

## TÜRKİYE’DE SEKTÖR VE KAYNAK BAZLI ENERJİ KULLANIMLARI YAKINSIYOR MU? PANEL TAR VE ÇOKLU KIRILMALI BİRİM KÖK BULGULARI\*

Do Sector and Resource Based Energy Uses Converge in Turkey? Panel TAR and  
Multiple Breaks Unit Root Findings

Kumru TÜRKÖZ\*\* & Utku UTKULU\*\*\*

### Özet

Fosil yakıtların neden olduğu çevresel baskının ortadan kaldırılması için yeşil büyüme, sürdürülebilir büyüme ve yenilenebilir kaynakların enerji kullanımındaki payının artırılması gibi alternatif çözümler ortaya atılmaktadır. Buradan hareketle bu çalışmada; sektörel dönüşümlerin yaşandığı 1970-2017 dönemi Türkiye ekonomisinde sektörel bazda enerji kaynakları arasında bir olası yakınsama ilişkisinin olup olmadığı, var ise bu ilişkinin fosil mi yoksa yenilenebilir kaynaklar yoluyla mı gerçekteştiği ampirik olarak test edilmektedir. Panel TAR (Threshold Autoregressive Model-Eşik Otoregresif Model) veri analiz bulguları; ilgili sektörler arasında doğrusal model altında bir yakınsama ilişkisi olmadığına, ancak farklı formlara sahip iki rejim altında kısmi bir yakınsama ilişkisi olduğuna işaret etmektedir. Buna ek olarak gerçekteştirilen çoklu yapısal kırılmalı Lumsdaine-Papell birim kök analiz bulguları ise bu kısmi yakınsamanın ilgili sektörlerde kullanılan fosil yakıtlar aracılığıyla gerçekteştiğini göstermektedir. Sektörler içerisinde sınırlı kullanım alanı bulunması nedeniyle yenilenebilir kaynakların hiçbir sektörde yakınsama göstermiyor oluşu, yenilenebilir (temiz) enerjiye yönelmeyi amaçlayan Türkiye’nin uyguladığı politikaların ve teşviklerin uygulamada yetersiz kaldığının bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir.

### Abstract

Alternative solutions such as green growth, sustainable growth and increasing the share of renewable resources in energy use are proposed to eliminate the environmental pressure caused by fossil fuels. Based on this, in this study, a possible convergence relationship among the energy sources on a sectoral basis, and if so, whether this relationship is realized through fossil or renewable resources are empirically tested in the period of 1970-2017 for Turkey where sectoral transformations have taken place. Panel TAR (Threshold Autoregressive Models) data analysis findings show that there is no convergence relationship between the relevant sectors under the linear model, but there is a partial convergence under two regimes with different forms. In addition, the findings of Lumsdaine-Papell multiple structural breaks unit root analysis provide evidence that this partial convergence is realized through fossil fuels used in the relevant sectors. Renewable resources do not show convergence in any sector due to the presence of limited use areas within the sectors. This finding is considered as an indicator that the renewable energy policies and incentives in Turkey are insufficient in practice.

### Anahtar Kelimeler:

Enerji Kullanımı,  
Sektör-Kaynak  
Analizi, Yakınsama  
Analizi, Panel TAR  
Veri Analizi,  
Lumsdaine-Papell  
Çoklu Kırılmalı  
Birim Kök Testi

### JEL Kodları:

Q4, R00, C23

### Keywords:

Energy Use, Sector-  
Resource Analysis,  
Convergence  
Analysis,  
Panel TAR Data  
Analysis,  
Lumsdaine-Papell  
Multiple Breaks Unit  
Root Test

### JEL Codes:

Q4, R00, C23

\* 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.

\*\* Arş. Gör. Dr., Balıkesir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, kumru.turkoz@balikesir.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0640-4212

\*\*\* Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, utku.utkulu@deu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8419-0598

## 1. Giriş

Ekonomik faaliyetin her aşamasında girdi olarak ihtiyaç duyulan enerjinin hangi kaynaklardan, hangi yöntemlerle ve hangi koşullar altında sağlandığı bugünün ve geleceğin dinamiklerini anlamak açısından büyük önem taşımaktadır. Çünkü enerji bir ülkenin yalnızca ekonomik gelişmesinde değil, sosyal ve kültürel kalkınmasında da itici güç unsurudur. Bu nedenle enerjinin elde edilme sürecinde çevre, iklim ve doğada yol açtığı dışsallıklar, ülkelere yüklediği ekonomik maliyetler ve dışa bağımlılığın asgari düzeyde tutulması Harris (2000) tarafından tanımlanan sürdürülebilirliğin üç boyutu olan büyüme-kalkınma, çevre ve sosyal boyut için gerekli koşuldur. Günümüzde tüm dünyanın temel gündeminde yer alan sürdürülebilirlik olgusu, ileriye dönük olası ekolojik felaket ve refah kaybı gibi olası sorunları önlemek amacıyla geliştirilmiştir. Bu kapsamda bir ekonomide uzun vadede sürdürülebilirliğin sağlanması için öncül koşul; yenilenebilir kaynakların ekosistemin kendisini yenileme kapasitesini aşmadan kullanılmasıdır (Daly, 2007, s. 14). Bu aşamada, enerjinin üretim aşamasından başlayarak iletiminden dağıtımına kadar tüm aşamalarda kesintisiz, düşük maliyetli, çevre üzerinde baskı yaratmayan ve süreklilik içerisinde sunulmasını gerektiren enerji güvenliği politikaları ön plana çıkmaktadır (International Energy Agency [IEA], 2020; Krut, Van Vuuren, Vries ve Groenenberg, 2009, s. 2167; Martchamadol ve Kumar, 2013, s. 653).

Sanayileşmenin yanı sıra hızlı nüfus artışı, kentleşme, büyüme gibi etkenlerle artan enerji gereksiniminin tek tip enerji kaynaklarıyla (özellikle fosil tabanlı yakıtlarla) karşılanamayacağı endişesi, fosil kaynakların çevre üzerinde yarattığı geri dönülemez tahribatlar, son dönemin güncel tartışmalarından “yeşil büyüme” gibi kavramları ve yerli/yenilenebilir enerji kaynaklarını gündeme getirmektedir. Pek çok gelişmekte olan ülkede olduğu gibi Türkiye de artan enerji ihtiyacını yüksek oranda fosil yakıtlar üzerinden karşılamaktadır. Fosil yakıtların çevre üzerinde yarattığı baskının yanında ülkenin sınırlı fosil yakıt rezervlerine sahip olması enerjide dışa bağımlılığını artırmaktadır. Bu durum ülkenin içinde bulunduğu döviz darboğazının aşılması, ithal enerji girdilerine olan bağımlılığın azalması, dış dengenin sağlanması ve enerji arz güvenliğinin temini için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu sorunun alternatif bir çözümü olarak yenilenebilir enerji kaynakları gösterilmektedir (Sebri ve Ben-Salha, 2014, s. 15). Yenilenebilir kaynak üretimi, fosil yakıtların tamamen yerini alması dâhi ithalata bağımlılığını azaltabilme olanağı nedeniyle alternatifler arasında en etkili araçlardan birisidir (Unbehaun, 2017, s. 3).

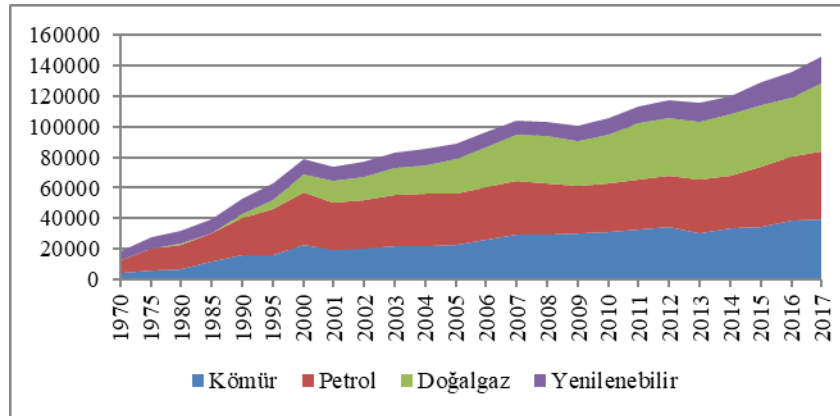
Bu noktadan hareketle bu çalışma, Türkiye’de sektörlerin üretim sürecinde ihtiyaç duydukları enerjiyi yoğun olarak hangi kaynaklardan sağladığı, sektörler arasında bir yakınsama ilişkisinin olup olmadığı, var ise bu ilişkinin Dünya’da yenilenebilir enerjiye doğru yaşanan dönüşüm gibi yenilenebilir kaynaklar aracılığıyla mı yoksa çevre üzerinde yıkıcı etkileri olan fosil yakıtlar aracılığıyla mı gerçekleştiğini araştırmayı amaçlamaktadır. Böylelikle, Türkiye’de sürdürülebilirlik çerçevesinde yenilenebilir kaynakların kullanımının yaygınlaştırılmasına dair geliştirilen politikaların uygulamadaki durumları hakkında bir değerlendirme yapmak hedeflenmektedir. Diğer taraftan, Türkiye’de enerji ekonomisi literatüründeki çalışmalarda hem fosil hem de yenilenebilir kaynakların sektör bazında incelendiği çalışma sayısının sınırlı olması ve ayrıca sektörlerdeki enerji kullanımının hem doğrusal hem de doğrusal olmayan modeller altında analiz edilmesi bu çalışmayı literatürdeki diğer çalışmalardan farklılaştırmaktadır.

Çalışmanın çıkış noktasına, amacına ve özgünlüğüne değinilen giriş bölümünün ardından, ikinci bölümde Türkiye’de enerji yapısının sektör ve kaynak bazında nasıl bir görünüm

sergilediği incelenmektedir. Üçüncü bölümde enerji kullanımında ülke ve sektör bazında yakınsama ilişkisinin konu edinildiği literatür ele alınmakta, dördüncü bölümde veri seti tanıtılarak, yakınsama ilişkinin test edildiği yöntemlere ilişkin ekonometrik metodoloji tartışılmaktadır. Ampirik bulguların özetlendiği beşinci bölümün ardından çalışma, genel değerlendirmelerin yapıldığı ve politika önerilerinin sunulduğu son bölüm ile tamamlanmaktadır.

