



21. YÜZYILDA TÜRKİYE'NİN KÜRESEL ENERJİ JEOPOLİTİĞİ: VERİMLİLİK ANALİZİ VE POLİTİKA ÖNERİLERİ

Resul TELLİ¹, İlhan KANUŞAĞI²

Öz

Türkiye 21. yy' da başta Ortadoğu ülkeleri olmak üzere, Orta Asya, Kafkaslar ve Afrika ülkeleri ile oldukça dikkat çekici ilişkiler geliştirmiştir. Bu çalışma Türkiye, AB ülkeleri, Ortadoğu ülkeleri ve Türk devletlerinde enerji sektörünün toplam faktör verimlilik analizini yapmayı amaçlamaktadır. Analiz kapsamında 36 ülke için veriler Malmquist İndeksi (MI) ile analiz edilmiştir. MI hesaplamalarında teknik etkinlik değişim (TED) değerinde 7, teknolojik değişim (TD) değerinde 30, toplam faktör verimlilik endeksi (TFVE) değerinde ise toplamda 22 ülke "1" skorunun üzerinde hesaplanmıştır. TFVD>1 olan ülkeler Danimarka, Kıbrıs, Yunanistan, Malta, İtalya, İrlanda, Lüksemburg, Fransa, Hollanda, Almanya, Türkiye, Estonya, Litvanya, Polonya, Katar, Slovakya, Çekya, Belçika, Portekiz, Hırvatistan, Suudi Arabistan ve Azerbaycan'dır. Çalışma, Türkiye'nin enerji sektöründe etkin üretim çizgisini yukarı taşıdığını ve TED skoruna göre enerji sektöründe yönetsel kapasitesini artıracak ve kaynak israfını önleyecek politikalar geliştirmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca TED'de Yunanistan ve TD'de Danimarka en yüksek skor elde etmişlerdir. Çalışma sonucuna göre TFVE azalan ülkeler sıralanarak bu ülkeler için politika önerileri geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Ekonomi, Jeopolitik, Verimlilik

JEL Sınıflandırması: D24, F63, N70, S43

TÜRKİYE'S GLOBAL ENERGY GEOPOLITICS IN THE 21ST CENTURY: EFFICIENCY ANALYSIS AND POLICY SUGGESTIONS

Abstract

In the 21st century, Turkey has developed significant relationships with countries in the Middle East, Central Asia, the Caucasus, and Africa, particularly with Middle Eastern countries. This study aims to conduct a total factor productivity analysis of the energy sector in Turkey, EU countries, Middle Eastern countries, and Turkic states. There were 7 countries with a positive TED value, 30 countries with a positive TD value, and a total of 22 countries with a TFVE value exceeding "1". The countries with TFVD>1 include Denmark, Cyprus, Greece, Malta, Italy, Ireland, Luxembourg, France, the Netherlands, Germany, Turkey, Estonia, Lithuania, Poland, Qatar, Slovakia, Czechia, Belgium, Portugal, Croatia, Saudi Arabia, and Azerbaijan. The study indicates that Turkey has shifted its effective production frontier upward in the energy sector and needs to develop policies to enhance its managerial capacity and prevent resource wastage based on the TED score. Additionally, Greece scored highest in TED, and Denmark scored highest in TD. Based on the study's results, countries with decreasing TFVE are ranked, and policy recommendations are developed for these countries.

Keywords: Energy, Economy, Geopolitics, Efficiency

JEL Classification: D24, F63, N70, S43

¹ Öğr. Gör. Dr., Yükseköğretim Kalite Kurulu Başkanlığı, resultelli@yokak.gov.tr, Çukurova Üniversitesi, Pozantı MYO, rtelli@cu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9110-6406

² Dr. Öğr. Üyesi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi MYO, ilhan.kanusagi@hku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0589-1389

1. Giriş

Ülkelerin veya bölgelerin tarihi geçmişi incelendiğinde taşımış oldukları özellikler doğrultusunda çeşitli avantajlara sahip olmuşlardır. Dahası bu avantajlarla ön plana çıkmışlardır. Bu avantajlar arasında; yüksek refah bölgeleri, elverişli iklim koşulları, su kaynakları, verimli tarım arazileri, stratejik ticaret yolları, enerji kaynaklarına erişim veya enerji transfer noktaları yer almaktadır. Özellikle enerji coğrafyaları, 20. yüzyılın başından itibaren uluslararası güç mücadelelerinin merkezinde yer almıştır. Nitekim 1973 ve 1979 yıllarında yaşanan petrol krizleri, enerji güvenliği endişelerini artırmış ve uluslararası ilişkilerde belirleyici bir rol oynamıştır. Bu dönemde, Batı dünyası enerji krizlerine karşı nükleer ve yenilenebilir enerji kullanımını benimsemiştir. Aynı zamanda Orta Doğu'ya yönelik askeri güç içeren güçlü bir politika izlemiştir (Oral ve Özdemir, 2017: 949).

