

TÜRKİYE'DE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN PERFORMANSI PERFORMANCE OF ENERGY EFFICIENCY IN TURKEY

Öğr. Gör. Hayriye TAŞCI

Gaziantep Üniversitesi, htasci@gantep.edu.tr, Orcid: 0000-0002-6402-3151

Öğr. Gör. Dr. Saltuk AĞIRALIOĞLU

Hasan Kalyoncu Üniversitesi, saltuk.agiralioglu@hku.edu.tr, Orcid: 0000-0001-7913-7090

Dr. Abdulmusa SÖNMÜŞ

Ünal Turizm, sonmusabdulmusa@gmail.com, Orcid: 0000 0001 8368 3078

Arş. Gör. Dr. Kadir AYDIN

Adıyaman Üniversitesi, kaydin@adiyaman.edu.tr, Orcid: 0000-0002-2437-8118

ÖZET

Enerji, ülkeler için önemli ekonomik ve stratejik bir unsurdur. Nüfus artışı, sanayinin gelişmesi ve refah seviyesinin artışı ülkelerin enerji ihtiyacını giderek artırmaktadır. Öte yandan, dünyadaki iklim değişikliği, fosil enerji kaynaklarının hızla tüketilmesi enerji üretim, iletim ve dağıtım maliyetlerini artırmaktadır. Bütün bunlar ülkelerin enerji politikaları yönetiminde enerji verimliliğine önem ve öncelik vermeleri gerektiğini ortaya koymaktadır. Türkiye’de enerji fosil kaynakları yeterli olmadığından enerji tüketim ihtiyacının büyük bir kısmı dış ülkelere sağlanmaktadır. Bu ise Türkiye’nin dış ticaret açığı vermesine neden olmakta, bu da enerji kaynaklarının verimli kullanılmasının önemini artırmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’de birincil enerji yoğunluğu ile ham petrol fiyatları, tasarruflar ve karbon salınımı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Türkiye’de enerji verimliliğinin etkisini ölçebilmek için literatürdeki diğer çalışmalarda da sık sık uygulanmış olan birim hasıla üretebilmek için tüketilen enerji demek olan “birincil enerji yoğunluğu” kullanılmıştır. Diğer değişkenlerin kullanılmasının nedeni ise enerji kaynaklarının verimliliğini yasal, sosyal, politik ve çevre boyutlarıyla değerlendirilmeye çalışmaktır. Analiz aşamasında gecikmesi dağıtılmış oto regresif (ARDL) sınır testi modeli kullanılmış, veri olarak ise 1990-2019 dönemini kapsayan yıllık veriler esas alınmıştır. ARDL sınır testi seçilmesinin nedeni, çalışmada kullanılan değişkenlerin birim kök ve durağanlık testleri sonucunda aynı seviyede durağan olmamalarıdır. Çalışmamızda elde edilen bulgular, hipotezler kapsamında değerlendirildiğinde, tasarruf değişkeninin enerji verimliliği üzerindeki kısa ve uzun dönemli etkilerinin Türkiye için anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Verimliliği, Tasarruflar, CO2, Petrol Fiyatları

ABSTRACT

Energy is an important economic and strategic element for countries. Population growth, the development of industry and the increase in the level of prosperity gradually increase the energy needs of countries. On the other hand, climate change in the world, the rapid consumption of fossil energy resources increases the costs of energy production, transmission and distribution. All this shows that countries should give importance and priority to energy efficiency in managing energy policies. Since energy fossil resources are not sufficient in Turkey, most of the energy consumption needs are provided from foreign countries. This causes Turkey to give a foreign trade deficit, which increases the importance of efficient use of energy resources. In this study, the relationship between primary energy density in Turkey and crude oil prices, savings and carbon emissions was investigated. In order to measure the effect of energy efficiency in Turkey, “primary energy density”, which means the energy consumed to produce unit product, which has been frequently applied in other studies in the literature, has been used. The reason for using other variables is to try to evaluate the efficiency of energy sources with legal, social, political and environmental dimensions. During the analysis phase, the autoregressive distributed lag (ARDL) limit test model was used, and the data was based on annual data covering the period 1990-2019. The reason for selecting the ARDL boundary test is that the variables used in the study are not stationary at the same level as a result of unit root and stationary tests. The

results obtained in our study, when evaluated within the scope of hypotheses, concluded that the short-and long-term effects of the savings variable on energy efficiency were significant for Turkey

Keywords: Energy Efficiency, Savings, CO2, Oil Price

Giriş

Enerji verimliliği; üretimden tüketime kadar enerji tasarruflarını da kapsayan insanların gelecekteki enerji ihtiyaçlarını karşılamayı amaç edinen, bunu yaparken miktar ve kaliteyi düşürmeden ve enerjiden feragat etmeden insanların enerji ihtiyaçlarına cevap verebilen önemli bir kavramdır.

Dünyada enerji verimliliğine verilen önem her geçen gün artmaktadır. Bu yönde kullanılan teknolojilerin her geçen gün ilerlemesi, temiz enerji teknolojilerinin hükümetler tarafından ilgi gördüğünün bir kanıtıdır. Enerji verimliliği, dünyadaki tüm ülkelerin gelecekteki enerji ihtiyaçlarını karşılamak, karbon salınımını azaltmak ve tasarruf etmek gibi birçok özelliğe sahiptir (IEA Energy Technology Policy Division, 2011: 8). Bu konuda hükümetlerin izledikleri politikalar, sahip oldukları ya da satın aldıkları enerji kaynaklarına bağlı sistematik eğilimlere sahip olmalıdır. Aslında enerji verimliliğindeki gelişmelerin büyük oranda piyasa koşullarına, doğru kaynak tahsisine, hukuki düzenlemelere ve alınacak tedbirlere bağlı olarak değişebileceği önemli bir çerçektir.