## 2. Türkiye’deki Enerji Yapısına Sektör-Kaynak Bazında Bir Bakış

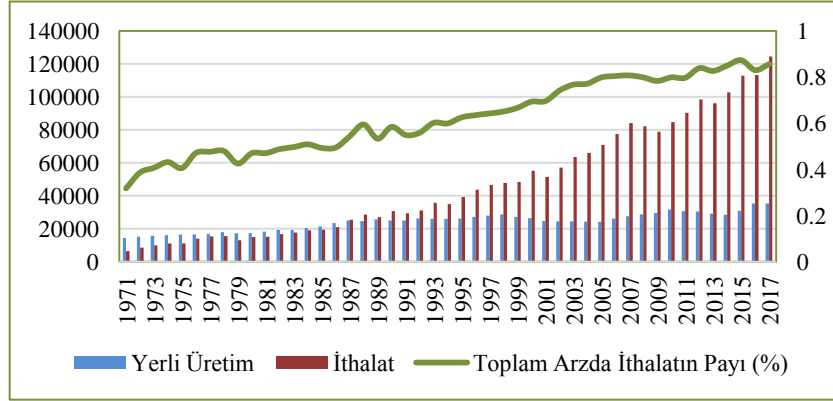
Sanayi devrimi ile ortaya çıkan makineleşme süreci üretim sürecinde daha fazla hammadde ve enerji ihtiyacına yol açmıştır. Sanayileşmenin yanı sıra hızlı nüfus artışı, kentleşme ve büyüme gibi etkenlerle Türkiye de artan enerji gereksinimi ile enerji yapısında büyük bir dönüşüm süreci içerisindedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Enerji Denge Tabloları (1970-2017) verilerine göre, Türkiye’nin 18,872 bin ton eşdeğer petrol (btep) olan enerji tüketiminin 2017 yılına gelindiğinde yaklaşık 8 kat artış göstererek 145,305 btep’e ulaştığı gözlemlenmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı [ETKB], 2020). Bu enerji ihtiyacının yoğun olarak hangi kaynaklardan karşılandığına dair verilere Şekil 1’de yer verilmektedir. Buna göre, Türkiye’de 1970’li yıllardan itibaren hâkim enerji kaynağı olan petrolün yerini aşamalı olarak doğalgazın almaya başladığı, kömürün toplam enerji arzı içerisindeki payının istikrarlı bir seyir izlediği gözlemlenmektedir.



Şekil 1. Türkiye Toplam Birincil Enerji Arzında Temel Enerji Kaynaklarının Payları (btep)  
Kaynak: ETKB, 1970-2017 Denge Tabloları (2020).

Şekil 1’de yer alan veriler dikkate alındığında, 1970 yılından 2017 yılına kadar geçen sürede Türkiye toplam enerji arzında kömürün ve doğalgazın paylarının sırasıyla %2,5 ve %30,5 arttığı; petrolün ve yenilenebilir enerji kaynaklarının paylarının ise sırasıyla %11,7 ve %21,3 azaldığı gözlemlenmektedir. Burada en dikkat çekici unsur dünyada yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılması çabalarına rağmen Türkiye’de yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji miktarının azalıyor olmasıdır. Bu durum; 1970’li yıllarda yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en yüksek paya sahip olan odun, bitki ve hayvan atıklarının yanması sonucu ortaya çıkan geleneksel biyokütle enerjisinin 2000’li yıllara gelindiğinde yerini çevreye daha duyarlı modern yenilenebilir enerji teknolojilerine bırakmasından kaynaklanmaktadır. Dünya devletlerinin yarısına yakını gibi, Türkiye de kullandığı enerjinin yaklaşık %90’ını ithal

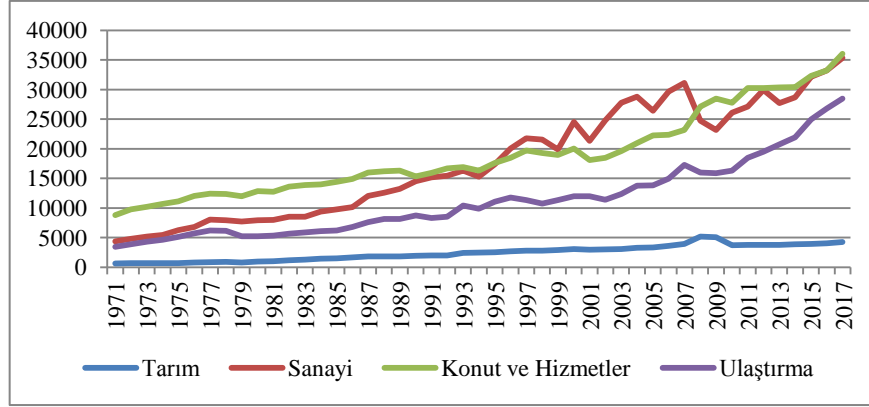
etmekte ve sınırlı düzeyde yerli enerji kaynağına sahip bulunmaktadır. Türkiye mevcut durumda enerji tüketiminde büyük paya sahip olan fosil yakıtlardan yalnızca az miktarda petrol ve düşük kaliteli kömür ile sınırlı miktarda doğalgaz üretmektedir (Shaffer, 2006, s. 97-98). Bu nedenle Türkiye yerli ve yenilenebilir kaynaklarla karşılayamadığı bu enerji talebini karşılayabilmek amacıyla dış kaynaklara başvurmakta, bu ise ülkeyi enerji konusunda dışa bağımlı hale getirmektedir.



**Şekil 2. Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılığı (btep)**  
**Kaynak:** ETKB, 1970-2017 Denge Tabloları (2020).

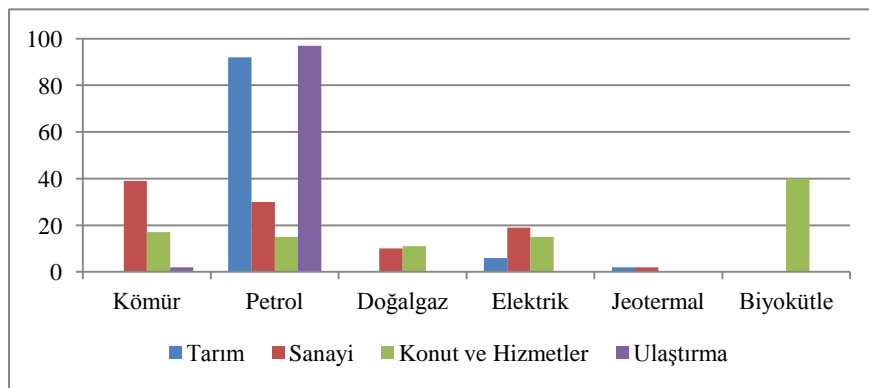
Enerjide yurtiçi kaynakların yetersizliği nedeniyle Türkiye’de dışa bağımlılık oranı Şekil 2’de görüldüğü gibi dönemler itibarıyla sürekli artma eğilimindedir. Bu durum ülkenin ortalama olarak kendi yerel kaynaklarıyla enerji ihtiyacının yalnızca yaklaşık %20’sini karşılayabildiğini, geri kalan kısmını ise ancak ithalat yoluyla karşılayabildiğini göstermektedir.

Türkiye, büyüme sürecini temel olarak tarım, sanayi ve hizmetler olmak üzere üç temel sektör ile yönlendirmektedir. Bu üç temel sektör içerisinde Türkiye’nin büyümesi Cumhuriyet’in kuruluşunun ilk yıllardan itibaren tarım sektörü kaynaklı olmuştur. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2019) verilerine göre; tarımın Gayrisafi Yurtiçi Hasıla’daki (GSYİH) en yüksek payı 1943 yılında %56,5 ile görülmekle birlikte, bu dönemden sonra tarım sektörünün GSYİH’deki payı hafifletilerek diğer bir ifadeyle tarımdan sanayiye kaynak aktararak sanayileşme ön plana çıkarılmıştır. 1980’li yılların başlamasıyla ise hizmetler sektörü GSYİH içerisinde öncü sektör rolünü üstlenmiştir. Özellikle 2000’li yılların başından itibaren tarım ve sanayinin GSYİH içerisindeki payının görece olarak azalması ve hizmetler sektörünün payının artması ile ortaya çıkan yapısal dönüşüm sektör bazında bir birim üretim yapmak için gereken enerji miktarlarını (enerji yoğunluğunu) da farklılaştırmıştır. Burada; sektör bazındaki enerji yapısı tarım, sanayi, hizmetler sektörü yanında konut sektörü ve ulaştırma sektörü de ele alınarak incelenmektedir.



**Şekil 3. Sektörel Enerji Tüketim Eğilimleri (btep)**  
Kaynak: ETKB, 1970-2017 Denge Tabloları (2020).

Artan enerji ihtiyacının sektörler bazında nasıl değişim gösterdiğine yer verilen Şekil 3'te ele alınan her dönemde enerji ihtiyacı en yüksek olan sektörlerin sanayi ile konut ve hizmetler sektörü olduğu gözlemlenmektedir. 1970 yılından 1996 yılına kadar konut ve hizmetler sektörü enerjinin en büyük tüketicisi konumunda iken, 1996-2007 yılları arasında bu öncülüğü sanayi sektörü devralmıştır. 2007 yılından itibaren ise yeniden konut ve hizmetler sektörü enerji kullanım eğilimini artırmıştır. Sanayi ile konut ve hizmetler sektörünü sırasıyla ulaştırma ve tarım sektörleri izlemektedir. Ulaştırma sektörü artan nüfusun etkisiyle her dönemde tarım sektöründen daha fazla enerjiye ihtiyaç duymakta ve özellikle 2010 yılından itibaren enerji talebinde artarak artan bir sürece girmektedir. Tarım sektörüne bakıldığında ise tarımsal üretimdeki azalma nedeniyle kullanılan enerji miktarının sınırlı seviyelerde kaldığı görülmektedir. Toplu bir değerlendirme yapmak gerekirse; incelenen dönemde tarım sektörü ve kriz dönemleri dışarıda tutulduğunda, bütün sektörlerin enerji kullanım eğilimlerinin genel olarak artış trendinde olduğunu söylemek mümkündür. Sektörlerin bu artan enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında hangi enerji kaynaklarının ön planda olduğuna Şekil 4'te yer verilmektedir.