Türkiye, her geçen gün enerji ihtiyacı artan bir ülkedir. Ancak, enerji kaynakları konusunda dış bağımlılık göstermektedir. Özellikle Türkiye'nin hidrokarbon kaynakları oldukça yetersizdir. Fakat, enerji kaynaklarının yetersizliğinin yanı sıra Türkiye, coğrafi konumu itibarıyla dünya genelinde stratejik bir öneme sahiptir. Bu stratejik konum, enerji meselelerini Türkiye'nin sürekli olarak gündeminde tutmasını sağlamaktadır (Öztopal ve Yiğittepe, 2020: 260). Dünya petrol ve doğal gaz rezervinin yaklaşık %70' inin Türkiye yakınlarında bulunması, enerji tüketimi yüksek Avrupa'ya yakın bir konumda olması ve jeopolitik olarak stratejik bir konumda bulunması gibi mevcut avantajlarına ek olarak, Türkiye Doğu ile Batı arasında bir geçiş noktası olma rolünü üstlenmektedir. Bu nedenle, enerji zengini Hazar, Orta Asya, Orta Doğu ülkeleri ile Avrupa'daki tüketici pazarları arasında doğal bir "Enerji Merkezi" haline gelme potansiyeline sahip olan Türkiye, birçok önemli enerji projesinde yer almaktadır (Bekar, 2020: 47; İlbaş, 2023: 46). Türkiye'nin boru hattı projelerinin ana akım güzergahında yer alması enerji sektöründe altyapısal güçlenmenin önünü açmıştır. Bu durum Türkiye'nin bölgede enerji üssü olmasına zemin hazırlarken aynı zamanda enerji arz güvenliği için de önemli bir kaynak oluşturmuştur (Karagöl, 2018:361). Aynı zamanda Türkiye, petrol ve doğal gaz tüketimi açısından büyük bir pazar haline gelmiştir ve çevresindeki enerji kaynaklarına yakınlığı bu rolünü daha da güçlendirmektedir. Ancak yalnızca coğrafi konumu gereği Türkiye'nin enerji hubu olabilmesi oldukça zordur. Enerji hubu olabilmek için fiziksel özelliklerini, aktif nüfusu, askeri gücü, büyüyen ekonomisi gibi insan kaynaklarıyla birleştirmesi gerekmektedir (Oral ve Özdemir, 2017: 950).

Türk Devletleri Teşkilatı, Devlet Başkanları tarafından gerçekleştirilen tarihi bir girişimle, Türk Dünyası 2040 Vizyonu'nu belirlemiştir. Bu kapsamda, Ekonomik ve Sektörel İş birliği alanında özellikle enerji konusu detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Temel hedef, üye devletlere güvenli, sürdürülebilir, rekabetçi ve makul fiyatlı enerji sağlamaktır. Bu durum, çeşitli politika alanlarının koordinasyonu, enerji ticaretinin teşviki, enerji alanına yapılan yatırımların artırılması, AR-GE faaliyetleri, enerji ürün üretimine katılma ve teknolojik İş birliği yoluyla üye devletler arasında stratejik bir enerji ortaklığı kurma çabasıdır. Aynı zamanda bu girişim, Avrupa ve küresel enerji güvenliğine de katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca, bölgedeki Bakü-Tiflis-Ceyhan, Bakü-Tiflis-Erzurum, Güney Gaz Koridoru ile TANAP ve TAP gibi stratejik enerji altyapı projelerinin geliştirilmesi de vurgulanmıştır. Bu projeler, özellikle güneş, biyoenerji, rüzgâr ve nükleer enerji gibi yenilenebilir enerji alanlarında ortak yatırımları, bilgi ve deneyim paylaşımını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Böylece enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve temiz/yeşil enerji kullanımının artırılması için üye devletler arasında iş birliği sağlanmış olacaktır (İlbaş, 2023: 45).