Bu çalışmanın amacı; Türkiye’de enerji kaynakları verimli kullanılıyor mu? sorgulamak ve verimliliği etkileyen bir takım faktörleri incelemektir. Bu bağlamda, ülke ekonomisini etkileyen en önemli enerji kaynağı olan petrol fiyatlarını araştırarak, fiyatlardaki değişimlerin, karbon emisyonlarının ve tasarrufların birincil enerji yoğunluğu üzerindeki etkisini incelemektir. Enerji fiyatlarındaki artışlar birincil enerji yoğunluğunu etkiler mi? Verimlilik arz ve talep koşullarına bağlı mıdır? Verimlilik ile ilgili politik düzenlemeler yeterli midir? Etkin kaynak tahsisi nasıl yapılmaktadır? Bu sorulara cevaplar verebilmek için Türkiye’de 1990-2019 yılları arasındaki veriler kullanılarak petrol fiyatlarının, tasarrufların ve karbon salınımının, birincil enerji yoğunluğuna etkisi çerçevesinde bir araştırma kurgusu, metod, sonuç ve değerlendirme yapılarak bu alandaki çalışmalara katkı sağlamak ve farklı bir görüş ortaya koymaktır.

1. Kavramsal Çerçeve ve Literatür Değerlendirmesi

Enerji tüketiminin artması, enerji kaynaklarının kıt olması, sermayelerinin sınırlılığı ve ekonomik, sosyal ihtiyaçlar yelpazesinin genişliği, nüfus artışı, kentleşme, endüstrileşme, dünyada tüm ülkelerde sosyal yapılaşmaları değiştirmiştir. Bu nedenle enerji sektörünün dikkatli planlanması ve enerji kaynaklarının büyümeyle sağlamaya yönelik kullanılması gerekmektedir (Samouilidis & A. Berahas, 1982: 9).

Enerji verimliliğini daha iyi anlayabilmek için birincil enerji yoğunluğunu ifade eden GSYİH’ nın enerji tüketimine oranına bakmak gerekir. Bu orandaki azalış trendi enerji verimliliğinin iyi olduğu anlamına gelir ki bu oran Türkiye’de, Dünya ve OECD ortalamasının üzerindedir.

Türkiye’ de enerji verimliliği 1990 yılında 1,0 NC milyon iken, 1995 yılında 2,0 NC milyon olmuştur. 2007 yılında bu rakamlar 5,0 NC milyona yükselmiştir ((Energy Policies of IEA Countries Turkey, 2016: 45).

Uluslararası karşılaştırmalar için yaygın olarak kullanılan diğer göstergeler ise kişi başına enerji tüketimi ve birincil enerji yoğunluğudur. 2005 -2015 yılları arasında Türkiye’ de enerji yoğunluğu %7,1 artmıştır. IEA’ nın ortalama yoğunluğu ise %16,3’e düşmüştür. Bu göstergeler Türkiye’ de o dönemler arasında enerji verimliliğinde düşüşler olduğunu, ülkedeki enerji tüketim eğilimlerinin daha detaylı bir şekilde incelenmesi gerektiğini ifade etmektedir. Türkiye gelişmekte olan bir ülkedir. Enerji verimliliğinin artabilmesi için enerji yoğunluğunun düşmesi gerekmektedir. 2011’den 2023’ e kadar enerji yoğunluğunun %20 azaltılması isteniyorsa enerji tüketim şeklinin değiştirilmesi gerekmektedir (Energy Policies of IEA Countries Turkey, 2016: 47-49).

Ekonomik koşullar ve çevresel faktörler dikkate alınarak hazırlanan enerji politikaları, siyasi konjonktür tarafından belirlenen büyüme hedeflerini, ekonomik işleyişi ve sosyal hamleleri gerçekleştirecek şekilde, ülkenin enerji ihtiyacını zamanında, güvenilir ve yeterli bir şekilde karşılayacak nitelikte belirlenmiştir. Yerli kaynakların kullanılabilirliğini arttırmak için devletin, özel sektörün, üniversitelerin ve yabancı sermayenin

enerji alanındaki yatırımlarının artırılması en önemli karar olacaktır (2002 Türkiye Enerji Raporu, 2002: 24).

Arz güvelliğini sağlamak ve dışa bağımlılığı azaltmak için Türkiye’de 2007 yılında çıkarılan Enerji Verimliliği Kanunu’nun amacı; **“Enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasıdır”**(Enerji Verimliliği Kanunu, 2007: madde 1).

Enerji verimliliğini artırmak için kullanılan politikalar teşviklere, bir takım güçlendirici çabalara ve bu alanda geliştirilen stratejilere dayanmaktadır (Energy Efficiency Policies Around the World: Review and Evaluation, 2008: 10).

Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından SAN-TEZ kapsamında desteklenen enerji projelerine bakıldığında enerji verimliliği ulaştırmada, binalarda, sanayide ve diğer projelerde şeklinde sıralanmaktadır (Ulusal Enerji Ar-Ge ve Yenilik Stratejisi, 2011: 17). Ayrıca enerji verimliliğine yapılan yatırımların değerlendirilmesi enerji verimliliğinin gerçek değerini etkiler (Oikonomou vd., 2009: 8).

Doğru tasarlanmış bir enerji verimliliği araştırması, devletin enerji politikalarını belirlemede ve bu politikaların desteklemede önemli rol oynamaktadır (Harris vd., 1993: 1215). Bu sebeple enerji kaynaklarını çeşitlendirmeyi ve verimliliği artırmayı amaçlayan daha dinamik bir enerji politikası oluşturmak temel hedef olmalıdır (Demirbaş, 2001: 2).

İnsanların yaşamlarını etkileyen ve ekonomiye yön veren dünyaya hakim bir kaynak olan petrol’ün %70’i ulaşım amaçlı kullanılmaktadır. Küresel bir enerji kaynağı olan petrol insanları yönlendiren, insanların yaşam tarzını kontrol edebilen bir özelliğe sahiptir. Çin başta olmak üzere ABD ve Doğu Asya, petrol tüketimi en fazla olan ülkelerdir (Ghosh & Prelas, 2009: 383).