**Şekil 4. Sektörlerin Enerji Kullanımlarında Temel Enerji Kaynaklarının Payları (%)**  
Kaynak: ETKB, 1970-2017 Denge Tabloları (2020).

Şekil 4 incelendiğinde; tarım sektörünün üretimde %92 oranında petrol kullandığını, geri kalan enerji ihtiyacını ise doğalgaz, elektrik ve jeotermalden karşıladığı gözlemlenmektedir.

Sanayi sektörü enerji ihtiyacının %80’ini kömür, petrol ve doğalgaz bileşiminden oluşan fosil yakıtlar aracılığıyla karşılamaktayken, geri kalan enerji ihtiyacı elektrik güneş<sup>1</sup> ve jeotermal kaynaklardan giderilmektedir. Konut ve hizmetler sektörü enerji ihtiyacının %43’lük kısmını fosil yakıtlar aracılığıyla, %40’lük kısmını biyokütle enerjisi ile, geri kalan %17’lik kısmını ise elektrik, jeotermal ve güneş enerjisi aracılığıyla karşılamaktadır. Son olarak ulaştırma sektörü ise enerji ihtiyacının %97 gibi çok büyük bir kısmını petrolden, %3’lük kısmını ise kömür, doğalgaz, elektrik ve biyokütle enerjisi bileşiminden karşılamaktadır. Böylelikle incelenen dönemde bütün sektörlerde yoğun olarak fosil kaynakların hâkim enerji kaynağı olduğunu söylemek mümkündür.

### 3. Ampirik Literatür Taraması

Sektörlerdeki ya da ülkeler arasındaki enerji kullanımlarının ve enerji kaynaklarının bir yakınsama eğilimi gösterip göstermediği ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Mevcut çalışmaların büyük çoğunluğu da enerji ekonomisinde doğrusal olmamayı göz ardı etmektedir. Hem doğrusal hem de doğrusal olmayan yöntemlerle yakınsama ilişkisinin analiz edildiği ampirik literatürdeki bazı temel çalışmalara aşağıda yer verilmektedir.

Markandya, Pedroso-Galinato ve Streimikiene (2006) çalışmalarında; Doğu Avrupa’daki 12 geçiş ülkesindeki enerji yoğunluğu ile Avrupa Birliği (AB-15) ülkelerindeki enerji yoğunluğu arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır.  $\beta$  yakınsama analiz bulguları, 27 ülkenin yakınsama hızının 1992-2002 döneminde yıllık %1,7 civarında olduğunu göstermiştir. Bulgular ayrıca, gelişmiş ve geçiş ekonomileri arasındaki ortalama kişi başına gelir farkında %1’lik bir azalmanın, geçiş ülkesinin enerji yoğunluğu artış oranında %1,02 oranında azalmaya yol açtığına işaret etmiştir.

Lee ve Chang (2007) çalışmalarında; Tayvan’da 1955-2003 dönemi verilerini kullanarak enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde hem doğrusal hem de doğrusal olmayan etkilerini dikkate almışlardır. İki rejimli TAR analiz bulguları, Tayvan’da enerji tüketimi ve büyüme arasındaki ilişkinin ters U şekli ile karakterize edildiğine, ancak böyle bir ilişkinin yalnızca düşük enerji tüketimi bulunan yerlerde olduğuna dair kanıtlar sunmuştur.

Apergis ve Payne (2010) çalışmalarında; 50 Amerika Birleşik Devleti (ABD) eyaletinde enerji tüketimindeki durağanlığı 1960-2007 yılları için araştırarak, şokların geçici mi yoksa kalıcı mı olduğunu belirlemeye çalışmışlardır. Lee ve Strazicich (2003) ve Narayan ve Popp birim kök testleri bulguları, her bir devletin 1970’lerin OPEC petrol şoklarına ve 1980’lerin başında ABD’deki resesyona karşılık gelen iki kırılma ile karşılaştığını ortaya koymuştur.

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 bulguları 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.

<sup>1</sup> Türkiye’de 1970-2017 döneminde güneş enerjisi; sanayi sektörü enerji ihtiyacının yalnızca %0,3’lük bölümünü, konut ve hizmetler sektörü enerji ihtiyacının ise yalnızca %1’lik gibi çok küçük bir bölümünü karşıladığından şekilde enerji kaynakları arasında güneş enerjisine yer verilmemiştir.

Mohammadi ve Ram (2012) alışmalarında; kişi başına enerji ve elektrik tüketiminde ülkeler arasındaki yakınsama ilişkisini 1971-2007 dönemi için incelemişlerdir. Koşulsuz  $\beta$  yakınsaması ile birlikte,  $\sigma$  yakınsama lt ve basit bir koşullu  $\beta$  yakınsama modelinin kullanıldığı çalışmada; enerji tüketiminde küresel yakınsamanın genellikle zayıf, elektrik kullanımında yakınsamanın ise çoğu durumda güçlü olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Bilgili (2012) alışmasında; bazı AB lkelerinde 1971-2009 ve 1982-2009 dönemlerinde birincil biyokütle enerji arzının yapısını gözlemlemeyi amaçlamıştır. AB'deki biyokütle arzi 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 yakınlamaa ulaştığını gösterirken; Belçika, Yunanistan, Norveç, Polonya ve İsveç'in biyokütle üretiminde doğrusal bir yapı sergilediğini ve ülkeler arasında iraksama olduğunu göstermiştir.

Mulder ve De Groot (2012) alışmalarında; 1970-2005 döneminde 18 Ekonomik işbirliği ve Kalkınma rgt (Economic Cooperation and Development Organization- OECD) lkesinde ve 50 sektörde enerji yoğunluğu gelişmelerindeki yapısal değişimi ve enerji yoğunluklarının ülkeler arasında yakınsayıp yakınsamadığını değerlendirmişlerdir.  $\beta$  yakınsama analiz bulguları, ülkeler genelinde enerji yoğunluğu seviyelerinin genellikle imalat sektöründe düşme eğiliminde olduğunu ve toplam yakınsamanın neredeyse tamamının sektör içi enerji yoğunluğu seviyelerinin yakınsamasından kaynaklandığını göstermiştir.

Meng, Payne ve Lee (2013) alışmalarında; 1960-2010 yılları arasında 25 OECD ülkesinde kişi başına enerji kullanımının yakınsamasını incelemişlerdir. Yapısal kırılmalara izin veren LM ve RALS-LM birim kök test bulguları, OECD lkelerinin çoğunda kişi başına enerji kullanımı açısından bir yakınsama ilişkisinin mevcut olduğunu göstermiştir.

Lean ve Smyth (2015) alışmalarında; ABD'de 1973:1 ile 2014:6 aylık verilerini kullanarak konut, ticari, endüstriyel, ulaşım ve elektrik enerjisi sektörü arasında ayırıtılmış petrol tkütiminin koşullu yakınsamasını araştırmak için GARCH tabanlı bir birim kök testi kullanmışlardır. Ampirik bulgular, beş sektörden her birinde toplam petrol tkütimi için koşullu yakınsamanın varlığını göstermiştir.

Akarsu ve Berke (2016) alışmalarında; 1986 ile 2013 yılları arasında Türkiye'nin illeri arasında kişi başına elektrik tkütiminin mutlak ve koşullu yakınsamasının varlığını test etmişlerdir.  $\beta$  yakınsama analiz bulguları, Türkiye'nin illeri arasında kişi başına düşen elektrik tkütiminin mutlak  $\beta$  yakınsaması olduğunu göstermiştir.

Canel, Güriş, Güriş, ktem ve ktem (2017) alışmalarında; 1980-2011 döneminde ait yıllık verileri kullanarak OECD lkelerinde enerji yoğunluğu yakınsaması olup olmadığını araştırmışlardır. KSS, Kruse ve Sollis doğrusal olmayan birim kök testleri ve Narayan ve Pop tarafından geliştirilen iki yapısal kırılmalı doğrusal birim kök testlerinin birlikte uygulandığı çalışmada test bulguları; şili, Finlandiya, Yunanistan, İrlanda, Güney Kore, Lüksemburg, Meksika, Hollanda, Yeni Zelanda, Portekiz, İspanya, İsveç, İsviçre ve İngiltere'de söz konusu dönemde enerji yoğunluklarında bir yakınsama olmadığına işaret etmiştir.

Payne, Vizek ve Lee (2017) alışmalarında; içsel olarak belirlenen yapısal kırılmalara izin veren LM ve RALS-LM birim kök testlerini kullanarak ABD eyaletlerinde (Kolombiya Bölgesi dâhil) kişi başına fosil yakıt tkütiminin stokastik yakınsamasını incelemişlerdir. İki yapısal

kırılma ve bir yapısal kırılma LM ve RALS-LM birim kök testlerinden elde edilen kanıtlar, ABD eyaletlerinde kişi başına nispi fosil yakıt tüketiminde stokastik yakınsamanın varlığına işaret etmiştir.

Solarin (2019) çalışmasında; 1970-2013 döneminde 79 ülkeden oluşan bir örnekte elektrik yoğunluğundaki yakınsama modelini incelemiştir. Enerji yoğunluğunun yakınsamasına, arttırılmış en küçük kareler regresyonu uygulanırken, elektrik yoğunluğunun yakınsaması için koşullu beta, sigma ve gama yakınsamaları uygulanmıştır. Bulgular, toplam örnekleme'deki ülkelerin %54'ünde yakınsamanın var olduğunu göstermiştir. Daha detaylı incelendiğinde ise, Afrika ülkelerinin %65'inde, Amerikan ülkelerinin %61'inde, Asya ve Okyanus ülkelerinin %43'ünde ve Avrupa ülkelerinin %33'ünde yakınsama olduğu gözlemlenmiştir.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde bu çalışma, sektör bazlı enerji kullanımlarındaki yakınsama ilişkisini hem doğrusal hem de doğrusal olmayan model altında test ederek literatüre farklı bir katkı yapmayı amaçlamaktadır. Ayrıca Türkiye’de enerji ekonomisi literatüründe hem fosil hem de yenilenebilir kaynakların ayrıştırılarak kaynak bazındaki enerji kullanımları arasındaki yakınsama ilişkisinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamış olması da bu çalışmayı literatürdeki diğer çalışmalardan farklılaştırmaktadır.