Bu çerçevede çalışma, Türkiye dış politikasında Doğu'ya açılma strateji sürecinde AB ülkeleri, Ortadoğu ülkeleri ve Türkiye Cumhuriyetlerinde enerji sektörünün toplam faktör verimlilik analizini yapmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda çalışmada, "giriş" bölümünün ardından öncelikle hem ulusal hem de uluslararası alanda konu ilgili çalışmaların irdelendiği "literatür taraması", ikinci olarak çalışmada kullanılan "veri seti ve yöntem", üçüncü olarak yöntemin uygulandığı ve elde edilen sonuçların yer aldığı "uygulama ve bulgular", son olarak "sonuç" bölümleri bulunmaktadır.

2. Literatür Özeti

Bir ülke veya bölgenin enerji jeopolitiği, coğrafi konumu ve enerji arzı, transit veya talebi için oynadığı rol tarafından tanımlanır. İki kıtanın stratejik olarak kesiştiği bir konumda bulunan Türkiye, kendi ithalat bağımlılığı kadar bölgesel enerji güvenliği için de belirleyici öneme sahip önemli bir petrol ve doğalgaz transit ülkesidir (Austvik ve Rzayeva, 2017: 539). Bu bağlamda çalışma doğrultusunda yapılan literatür taraması aşağıda yer almaktadır.

Ece (2023), tarafından yapılan araştırmada Bir Kuşak Bir Yol Projesi'nin Türkiye ve Türkiye Cumhuriyetlerine etkisini ele almıştır. Bir Kuşak Bir Yol Projesi'nin sadece Çin için değil, proje güzergahında yer alan ülkeler için ekonomik açıdan olumlu katkılar sağlayacağını ve bu nedenle bu ülkelerin altyapı geliştirmelerinin önemli olduğu sonucuna varmıştır.

İlbaş'ın (2023), çalışmasında, Türkiye ve diğer Türk Cumhuriyetleri arasındaki potansiyel iş birliği alanlarının geniş bir yelpazede, eğitimden sağlığa, tarımdan turizme, savunmadan kültüre, sanayiden enerjiye kadar detaylı bir şekilde ele alındığı ve özellikle enerji iş birliği nin büyük önem taşıdığı, Türkiye'nin Doğu-Batı enerji koridorunda kilit bir enerji merkezi olduğu ve diğer Türk Cumhuriyetleri için güvenilir bir enerji pazarı olarak görüldüğü vurgulanmıştır.

Erkan'ın (2023) çalışması, Türkiye'nin enerji sektöründeki yükselişini Rusya-Ukrayna çatışmalarının enerjiye etkisi ve küresel enerji dengesindeki değişiklikler bağlamında analiz etmektedir. Bulgular, enerji jeopolitiğindeki değişimler, Türkiye'nin enerji merkezi olma hedefine yönelik attığı adımların ve Ukrayna-Rusya arasındaki enerji krizinin etkisiyle Türkiye'nin küresel enerji denkleminde yükselişini işaret etmektedir. Türkiye, enerji krizinin etkilerini hafifletmek ve enerji güvenliğine katkı sağlamak amacıyla ön plana çıkmıştır.

Koca ve Yoldaş (2022) çalışmasında, Türkiye'nin enerji arz güvenliği sorununu ve bu soruna yönelik politika uygulamalarını 2000-2020 dönemini inceleyerek ele almıştır. Araştırma, Türkiye'nin enerji dışı bağımlılığını azaltmak için kamusal enerji arz güvenliği politikalarını hızla hayata geçirmesi, nükleer ve alternatif enerji kaynaklarını daha etkin bir şekilde kullanması, enerji teknolojilerini takip etmesi ve araştırma-geliştirme çalışmalarına daha fazla önem vermesi gerektiğini vurgulamıştır. Bu adımların Türkiye'nin enerji arz güvenliğini artırarak ekonomik sürdürülebilirliğini ve ulusal güvenliğini destekleyeceği sonucuna varmıştır.

Yeter vd., (2021) tarafından yapılan çalışma, Türk cumhuriyetlerindeki ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki çevresel etkileri araştırmış ve Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) modeli ile genişletilmiş EKC modelini kullanarak 1992-2019 dönemini incelemiştir. Araştırma, her iki modelin de Türk cumhuriyetlerinin oluşturduğu panel grubu için geçerli olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle enerji politikalarının karbon salınımını azaltmaya yönelik olarak oluşturulması gerektiği vurgusu yapmıştır.