Türkiye’ nin 2018 yılı itibariyle ham petrol üretimi 2,8 milyon ton dur. Bu rakam dünya ortalamasının %0,1’ i seviyesindedir (TSKB Sektörel Görünüm, 2018: 22-23). Son otuz yılda Türkiye’de gerçekleşen birincil enerji kaynağı ithalatında petrol ilk sırayı alırken onu taşkömürü ve doğalgaz izlemiştir (Sabah vd., 2002: 41).

Sanayileşmenin her geçen gün arttığı Türkiye’de nüfus artışı ile paralel olarak enerji tüketimi de artmaktadır. Petrol ve doğalgazda büyük oranda dışa bağımlı olan ülkede bu durum cari açığa sebep olmaktadır.

2015 yılında 14,565,902 ton petrol ithal edilirken 2018 yılında bu miktar 17,704,785 ton petrole yükselmiştir (EPDK, 2020). Verimliliğin önemli bir göstergesi olan kişi başına enerji tüketimi 2010 yılında 1,33 milyon TEP /kişi iken 2017 yılında 1,80 milyon TEP/kişiye yükselmiştir (<https://ec.europa.eu/>). 2010 yılında petrolün ithalat fiyatı 78,3 ABD \$/varil iken 2012 yılında 111,7 ABD \$/varile yükselmiştir. Petrolün dinamik yapısı sebebiyle 2018 yılında ise 71,2 ABD \$/varile düşmüştür (<https://www.oecd-ilibrary.org/>). İnişli çıkışlı bir seyir izleyen petrol fiyatları ne olursa olsun Türkiye’ de her daim artan oranda enerji tüketimine sebep olmaktadır.

Enerji fiyatlarının gelişimini etkileyen en önemli faktör enerjideki özelliklede elektrik tüketimindeki alışkanlıklardır. Ülkenin coğrafi özellikleri, nüfus yoğunluğu, nüfusun dağılımı ve iklim koşulları bu gelişime katkı sağlayan diğer faktörledendir (Bilginoğlu, 1991: 125).

Enerji kaynaklarının seçimindeki isabetlilik, çok fazla belirsizlik taşırken ayrıca; ekonomik, sosyal, teknolojik vb. gibi birçok kriterlere bağlıdır (Shahid & A.A., 1978: 671).

Enerji tasarrufu sağlayan teknolojiler daha çok sektöre ve uygulanabilir son kullanım alanlarına göre kategorize edilmişlerdir (Gellings, 2011: 51).

Ar-Ge çalışmaları, bir ülkenin enerji alanında teknolojisinin özümsemesi ve ülkenin millileşme çabalarında bu teknolojik faaliyetlerin ve yeniliklerin yaratılmasını sağlayarak üretkenliğin artmasına olumlu katkılar sağlayabileceğini göstermektedir (Xiaobo vd., 2019: 5-6).

Türkiye’ de karbon emisyonlarındaki artışlarda ekonomik büyümenin, nüfus artışının, enerji arzında fosil enerji kaynaklarına bağımlılığın ve her geçen gün artan enerji talebinin büyük etkisi vardır. 2013- 2016 yıllarında Türkiye’deki performans her ne kadar kötüleşse de bu rakamların 2020 yıllarında zirveye ulaşacağı ve yüzyılın ortasında eksilere düşeceği tahmin edilmektedir (Karakaya vd., 2019: 1-2).

Bir ülkenin karbon emisyonları o ülkenin finansal gelişmelerinin tamamından etkilenmektedir. İşletmelerin yeni tesisler satın alması ve yatırımlar yapması, finansman kanallarının artırılması ve teknolojinin gelişmesi ülkedeki ekonomik performans, enerji verimliliği ve enerji tüketimi karbon emisyonlarını etkilemektedir (Oztürk & Acaravcı, 2013: 262-263).

Enerji verimliliğinin literatürüne bakıldığında; Türkiye’ de ve farklı ülkelerde çalışmalar yapıldığı ve farklı eksenlerde bu konunun ele alındığı görülmektedir. Doğan ve Yılkırkan (2015), çalışmalarında Türkiye’ de enerji verimliliğini etkileyen nüfus, enerji tüketimi ve enerji yoğunluğu gibi değişkenleri 2012-2018 yıllarına ait veriler kapsamında analiz ederek incelemişlerdir.

Türkiye’de geleceğe yönelik bir takım planlamaların yapılması adına, enerji tüketimlerinin yapıldığı tüm sektörlerde, kayıp-kaçak oranlarının azaltılması, tasarruflu tüketim alışkanlıklarının kazandırılması, enerji harcamalarının düşürülmesi, özellikle sanayideki enerji tüketim yoğunluğunun azaltılması ve ulaşımda toplu taşımalara geçilerek enerji tüketimlerine yeni boyutların kazandırılması gibi çabaların olumlu katkılar sağlayacağı bilgisinden yola çıkarak geleceğe yönelik enerji planlamalarının doğru analiz edilip sosyal ve ekonomik bir büyüme için enerji politikalarının sürdürülebilirliğini yükseltecek yaklaşımlar sunmak ve önerilerde bulunmak gerekmektedir (Doğan & Yılkırkan, 2015: 383).

Shen vd. (2018), de 1978-2014 yılları arasında Çin’in 30 eyaletinde toplam faktör verimliliği seviyeleri, Ar-Ge’ nin bu verimlilik üzerindeki etkilerini tahmin ederek, enerji yoğunluğunun azaltılması yönünde çalışmalar yapılmıştır. Toplam faktör verimliliğinin Çin’in enerji yoğunluğunda önemli bir düşüş yarattığı sonucuna varılmıştır.

Öztürk ve Acaravcı (2012), de 1960-2007 yılları arasında Türkiye’de ekonomik büyüme, uluslararası ticaret, karbon salınımı ve enerji tüketimleri değişkenleri arasındaki ilişkiyi Granger Nedensellik analizi ile inceleyerek, uluslararası ticaretin GSYH’da ve kişi başına düşen karbon salınımlarında artış yarattığı fakat, finansal gelişmelerin bir değişken olarak uzun vadede böyle bir etkisinin olmadığı sonucuna varılarak; Türkiye’nin birincil enerji yoğunluğuna bağlı karbon salınımlarının azaltılması çalışmalarına katkı yapılması hususunda önerilerde bulunulmuştur.