#### 4. Model ve Veri Setinin Tanıtılması

Çalışmada, 1970-2017 döneminde Türkiye’de sektörlerdeki fosil (konvansiyonel) ve yenilenebilir enerji kullanımlarının zaman içerisinde yakınsayıp yakınsamadığı araştırılmaktadır<sup>2</sup>. Çalışmaya ilişkin model ve değişkenlerin belirlenmesi sürecinde Bilgili (2012), Evans ve Karras (1996), Beyaert ve Camacho (2008) ve Lee ve Huh (2017) tarafından yapılan çalışmalar dikkate alınmıştır. Veri seti ETKB (2020) Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM) veri tabanından temin edilmiştir. Tarım, sanayi, konut ve hizmetler ile ulaştırma sektörlerinde kullanılan enerji miktarları dikkate alınarak her bir enerji kaynağı için ayrı ayrı veri setleri oluşturulmuştur. Veri setleri oluşturulurken sektörlerde enerji ihtiyacına çok küçük katkısı olan ve kısıtlı dönemde kullanılan kaynaklar (tarım sektörü için jeotermal ve doğalgaz; sanayi sektörü için güneş ve jeotermal; konut ve hizmetler sektörü için güneş ve doğalgaz; ulaştırma sektöründe ise doğalgaz ve biyokütle) dışarıda bırakılmıştır. 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. Sektörlerdeki yakınsama ilişkisi panel eşdüzey otoregresyon (PTAR) modeli ile sınanmış, ardından ise kaynak bazındaki yakınsama ilişkisinin araştırılması için çoklu kırılmalı birim kök testlerinden Lumsdaine- Papell birim kök testinden faydalanılmıştır. Yakınsama analizi için uygulanan PTAR analizi Gauss programı aracılığıyla, kaynak bazlı yakınsama ilişkisi araştırılırken kullanılan Lumsdaine- Papell birim kök testi ise WinRATS programı ile sınanmıştır. Çalışmada analizi kolaylaştırmak amacıyla bütün serilerin logaritmik değerleri alınmış ve analizlere yüzde değişim cinsinden devam edilmiştir. Ampirik bulgulara yer verilmeden önce yakınsama analizi için kullanılan modellere ilişkin ekonometrik metodolojiye yer verilmiştir.

<sup>2</sup> Etik kurul izni ve/veya yasal/özel izin alınmasına gerek olmayan bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.



İlk olarak; TAR modelleri Tong (1978) tarafından önerilen, Tong ve Lim (1980) ve Tong'un (1983) alışmalarıyla geliştirilen doğrusal olmayan zaman serisi modellerinden en yaygınıdır. Model; konjonktür dalgalanmaları, dönemsel hareketler, frekans sıklığı ve sıçrama durumu gibi doğrusal bir zaman serisi modeli tarafından yakalanamayan belirli özelliklere sahiptir (Tsay, 1989, s. 231). Yakınsama analizi için istatistiksel ve ekonometrik tekniklerle ilgili geniş bir teorik ve ampirik literatür mevcuttur. Ancak doğrusal olmayan bir çerçevede gerçek yakınsamayı test etmek için rejim değişmelerini dikkate alan TAR modellerini kullanan sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada; doğrusallığı ve doğrusal olmamayı aynı anda test etmesi, literatürde sınırlı kullanım alanı olması ve doğrusal model altında gözlenemeyen pek çok değişmeyi dikkate alması nedeniyle Beayert ve Camacho (2008) tarafından geliştirilen ve temelinde Evans ve Karras (1996) yaklaşımının olduğu doğrusal olmayan bir uzantı kullanılmaktadır.

Yakınsama süreci tek tip değildir. Ülkeler/sektörler ancak belirli kurumsal, politik veya ekonomik koşullar yerine getirilirse birleşmekte (yakınsamakta) aksi takdirde farklılaşmaktadır (ıraksamaktadır). Bu kurumsal, politik ve ekonomik koşullar yeniden düzenlenemez ve ortak bir yapıya kavuşturulamazsa (ikinci alternatif olarak) yakınsama belli koşullar altında bir oranda diğer koşullar altında başka bir oranda gerçekleşebilmektedir. Böyle bir durumda doğrusal bir panel veri modeli yanıltıcı bulgular verebileceğinden, iki rejimli bir model kullanılması daha etkin sonuçlar sunabilir. Bu amaçla, burada panel serisinin birim köklerini gösterebileceği otoresif (TAR) bir panel veri eşiği kullanılmaktadır (Beyaert ve Camacho, 2008, s. 668).

Evans ve Karras (1996) panel verisi ile gerçek yakınsamayı test etmek için aşağıdaki spesifikasyonu kullanmaktadır:

$$\Delta g_{nt} = \delta_n + p_n g_{n,t-1} + \sum_{i=1}^p \varphi_{n,i} \Delta g_{n,t-i} + \varepsilon_{n,t} \quad (1)$$

$n=1, \dots, N$  ve  $t=1, \dots, T$ 'dir. Alt simge  $n$ , tipik olarak sektörü belirtirken; alt simge  $t$ , zaman dilimini belirtmektedir.  $g_{n,t}$  değişkeni;  $g_{n,t} = y_{n,t} - \bar{y}_t$  olarak tanımlanmaktadır. Burada  $y_{n,t} = \log(Y_{n,t})$  ile tanımlanan  $y_{n,t}$  sektörün kaynak bazında enerji kullanım miktarıdır.  $\bar{y}_t = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N y_{n,t}$  ise  $t$  döneminde kaynak bazında ortalama kullanılan enerji miktarıdır.  $p_n = 0$  sektörün uzaklaştığını gösterirken,  $0 < -p_n < 1$  ise yakınsamanın olduğunu göstermektedir. Yakınsama,  $\delta_n = 0$  ise tüm  $n$ 'ler için mutlak,  $\delta_n \neq 0$  ise koşulludur.

Ancak yakınsama sürecinin tek tip olmadığı varsayılabilir. Ülkeleri/sektörlerin belirli kurumsal, politik veya ekonomik şartların yerine getirildiğinde yakınsaması durumunda bu koşullar altındaki tüm sektörler için  $0 < -p_n < 1$  olmakta, ancak bu şartlar yerine getirilmezse  $p_n = 0$  olmaktadır. Başka bir olasılık olan yakınsamanın belirli koşullar altında bir oranda, diğer koşullar altında başka bir oranda gerçekleşmesi durumunda her  $n$  için  $0 < -p_n < 1$  olmakta, ancak spesifik değeri  $t$  zamanında geçerli koşullara göre farklılık göstermektedir. Böyle bir durumu temsil edebilecek bir model ise şöyle tanımlanmaktadır:

$$\Delta g_{nt} = \left[ \delta_n^I + p_n^I g_{n,t-1} + \sum_{i=1}^p \varphi_{n,i}^I \Delta g_{n,t-i} \right] I_{\{Z_{t-1} < \lambda\}} + \left[ \delta_n^{II} + p_n^{II} g_{n,t-1} + \sum_{i=1}^p \varphi_{n,i}^{II} \Delta g_{n,t-i} \right] I_{\{Z_{t-1} \geq \lambda\}} + \varepsilon_{n,t} \quad (2)$$

Burada  $I\{x\}$ ,  $x$  doğrusal olduğunda 1 değerini, aksi takdirde 0 değerini alan bir göstergedir. Bu nedenle,  $Z_{t-1} < \lambda$  koşulu yerine getirildiğinde, birim değer alan kukla bir değişken olarak hareket etmektedir. Dolayısıyla, her koşulda enerji kullanım değerlerinin dinamiği, iki olası rejimden birini takip etmektedir.  $Z_{t-1} < \lambda$  koşulu “Rejim-1”,  $Z_{t-1} \geq \lambda$  koşulu ise “Rejim-2” olarak adlandırılmaktadır. Bu nedenle,  $\lambda$  parametresi bir “eşik” parametresidir. Bu eşik değer parametresi rejimler arasındaki geçişi belirlemektedir. Denklem (1), Tong (1978) tarafından sunulan eşik otoregresif (TAR) modellerin sınıfına aittir ve bu denklem (2) doğrusal model olan denklem (1)’i içermektedir.

Denklem (2)’de tüm  $n$  değerleri için  $p_n^I = p_n^{II} = 0$  olması halinde ıraksama meydana gelmektedir. Alternatif durumda  $0 < -p_n^i < 1$  iken  $i = I, II$  ve tüm  $n$ ’ler için yakınsama durumu oluşmaktadır. Son olarak eğer  $0 < -p_n^i < 1$  ise fakat tüm  $n$  ve  $i \neq j$  değerleri için  $p_n^j = 0$  durumu var ise kısmi yakınsama olmaktadır. Denklem (2)’de yer alan  $z_t$  geçiş değişkeni  $g_{n,t}$ ’den farklı bir ekonomik değişkeni ifade ettiğinde dışsal, doğrudan  $g_{n,t}$  değerlerinden elde edildiğinde ise içsel olmaktadır. Bu çalışmada ikinci durum mevcuttur. Model (2) en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmektedir. Ancak katsayıların geçiş değişkeninin (her ikisi de bilinmeyen) eşik değerine bağımlılığı ve varyansların bilinmemesi nedeniyle modelin tahmininde genelleştirilmiş en küçük kareler (FGLS) yaklaşımının kullanılması daha uygun olmaktadır. Denklem (2) tahmin edildikten sonra, üstünlüğü doğrusal Evans-Karras modeline (Denklem-1) göre kontrol edilmektedir. Doğrulırsa, bir sonraki adım, Denklem 2’nin  $p$  katsayılarına birim kök testi uygulayarak yakınsama olup olmadığını test etmektir oluşmaktadır. Son olarak, yakınsama kanıtı varsa, son adım Denklem-2’nin  $\delta$  katsayıları üzerinde yapılan testler aracılığıyla koşullu yakınsamaya karşılık mutlak yakınsamanın test edilmesidir.