Austvik ve Rzayeva (2017), tarafından yapılan çalışmada, coğrafya, enerji piyasaları ve siyasi gelişmelerin Türkiye'nin enerji jeopolitiğindeki rolünü belirlemesi durumu ele alınmıştır. Türkiye, stratejik konumuyla uluslararası bir doğal gaz hubu ve transit koridor olma hedefini kendi enerji güvenliğiyle birleştirirken, iç politika ve komşu bölgelerdeki siyasi belirsizlikler bu potansiyeli etkileyebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Arslan (2014), tarafından yapılan çalışma, İslam ülkeleri arasındaki ekonomik iş birliğini artırma fırsatlarını ve bu iş birliğini engelleyen faktörleri ele almaktadır. İslam ülkeleri arasında ekonomik iş birliği, potansiyelini tam anlamıyla kullanamamıştır, ancak son yıllarda bazı gelişmeler yaşanmıştır. Bu iş birliği, çok taraflı programlarla desteklenmelidir ve siyasi irade ile ekonomik analizler gerekmektedir. İslam Birliği ülkeleri arasında bu iş birliği potansiyeli bulunmakta olup, özel sektörün katılımı önemlidir. Bu nedenle, İslam Birliği ülkeleri arasında iş birliği için ortak bir vizyonun oluşturulması gerekmektedir.

Kantörün'ün (2010) çalışmasında, Türkiye'nin jeopolitik önemini vurgulayarak, komşu ülkelerde bulunan doğalgaz ve petrol rezervlerinin %70'ini kontrol etmesi ve stratejik geçiş güzergahlarında

bulunmasının Türkiye'yi enerji jeopolitiği açısından kritik bir aktör haline getirdiğini ve ayrıca küresel güçlerle yoğun bir enerji rekabeti içinde olduğunu belirtmiştir.

Correlje' ve Linde (2006) çalışmasında, AB'nin enerji arz güvenliği iki farklı senaryo bağlamında ele alınmıştır. AB'nin enerji arz güvenliği, çok taraflı bir dünya ile rekabetçi siyasi ve ekonomik blokların egemen olduğu bir dünya arasında değerlendirilmiştir. Bu, AB'nin enerji politikalarının AB'nin dış ticaret, dış ilişkiler ve güvenlik politikalarının ayrılmaz bir parçası haline gelmesini ve enerji üreten ülkelerle etkili diyalogların önemini vurgulamaktadır.

Yapılan literatür taramasında, son yıllarda enerji jeopolitiği ve enerji güvenliği konularına yönelik yoğun bir çalışma ve ilgi artışı olduğu gözlenmektedir. Bu durum, enerji konusunun giderek daha fazla önem kazandığını ve hem ulusal hem de uluslararası düzeyde araştırmacıların dikkatini çektiğini göstermektedir. Hem yerli hem de yabancı kaynaklarda enerji ile ilgili çalışmaların sayısının artması, enerji jeopolitiği ve güvenliği konularının günümüzdeki stratejik ve çevresel önemini yansıtmaktadır. Literatür incelemesinde, yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda nitel analiz yöntemleri kullanıldığı ve genellikle var olan veriler üzerinden yorumlamalar yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmalar genel olarak enerji, özellikle doğal gaz, petrol ve yenilenebilir enerji kaynaklarına odaklanan enerji politikalarını ve bölgesel iş birliklerini ele almaktadır. Ayrıca, Türkiye'nin enerji politikalarını belirleme sürecindeki stratejik rolü, jeopolitik konumu ve uluslararası ilişkilerdeki konumu üzerinde durulmaktadır. İncelenen çalışmalar ışığında bu çalışma, Türkiye, AB ülkeleri, Ortadoğu ülkeleri ve Türk devletlerinde enerji sektörünün toplam faktör verimlilik analizini yapmayı amaçlamaktadır. Ek olarak bu çalışmada, diğer çalışmalardan farklı olarak sadece hazır olan veriler üzerinden yorum yapılmayarak kapsamlı bir analiz yapılmaktadır. Bu yönüyle diğer çalışmalardan farklılaşmakta ve önem kazanmaktadır. Örneklemin geniş ve analizin kapsamlı olması çalışmanın önemini arttırmaktadır. Alana ve enerji konusunda politika yapıcılara faydalı olacağı düşünülmektedir.