Karakaya vd. (2019), 1990 ve 2016 yılları arasında Türkiye’ de karbon emisyonlarındaki artışlar ile ekonomik büyüme ve nüfus artışı arasındaki ilişkiyi Divisia İndeksi ile inceleyerek, Türkiye’deki performansın 2013-2016 dönemlerinde kötüleştiği ve enerji politikaları ile karbon salınımlarının azaltılması önerilerinde bulunulmuştur.

Halıcıoğlu (2009), çalışmasında Türkiye’de enerji tüketimleri, gelir ve dış ticaretin karbon salınımları üzerindeki etkisi 1960-2005 dönemlerine ait verilerle Granger Nedensellik analizi ile incelenerek, değişkenlerin bir takım çevre ve iklim sorunlarına yol açtığını, enerji yoğunluğunun düşürülmesi ve karbon salınımına sebep olan malların üretimlerin durdurulması için politikaların yeniden tasarlanması gerektiği önerilerinde bulunulmuştur.

Peker Say & Yücel (2006), çalışmalarında Türkiye’de toplam enerji tüketimi, GSMH ve karbon emisyonları arasındaki ilişki için bir modelleme yapılarak 1970-2002 dönemlerine ait veriler ile regresyon analizi uygulanmış ve verimli enerji kullanım yollarının araştırılması hususunda enerji tüketimlerini azaltacak, yerli enerji kaynakları üretimlerini arttıracak, karbon emisyonlarını düşürecek ve enerjideki kayıp ve kaçakları azaltacak enerji politikalarının gerekliliği önerilmiştir.

Duzgun & Komurgoz (2013), çalışmalarında Türkiye’ de enerji verimliliğini arttırmak için birçok çalışmanın olduğu gerçeğinden yola çıkarak teşvik politikalarını incelemişler ve verimliliği arttırmanın, karbon emisyonlarını azaltmanın en etkili yolunun enerji politikalarına ilaveten ek politikalara ihtiyaç olduğunu önermişlerdir.

Sineviciene vd., (2017), çalışmalarında 1996-2013 dönemlerine ait verilerle Doğu Avrupa ülkelerinde komünizm sonrası, enerji verimliliğini ve verimliliğin belirleyicileri olan petrol fiyatları, doğal gaz fiyatları, sanayi katma değerini, karbon emisyonlarını, brüt sabit sermaye ve GSYİH’yı stokastik test ve karşılaştırmalı analiz ile inceleyerek, petrol ve doğalgaz fiyatlarının enerji verimliliğine etkilerinin olmadığı, karbon salınımı ve GSYİH’nın ters etki ile karakterize olduğu, son olarak da brüt sabit sermaye ve sanayi katma değerinin pozitif ve anlamlı etkilerinin çıktığı sonucun varılarak, sanayinin enerji yoğun olması sebebiyle enerji verimliliği açısından, hizmet sektörüne göre düşük olduğu sonucuna varılmaktadır.

2. Veri, Yöntem ve Bulgular

2.1. Veri ve Model

Bu bölümde, Türkiye’de enerji kaynaklarının verimli kullanılıp kullanılmadığı sorusundan yola çıkarak enerji tüketimini en çok etkileyen petrol fiyatları, enerji yönetiminin etkin bir göstergesi olan enerji tasarrufu ve politikaların çevreye etkilerinin bir ölçüsü olarak da karbon salınımının birincil enerji yoğunluğu üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla ARDL sınır testi yapılmıştır (Pesaran, 2015: 122). Bu amaçla, Pesaran (2015)’i takiben oluşturulan model aşağıdaki gibidir:

ARDL’ye konulan değişkenler ((p,q₁,q₂,q₃) dir.

$$\Delta VER_t = a_{01} + b_{11}VER_{t-1} + b_{21}PET_{t-1} + b_{31}TAS_{t-1} + b_{41}EM_{t-1} + \sum_{i=1}^p a_{1i}\Delta VER_{t-1} + \sum_{i=1}^{q_1} a_{2i}\Delta PET_{t-1} + \sum_{i=1}^{q_2} a_{3i}\Delta TAS_{t-1} + \sum_{i=1}^{q_3} a_{4i}\Delta EM_{t-1} + e_{1t} \quad (1)$$

$$\Delta PET_t = a_{02} + b_{12}VER_{t-1} + b_{22}PET_{t-1} + b_{32}TAS_{t-1} + b_{42}EM_{t-1} + \sum_{i=1}^{q_1} a_{1i}\Delta PET_{t-1} + \sum_{i=1}^p a_{2i}\Delta VER_{t-1} + \sum_{i=1}^{q_2} a_{3i}\Delta TAS_{t-1} + \sum_{i=1}^{q_3} a_{4i}\Delta EM_{t-1} + e_{2t} \quad (2)$$

$$\Delta TAS_t = a_{03} + b_{13}VER_{t-1} + b_{23}PET_{t-1} + b_{33}TAS_{t-1} + b_{43}EM_{t-1} + \sum_{i=1}^{q_2} a_{1i}\Delta TAS_{t-1} + \sum_{i=1}^p a_{2i}\Delta VER_{t-1} + \sum_{i=1}^{q_1} a_{3i}\Delta PET_{t-1} + \sum_{i=1}^{q_3} a_{4i}\Delta EM_{t-1} + e_{3t} \quad (3)$$

$$\Delta EM_t = a_{04} + b_{14}VER_{t-1} + b_{24}PET_{t-1} + b_{34}TAS_{t-1} + b_{44}EM_{t-1} + \sum_{i=1}^{q_3} a_{1i}\Delta EM_{t-1} + \sum_{i=1}^p a_{2i}\Delta VER_{t-1} + \sum_{i=1}^{q_1} a_{3i}\Delta TAS_{t-1} + \sum_{i=1}^{q_2} a_{4i}\Delta PET_{t-1} + e_{4t} \quad (4)$$

Denklemlerde yer alan değişkenlerden VER, enerji politikalarının önemli bir göstergesi olan verimliliği temsilen birincil enerji yoğunluğunu (p); PET, birincil enerji yoğunluğunu etkileyen ham petrol fiyatlarını (q₁); TAS, enerji yönetiminin önemli göstergesi olan enerji tasarrufunu (q₂); EM, enerji verimliliğini etkileyen karbon salınımını (q₃) ifade etmektedir.