Doğrusallık söz konusu olduğunda, test edilecek sıfır hipotezi, model (2) alternatifinden ziyade model (1) olmaktadır. Çünkü bazı parametreler ( $\lambda$ ,  $m$  ve  $d$ ) boş hipotez altında değil sadece alternatif altında tanımlanmaktadır. Her iki rejimde tüm katsayıların eşit olmaması alternatifine karşılık  $\forall n = 1, \dots, N$  ve  $\forall i = 1, \dots, p$  aşağıdaki (2.1) no’lu hipotez test edilmektedir:

$$H_{0,1}: \delta_n^I = \delta_n^{II}, \quad p_n^I = p_n^{II}, \quad \varphi_{i,n}^I = \varphi_{i,n}^{II} \quad (2.1)$$

Doğrusal model reddedilirse, analizin geri kalanı TAR modeline (2), reddedilmezse Beyaert ve Camacho (2008) tarafından önerildiği gibi Evans-Karras prosedürünün bir bootstrap versiyonuna dayanmaktadır. Ampirik bulgular model (2)’yi destekliyorsa, bir sonraki adım ayrışmaya (ıraksama) karşı yakınsamanın test edilmesidir. Bu aşamada model (2) için boş hipotez;

$$H_{0,2}: p_n^I = p_n^{II} = 0 \quad \forall n \quad (2.2)$$

Eğer (2.2)'deki bu hipotez doğrulanırsa sektörler hem rejim-1 hem de rejim-2 altında ayrışmaktadırlar. Burada üç tür alternatif ekonomik açıdan önemlidir ve test edilebilir:

$$H_{A,2a}: p_n^I < 0, p_n^{II} < 0 \quad \forall n, \quad (2.3)$$

$$H_{A,2b}: p_n^I < 0, p_n^{II} = 0 \quad \forall n, \quad (2.4)$$

$$H_{A,2c}: p_n^I = 0, p_n^{II} < 0 \quad \forall n. \quad (2.5)$$

Alternatif (2.3) hipotezi hem rejim-1 hem de rejim-2 altında sektörlerin tam yakınsama içerisinde olduğu durumu göstermektedir. (2.4) ve (2.5) alternatif hipotezleri ise sırasıyla yakınsamanın yalnızca rejim-I ve rejim-II altında gerçekleştiğini ifade etmektedir. Böyle bir duruma kısmi yakınsama adı verilmektedir.

Sektör bazlı yakınsamanın test edilmesinin ardından ikinci olarak, kaynak bazlı yakınsama analizi için kullanılan Lumsdaine ve Papell (LP) (1997) birim kök test metodolojisine aşağıda yer verilmektedir. İki kırılmaya izin veren bu test için geliştirilen ve Model AA, Model CA ve Model CC şeklinde adlandırılan bu modellere ait denklemler řu şekildedir (Lumsdaine ve Papell, 1997, s. 212):

Model AA spesifikasyonu;

$$\Delta y_t = \mu + \beta_t + \theta DU1_t + \omega DU2_t + \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t \quad (3)$$

Model CA;

$$\Delta y_t = \mu + \beta_t + \theta DU1_t + \gamma DT1_t + \omega DU2_t + \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t \quad (4)$$

Model CC ise,

$$\Delta y_t = \mu + \beta_t + \theta DU1_t + \gamma DT1_t + \omega DU2_t + \psi DT2_t + \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t \quad (5)$$

şeklinde. Yani Model CC'den ve DT1 ve DT2 ıkarılırsa Model AA, yalnızca DT2 ıkarılırsa Model CA elde edilmektedir. Burada Model AA yalnızca düzeyde iki kırılmayı, Model CA düzeyde iki kırılmayı ve trend fonksiyonunun eğiminde bir kırılmayı test ederken, Model CC hem düzeyde hem de eğimde iki kırılmanın varlığını araştırmaktadır. Modeller arasında tercih yapmak için açıkça belirlenmiş bir neden bulunmamakla birlikte birim kök hipotezinin güçlü bir şekilde reddedildiği model en uygun model olarak seçilebilir. Bu nedenle çalışmada hem düzeyde hem de eğimde iki farklı kırılmayı daha kapsamlı araştırması nedeniyle Model CC tercih edilmektedir.

Seçilen modellerde  $y_t$  serisinin dışsal bir yapısal kırılma olmaksızın durağan bir süreç izlediği boş hipotezi, trend fonksiyonunda bilinmeyen iki farklı tarihte ortaya çıkan iki kırılma altında trend durağan olduğu hipotezine karşı test edilmektedir. Trend fonksiyonunun parametresinde değişikliğin meydana geldiği dönem kırılma dönemi ( $Tb_i$   $i=1,2$ ) olarak tanımlanmaktadır. Bu dönemdeki kukla değişkenleri eğer  $t > Tb_i$  ise  $DU_{i=1}$  ve  $DT_{i=1} = t - Tb_i$  değerlerini aksi takdirde 0 değerini almaktadır. Model (5) tüm olası kırılma tarihleri ( $Tb_1, Tb_2$ ) için tahmin edilmektedir. Burada  $Tb_i = 2, \dots, T-1$ ,  $i=1,2$  ve  $T$  gözlem sayısıdır. Kırılma tarihleri belirlenirken  $\alpha$ 'nın  $t$  istatistiğinin minimum olduğu değer dikkate alınmaktadır.  $T$  istatistik

değeri kritik değeri aşarsa serinin durağan olduğu boş hipotezi reddedilmektedir. Gecikme uzunluğu  $k$  seçilirken öncelikle bir üst sınır belirlenmekte, eğer regresyona son dâhil edilen gecikme anlamlıysa bu üst değer uygun gecikme uzunluğu olarak seçilmektedir, değilse son gecikme anlamlı hale gelene kadar  $k$  bir azaltılmakta, eğer hala anlamlı gecikme bulunamazsa  $k=0$  olarak belirlenmektedir (Ben-David, Lumsdaine ve Papell, 1998, s. 6-7).

## 5. Uygulama ve Bulgular

Bu bölümde sektörlerde kullanılan toplam enerji miktarları arasında zaman içerisinde bir yakınsama ilişkisinin olup olmadığı ve mevcut yakınsama ilişkisinin hangi kaynaklar yoluyla ortaya çıktığı tespit edilmektedir. Tablo 1 panel doğrulsalsızlığa karşılık panel doğrusalığın ve panel yakınsamaya karşın ıraksama hipotezlerinin test bulgularını sunmaktadır. İstatistiksel bulgular, doğrusal model için 1(a)'da ve PTAR modeli için 1(b)'de verilmektedir.

**Tablo 1. Sektör Bazında PTAR Yakınsama Analiz Bulguları**

1(a) Doğrusal Model						
İraksama- Yakınsama			Mutlak-Koşullu Yakınsama			
0.294			0.505			
İraksama			-			
1(b) PTAR Model						
Doğrusallık Testi		Geçiş Değişkeni		d	λ	Rejim-1 Gözlem Sayısı
Kısıtlanmamış	Kısıtlanmış	Sektörlerin Toplam Enerji Kullanım Miktarları		1	-7.71	11,36
0.075	0.080					
Yakınsama Testi						
İraksama- Yakınsama			Mutlak-Koşullu Yakınsama			
Rejim-1	Rejim-2	İkicide	Rejim-1	Rejim-2	İkicide	
0.339	0.008	0.245	0.587	0.640	0.735	
Rejim-II'de Kısmi Yakınsama			Rejim-II'de Mutlak Yakınsama			

**Not:** Test kapsamında yer verilen olasılık değerleri bootstrap-p değerleridir. Gecikme uzunluğu, genelleştirilmiş en küçük kareler (FGLS) tarafından tahmin edilen lineer panel kalıntılarında otokorelasyon sorununun olmadığı en uygun değer olan 2 olarak seçilmiştir. Ayrıca rejimler toplam enerji kullanımına göre belirlenmiştir.

Sektörlerin ortalama enerji kullanım miktarlarını yansıtan seriler doğrusal olmadığından normal dağılım da göstermez, bu nedenle normal dağılım altındaki t istatistik ve p olasılık değerlerine bakmak yanlış sonuçlar verebileceğinden yakınsama analizinde bootstrap-p olasılık değerleri dikkate alınmaktadır. Bu kapsamda ilk olarak (1) numaralı denklemde yer alan doğrusal model sektör ortalamaları alınarak çözümlenmekte ve bootstrap-p olasılık değeri  $0.294 > 0.05$  olduğundan yakınsama olmadığı  $H_0$  boş hipotezi reddedilememektedir. Diğer bir ifadeyle doğrusal model sektörlerin yaklaşık 48 yıllık bir dönemde herhangi bir yakınsama ilişkisi sergilemediğini göstermektedir. Bu nedenle koşullu yakınsamaya karşın mutlak yakınsama testi anlamlılığını yitirmektedir.

İkinci olarak Denklem (2)'de yer verilen model çözümlenmesiyle doğrusal olmayan PTAR modeli kullanılarak yakınsama analizi yapılmaktadır. Burada hem kısıtlanmamış hem de kısıtlanmış bootstrap p-değerleri standart %5 kritik değer üzerinde olduğundan doğrusallık testi bulguları TAR spesifikasyonunu desteklemektedir. Doğrusal olmayan bu PTAR analizi

altında analiz bulguları rejim-I altında iraksama-ayrışma ( $0.339 > 0.05$  olduğundan Ho boş hipotezi reddedilemez) ve rejim-II altında ise ( $0.008 < 0.05$  olduğundan Ho boş hipotezi reddedilir) yakınsama hipotezini desteklemektedir. Burada bir rejimden diğerine geçişi belirleyen geçişi değişkeni (eşik değer) olarak sektörlerin enerji kullanım miktarlarının ağırlıklı ortalamasından oluşan toplam enerji kullanım değerleri alınmaktadır. Sektörlerin ağırlıklı ortalamasından oluşan bu değer yakınsama sürecinin temsilcisi olarak görülebileceğinden bu değer endojen (içsel) olarak seçilmektedir. Eşik parametresi  $\lambda$ , -7.71 olarak tahmin edilmiştir. Bu, Rejim-1'in, ortalama enerji kullanım değerleri artış hızının, sektörlerin toplam enerji kullanımından 7.71 puandan daha düşük olduğu anlamına gelmektedir. Yani, Rejim-I, toplam enerji kullanımının tek tek sektörler ele alındığında biraz daha yavaş büyüğünü ifade etmektedir. Bu rejim, örneklemin %11,36 oranındaki gözlemlerine tekabül etmektedir. Bunun tersine, örneklemin %88,64'ünde hüküm süren Rejim II, sektörlerin ortalamasının üzerinde artış sergilediğini göstermektedir. Genel bulgular; her iki rejim altında sektörlerde yalnızca Rejim-II'de kısmi bir yakınsamanın bulunduğunu, bunun ise mutlak bir yakınsama olduğunu göstermektedir. Mutlak yakınsama hipotezi, yakınsak sektörlerin aynı istikrarlı yapıyı paylaşmaları anlamına gelirken, koşullu yakınsama rastlantı olmasa da paralel yolların varlığına işaret etmektedir. Ancak mutlak yakınsama sektörler arasındaki yapısal farklılıkları dikkate almamaktadır.