Literatür taraması, enerji jeopolitiği ve güvenliği konularında artan bir ilgi ve yoğun bir çalışma eğilimi olduğunu belirtmektedir. Bu durum, enerji konularının günümüzde hem ulusal hem de uluslararası düzeyde araştırmacıların dikkatini çektiğini ve stratejik önemini giderek daha fazla vurguladığını göstermektedir. Hem yerli hem de uluslararası kaynaklardan elde edilen verilere dayalı olarak yapılan literatür incelemesi, enerji jeopolitiği ve güvenliği konularında genellikle nitel analiz yöntemlerinin tercih edildiğini ve mevcut veriler üzerinden yorumlamalar yapıldığını ortaya koymaktadır.

Genel olarak, literatürdeki çalışmalar enerji politikalarına, doğal gaz, petrol, yenilenebilir enerji kaynakları ve bölgesel iş birlikleri üzerine odaklanmaktadır. Ayrıca, Türkiye'nin enerji politikalarının belirlenmesindeki stratejik rolü, jeopolitik konumu ve uluslararası ilişkilerdeki konumu üzerinde durulmaktadır. Bu bağlamda, yapılan çalışma, AB, Ortadoğu ve Türk Cumhuriyetleri'nde enerji sektörünün toplam faktör verimliliğini tespit etme amacını taşımaktadır. Bu çalışma, yalnızca mevcut verilere dayanılarak yapılan yorumlardan ziyade, kapsamlı bir analiz sunmaktadır. Bu durum, çalışmanın diğerlerinden farklılaşmasına ve önemli bir nitelik kazanmasına neden olmaktadır. Çalışmanın öne çıkan özellikleri arasında, geniş bir örneklem ve kapsamlı analiz yer almakta; bu da çalışmanın değerini artırmaktadır. Araştırmanın özgünlüğü ise Türkiye'nin enerji sektörünün AB jeopolitiği çerçevesinde Türkiye, Ortadoğu ve Türk Dünyası'nda toplam faktör verimliliğini belirlemesinden gelmektedir. Türkiye'nin enerji konusundaki yeni dış politika tercihlerinin etkileri ve özellikle Ortadoğu ve Türk Cumhuriyetleri'nde geliştirdiği yeni stratejilerin neticelerini belirlemeye dönük yapılan bu çalışma, bu alandaki literatürü de güncellemeyi amaçlamaktadır. Araştırma bulguları, ülkelerin enerji verimliliğini artırmak için kaynak kullanımı, yönetim becerileri, uygun ölçek büyüklüğü ve teknolojik ilerleme konularında yapmaları gereken iyileştirmelere dair önemli bilgiler sunmaktadır. Bu çerçevede, çalışmanın alana ve enerji konusunda politika yapıcılara faydalı olacağı düşünülmektedir.

3. Veri Seti ve Yöntem

Bu çalışma, AB, Ortadoğu ve Türk Cumhuriyetleri'nde enerji sektörünün toplam faktör verimliliğini tespit etme ve literatürü güncelleme amaçlarını taşımaktadır. Bu başlık altında öncelikle çalışmanın amacı, kullanılan yöntem ve çalışma modeli detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Daha sonra, çalışma kapsamında incelenen araştırma değişkenlerinin ve karar verme birimlerinin neler olduğuna ve nasıl belirlendiğine değinilmiştir. Bu şekilde, çalışmanın amaçları, yöntemleri ve inceleme süreçleri ayrıntılı bir şekilde açıklığa kavuşturulmuştur.

Araştırmanın analitik yöntemi olarak tercih edilen model, Veri Zarflama Analizi (VZA) modelleri arasından seçilmiştir. VZA, özellikle karmaşık üretim süreçlerinde çok sayıda girdi ve çıktının bulunduğu durumlarda etkinlik ölçümü amacıyla kullanılan doğrusal olmayan bir yöntemdir. VZA, karar verme birimlerini (KVB) belirler ve bu birimler, üretim kümesi içinde ortak bir etkin üretim sınırını oluşturur. Söz konusu sınırın üzerinde bulunan birimler etkin kabul edilirken, sınırın altındaki birimler etkinsiz olarak değerlendirilir. VZA, etkin birimleri etkin olmayanlarla karşılaştırarak her bir etkinsiz KVB için referans olarak gösterilen etkin KVB'leri belirler. Ayrıca, VZA tarafından elde edilen etkinlik skorları, etkin üretim sınırına ne kadar yakın olduklarına bağlı olarak Potansiyel İyileştirme (Pi) değerlerini alır. Bu durum, etkinsiz birimlerin hangi girdi veya çıktıda ne kadar iyileştirme yapılması gerektiği konusunda önemli bilgiler sunar (Coelli vd., 2005; Cooper vd., 2007: 48).