Çalışmada faydalanılan değişkenlerden enerji verimliliğini temsilen birincil enerji yoğunluğu 2001 sabit fiyatlarıyla dolar cinsinden, ham petrol fiyatları dolar/varil cinsinden, enerji tasarrufu dolar cinsinden ve karbon emisyonları metrik ton cinsinden kullanılmış olup, birincil enerji yoğunluğu, tasarruflar ve karbon emisyonları World Development Indicators, ham petrol fiyatları ise OECD veri tabanından elde edilmiştir.

2.2. Ampirik Analiz ve Bulguları

2.2.1. Birim Kök Durağanlık Testleri

Türkiye’de enerji kaynaklarının verimliliğini incelemeye önce, değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 1’de sunulmaktadır. Bunu yapılmasının en önemli sebebi, çok sayıda olan verileri özetlemek ve toplamaktır.

Tablo1. Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	Gözlem	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Max.
t	30	2004.5	8.803408	1990	2019
VER	30	3.5195	0.3504396	2.82	3.867
PET	30	47.93667	32.71598	12	111.7
TAS	30	0.1132333	0.1378059	0.016	0.82
EM	30	233.1667	76.60921	129	379
dVER	29	-0.0307241	0.2977296	-0.942	1.047
dPET	29	1.517241	16.01939	-48.3	31.5
dTAS	29	-0.0036897	0.1948573	-0.717	0.72
dEM	29	8.310345	12.56726	-18	40
√VER	30	1.253152	0.1053389	1.036737	1.352479
_est_ecreg	30	0.9666667	0.1825742	0	1
(e)	30	0.9666667	0.1825742	0	1

Serilerin birim kök içerip içermediklerini test etmek için, iki Dickey - Fuller birim kök testinin yapılması gerekmektedir. Seriler bu test aracılığıyla sınanmış olup, düzeyde durağanlık (kendi seviyesinde) sonuçları Tablo 2’de, birincil farkları ise Tablo 3’te sunulmaktadır.

Tablo 2. Dickey - Fuller Birim Kök Testi (Düzye Durağanlık) Sonuçları

	Test İstatistik Değeri	%1 Kritik Değer	%5 Kritik Değer	%10 Kritik Değer	P Değeri
PET Z (t)	-1.379	-3.723	-2.989	-2.625	0.5921
TAS Z (t)	-5.094	-3.723	-2.989	-2.625	0.0000
EM Z (t)	0.375	-3.723	-2.989	-2.625	0.9806
VER Z (t)	-2.239	-3.723	-2.989	-2.625	0.1926

Test istatistik değeri sütunun yer alan değerlerin mutlak değeri, %5 anlamlılık düzeyinde kritik değerin mutlak değerinden büyük ise o değişken durağan kabul edilir. Tablo 2’teki birim kök testi sonuçları incelendiğinde, petrol fiyatları, karbon salınımı ve enerji verimliliği değişkenlerine ait test istatistiklerinin mutlak değerleri %5 anlamlılık düzeyindeki kritik değer olan 2.989’den küçük olduğu görülmektedir. Bu nedenle, petrol fiyatları, karbon salınımı ve enerji verimliliği değişkenleri Dickey-Fuller birim kök testine göre düzeyde (kendi seviyesinde) durağan değildir. Enerji tasarrufu değişkeni test istatistiklerinin mutlak değeri ise %5 anlamlılık düzeyindeki kritik değer olan 2.989’den büyük olduğu için durağandır. Daha sonra ikinci birim kök testini uygulamak için Düzeltilmiş Dickey - Fuller Birim Kök Testi yapılmış olup, sonuçlar Tablo 3’te yer almaktadır.

Tablo 3. Düzeltilmiş Dickey - Fuller Birim Kök Testi (Birincil Farkları) Sonuçları

	Test İstatistik Değeri	%1 Kritik Değer	%5 Kritik Değer	%10 Kritik Değer	P Değeri
PET Z (t)	-4.865	-3.730	-2.992	-2.626	0.0000
VER Z (t)	-8.332	-3.730	-2.992	-2.626	0.0000
EM Z (t)	-5.679	-3.730	-2.992	-2.626	0.0000

Düzeltilmiş Dickey - Fuller Birim Kök Testi (birincil farkları) sonuçları, t istatistiğinin kritik değerinin mutlak değeri ile %5 kritik değerin mutlak değeri karşılaştırılarak yorumlanmaktadır. Buna göre, t

istatistiğinin kritik değerinin mutlak değeri, %5 kritik değerin mutlak değerinden büyükse değişkenlerin durağan olduğu, şayet küçük ise durağan olmadığı sonucuna varılmaktadır.

Tablo 3'teki sonuçlara göre, her üç değişken için de t istatistiğinin mutlak değerleri, %5 kritik değerin mutlak değerlerinden büyük olduklarından, enerji verimliliği, karbon salınımı ve petrol fiyatları değişkenlerinin birinci dereceden farklarının durağan oldukları sonucuna varılmaktadır.

Değişkenlerin dördü de aynı seviyede durağan olmayıp düzeyde ve birinci düzeyde durağan oldukları için, her bir değişkene ARDL Sınır Testi uygulanacaktır. Bunun için de öncelikle Bounds testleri yapılacaktır (Pesaran vd., 2001).