Sektör bazında test edilen yakınsama analiz bulguları, sektörlerin ele alınan dönem boyunca kısmi bir yakınsama içerisinde olduğunu göstermektedir. Bu bulgular; Bilgili (2012), Mulder ve De Groot (2012) ve Akarsu ve Berke'nin (2016) çalışmalarıyla benzerlik taşımaktadır. Bunun yanında bu kısmi yakınsamaya hangi kaynakların neden olduğu büyük önem taşımaktadır. Çünkü sektörlerin üretim sürecinde kullandıkları enerji girdisi fosil yakıt bazlı kaynaklar aracılığıyla yakınsıyor ise yenilenebilir enerjinin kullanımının ve politikaların istenen sonuçları vermediğini ve üretim sürecinde hâlâ yoğun olarak fosil yakıt bazlı kaynakların ön planda olduğunu söylemek mümkün olacaktır.

Bu amaçla kaynak bazındaki yakınsama ilişkisi literatürdeki çalışmalardan Meng vd. (2013), Lean ve Smyth (2015) ve Payne vd.'nin (2017) çalışmaları dikkate alınarak birim kök testleri aracılığıyla araştırılmaktadır. Ancak bu çalışmalardan farklı olarak kaynak bazındaki yakınsama ilişkisi hem iki farklı yapısal kırılmanın varlığını dikkate alması hem de küçük örneklemlerde daha etkin bulgular vermesi sebebiyle Lumsdaine-Papell birim kök testi ile sınanmaktadır. Sektörler içerisinde yoğun olarak kullanılan kaynaklar arasındaki bu yakınsama ilişkisi sınanırken her bir sektördeki kaynaklar ikili ikili ele alınarak fark serileri oluşturulmakta ve bu fark serilerinin durağanlığı araştırılmaktadır. Çünkü eğer iki serinin farklarından oluşan bu yeni seri durağan bir süreç izliyorsa diğer bir ifadeyle fark serileri zaman içerisinde ortalama bir değere yaklaşıyorsa bu durum söz konusu iki kaynağın yakınsadığı anlamına gelmektedir. Kaynak yakınsama analiz bulgularını gösteren Lumsdaine-Papell yapısal kırılmalı birim kök test bulgularına Tablo 2'de yer verilmektedir.

**Tablo 2. Lumsdaine-Papell Birim Kök Testi ile Kaynak Bazında Yakınsama Analiz Bulguları**

Sektörler	Kaynaklar				
	Petrol-Kömür	Petrol-Petrol	Petrol- Elektrik	Petrol- Doğalgaz	-
Tarım/Sanayi	-6.07 (1981,2007)	-7.95** (1989,2006)	-5.44 (1981,2009)	-6.46* (1982,1987)	-
	Elektrik- Kömür	Elektrik- Petrol	Elektrik- Elektrik	Elektrik- Doğalgaz	-
	-5.31 (1976,1991)	-3.54 (1993,2003)	-4.50 (1990,2010)	-7.96** (1988,1998)	-
	Petrol-Kömür	Petrol- Biyokütle	Petrol-Petrol	Petrol- Jeotermal	Petrol- Elektrik
Tarım/ Konut ve Hizmetler	-6.16* (1997,2007)	-4.40 (1978,1983)	-5.47 (1981,2005)	-5.96 (1983,2009)	-5.35 (1981,2009)
	Elektrik- Kömür	Elektrik- Biyokütle	Elektrik - Petrol	Elektrik- Jeotermal	Elektrik- Elektrik
	-4.53 (1997,2007)	-4.42 (1991,2008)	-5.71 (2000,2005)	-7.19** (1983,2008)	-3.49 (1989,2008)
	Petrol-Kömür	Petrol-Petrol	Petrol- Elektrik	-	-
Tarım/ Ulaştırma	-3.60 (1988,2009)	-5.02 (1979,2009)	-3.85 (1979,2003)	-	-
	Elektrik- Kömür	Elektrik- Petrol	Elektrik- Elektrik	-	-
	-4.69 (1980,1989)	-3.41 (2000,2010)	-4.47 (1986,2011)	-	-
	Kömür- Kömür	Kömür- Biyokütle	Kömür-Petrol	Kömür- Jeotermal	Kömür- Elektrik
Sanayi/Konut ve Hizmetler	-8.53** (1995,2007)	-5.74 (1977,2007)	-5.17 (1999,2005)	-6.10 (1983,2008)	-6.05 (1983,2007)
	Petrol-Kömür	Petrol- Biyokütle	Petrol-Petrol	Petrol- Jeotermal	Petrol- Elektrik
	-5.46 (1997,2007)	-5.25 (1982,2006)	-3.76 (1984,1995)	-6.94** (1989,2008)	-4.45 (1995,2004)
	Elektrik- Kömür	Elektrik - Biyokütle	Elektrik - Petrol	Elektrik - Jeotermal	Elektrik- Elektrik
	-7.85** (1981,2007)	-2.89 (1978,2010)	-10.20** (2005,2011)	-5.97 (1983,1996)	-4.16 (1990,1996)
	Doğalgaz- Kömür	Doğalgaz- Biyokütle	Doğalgaz- Petrol	Doğalgaz- Jeotermal	Doğalgaz- Elektrik
	-5.94 (1988,2007)	-6.04 (1988,1998)	-6.25* (1987,2005)	-7.17** (1988,2008)	-5.41 (1988,2008)
	Kömür- Kömür	Kömür-Petrol	Kömür- Elektrik	-	-
Sanayi/Ulaştırma	-4.61 (1980,1988)	-4.62 (2007,2012)	-4.32 (2003,2012)	-	-
	Petrol-Kömür	Petrol-Petrol	Petrol- Elektrik	-	-
	-4.51 (1978,1987)	-3.49 (1992,2005)	-4.79 (1979,2008)	-	-
	Elektrik- Kömür	Elektrik- Petrol	Elektrik- Elektrik	-	-
	-3.27 (1989,1993)	-5.48 (1978,2012)	-5.09 (1976,2007)	-	-
	Doğalgaz- Kömür	Doğalgaz- Petrol	Doğalgaz- Elektrik	-	-
-4.44 (1987,2007)	-5.92 (1987,2012)	-5.93 (1988,2012)	-	-	

**Tablo 2. Devamı**

<b>Konut ve Hizmetler/Ulaştırma</b>	Kömür-Kömür	Kömür-Petrol	Kömür-Elektrik	-	-
	-5.47	-6.94**	-7.29**		
	(1985,2012)	(1979,2007)	(1979,2007)		
	Biyokütle-Kömür	Biyokütle-Petrol	Biyokütle-Elektrik	-	-
	-2.72	-4.30	-7.32**		
	(2005,2010)	(1978,2010)	(1983,2007)		
	Petrol-Kömür	Petrol-Petrol	Petrol-Elektrik	-	-
	-5.29	-8.02**	-6.82**		
	(1978,1996)	(2005,2011)	(2000,2011)		
	Jeotermal-Kömür	Jeotermal-Petrol	Jeotermal-Elektrik	-	-
-7.54**	-6.16*	-5.91			
(1993,1996)	(1983,2010)	(1983,2007)			
Elektrik-Kömür	Elektrik-Petrol	Elektik-Elektrik	-	-	
-3.20	-3.44	-4.54			
(1988,2008)	(1990,2010)	(2007,2012)			

**Notlar:** Kaynakların altında belirtilen ilk değerler fark serilerinin t istatistik değerlerini, parantez içerisindeki değerler ise sabit model altındaki iki farklı kırılma tarihini göstermektedir. Sütundaki sektörler ve satırdaki kaynaklar sırasıyla eşleştirilmiştir. (Örneğin; tarım/sanayi ve petrol-kömür kesişimi tarımda kullanılan petrolün sanayide kullanılan kömür ile yakınsayıp yakınsamadığını test etmektedir). %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde kritik değerler sırasıyla -6.74 ve -6.16'dır. Tabloda \*\* ile belirtilen değerler serilerin %1 önem düzeyinde, \* ile belirtilen değerler ise serilerin %5 önem düzeyinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 2'de sektör-kaynak bazında yakınsama analizi için sabitli model atındaki Lumsdaine-Papell test istatistikleri %1 ve %5 önem düzeyindeki kritik değerlerle karşılaştırılmakta ve t istatistik değeri kritik değeri aşarsa serinin durağan olduğu boş hipotezi reddedilmektedir. Buna göre \* ve \*\* ile belirtilen fark serilerinde t istatistik değeri kritik değerlerden daha küçük olduğundan boş hipotez reddedilmemekte ve serilerin birim kök içermediğine ve iki farklı kırılma altında durağan olduğuna karar verilmektedir.