Veri Zarflama Analizi (VZA), 1957'de Farrell tarafından başlatılmış ve 1980'lerde Charnes, Cooper, Rhodes, Banker, Charnes ve Cooper tarafından geliştirilmiş olan bir etkinlik ölçüm yöntemidir. Bu metodoloji, sabit getiri varsayımı altında çalışan Constant Return to Scale (CCR) modeli ve değişken getiri varsayımı altında çalışan Variable Return to Scale (BCC) modeli olmak üzere iki temel modele dayanmaktadır. Hem CCR hem de BCC modelleri, girdi (Input-I) ve çıktı (Output-O) odaklı iki farklı versiyona sahiptir (Coelli vd., 2005). Çalışma metodolojisi belirlenirken, modelin doğru sonuçlar üretebilmesi için analizin girdi odaklı mı yoksa çıktı odaklı mı olacağı önceden belirlenmelidir. Araştırmada, maksimum miktardaki çıktının elde edilmesini sağlayacak optimal girdi bileşimini elde etmek isteniyorsa, model girdi (I) odaklı tercih edilmelidir. Diğer taraftan, araştırmacı aynı miktardaki girdi bileşimi ile daha fazla çıktı bileşimine ulaşmayı hedefliyorsa, modelin yönü çıktı (O) odaklı olarak belirlenmelidir (Cooper vd. 2001: 2019). Bu çalışma, enerji politikası bağlamında ülkelerin enerji üretimleri ve verimlilik verilerini kullanarak toplam faktör verimliliği (TFV) analizi gerçekleştirmiştir. Analizde Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi (MTFVE) kullanılmış ve farklı dönemler arasındaki verimlilik ölçümleri ile her bir karar verme birimi için maliyet minimizasyonu veya kar maksimizasyonunu gösteren endeksler hesaplanmıştır (Fare vd., 1994: 69).

Çalışmanın girdi ve çıktıların değerlendirilmesi sonucunda, mevcut girdilerin artırılma olanağının bulunmaması sebebiyle, çalışmada çıktıları maksimize edecek bir modelin tercih edilmesi gerekliliği ortaya çıkmış ve bu nedenle model çıktı odaklı (O) olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan, her bir Karar Verme Birimi'nin (KVB) farklı ölçeklerde üretim yapmasından kaynaklanan bir durum söz konusu olduğu için, çalışmada değişken getiri varsayımı altında gerçekleştirilen bir model (VRS) oluşturulmuştur. MI analizi için oluşturulan model ise bu VZA'nın VRS-O modeline uygun olarak tasarlanmıştır. Çalışmada kullanılan VRS-O modelinin matematiksel gösterimi aşağıda sunulmuştur (Cooper vd., 2001: 220; Cooper vd., 2007: 155-158):

$$E_0 = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{r0} - u_0 / \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} \quad (1)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - u_0 / \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$v_i u_r \geq \varepsilon \quad r = 1, 2, \dots, s$$

(1) numaralı modele $u_0 = 0$ incil KVB'nin serbest işaretli değişkeni eklenerek, modifiye edilen CRS modelinin etkinlik sınırı yeniden belirlenmektedir. Böylece VRS'nin (2) numaralı primer modeli elde edilmektedir.

$$\max \sum_{r=1}^s u_r Y_{r0}, \quad (2)$$

Kısıtlar;

$$\max \sum_{i=1}^m v_i X_{i0} = 1,$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - u_0 \leq \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$v_i u_r \geq \varepsilon \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m$$

VRS dual modelinde ağırlık (λ) toplamları 1'e eşittir. Buna göre VRS'nin Dual modeli (3) numaralı denklem ile gösterilmektedir.

$$\text{Min } \theta - \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+) \quad (3)$$

