmetler sektörünün payının arttığı yapısal dönüşüm sektör bazında bir birim üretim yapmak için gerekli olan enerji miktarlarının da farklılaşmasına yol açmıştır. Burada sektör bazındaki enerji yapısını daha ayrıntılı olarak inceleyebilmek amacıyla; tarım, sanayi, hizmetler sektörü yanında konut sektörü ve ulaştırma sektörü de ele alınmıştır. Ancak ETKB Genel Enerji Dengesi verilerinde konut sektöründeki enerji verileri hizmet sektörü ile birlikte verildiğinden bu kalem konut ve hizmetler sektörü olarak incelenmiştir.

Şekil 2: Türkiye’de Sektörlerin Enerji Tüketimi Eğilimleri (btep)



Kaynak: (ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları 1971-2017)

Şekil 2’de Türkiye’de sektörlerin üretim süreçlerinde kullanmış oldukları enerjilerin genel eğilimlerine yer verilmiştir. Söz konusu her dönemde sektörel enerji tüketiminde en yüksek paya sanayi ile konut ve hizmetler sektörü sahip

olmuştur. 1996 yılına kadar konut ve hizmetler sektörü en fazla enerji kullanan sektör iken, 1996 yılından 2007 yılına kadar sanayi sektörü enerji tüketiminde öncü sektör olmuştur. Bu dönemden sonra 2017 yılına kadar hizmetler sektörünün büyümenin dinamiği olmasına paralel olarak enerji kullanımını da diğer bütün sektörleri geride bırakarak artma eğilimine girmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde; tarım sektörü ve kriz yılları hariç tutulduğunda diğer bütün sektörlerde enerji tüketiminin artma eğiliminde olduğunu söylemek mümkündür. Sektörlerin enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında hangi enerji kaynaklarının ön planda olduğunun ve bu kaynaklar arasında yenilenebilir enerjinin paylarının toplu olarak görülzebilmesi amacıyla Tablo 1 hazırlanmıştır.

Tablo 1: Sektörlerde Kullanılan Enerjinin Kaynak Bazında Ortalama Dağılımları (1971-2017)

	Kömür	Petrol	Doğalgaz	Elektrik	Jeotermal	Güneş	Biyokütle
Tarım	-	%92	%0,4	%6	%2	-	-
Sanayi	%39	%30	%10	%19	%2	%0,3	-
Konut ve Hizmetler	%17	%15	%11	%15	%0,2	%1	%40
Ulaştırma	%2	%97	%0,3	%0,4	-	-	%0,03

Kaynak: ETKB Genel Enerji Denge Tabloları 1971-2017 verilerinden derlenerek hesaplanmıştır.

Not: Dönem ortalaması hesaplanırken rakamlardaki yuvarlamalardan dolayı ortalamaların toplam değerleri %100'ü vermemektedir.

Tarımsal üretim sürecinde enerjiye ihtiyaç duyulan işlemler esnasında 1971-2017 döneminde yoğun olarak (%90'dan fazla oranda) petrol kullanılırken, üretim sürecine destek olan tek yenilenebilir enerji kaynağı jeotermal kaynaklar olmaktadır. Doğalgaz ve elektrik enerjisi de tarım sektörüne sırasıyla %0,4 ve %6 oranında enerji sağlamaktadır. Sanayi sektörü incelenen dönem itibarıyla kömür ve elektriğin en büyük tüketicisi konumundadır. Endüstriyel üretim sürecinde ihtiyaç duyulan enerji ortalama %80 oranında kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Geriye kalan enerji ihtiyacı ise elektrik, güneş ve jeotermal kaynaklardan giderilmektedir. Konut ve hizmetler sektöründe enerji ihtiyacını %43 oranında fosil yakıtlar gidermektedir. %40 oranında biyokütle enerjisi kullanımıyla konut ve hizmetler sektörü yenilenebilir enerjiden en fazla faydalanan sektörken, enerji ihtiyacının geri kalan kısmı %20'yi geçmemekle birlikte elektrik, güneş ve jeotermal enerjiden karşılanmaktadır. Ulaştırma sektöründe ise petrol enerji ihtiyacının neredeyse hepsini tek başına sağlayarak temel enerji konumundayken, düşük miktarlarda olmakla birlikte kömür de üretim sürecinde enerji girdisi olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye'de sektörel dönüşümler yaşanırken üretim sürecinde gerekli enerjinin yoğun olarak hep aynı kaynaklardan mı (fosil yakıtlar aracılığıyla) sağlandığı, söz konusu bu enerji kaynaklarının doğrusal ve durağan bir

yapı mı izlediği, yapısal kırılmaların mevcut olduğu dönemlerden sonra sektörlerin başka enerji kaynaklarına mı yöneldikleri test edilmeye çalışılmıştır. Böylelikle bu çalışma enerji ekonomisi literatüründe serilerin doğrusal olduğu kabul edilerek yapılan analizlerden farklılaşarak öncelikle serilerin doğrusallığını test etmektedir. Doğrusal olmayan serilerin doğrusal yöntemlerle analizi yanlış sonuçlar verebileceğinden öncelikle serilerin doğrusallık yapılarının test edilmesi literatüre farklı bir bakış açısı getirmektedir. Diğer yandan enerji tüketim değerlerinden oluşan kaynak serilerinin durağan bir süreç izlemesi enerji tüketiminde meydana gelen herhangi bir şokun kalıcı olmasına yol açacağından geçmiş dönemler baz alınarak oluşturulan enerji talep yönetimi politikalarının daha kalıcı bir etkisi olabilir. Buradan hareketle enerji politikaları hakkında değerlendirmelerde bulunabilmek amacıyla serilerin durağanlık özellikleri araştırılmıştır.