Bu bulgulara bakıldığında; sektörlerde kullanılan enerji kaynaklarının diğer sektörlerdeki kaynaklarla olan yakınsama ilişkilerinin yoğun olarak kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtlar ve de ikincil enerji kaynağı olarak elektrik<sup>3</sup> aracılığıyla oluştuğu gözlemlenmektedir. Biyokütle ve jeotermal gibi yenilenebilir kaynakların dahi diğer sektörlerde petrol, kömür gibi fosil kaynaklarla yakınsaması göze çarpan bir diğer bulgudur. Bu kapsamda, bir önceki analizde tarım, sanayi, konut ve hizmetler ile ulaştırma sektörlerinin enerji kullanımlarında gözlemlenen

<sup>3</sup> Elektrik, birincil enerji kaynaklarının dönüşüm geçirmesiyle elde edilen ikincil bir enerji kaynağı olmasına rağmen burada birincil enerji kaynakları arasında analize dâhil edilmektedir. Bunun sebebi elektrik enerjisi elde edilirken kömür, doğalgaz gibi fosil yakıtların yanında yenilenebilir kaynakların da elektrik enerjisi üretiminde önemli bir payının bulunması ve eğer elektriğin yenilenebilir kaynaklar aracılığıyla üretiliyorsa yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak değerlendirilebileceği tartışmalarıdır. ETKB'ye (2019) göre, 2018 yılında Türkiye'de elektrik üretiminin %37'si kömürden, %30'u doğalgazdan, %20'si hidrolik enerjiden, %7'si rüzgâr, %3'ü güneş ve %3'ü jeotermal enerjiden karşılanmaktadır (Detaylı bilgi için bkz. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>). Hem sektör hem kaynak bazında ayrıştırma yapılan bu çalışmada elektrik enerjisi kaynaklarını da ayrıştırıp analize devam etmek karmaşıklık yaratacağından elektrik enerjisi ayrı bir kaynak olarak ele alınmaktadır.

kısmi yakınsama ilişkisi kaynak bazına indirgenip incelendiğinde bu yakınsamaya fosil yakıtların neden olduğu açıkça görülmektedir. Burada fosil ya da yenilenebilir kaynakların elektrik ile yakınsaması fosil-fosil, yenilenebilir-fosil ya da yenilenebilir-yenilenebilir olarak ortaya çıkabilir. Bu nedenle elektrik enerjisi kaynağı ile olan yakınsamalar hakkında net bir çıkarımda bulunmak doğru değildir. Bu bulgular ile yalnızca söz konusu bu yakınsama yenilenebilir kaynaklı bir yakınsama ilişkisi ise çevresel baskı üzerindeki etkiyi azaltırken, fosil yakıtların neden olduğu bir yakınsama ilişkisi olması durumunda çevresel baskıyı artıracakları öngörüsünde bulunulabilir. Ancak ileriki çalışmalar için elektrik enerjisinin elde edildiği kaynaklara ayrıştırılarak yakınsama ilişkisinin test edilmesi daha net bulgular elde edilmesine olanak sağlayacaktır. Diğer taraftan belirlenen yapısal kırılma tarihlerinin kaynak kullanımına bağlı olarak büyük ölçüde farklılaştığı ancak petrol krizi ve küresel kriz gibi dönemlerin kaynak bazlı kırılmalar üzerinde ortak bir etkisinin olduğunu söylemek mümkündür.

## 6. Genel Değerlendirme ve Politika Önerileri

Türkiye’de özellikle ekonomik büyüme ve artan nüfusun yol açtığı enerji talebindeki artışların yoğun olarak sınırlı doğal kaynaklardan karşılanması, sürdürülebilir büyümenin önünde önemli bir engel teşkil etmektedir. Diğer yandan linyit hariç fosil kaynaklar açısından sınırlı rezervlere sahip ve birincil enerji kaynaklarındaki tüketimi itibarıyla enerji ihtiyacının yaklaşık %80’ini ithal eden Türkiye’nin dışa bağımlılığı da enerji arz güvenliği açısından ciddi bir tehdit unsuru oluşturmaktadır. Fosil yakıtlı kaynakların ithal edilmesiyle ülkenin cari açığı artmakta, kullanılan fosil yakıtlar sera gazı emisyonlarını artırarak çevresel sürdürülebilirliği engellemektedir. Böylelikle maliyet, çevre ve dışa bağımlılık açısından bu olumsuz üçlü döngü birbirini beslemektedir. Buradan hareketle bu çalışmada 1970-2017 döneminde Türkiye’de sektörlerin üretim sürecinde ihtiyaç duyduğu enerjinin yaygın olarak hangi kaynaklardan karşılandığı, enerji kullanımlarında sektörler arasında bir yakınsama ilişkisi olup olmadığı, varsa bu yakınsama ilişkisine hangi kaynakların sebep olduğu araştırılmaktadır.

Sektörlerde kullanılan enerji miktarlarının zaman içerisinde yakınsayıp yakınsamadığı (benzer olma eğilimi) rejim kaymalarını dikkate alan ve tahmin aşamasında doğrusal ve doğrusal olmayan formları birlikte kullanan PTAR modelleri ile analiz edilmektedir. Bu kapsamda öncelikle doğrusal model altında test edilen analiz bulguları; sektörlerin enerji kullanımlarında herhangi bir yakınsama ilişkisi olmadığını göstermektedir. Ancak farklı formlara sahip iki rejim altında gerçekleştirilen PTAR analiz bulguları, sektörlerin enerji kullanımlarında doğrusal olmayan bir yapıda bulduklarına işaret etmektedir. Sonrasında yakınsama hipotezine karşı iraksama test edilmekte ve Rejim-II altında kısmi bir yakınsama olduğu ve bu yakınsamanın mutlak bir yakınsama ilişkisi olduğu tespit edilmektedir. Sektör bazındaki yakınsama ilişkisi kaynak bazına indirgenip araştırıldığında bulgular, Türkiye’de incelenen 48 yıllık bu dönem içerisinde yoğun biçimde fosil yakıtlar aracılığıyla bir yakınsama eğilimi olduğunu göstermektedir. Sektörler içerisinde sınırlı kullanım alanı bulunması nedeniyle yenilenebilir kaynakların hiçbir sektörde yakınsama göstermiyor oluşu yenilenebilir (temiz) enerjiye yönelmeyi amaçlayan Türkiye’nin uyguladığı politikaların ve teşviklerin uygulamada yetersiz kaldığının bir göstergesi olarak nitelendirilebilir.



Türkiye’de kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların yerli rezervlerle karşılanma kapasitesi olarak yaklaşık ortalama 50 yıl<sup>4</sup> gibi bir süre öngörülmektedir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda; yerli ve yenilenebilir kaynaklar potansiyelleri ölçüsünde değerlendirilmedikçe büyümenin çevre üzerindeki yıkıcı etkisi yanında enerjide tamamen dışa bağımlı hale gelme ihtimali ve ithalata dayalı sürdürülemez cari açıklar gibi kötümser bir tablo ortaya çıkmaktadır. Fosil yakıt kullanımı hem çevreye yüklediği 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 noktada hem sürdürülebilir büyüme açısından hem de sektör bazlı CO<sub>2</sub> emisyonlarının önemli ölçüde azaltılabilmesi açısından özellikle kısa/orta vadede tarım sektöründe; orta/uzun vadede ulaştırma, sanayi ve konut sektörlerinde yenilenebilir kaynaklara sağlanabilecek ilave teşviklerin büyük bir rol oynayacağı düşünülmektedir. Ancak burada yalnızca yenilenebilir enerjiye geçişin özendirilmesi değil, yenilenebilir kaynakların kullanımında yerli ekipman kullanımının teşvik edilmesi için gerekli finansman olanaklarının yaratılması daha etkin bir çözüm sunabilecektir. Öte yandan, yenilenebilir kaynakların ön plana çıkarılması kadar bu kaynakların sürdürülebilirliği için gerekli kriterlerin (bilimsel ve teknolojik yenilik, katılımcı yönetim-yönetişim, yatırımların sürekliliği ve enerji arzının güvenliği) ne ölçüde sağlandığının takip edilmesi, enerjideki kayıp ve kaçakların önlenmesine yönelik politikalar geliştirilmesi, enerjinin etkinliği ve kaynak verimliliği için kamunun öncü özel sektörün destekleyici olduğu ar-ge harcamalarının payının gözden geçirilmesi, karbon emisyon standartlarını gözetken temiz teknolojilerin bütün sektörlerde kullanılmasının yaygınlaştırılması, devlet teşviklerinde yerli kömür gibi fosil yakıtlardan ziyade yenilenebilir kaynakların ön planda tutulduğu politikaların geliştirilmesi önerilmektedir.

#### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

#### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmamaktadır.

---

<sup>4</sup> Türkiye’nin British Petroleum’e (2018) göre kömür açısından 115 yıllık üretim kapasitesi; Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü’ne (MAPEG) (2018) göre petrol açısından 18 yıllık üretim kapasitesi, Türkiye Petrolleri’ne (2018) göre doğalgaz açısından ise 13,5 yıllık bir üretim kapasitesi olduğu belirtilmektedir.