Kısıtlar,

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - \theta x_{i0} + s_i^- = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - y_{r0} - s_r^+ = 0, \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, s, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Çalışmanın temel modeli olarak seçilen VRS-O temelinde gerçekleştirilen MI analizi, her bir Karar Verme Birimi'nin (KVB) her bir girdi ve çıktı açısından etkin olup olmama durumunu açıklamak için uygulanmıştır. Bu bağlamda, MI analizinde veri-fiyat değerlerinin göz ardı edilebileceği ve bir üretim birimi olan devletin MI içinde KVB olarak belirlenebileceği belirtilmelidir. MI, teknik etkinlik değişimi (TED) değerlerini ifade eden ve literatürde "catch-up" olarak adlandırılan bir endeks ile teknolojik değişim (TD) değerlerini gösteren, literatürde "frontier-shift" olarak bilinen bir endeks olmak üzere iki temel bileşen içermektedir. TED, herhangi bir KVB'nin t+1 döneminde t dönemine göre etkin üretim çizgisini yakalama hızını yansıtar, TD ise herhangi bir KVB'nin t+1 döneminde t dönemine göre etkin üretim çizgisini ne kadar ve hangi yönde değiştirdiğine dair bilgi sağlar. Toplam Faktör Verimliliği Değeri (TFVD), TED ile TD'nin çarpımının bir sonucudur ve bu bağlamda TFVD, TED ve TD ile yakından ilişkilidir (Anderson vd., 2002: 604; Cooper vd., 2007: 156; Li ve Liu, 2010: 935; Yen ve Othman, 2011: 31). MTFVE, (4) numaralı denklemde gösterilmektedir (Fare vd., 1994).

$$M_0(x^t + y^t + x^{t+1}, y^{t+1}) = \sqrt{\left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \times \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]} \quad (4)$$

Yukarıdaki denkleme göre;

$D_0^t(x^t, y^t)$, t+1 dönemindeki gözlem noktasının t dönemindeki teknolojiye uzaklığını ifade etmektedir.

$M_0 < 1$, ise t+1 döneminde t dönemine göre TFVE değerinde azalma vardır,

$M_0 > 1$, ise t+1 döneminde t dönemine göre TFVE değerinde artış vardır denilir.

TFVE doğrultusunda (4) numaralı denkleminin ayrıştırılması ile TED ve TD endekslerinin TFVE değerine etkisi belirlenir.

$$\text{TED} = \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \quad (5)$$

$$\text{TD} = \sqrt{\left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]} \quad (6)$$

Hesaplamalar sonucunda $D_0^t(x^t, y^t) = 1$ olarak belirlenen KVB'ler teknik olarak verimli kabul edilir. Ancak t+1 döneminde bir KVB'nin daha verimli olması isteniyorsa $D_0^t(x^t, y^t) > 1$ olarak

hesaplanması gerekmektedir. Dolayısıyla MI sonuçlarında KVB'lerin "1" skoru sabit başarı sayılırken "1" skorunun üzerinde olması verimli olarak kabul edilmesini sağlar.

3.1. Araştırma Değişkenleri ve Karar Verme Birimleri

Araştırmada kullanılan değişkenler, ülkelerin enerji performansını ölçen göstergelerden türetilmiştir. Yenilenebilir enerji üretimi ve birincil enerji kaynağı, çalışmanın girdi değişkenlerini oluştururken, yenilenebilir enerjinin toplam nihai enerji tüketimindeki payı ve enerji verimliliği değeri, çıktı değişkenlerini oluşturmuştur. Girdi ve çıktı verileri, OECD, EEA, WB ve EUROSTAT gibi kuruluşların veri bankalarından ve istatistiksel raporlarından temin edilmiştir.

Tablo 1: Araştırmada Yer Alan Değişkenler ve Veri Kaynakları

	Değişkenler	Kaynak (2018-2021)	KVB Sayısı
Girdi Değişkenleri	Yenilenebilir Enerji Üretimi-% (YEÜ)	OECD, European Environment Agency (EEA), World Bank (WB), Eurostat	36 Adet
	Birincil Enerji Kaynağı (BEK)		
Çıktı Değişkenleri	Yenilenebilir Enerjinin Toplam Nihai Enerji Tüketimindeki Payı-% (YEP)		
	Enerji Verimlilik Değeri-% (EV)		

Girdi 1-Yenilenebilir Enerji Üretimi (YEÜ): Yenilenebilir enerji terimi, jeotermal, güneş, rüzgar, gelgit gibi kaynakları içeren, toplam birincil enerji arzına sağladıkları katkıyı ifade eder. Ayrıca, katı ve sıvı biyoyakıtlar, biyogazlar, biyodizeller, biyogazolin ve kentsel atıklardan elde edilen enerji gibi unsurlar da yenilenebilir kaynaklar kategorisine dahil edilir. YEÜ göstergesi, bu kaynakların toplam birincil enerji arzındaki oranını belirtir, genellikle yüzde cinsinden ifade edilir ve her ülkedeki yenilenebilir kaynakları tanımlar (OECD, 2023).