2.2.2. Eş Bütünleşme Testi

Değişkenlerin kısa ve uzun dönem nedensellik ilişkisinin incelenmesine imkân sağlayan bu yöntemin diğer eş bütünleşme testlerinden en önemli farkı, incelenen değişkenlerin aynı derecede durağan olma şartının bu testte gerekli olmamasıdır. Çalışmada incelenmesi amaçlanan hipotezler şu şekildedir:

H_0 : Eş bütünleşik denklem yoktur.

H_1 : Eş bütünleşik denklem vardır.

Bu testi yapabilmek için, değişkenlerin öncelikle uygun gecikmelerinin bulunması gerekmektedir.

Ancak dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, değişkenlerin bu teste düzeyde durağanlık seviyelerinde dâhil edilmeleridir. Eş bütünleşme testi sonuçları tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4. Baounds Sınır Test Sonuçları

	% 10		% 5		% 2,5		% 1	
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
F İstatistik Değeri	2.72	3.77	3.23	4.35	3.69	4.89	4.29	5.61
F < kritik değer I (0)								
F > Kritik değer I (1)								
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
t Statistic	-2.57	-3.46	-2.86	-3.78	-3.13	-4.05	-3.43	-4.37
t > kritik değer I (0)								
t < Kritik değer I (1)								

Not: F İstatistik Kritik Değeri (1.616) - t İstatistik Kritik Değeri (-1.842)

Tablo 4'te yer alan Bounds Sınır Testi sonuçlarına göre F istatistiği değeri I(0) ve I(1)'in kritik değer olan 1,616'dan büyük olması sebebiyle değişkenler arasında uzun dönemli ilişki, yani eş bütünleşme yoktur. Bu nedenle, sadece ARDL kısa dönem modeli ile tahmin yapılmasına karar verilmektedir.

Bounds Test sonuçlarından sonra enerji verimliliği değişkeninin diğer değişkenlerle ilişkisini görebilmek için ARDL sınır testi yapmak gerekmektedir. Yapılan test sonuçları Tablo 5'de yer almaktadır.

Tablo 5. ARDL Sınır Testi Tahmini ve Varsayım Testleri Sonuçları

D. VER	Katsayı	Standart Hata	t	P > t	[95 % Conf. Interval]	
ADJ						
VER						
LI.	-0.4627511	0.2512408	-1.84	0.080	-0.9868302	0.061328
LR						
PET	0.0020814	0.0031753	0.66	0.520	-0.0045422	0.008705
TAS	-1.762478	0.8126976	-2.17	0.042	-3.457735	-0.0672204
EM	-0.0046651	0.0011889	-3.92	0.001	-0.0071452	-0.0021851
SR						
VER						
LD	0.5489823	0.2323419	2.36	0.028	0.0643257	1.033639

TAS						
DI.	-0.6632005	0.4019919	-1.65	0.115	-1.501741	0.1753399
LD.	0.8935152	0.3672829	2.43	0.024	0.1273764	1.659654
Cons	2.185972	1.185937	1.84	0.080	-0.2878487	4.659793

Tablo 5'teki değerler $P > |t|$ sütununa bakılarak yorumlanır. Verimlilik değişkeni ile diğer değişkenler arasındaki bağlantıyı araştırmak için yapılan bu testte, pozitif ve anlamlı ilişkinin tespit edilmesi için $P > |t|$ 'deki değerlerin 0,05'ten küçük olması gerekmektedir. Enerji tasarrufu ve karbon emisyonları değerlerinin 0,05'ten küçük olması sebebiyle, bu değişkenlerin enerji verimliliği ile pozitif ve anlamlı ilişkileri olduğu sonucuna varılmaktadır.

Bu aşamadan sonra modelin iyiliği ve uyumunu kontrol etmek için pozitif ve anlamlı ilişkileri tespit edilen değişkenlere ARDL kontrol testleri yapılacaktır.