## Kaynakça

- Akarsu, G. and Berke, B. (2016). Convergence of electricity consumption in Turkey: Spatial panel data analysis. *SSRN Electronic Journal*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2875301>
- Apergis, N. and Payne, J. E. (2010). Structural breaks and petroleum consumption in US States: Are shocks transitory or permanent? *Energy Policy*, 38(10), 6375-6378. doi:10.1016/j.enpol.2010.06.015
- Aslan, A. and Kum, H. (2011). The stationary of energy consumption for Turkish disaggregate data by employing linear and nonlinear unit root tests. *Energy*, 36, 4256-4258. doi:10.1016/j.energy.2011.04.018
- Ben-David, D., Lumsdaine, R. L. and Papell, D. H. (1998). *Unit roots, postwar slowdowns and long-run growth: Evidence from two structural breaks* (NBER Working Paper No. 6397). doi:10.3386/w6397
- Beyaert, A. and Camacho, M. (2008). TAR panel unit root tests and real convergence. *Review of Development Economics*, 12(3), 668-681. doi:10.1111/j.1467-9361.2008.00479.x
- 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. doi:10.1016/j.rser.2012.07.023
- British Petroleum. (2018). *BP statistical review of world energy, June 2018*. Retrieved from <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.
- Canel, C., Güriş, S., Güriş, B., Öktem, B. and Öktem, R. (2017). Convergence of energy intensity in OECD Countries. *Modern Economy*, 8, 946-958. doi:10.4236/me.2017.87066
- Daly, H. (2007). *Ecological economics and sustainable development. Selected Essays of Herman Daly*. United Kingdom: Edward Elgar Publishing Limited.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2019). *Bilgi merkezi enerji-elektrik*. Erişim adresi: <https://www.enerji.gov.tr/trTR/Sayfalar/Elektrik>
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2020). *Enerji işleri genel müdürlüğü, denge tabloları (1970-2017)*. Erişim adresi: <https://enerji.gov.tr/enerji-isleri-genel-mudurlugu-denge-tabloları>
- Evans, P. and Karras, G. (1996). Convergence revisited. *Journal of Monetary Economics*, 37, 249-265. doi:10.1016/s0304-3932(96)90036-7
- Harris, J. M. (2000). *Basic principles of sustainable development, global development and environment* (Institute Working Paper No. 00-04). Retrieved from <http://ase.tufts.edu/gdae>
- International Energy Agency. (2020). *Energy security*. Retrieved from <https://www.iea.org/areas-of-work/ensuring-energy-security>
- Kruyt, B., Van Vuuren, D. P., Vries, H. J. M. and Groenenberg, H. (2009). Indicators for energy security. *Energy Policy*, 37(6), 2166-2181. doi:10.1016/j.enpol.2009.02.006
- Lean, H. H. and Smyth, R. (2015). *Conditional convergence in US disaggregated petroleum consumption at the sector level* (Monash Economics Working Paper). Retrieved from <https://ideas.repec.org/p/mos/moswps/2015-03.html>.
- Lee, C. C. and Chang, C. P. (2007). The impact of energy consumption on economic growth: Evidence from linear and nonlinear models in Taiwan. *Energy*, 32(12), 2282-2294. doi:10.1016/j.energy.2006.01.017
- Lee, C. Y. and 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. doi:10.1016/j.rser.2016.11.173
- Lumsdaine, R. L. and Papell, D. H. (1997). Multiple trend breaks and the unit-root hypothesis. *Review of Economics and Statistics*, 79(2), 212-218. Retrieved from <https://www.jstor.org/>

- Maden ve Petrol İşleri Genel M¼d¼rl¼ę¼. (2018). *2017 yılı sonu itibarıyla T¼rkiye ham petrol rezervleri*. Erişim adresi: [www.pigm.gov.tr/index.php/istatistikler](http://www.pigm.gov.tr/index.php/istatistikler)
- Markandya, A., Pedroso-Galinato, S. and Streimikiene, D. (2006). Energy intensity in transition economies: Is there convergence towards the EU average?. *Energy Economics*, 28(1), 121-145. doi:10.1016/j.eneco.2005.10.005
- Martchamadol, J. and Kumar, S. (2013). An aggregated energy security performance indicator. *Applied Energy*, 103, 653-670. doi:10.1016/j.apenergy.2012.10.027
- Meng, M., Payne, J. E. and Lee, J. (2013). Convergence in per capita energy use among OECD countries. *Energy Economics*, 36, 536-545. doi:10.1016/j.eneco.2012.11.002
- Mohammadi, H. and Ram, R. (2012). Cross-country convergence in energy and electricity consumption, 1971-2007. *Energy Economics*, 34(6), 1882-1887. doi:10.1016/j.eneco.2012.08.001
- Mulder, P. and De Groot, H. L. (2012). Structural change and convergence of energy intensity across OECD countries, 1970-2005. *Energy Economics*, 34(6), 1910-1921. doi:10.1016/j.eneco.2012.07.023
- Payne, J. E., Vizek, M. and Lee, J. (2017). Stochastic convergence in per capita fossil fuel consumption in U.S. States. *Energy Economics*, 62, 382-395. doi:10.1016/j.eneco.2016.03.023
- Sebri, M. and Ben-Salha, O. (2014). On the causal dynamics between economic growth, renewable energy consumption, CO<sub>2</sub> emissions and trade openness: Fresh evidence from BRICS countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 14-23. doi:10.1016/j.rser.2014.07.033
- Shaffer, B. (2006). Turkey's energy policies in a tight global energy market. *Insigt Turkey*, 8(2), 97-104. Retrieved from <https://www.belfercenter.org/publication/turkeys-energy-policies-tight-global-energy-market>
- Solarin, S. A. (2019). Parametric and non-parametric convergence analysis of electricity intensity in developed and developing countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 8552-8557. doi:10.1007/s11356-019-04225-y
- Tong, H. (1978). On a threshold model. In Chen, C. H. (Ed.), *Pattern recognition and signal processing* (pp. 575-586). The Netherlands: Sijthoff and Noordolf.
- Tong, H. and Lim, K. S. (1980). Threshold autoregression, limit cycles and cyclical data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, 42(3), 245-292. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1980.tb01126.x>
- Tong, H. (1983). *Threshold models in nonlinear time series analysis*. New York: Springer-Verlag.
- Tsay, R. S. (1989). Testing and modeling threshold autoregressive processes. *Journal of the American Statistical Association*, 84(405), 231-240. Retrieved from <https://www.jstor.org/>
- T¼rkiye İstatistik Kurumu. (2019). *Gayrisafi Yurtiçi Hasıla, iktisadi faaliyet kollarına (A21) g¼re zincirlenmiş hacim, endeks ve değişim oranları, 1970-2017*. Erişim adresi: <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>
- T¼rkiye Petrolleri. (2018). *2017 yılı ham petrol ve doğal gaz sekt¼r raporu. T¼rkiye Petrolleri Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı. Mayıs 2018*. Erişim adresi: <https://www.tpao.gov.tr/file/2003/sektor-raporlari-2018-2735e5d18395d1ba.pdf>
- Unbehaun, S.J. (2017). *The relationship between renewable energy production and energy imports among countries in the Europe an Economic Area* (Unpublished master dissertation). Faculty of the Graduate School of Arts and Sciences of Georgetown University, Washington.

## **DO SECTOR AND RESOURCE BASED ENERGY USES CONVERGE IN TURKEY? PANEL TAR AND MULTIPLE BREAKS UNIT ROOT FINDINGS**

### **EXTENDED SUMMARY**

#### **Research Problem**

As in many developing countries, Turkey meets its energy needs through a high proportion of fossil fuels, such as 80%. In addition to the pressure created by fossil fuels on the environment, the limited fossil fuel reserves of the country increase its dependence on foreign energy. This situation poses a threat to both energy-related current account deficits and energy security factor. Fossil fuels that are sought for alternatives in the global arena due to their impact on climate changes, it should be questioned so many ways in terms of Turkey. Based on this motivation, answers to the following questions are sought. (i) How trend is energy structure following in based sector-resource in Turkey? (ii) Is there a convergence relationship in total amount of energy used in the sectors in Turkey? (iii) If there is a convergence relationship in sectoral energy uses, is this due to the convergence by fossil resources or by renewable resources? Thus it was aimed to have an idea about energy structure in sectoral level and used energy sources (fossil-renewable) in Turkey, to evaluate the effectiveness of renewable energy policies implemented and to make some policy recommendations. Concepts such as green economy, green growth and welfare without growth (prosperity without growth) in order to reduce the pressure on the environment have started to be discussed intensively in the international platform especially after the 1970s. For this reason, the number of empirical studies about the subject is very limited. With the start of the 2000s, a wide theoretical and empirical literature began to form, especially for countries that have placed domestic and renewable technologies at the center of energy policies and have certain environmental commitments. However, the limited number of studies that have examined on the basis of both renewable resources and fossil resources in the energy economics literature in Turkey. So it differ this study from other studies in the literature. Thus, the energy structure of Turkey evaluation with linear and nonlinear methods separately in terms of both resource and sector, constitute of original aspect of this study.

#### **Methodology**

In the application phase of the research, it was investigated sector convergence relationship and resource convergence in parallel to sector convergence in the 1970-2017 period in Turkey. Sector-based convergence relationship was examined under linear and nonlinear models with panel TAR data analysis, while the source-based convergence relationship was tested using the Lumsdaine-Papell unit root test, one of the unit root tests with multiple structural breakages, based on the studies in the literature. Panel TAR models has been preferred as analysis tools in the study because of its certain properties that cannot be captured by a linear time series model such as conjuncture fluctuations, periodic movements, frequency and jump state. The convergence relation on the source basis was tested with the Lumsdaine-Papell unit root test because it takes into account the presence of two different structural breaks and gives more effective findings in small samples. The data sets required for analysis were obtained from

the Ministry of Energy and Natural Resources- General Directorate of Energy Affairs Energy Balance Tables (1970-2017).

### **Empirical Findings**

Test findings under the linear model within the scope of panel TAR analysis; showed that there is no convergence in energy use of the sectors. However, the panel TAR analysis findings, which were tested under two regimes with different forms, indicated that the sectors had a non-linear structure in their energy use. By testing the divergence against the convergence hypothesis, it is observed that there is a partial convergence under Regime-II and that this convergence is an absolute convergence relation. After this stage, it was investigated through which resources this partial convergence relationship occurred between the energy amounts used by the sectors in the production process. The findings as shown that there is a convergence trend through extensively fossil fuels in Turkey in this period of 48 years. On the other hand, it is among the findings that the transportation sector is in a convergence relationship only with the housing and services sector, the convergence of fossil fuels with fossil fuels, and that fossil fuels also converge with electricity.

### **Conclusion and Policy Implications**

Renewable resources do not show convergence in any sector due to the limited usage area within the sectors. This is a concrete indicator in terms of those renewable (clean) energy policies and incentives are insufficient in implementation in Turkey. It is envisaged as a period of approximately 50 years for met with domestic reserves of fossil fuels such as coal oil and gas capacity in Turkey. When this situation is taken into consideration, a pessimistic picture such as the destructive effect of growth on the environment as well as the possibility of becoming completely foreign-dependent in energy and unsustainable current account deficits based on imports arises unless domestic and renewable resources are evaluated to the extent of their potential. At this point, it is thought that not only to encourage the transition to renewable energy, but also to create the necessary financing opportunities to encourage the use of domestic equipment in the use of renewable resources, to develop policies to prevent energy losses and leakages, to review the share of R&D expenditures which the public sector supports the private sector for energy efficiency and resource efficiency, the use of clean technologies that observe carbon emission standards in all sectors and developing policies that prioritize renewable resources rather than fossil fuels such as domestic coal in government incentives may offer a more effective solution.