Bu amaçlar çerçevesinde çalışmada sektör ve kaynak bazında enerji yapısının ele alındığı giriş bölümünün ardından öncelikle konu ile ilgili yapılmış ampirik literatüre yer verilmiş, daha sonra kaynak bazındaki enerji tüketimlerinin durağanlığını test etmek için doğrusal olmayan zaman serisi metodolojisine, veri setine ve ampirik bulgulara yer verilmiştir. Son bölümde ise sonuçlar özetlenerek, politika önerileri sunulmuştur.

LİTERATÜR TARAMASI

Sektörlerde ihtiyaç duyulan enerjinin karşılandığı kaynakların zaman içerisinde nasıl bir yapıya sahip olduğu ile ilgili çok sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Mevcut çalışmaların birçoğu da enerji ekonomisinde doğrusal olmamayı göz ardı ederek analizlere doğrusallığı veri kabul ederek başlamaktadır. Kaynak bazında enerji tüketiminin birim kök özelliklerini doğrusal olmayan yöntemlerle araştıran sınırlı sayıdaki çalışmalardan bazıları Aslan ve Kum (2011), Aslan (2011) Bilgili (2012), Payne vd. (2017) iken, kaynak bazında enerji tüketimlerinde doğrusal ilişkiye odaklanarak geleneksel birim kök testlerini kullanan çalışmalar arasında Altınay ve Karagöl (2004), Chen ve Lee (2007), Soyaş ve Sarı (2007) Narayan ve Smyth (2007), Hsu vd. (2008) ve Narayan vd. (2010) sayılabilir.

Aslan ve Kum (2011) çalışmalarında; 1970 ve 2006 yılları arasında doğrusal ve doğrusal olmayan birim kök testleri kullanarak, Türkiye’de sektör bazında ayrıştırılmış veriler için enerji tüketiminin durağanlığını araştırmışlardır. Ele alınan dönemde KSS birim kök test sonuçları tarım, sanayi ve konut sektöründe durağan bir yapı olduğunu; ulaştırma, enerji dışı kullanım, nihai enerji tüketimi ve çevrim sektörlerinde durağan olmayan bir yapı bulunduğunu göstermiştir. Ayrıca, enerji tüketiminin durağan bir davranışı izlediği tarım, sanayi ve konut sektörleri için en fazla iki yapısal kırılma veren LM (Lagrange çarpma

nı) test sonuçları da birim kökün varlığını ifade eden boş hipotezi reddederek KSS test sonuçlarını desteklemiştir. Bu sonuçlar, enerji tüketimini azaltmak için tasarlanan enerji talebi yönetimi politikalarının enerji tüketimi üzerinde geçici bir etkiye sahip olacağı anlamına gelmektedir.

Aslan (2011) çalışmasında; 1960-2008 döneminde doğrusal olmayan birim kök testi uygulayarak 50 ABD eyaleti için doğal gaz tüketiminin durağanlığını araştırmıştır. KSS ve LM birim kök test sonuçları, devletlerin yaklaşık % 60'ından fazlasında doğal gaz tüketiminin doğrusal olmayan bir davranış izlediğini göstermiştir. 27 ABD eyaleti için, doğal gaz tüketimi durağan olmayan bir süreç olduğundan herhangi bir şokun kalıcı olmasının, geri kalan 23 eyalet içinse doğal gaz tüketimini durağan bir süreç olduğunu dolayısıyla doğal gaz tüketimindeki herhangi bir şokun geçici etkilere sahip olacağı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Bilgili (2012) çalışmasında; bazı AB ülkelerinde 1971-2009 ve 1982-2009 dönemlerinde birincil biyokütle enerji arzının yapısını gözlemlemeyi amaçlamıştır. AB'deki biyokütle arzı için ilgili iki panel veri seti oluşturularak çalışmada doğrusalsızlığı ve durağanlığı test etmek için doğrusal modeller ve doğrusal olmayan eşik otoregresyon (TAR) modelleri kullanılmıştır. Bulgular; Avusturya, Danimarka, Finlandiya, Fransa ve Portekiz'in biyokütle üretiminde doğrusal olmayan bir süreci izlediğini ve kısmi yakınlaşmaya ulaştığını gösterirken, Belçika, Yunanistan, Norveç, Polonya ve İsveç'in biyokütle üretiminde doğrusal bir yapı sergilediğini ve ülkeler arasında iraksama olduğunu göstermiştir.