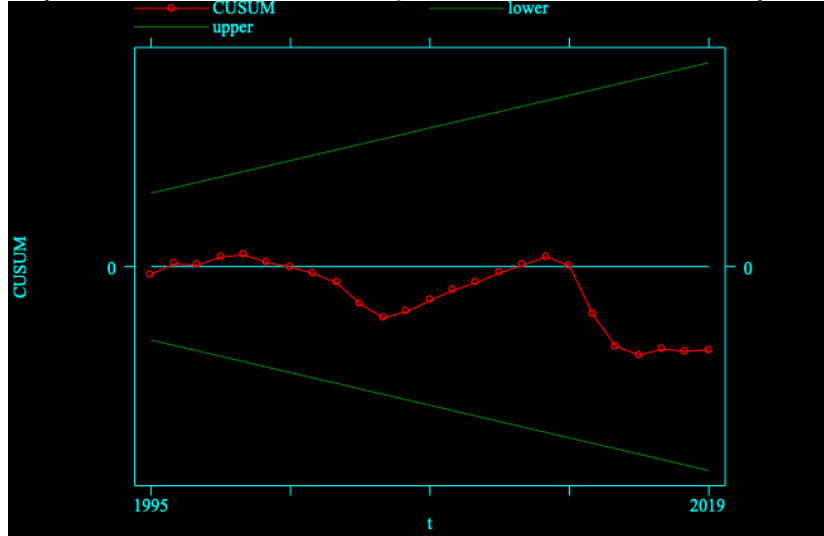
2.2.3. ARDL Modeli Kontrol Testleri

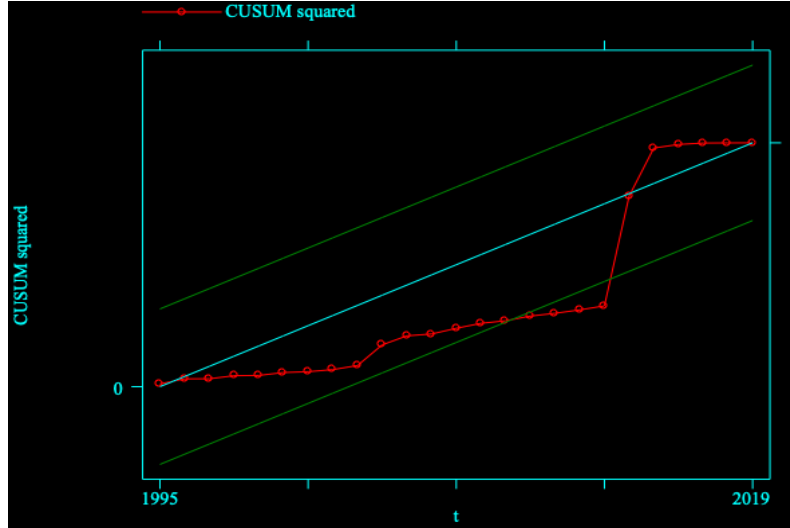
Çalışmada otokorelasyon, değişen varyans ve yapısal istikrar testleri yapılarak modelin iyiliği ve uyumu kontrol edilmiştir. Bağımsız değişkenler arasında otokorelasyon olup olmadığının test edilmesi için Durbin Watson Testi uygulanmakta, test istatistiği 2 çıkarsa otokorelasyon olduğu, 2'den büyük çıkarsa olmadığı sonucuna varılmaktadır. Tahminimizde 2,101919 değeri elde edildiği için, otokorelasyonun olmadığı sonucuna varılmaktadır. Otokorelasyonun olmaması durumunda, ayrıca Lagrange Çarpanı olarak da bilinen Breusch-Godfrey Testi ile bir kez daha otokorelasyon tespit edilmeye çalışılmaktadır. Yapılan Breusch – Godfrey Testine göre, sonuç $H_0 > 0,05$ olduğundan, H_0 reddedilmekte ve otokorelasyonun olduğu sonucuna varılmaktadır.

Değişen varyans sorununa da (heteroskedasite) bakmak gerekmektedir. $Prob > 0,05$ olduğunda H_0 hipotezi kabul edilir. Yapılan testte $Prob > 0,41$ çıktığı için H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Buna göre, modelde değişen varyans sorunu bulunmamaktadır.

Bu aşamada, CUSUM ve CUSUMQ istikrar testi yardımıyla, tahmini yapılan ARDL modelinin kararlılığının da tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için, geri dönüşlü hata terimlerinin karelerini kullanarak değişkenlerde bir yapısal kırılmanın olup olmadığına bakmak gerekir. Şekil 1'de CUSUM ve CUSUMQ istikrar testi sonuçları yer almaktadır.

Şekil1. CUSUM ve CUSUMQ Parametre İstikrar Testi Sonuçları





Şekil 1’de yer alan değerler bandın içinde olduğundan, değişkenlere ilişkin herhangi bir yapısal kırılmanın olmadığı ve ARDL Sınır Testine göre hesaplanan kısa dönem katsayılarının istikrarlı olduğu sonucuna varılmaktadır. Böylece kırılmayı ifade etmek üzere bir yapay değişken kullanmaya gerek kalmamaktadır.

Eş bütünleşme testi sonucunda uzun dönemli ilişki çıkmadığı için analize ARDL kısa dönemli tahmin ile devam edilecektir.

2.2.4. Enerji Verimliliği Değişkeni İçin Kısa Dönemli ARDL Tahminleri

Bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişken olan enerji verimliliğine etkilerini kısa dönemli ARDL tahmini testi ile yorumlamak gerekmektedir. Bunun için yapılan enerji verimliliği değişkeni kısa dönemli ARDL tahmini test sonuçları Tablo 6’da yer almaktadır.

Tablo 6. Enerji Verimliliği Değişkeni için Kısa Dönem ARDL Tahmini Sonuçları

VER	Coef	Std. Err.	t	P > t	[95 % Conf. Interval]	
VER						
L1.	1.086231	0.229213	4.74	0.000	0.6081012	1.564361
L2.	-0.5489823	0.2323419	-2.36	0.028	-1.033639	-0.0643257
PET	0.0009632	0.0018564	0.52	0.610	-0.0029092	0.0048356
TAS						
--.	-1.478789	0.2112544	-7.00	0.000	-1.919458	-1.03812
L1.	1.556716	0.3433045	4.53	0.000	0.840595	2.272836
L2.	-0.8935152	0.3672829	-2.43	0.024	-1.659654	-0.1273764
EM	-0.0021588	0.0014436	-1.50	0.150	-0.00517	0.0008524
_Cons	2.185972	1.185937	1.84	0.080	-0.2878487	4.659793

Tablo 6’da ARDL modelinin kısa dönemli tahmini sonuçları $P > |t|$ sütununa bakılarak yorumlanmaktadır. Tabloda L_1 birinci gecikmeyi L_2 de ikinci gecikmeyi temsil etmektedir. Tabloda, $P > |t|$ ’deki sonuçların, enerji verimliliği ve enerji tasarrufu değişkeni için hem düzeyde hem de birinci ve ikinci gecikmelerinde tahminlerin kritik değer olan 0,05’ten küçük olduğu görülmektedir. Bunun anlamı, iki değişken arasında pozitif ve istatistiki olarak anlamlı bir ilişki olduğudur. Ayrıca, enerji verimliliği ve enerji tasarrufunun kendi seviyesi (düzeyde) ile birinci gecikmesinin aynı yönde etkiler oluşturduğu sonucuna da varılmaktadır. Yani enerji tasarrufundaki artışlar enerji verimliliğini artırmaktadır. Petrol fiyatları ve karbon emisyonlarının enerji yoğunluğuna etkisi yoktur. Bu sonuç Sineviciene ve diğerlerinin yaptığı çalışma ile benzerlik taşımaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de enerji tüketimine bağlı olarak oluşan enerji yoğunluğunu ve bunu etkileyen bazı belirleyicileri dikkate alarak ARDL varsayım ve tahmini testler ile incelemektir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; birincil enerji yoğunluğundaki azalmanın enerji verimliliğinde artış yarattığı bilgisinden yola çıkarak Türkiye’de enerji tasarruflarının kaynakların az kullanılması ile sağlanamayacağı çünkü; sanayinin enerji yoğun olduğu ve Türkiye’nin gelişmekte olan ekonomisinde büyüme için daha fazla enerji tüketimine ihtiyaç duyduğu söylenebilir. Bunun için enerji verimliliğini arttırmaya yönelik tasarruf politikalarının kaynakların daha etkin ve verimli kullanılmasını sağlayacak, kayıp – kaçak oranlarının azaltılmasına katkıda bulunacak bir nitelikte bulunması gerekmektedir., enerji verimliliğini arttıracak teknolojik cihazların üretilmesi ve halkın enerji kullanım alışkanlıklarının değiştirilmesi şeklinde olarak politik belirsizliklere mahal vermeyecek düzenlemeleri kapsamı gerekmektedir.