Payne vd. (2017) çalışmalarında; içsel olarak belirlenen yapısal kırılmalara izin veren LM ve RALS-LM birim kök testlerini kullanarak ABD eyaletlerinde (Kolombiya Bölgesi dâhil) kişi başına fosil yakıt tüketiminin stokastik yakınsamasını incelemişlerdir. İki yapısal kırılma ve bir yapısal kırılmayı dikkate alan LM ve RALS-LM birim kök testlerinden elde edilen kanıtlar, ABD'deki kişi başına fosil yakıt tüketiminde nispi birim kökün varlığını savunan sıfır hipotezini reddettiğini göstermiştir. Bu ise ABD eyaletlerinde kişi başına nispi fosil yakıt tüketiminde stokastik yakınsamanın varlığına işaret etmektedir.

Geleneksel birim kök testleri ile durağanlığın sınıandığı çalışmalardan;

Altınay ve Karagöl (2004) çalışmalarında; 1950-2000 dönemi için Türkiye'deki GSYH ve enerji tüketimi arasındaki nedenselliğin tespiti için birim kök analizi uygulamışlardır. Geleneksel birim kök testlerinden ADF ve PP serinin durağan olmadığını gösterirken, Zivot ve Andrews ve Perron tarafından önerilen içsel kırılmalı birim kök testleri, serinin bir yapısal kırılma altında trend durağan olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, durağanlığa ulaşmak için verilerin ilk farkını almanın uygun olmadığı, Türkiye'de enerji tüketimi ile GSYİH arasında bir nedensellik kanıtı olmadığı bulgusuna ulaşmışlardır.

Chen ve Lee (2007) çalışmalarında; 7 bölgedeki 104 ülkede 1971-2002 dönemi için kişi başına enerji tüketiminin durağanlığı araştırılmıştır. Çalışmada hem düzeyi hem de seviyeyi etkileyen yapısal kırılmaların varlığına izin veren KPSS tek değişkenli panel veri durağanlık testi kullanılmıştır. Ampirik sonuçlar, 7 bölgesel panel için kişi başına enerji tüketiminin, kesitsel bağımlılığa izin verilse bile sabit olmadığını doğrulamıştır. Bununla birlikte, birden fazla yapısal kırılma dâhil edildiğinde, tüm ülke gruplarında kişi başına enerji tüketiminin panel durağanlığı desteklediği gözlemlenmiştir.

Soytaş ve Sarı (2007) çalışmalarında; gelişmekte olan bir piyasa olan Türkiye'de enerji ve üretim arasındaki ilişkiyi çok değişkenli bir çerçevede araştırmışlardır. Türk imalat sanayinde elektrik tüketimi ve katma değer ilişkisi incelenirken, işgücü ve sabit yatırımın da gözetildiği çalışmada ADF, DF-GLS, PP, KPSS ve NG-Perron olmak üzere beş farklı birim kök testi ile serilerin durağanlığı araştırılmış ve serilerin düzey değerlerinde durağan olmadıkları gözlemlenmiştir. Durağanlık analizi sonrasında VEC nedensellik analizi sonuçları elektrik tüketiminden katma değere giden tek yönlü nedenselliğe işaret etmiştir.

Narayan ve Smyth (2007) çalışmalarında; kişi başına enerji tüketiminin durağanlık özelliklerini incelemek için 1979-2000 dönemi için 182 ülkenin yıllık panel verilerine tek değişkenli ve panel birimi kök testleri uygulamışlardır. Tek değişkenli birim kök testi sonuçları, birim kök olduğu boş hipotezini 56 ülke için reddetmiştir diğer bir ifadeyle enerji tüketiminin durağan olduğuna dair güçlü kanıtlar sunmuştur.

Hsu vd. (2008) çalışmalarında; enerji tüketimi durağanlığının 1971-2003 döneminde 84 ülkeden oluşan beş bölge için araştırmışlardır. Panel SURADF analiz sonuçları, enerji tüketiminin durağanlığının bölgelerden etkileneceğini göstermiştir.

Narayan vd. (2010) çalışmalarında; Avustralya eyaletleri ve bölgeleri için enerji tüketiminde birim kök sıfır hipotezini incelemişlerdir. 1973-2007 dönemi için zaman serisi verileri kullanılarak Avustralya'da altı eyalet ve bir bölge için sektörel enerji tüketiminin ele alındığı çalışmada Lagrange çarpanı (LM) prensibine dayanan ve Schmidt ve Phillips ile Lee ve Strazicich testlerinin geliştirilmesiyle oluşturulan LS birim kök testi kullanılmıştır. Ampirik bulgular; genel olarak Güney Avustralya'daki bazı durumlar dışında, enerji tüketimine yönelik şokların Avustralya'daki enerji tüketimi üzerinde geçici bir etkisi olduğu yönünde güçlü kanıtlar sunmuştur.

EKONOMETRİK MODEL, VERİ SETİ VE AMPİRİK BULGULAR

Bu bölümde 1970-2017 döneminde Türkiye’de sektörlerdeki konvansiyonel ve yenilenebilir enerji tüketimlerinin doğrusal ve durağan bir yapı sergileyip sergilemediği ampirik olarak incelenmektedir.

Çalışmaya ilişkin model ve değişkenlerin belirlenmesi sürecinde Evans ve Karas (1996), Beyaert ve Camacho (2008), Bilgili (2012) ve Lee ve Huh (2017) tarafından yapılan çalışmalar dikkate alınmıştır. Veri seti Enerji İşleri Genel Müdürlüğü-Enerji Denge Tabloları (1970-2017) veri tabanı aracılığıyla oluşturulmuştur. Tarım, sanayi, konut ve hizmetler ile ulaştırma sektörleri ayrı ayrı ele alınmış ve söz konusu sektörlerde kullanılan her bir enerji kaynağı için veri setleri oluşturulmuştur. Sektörler bazında yoğun olarak kullanılan enerji kaynaklarından fosil yakıt olarak taşkömürü, linyit, asfaltit, ikincil kömür ve petrokok toplamından oluşan kömür, petrol ve doğalgaz; yenilenebilir kaynaklar olarak odun, hayvansal ve bitkisel atıklar toplamından oluşan biyokütle, jeotermal ve özellikle hidrolik enerjiden elde edilen elektrik enerjisi alınmıştır. Oluşturulan veri setlerinin doğrusallık ve durağanlıklarını tespit etmek için doğrusalsızlık testleri, doğrusal olmayan birim kök ve yapısal kırılmalı birim kök testleri uygulanmıştır. Doğrusalsızlık testleri R 3.1.1.programıyla, durağanlık sınaması için birim kök testleri ise Stata programı aracılığıyla uygulanmıştır.

Veri setleri oluşturulurken sektör bazında bir birim üretim yapmak için gerekli enerji miktarının yoğun olarak hangi kaynaktan sağlandığı göz önünde bulundurulmuştur. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus; örneğin tarım sektöründe üretim için gereken enerji miktarı petrol, elektrik, jeotermal ve doğalgaz kaynaklarından sağlanmaktayken, analiz için yalnızca petrol ve elektrik değerleri kullanılmıştır. Çünkü petrol ve elektrik, sektörün katma değer yaratması için gereken enerji miktarının incelenen dönemde ortalama %97’sini karşılamaktadır. Bu sektördeki jeotermal ve doğalgaz verileri hem kesikli olduğundan (sırasıyla 2008 ve 2009 yılından itibaren kullanılmaya başlandığından) hem de sektör hasılasına katkısı çok küçük olduğundan (iki kaynağın sektöre katkısı ortalama %3’tür) anlamlı sonuçlar vermemiş bu nedenle de analize dâhil edilmemiştir. Aynı durum sanayi sektöründe güneş ve jeotermal (sırasıyla 1988 ve 2000 yılından itibaren kullanılmaya başlandığından ve iki kaynağın sektöre katkısı ortalama %2 olduğundan), konut ve hizmetler sektöründe güneş ve doğalgaz (sırasıyla 1986 ve 1988 yılından itibaren kullanılmaya başlandığından, burada aslında iki kaynağın sektöre katkısı ortalama %10’dur ve ihmal edilemeyecek düzeydedir, ancak söz konusu seriler kısıtlı bir dönem kapsadığından analiz için anlamlı bulgular taşımamaktadırlar), ulaştırma sektöründe ise doğalgaz ve biyokütlede (sırasıyla 1994 ve 2006 yılından itibaren kullanılmaya başlandığından ve iki kaynağın sektöre katkısı ortalama

%1 olduğundan) geçerli olduğundan sektörlerde söz konusu kaynaklar analiz kapsamına alınmamıştır. Diğer taraftan seriler btep cinsinden ele alınmış ve analizi kolaylaştırmak amacıyla bütün serilerin logaritmik değerleri alınarak analizlere yüzde değişim cinsinden devam edilmiştir.

Doğrusalsızlık Test Sonuçları

Bu bölümde sektörlerde kullanılan enerji miktarlarının kaynak bazında doğrusal yapı taşıyıp taşımadığı parametrik yaklaşımlardan BDS Testi ile araştırılmıştır. BDS test istatistiğinin kökeni, deterministik lineer olmayan dinamikler ve kaos teorisine dayanmaktadır. Test, boş hipotezinde model hatalarının bağımsız özdeş dağıldığını (iid) varsaymaktadır (Broock vd., 1996:198). Sabitlenmiş bir lineer zaman serisi modelinden kalıntılara uygulandığında BDS testi; bağımlılığı ve ihmal edilen doğrusal olmayan yapının varlığını tespit etmek için en popüler testtir. BDS testinin arkasındaki ana kavram; verilerde zamansal kalıpların tekrarlanma sıklığının bir ölçüsü olan korelasyon integralidir (Zivot ve Wang, 2006: 653-654):

BDS testinin diğer doğrusallık testlerinden farklı olarak boş ve alternatif hipotezleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir. Boş hipotezin reddi model hata terimlerin doğrusal bağımlı olmadığını göstermektedir

H_0 : Model Doğrusal Bağımlıdır (Seri bağımsız ve özdeş dağılır).

H_1 : Model Doğrusal Bağımlı Değildir (Seri bağımsız ve özdeş dağılmaz).