Enflasyon, tasarrufları ve verimliliği olumsuz etkileyen bir faktördür. Enerji ihtiyacının % 90’ ını ithalat yoluyla karşılayan Türkiye’de petrol kaynaklarını satın alma maliyeti her geçen gün artmaktadır. Fiyat artışları hiçbir zaman tüketimin azalmasında bir etken olmamıştır. Çünkü sanayi ve emek yoğun bir teknolojiyle çalışılan Türkiye’de elektrik doğal gazdan sonra en çok petrol kaynağına bağlı olarak üretilmekte ve bu durum birincil enerji yoğunluğunu arttırmaktadır. Böylece verimlilik düşmektedir.

Günlük yaşantımızda kullandığımız tüm ürünler ve yakıtlar atmosferde karbon salınımına neden olmaktadır. Enerji kaynaklarının nasıl kullanıldığına önemli bir göstergesi olan karbon emisyonlarının Türkiye’de her geçen gün artış göstermesi enerji verimliliği için daha çevreci olan alternatif enerji kaynaklarına yönelimlerin gerekliliği konusunda habercilerdir. Karbon salınımını azaltmak için de enerji verimliliği çalışmalarına daha fazla önem verilmesi gerekmektedir. Konut, ulaşım, sanayi vb. alanlarda enerji kullanımına yönelik bir takım politik ve yasal düzenlemelerin yapılması, toplumsal bilincin artırılması daha çevreci bir dünya için son derece önemlidir.

Kaynakça

- 2002 Türkiye Enerji Raporu (s. 97). (2002). Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi.
- Bilginoğlu, M. A. (1991). Gelişmekte Olan Ülkelerde Enerji Sorunu ve Alternatif Enerji Politikaları. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi*, 9, 122-147.
- Demirbaş, A. (2001). Energy Balance, Energy Sources, Energy Policy, Future Developments and Energy Investments in Turkey. *Energy Conversion and Management*, 42, 1239-1258.
- Doğan, H., & Yıllankırkan, N. (2015). Türkiye’nin Enerji Verimliliği Potansiyeli ve Projeksiyonu. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3, 375-383.
- Duzgun, B., & Komurgoz, G. (2013). Turkey’s Energy Efficiency Assessment: White Certificates Systems and Their Applicability in Turkey. *Energy Policy*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.036>
- Energy Policies of IEA Countries Turkey*. (2016). International Energy Agency / OECD.
- Enerji Verimliliği Kanunu, 5627 (2007).
- Gellings, C. W. (2011). *Saving Energy and Reducing CO2 Emissions with Electricity*. Taylor & Francis Group.
- Ghosh, T. K., & Prelas, M. A. (2009). *Energy Resources and Systems*. Missouri-Columbia Üniversitesi.
- Halicioğlu, F. (2009). *An Econometric Study of CO2 Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey*. 37, 1156-1164. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.11.012>

IEA Energy Technology Policy Division. (2011). *G-20 Clean Energy and Energy Efficiency Deployment And Policy Progress* (s. 47). OECD/ IEA.

Karakaya, E., Bostan, A., & Özçağ, M. (2019). Decomposition and Decoupling Analysis of Energy-Related Carbon Emissions in Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 12. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06359-5>

Oikonomou, V., Becchis, F., Steg, L., & Russolillo, D. (2009). Energy Saving and Energy Efficiency Concepts for Policy Making. *Elsevier Ltd.*, 37, 4787-4796. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.06.035>

Peker, S. N., & Yücel, M. (2006). Energy Consumption and CO2 Emissions in Turkey: Empirical Analysis and Future Projection Based on an Economic Growth. *Energy Policy*, 34, 3870-3876. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.08.024>

Pesaran, M. H. (2015). *Time Series and Panel Data Econometrics*.

Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). *Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships*. 289-326. <https://doi.org/10.1002/jae.616>

Sabah, E., Mart, U., & Çelik, M. S. (2002). 1970-2000 Yılları Arası Türkiye'nin Birincil Enerji Tüketiminde Kömürün Yeri. *Madencilik*, 41(2).

Samouilidis, J. E., & A. Berahas, S. (1982). Energy Policy Modelling in Developing and Industrializing Countries. *North-Holland Publishing Company European Journal of Operational Research*, 11.

Shahid, A., & A.A., H. (1978). A Multivariate- Utility Approach For Selection Of Energy Sources. *Pergamon Press Ltd.*, 6(3), 669-700.

Sineviciene, L., Sotnyk, I., & Kubatko, O. (2017). Determinants of Energy Efficiency and Energy Consumption of Eastern Europe Post-Communist Economies. *Energy & Environment*, 8(28), 870-884.

TSKB Sektörel Görünüm (s. 57). (2018). Türk Sınai Kalkınma Bankası.

Ulusal Enerji Ar-Ge ve Yenilik Stratejisi (s. 66). (2011). TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı.

Xiaobo, S., Boqiang, L., & Wei, W. (2019). R&D Efforts, Total Factor Productivity, and the Energy Intensity in China. *Taylor & Francis Group, LLC*, 24. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2019.1579709>

<https://www.epdk.gov.tr/19.11.2020>

<https://www.iea.org/countries/turkey/14.12.2020>

<https://ec.europa.eu/14.12.2020>

<https://www.oecd-ilibrary.org/25.12.2020>