Tablo 2: Tarım Sektörü BDS Testi Sonuçları

Boyut	BDS İstatistiği / Olasılık Değeri	
	Petrol	Elektrik
2	27.096/0.000	1474.221/0.000
3	29.008/0.000	2664.857/0.000
4	31.408/0.000	5238.733/0.000
5	34.933/0.000	11142.473/0.000
6	39.669/0.000	25190.705/0.000

Tablo 3: Sanayi Sektörü BDS Testi Sonuçları

Boyut	BDS İstatistiği / Olasılık Değeri			
	Kömür	Petrol	Elektrik	Doğalgaz
2	37.904/0.000	7.436/0.000	50.254/0.000	45.992/0.000
3	41.969/0.000	6.963/0.000	60.974/0.000	78.684/0.000
4	47.633/0.000	6.268/0.000	75.412/0.000	147.484/0.000
5	55.357/0.000	5.795/0.000	96.64/0.000	304.559/0.000
6	66.083/0.000	5.424/0.000	128.422/0.000	683.953/0.000

Tablo 4: Konut ve Hizmetler Sektörü BDS Testi Sonuçları

Boyut	BDS İstatistiği / Olasılık Değeri				
	Kömür	Biyokütle*	Petrol	Jeotermal	Elektrik
2	12.478/0.000	-	4.046/0.000	3270.315/0.000	3270.315/0.000
3	12.094/0.000	-	3.897/0.000	4743.592/0.000	4743.592/0.000
4	11.585/0.000	-/0.000	3.382/0.000	7215.643/0.000	7215.643/0.000
5	11.199/0.000	-/0.000	2.806/0.005	11615.054/0.000	11615.054/0.000
6	11.054/0.000	-/0.000	2.356/0.018	19661.142/0.000	19661.142/0.000

Not: *ile gösterilen biyokütle serisinde yakınsama sorunu olduğundan BDS test istatistiği hesaplanamamış, yalnızca olasılık değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 5: Ulaştırma Sektörü BDS Testi Sonuçları

Boyut	BDS İstatistiği / Olasılık Değeri		
	Kömür	Petrol	Elektrik
2	20.968/0.000	23.115/0.000	59.492/0.000
3	29.618/0.000	23.273/0.000	69.433/0.000
4	43.306/0.000	23.269/0.000	83.174/0.000
5	67.604/0.000	23.639/0.000	102.784/0.000
6	110.913/0.000	24.615/0.000	131.564/0.000

Tablo 2,3,4 ve 5'te yer alan ve her bir sektördeki farklı kaynaklarda 6 farklı boyut için hesaplanan test istatistiği olasılık değerleri %5 önem düzeyinde anlamlı olduğu için boş hipotez reddedilip alternatif hipotez kabul edilmektedir. Dolayısıyla her bir sektördeki değişkenlerin ortak bileşenini gösteren hata teriminin ve modelin doğrusal olmayan dinamikler taşıdığı tespit edilmiştir. Bunun anlamı, hata terimlerinin geçmiş değerleri ile bir bağlantısı olduğunu ve serilerde tekrar eden düzensiz hareketler olduğudur. Bu nedenle BDS test istatistiği sonuçlarına göre serilerin doğrusal olmayan modeller yardımı ile analiz edilmesi sektörlerde kullanılan enerji kaynakları hakkında daha ayrıntılı bilgi sunacaktır.

Birim Kök Test Sonuçları

Serilerin doğrusal olmayan yapılarına karar verildikten sonra değişkenlerin durağanlık özellikleri incelenmiştir. Durağanlık özelliklerinin belirlenmesinde doğrusal olmayan birim kök testlerinden yararlanılmıştır. Çünkü değişkenlerin ortak doğrusal olmayan bileşeni aynı zamanda modelin da doğrusal olmadığı yönünde bilgi vermektedir. Bu kapsamda en yaygın olarak kullanılan KSS testi yapısal değişimin yumuşak geçişli olduğu STAR (Yumuşak Geçişli Eşik Değerli Ototegresif Model) tipi birim kök testidir. Hipotez testlerinin tahmininde aşağıdaki fonksiyonel kalıp kullanılmaktadır (Chong vd., 2008: 338; Kapetanios vd., 2003:365):

$$\Delta y_t = \sum_{j=1}^p \rho_j \Delta y_{t-j} + \delta y_{t-1}^{\beta} + \varepsilon_t$$

H₀: Birim kök vardır, seri durağan değildir ($\delta = 0$)

H₁: Birim kök yoktur, seri durağandır ($\delta > 0$)

Böylelikle her bir sektörde kullanılan mevcut kaynak bazındaki birim kök test sonuçlarına aşağıda yer verilmiştir.

Tablo 6: Sektör-Kaynak Bazında KSS Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	Gecikme	KSS İstatistiği	%5 Anlamlılık Düzeyi	Karar
Tarım				
Petrol	0	-2.902	-2.782	I(0)*
Elektrik	2	0.129	-2.782	I(1)
Sanayi				
Kömür	0	-1.960	-2.782	I(1)
Petrol	0	-2.136	-2.782	I(1)
Elektrik	3	0.248	-2.782	I(1)
Doğalgaz	1	-1.431	-2.782	I(1)
Konut ve Hizmetler				
Kömür	0	-0.854	-2.782	I(1)
Biyokütle	0	4.295	-2.782	I(1)
Petrol	0	-1.424	-2.782	I(1)
Jeotermal	3	-1.946	-2.782	I(1)
Elektrik	3	0.293	-2.782	I(1)
Ulaştırma				
Kömür	0	1.524	-2.782	I(1)
Petrol	0	1.977	-2.782	I(1)
Elektrik	0	-0.386	-2.782	I(1)

Not: * ile ifade edilen seri %5 önem düzeyinde birim kök içermemektedir yani seri düzeyde durağandır.

KSS birim kök testinde, tahmin edilen modele ait test istatistiği kritik değerle karşılaştırılmaktadır. Boş hipotezin reddedilmesi durumunda serinin durağan olduğuna karar verilmektedir. Tablo 6’da uygun gecikme uzunlukları Bayesinan/Schwarz (BIC/SIC) Bilgi Kriterine göre seçilmiştir. Yıllık verilerle çalışılan bu analizde gözlem sayısı (n=48) nispeten az olduğu için serbestlik derecesini artırmak amacıyla daha düşük gecikme değeri seçen SIC Bilgi Kriteri dikkate alınmıştır. Tarım sektöründe kullanılan petrol serisi hariç bütün değişkenlere ait KSS test istatistiklerinin %5 önem düzeyinde kritik değerlerden büyük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla tarım sektöründeki petrol serisi hariç bütün

değişkenler birim kök içermektedir diğer bir ifadeyle seriler doğrusal olmadığı gibi durağan da değildir. Bunun anlamı, serilerin zaman içerisinde belli bir değere yaklaşmaması diğer bir ifadeyle sabit ortalama, varyans ve kovaryans değerlerine sahip olmamasıdır.

Zaman serileri, ele alınan zaman dönemi içinde meydana gelen yapısal değişimler, rejim değişimleri ve krizlerin etkisiyle birden fazla yapısal kırılmanın etkisi altında kalmaktadır. Dolayısıyla değişkenlerin birim kök özellikleri incelenirken yapısal kırılmaların dikkate alınması elde edilen sonuçların güvenilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle çalışmada KSS testinin yanı sıra iki yapısal kırılmanın dikkate alındığı Clemente-Montanes-Reyes (CMR) (1998) birim kök testi uygulanmıştır. CMR (1998) testinin en önemli özelliği, serinin ortalamasındaki anlık ve kademeli değişimi dikkate almasıdır (Tiwari ve Kyophilavong, 2014:40). Yapısal kırılmaların neden olduğu anlık değişim “additive outlier” (AO) modeli ile tahmin edilirken, kademeli değişimin parametreler üzerindeki etkisi “innovation outlier” (IO) modeli ile tahmin edilmektedir. Yapısal kırılmaların varlığında birim kök analizi yapan bu testin hipotezleri şu şekildedir (Clemente vd., 1998:176).

H_0 : Birim kök vardır, seri durağan değildir.

H_1 : Birim kök yoktur, seri durağandır.

Tablo 7: Sektör-Kaynak Bazında Clemente-Montañes-Reyes (1998) Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	Additive Outliers (AO)		Innovative Outliers (IO)	
	min t	Kırılma Tarihi	min t	Kırılma Tarihi
Tarım				
Petrol	-4.206	1983,1994	-4.190	1980, 1991
Elektrik	-3.257	1984,1996	-4.291	1974,1989
Sanayi				
Kömür	-4.033	1985,1997	-4.914	1982,1994
Petrol	-3.547	1978,2006	-3.413	2005,2014
Elektrik	-3.092	1986,2003	-3.830	1982,2001
Doğalgaz	-2.494	1987,2002	-4.287	1982,1986
Konut ve Hizmetler				
Kömür	-2.962	1979,2009	-4.563	1978,2006
Biyokütle	-2.316	2002,2012	-5.335	1978,2006
Petrol	-3.167	1988,2007	-5.812*	1985,2004
Jeotermal	-3.957	1985,2000	-5.570*	1980,2008
Elektrik	-2.925	1988,2001	-4.228	1972,1984
Ulaştırma				
Kömür	-3.237	1985,1991	-3.064	1984,1996
Petrol	-3.275	1989,2008	-2.911	1984,2002
Elektrik	-3.049	1984,1994	-3.593	1984,2010

Not: %5 önem düzeyinde kritik değer -5.490’dır. * ile ifade edilen seriler % 5 önem düzeyindeki kritik değerden küçük olduğundan bu seriler birim kök içermemektedir diğer bir ifadeyle bu seriler durağandır.

Tablo 7’de CMR (1998) modeli tahmin sonuçları yer almaktadır. Konut ve hizmetler sektöründe * ile belirtilen petrol ve jeotermal kaynakların kademeli değişimleri ölçen model altındaki değerleri hariç bütün değişkenlerde her iki modele ait test istatistik değerleri kritik değerlerden büyüktür. Bu durumda boş hipotez kabul edildiği için değişkenlerin yapısal kırılmalarla birlikte birim kök içerdiği söylenebilir. Ayrıca CMR testinde içsel olarak belirlenen yapısal kırılma tarihlerinin ortak bir yapı izlemediği (petrol krizi, küresel kriz gibi dönemlerden ortak olarak etkilenmediği), diğer bir ifadeyle kaynak bazında kırılmaların farklı yapısal değişim dönemlerinde meydana geldiği gözlemlenmektedir. Anlık değişimlerin neden olduğu yapısal kırılmaların yoğun olarak 1983-1989 yılları arasında yaşandığı, kademeli olarak meydana gelen değişimlerin neden olduğu yapısal kırılmaların ise 1978-1984 dönemlerinde meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, 1970’lerdeki enerji krizleri ve petrol fiyatlarındaki artışların serilerin üzerinde doğrudan şok etkisi yaratmamış olmakla birlikte kademeli değişimler üzerinde daha fazla etki yaratmış olabileceğini gösterir niteliktedir.

KSS testi ile sınanan serilerin birim kök içerdikleri ve durağan bir yapıda olmadıkları bulgusu CMR test sonuçlarıyla da pekiştirilmiştir. Elde edilen bu ampirik sonuçlar Soytaş ve Sarı (2007), Aslan (2011) ve Bilgili (2012)'nin çalışmalarlarıyla benzerlik taşımaktadır. Buna göre doğrusal bir yapı izlemeyen seriler aslında durağan bir süreç de izlememektedirler. Bu sonuçlar yani birim kökün olması aslında serilerin geçmiş dönemde meydana gelen şokların etkisinde kaldıklarını ve bir anlamda seriler arasında bir yakınsama ilişkisinin olmadığını göstermektedir. Ayrıca bir seride meydana gelen yapısal kırılma dönemlerinden sonra sektörlerin ihtiyaç duydukları enerji için farklı kaynaklara yönelmediği de Tablo-1'de sektörlerin enerji ihtiyaçlarını yoğun olarak aynı enerji kaynaklarından sağlamasından teyit edilmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerjide dışa bağımlılığı dönemler itibarıyla artış eğiliminde olan Türkiye'de sektörlerin üretim sürecinde ihtiyaç duydukları enerjiyi hangi kaynaklardan karşıladığı ve bu kaynakların nasıl bir yapı izlediği dışa bağımlılık açısından büyük önem taşımaktadır. Bu amaçtan yola çıkarak bu çalışmada, 1970-2017 döneminde Türkiye'de sektör-kaynak bazında enerji yapısı incelenmiştir. Enerji ekonomisi literatüründe yoğun olarak serilerin doğrusal bir yapı sergilediği varsayılarak analizlere başlanmaktadır. Ancak bu çalışmada sektör bazında kullanılan kaynakların dönemler itibarıyla farklılaşmasından ve serilerin kesikli yapısının serilerde doğrusal olmama (serilerde tekrar eden düzensiz hareketler) probleminde yol açması ihtimaline karşılık serilere doğrusalsızlık testleri yapılmıştır. Böylelikle literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada enerji tüketimi sektör-kaynak bazında ayrıştırılarak hem doğrusallık hem de durağanlık ilişkileri dikkate alınmıştır. Test sonuçları; serilerin doğrusal olmayan bir süreci takip ettiğini, doğrusal olmamanın yanında serilerin birim kök içerdiklerini yani durağan olmadıklarını göstermiştir. Serilerin durağan olmayan süreçleri yapısal kırılmaların varlığında da test edilmiş ve aynı sonuçlara yani serilerin yapısal kırılmaların varlığında da birim kök içerdiği bulgularına ulaşılmıştır. Burada dikkat çeken en önemli unsur farklı sektörlerdeki aynı kaynakların dahi yapısal kırılma tarihlerinin farklılaşmasıdır. Çünkü kırılmalar yalnızca petrol fiyatlarındaki düşüşler-yükselişler ya da krizler gibi değişkenlerle değil siyasi faktörler, ekonomik istikrar, ekonomi politikalarındaki değişimler, sektörel dönüşümlerden kaynaklanan değişimler, teknolojik değişimler gibi pek çok değişken ile açıklanabilmektedir. Diğer taraftan sektörlerdeki enerji kullanımlarının durağan olmayan bir süreci takip etmesi bulgusu enerji tüketiminde meydana gelen herhangi bir şokun kalıcı olmasına yol açacağından geçmiş dönemler baz alınarak oluşturulan enerji talep yönetimi politikalarının daha kalıcı bir etkisi olabileceğini göstermektedir. Bu durum enerji politikala-

rının etkinliği açısından olumlu bir gelişme olarak değerlendirilse de geçmiş dönemler baz alındığında gelecekteki enerji politikalarının yine fosil kaynaklar ağırlıklı bir yapı ile sürdürüleceği düşüncesi endişe vericidir.

Sektörlerin üretim sürecinde ihtiyaç duydukları enerjinin, enerji arz kaynakları arasında nasıl bir dağılım sergilediği incelenirken konut ve hizmetler sektörü hariç diğer sektörlerde yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzına katkısının ortalama olarak %5’i geçmediği gözlemlenmiştir. Bu durum yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasına yönelik uygulanan politikaların ve teşviklerin pratikte çok sınırlı seviyelerde kaldığını göstermektedir. Çünkü temel sektörler olarak ele alınan tarım, sanayi, konut ve hizmetler ile ulaştırma sektöründeki üretim sürecinde katma değer yaratmak için gerekli enerjinin yüksek oranda hâlâ fosil yakıtlar aracılığı ile sağlandığı gözlemlenmektedir. Fosil yakıt kullanımı ise hem çevreye yüklediği negatif dışsallıklar açısından hem de sınırlı rezervleri dolayısıyla dışa bağımlılığı artırması açısından pek çok olumsuz etki yaratmaktadır. Bu nedenle sınırlı fosil yakıt rezervi bulunan Türkiye’de enerjiye olan ithal bağımlılığın azaltılmasında enerji arz kaynaklarının çeşitliliği ve yenilenebilirliği büyük öneme sahiptir. Bu kapsamda kesintisiz ve sürekli bir enerji için yenilenebilir enerji teknolojilerini teşvik etmek yanında bunun için gerekli finansman desteğinin sağlanması, yenilenebilir kaynaklar için yerli ekipman üretiminin önünün açılması, fosil yakıtların çevre üzerindeki baskısı için çevre vergisi gibi daha caydırıcı uygulamaların hayata geçirilmesi ve yerli kömüre verilen teşviklerin fosil yakıtlardan ziyade yenilenebilir kaynaklara kaydırılması enerji politikaları kapsamına alınarak değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

- Altınay, G., ve Karagöl, E. (2004). Structural Break, Unit Root and the Causality Between Energy Consumption and GDP in Turkey. *Energy Economics*, 26(6), 985-994.
- Aslan, A. (2011). Does Natural Gas Consumption Follow a Nonlinear Path Over Time? Evidence From 50 US States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4466-4469.
- Aslan, A. ve Kum, H. (2011). The Stationary of Energy Consumption for Turkish Disaggregate Data by Employing Linear and Nonlinear Unit Root Tests. *Energy* 36,4256-4258.
- Beyaert, A. ve Camacho, M. (2008). TAR Panel Unit Root Tests and Real Convergence. *Review of Development Economics*, 12(3), 668-681.
- Bilgili, F. (2012). Linear and Nonlinear TAR Panel Unit Root Analyses for Solid Biomass Energy Supply of European Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 6775-6781.
- Broock, W. A., Scheinkman, J. A., Dechert, W. D. ve LeBaron, B. (1996) A Test for Independence Based on the Correlation Dimension. *Econometric Reviews*, 15(3), 197-235.
- Chen, P. F., ve Lee, C. C. (2007). Is Energy Consumption Per Capita Broken Stationary? New Evidence From Regional-Based Panels. *Energy Policy*, 35(6), 3526-3540.
- Chong, T. T. L., Hinich, M. J., Liew, V. K. S. ve Lim, K. P. (2008). Time Series Test of Nonlinear Convergence and Transitional Dynamics. *Economics Letters*, 100(3), 337-339.
- Clemente, J., Montañés, A.ve Reyes, M. (1998). Testing for a Unit Root in Variables with a Double Change in the Mean. *Economics Letters*, 59(2), 175-182.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Genel Enerji Denge Tabloları, 1970-2017.
- Evans, P. ve Karras, G. (1996). Convergence Revisited. *Journal of Monetary Economics*, 37,249-265.
- Hsu, Y. C., Lee, C. C. ve Lee, C. C. (2008). Revisited: Are Shocks to Energy Consumption Permanent or Temporary? New Evidence From A Panel SURADF Approach. *Energy Economics*, 30(5), 2314-2330.
- Kapetanios, G., Shin, Y., Snell, A. (2003). Testing for a Unit Root in the Nonlinear STAR Framework. *Journal of Econometrics*, 112: 359-379.

- Lee, C-Y. ve Huh, S-Y. (2017). Forecasting New and Renewable Energy Supply Through a Bottom-up Approach: The Case of South Korea. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 207-217.
- Narayan, P. K., Narayan, S. ve Popp, S. (2010). Energy Consumption at the State Level: The Unit Root Null Hypothesis from Australia. *Applied Energy*, 87(6), 1953-1962.
- Narayan, P. K., ve Smyth, R. (2007). Are Shocks to Energy Consumption Permanent or Temporary? Evidence From 182 Countries. *Energy Policy*, 35(1),333-341.
- Payne, J. E., Vizek, M., ve Lee, J. (2017). Stochastic Convergence in Per Capita Fossil Fuel Consumption in US States. *Energy Economics*, 62,382-395.
- Soytaş, U. ve Sarı, R. (2007). The Relationship Between Energy and Production: Evidence From Turkish Manufacturing Industry. *Energy Economics* 29, 1151–1165.
- Tiwari, A. K., ve Kyophilavong, P. (2014). New Evidence from the Random Walk Hypothesis for BRICS Stock Indices: AWavelet Unit Root Test Approach. *Economic Modelling*, 43: 38-41.
- Zivot, E. ve Wang, J. (2006). Nonlinear Time Seris Models. *Modelling Financial Time Series with S-Plus* (ss.653-712). Second Edition. USA.