Girdi 2-Birincil Enerji Arzı (BEK): Daha önce herhangi bir dönüşüme veya dönüşüme uğramamış olan enerjiye "birincil" (primer) enerji adı verilir. Birincil enerji kaynakları arasında petrol, kömür, doğal gaz, nükleer enerji, hidrolik enerji, biyokütle, dalga-gelgit enerjisi, güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi bulunmaktadır. Birincil enerji arzı, Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından aşağıdaki formülle belirlenmektedir:

$$\text{Birincil enerji arzı} = (\text{enerji üretimi} + \text{enerji ithalatı}) - (\text{enerji ihracatı}) \pm \text{stok değişkenler} \quad (7)$$

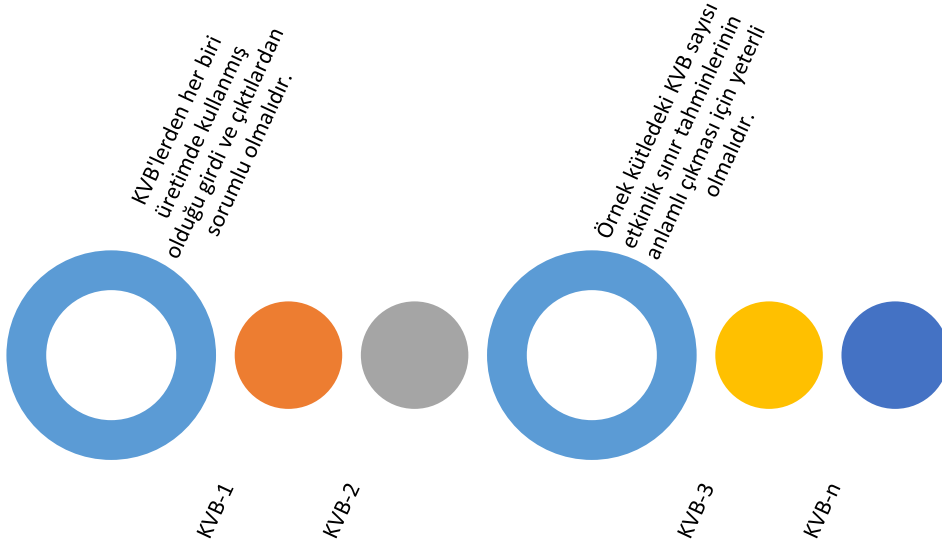
Çıktı 1- Yenilenebilir Enerjinin Toplam Nihai Enerji Tüketimindeki Payı (YEP): Toplam nihai enerji tüketimi göstergesi, enerji dengesi istatistikleri temel alınarak elde edilir ve enerji dışı kullanım hariç toplam nihai tüketimi yansıtan bir gösterge olarak kullanılır. YEP'in oransal olarak artması, emisyon oranlarının azaltılması, iklim değişikliğinin hafifletilmesi ve enerji güvenliğinin artırılması gibi önemli faydalar sağlar. Avrupa Birliği (AB) verilerine göre, 2020 yılına kadar brüt nihai enerji tüketiminin %20'sini yenilenebilir kaynaklardan karşılamayı hedefleyen AB, bu hedefe ulaşmış ve 2030 hedefini %42,5 olarak belirlemiştir.

Çıktı 2- Enerji Verimliliği (EV): Enerji verimliliği, aynı çıktıyı elde etmek için daha az enerji kullanma veya aynı enerji girdisiyle daha fazla enerji üretme amacıyla enerji israfını en aza indirme çabalarını ifade eder. Bu, ülkeler için stratejik bir hedef olarak enerji bağımlılığını azaltmayı içerir.

Araştırmadaki KVB'ler, VZA kriterlerine dayalı olarak belirlenmiştir ve seçimleri çalışmanın içeriğine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu çerçevede, KVB seçimi için uygulanan iki temel prensip bulunmaktadır.

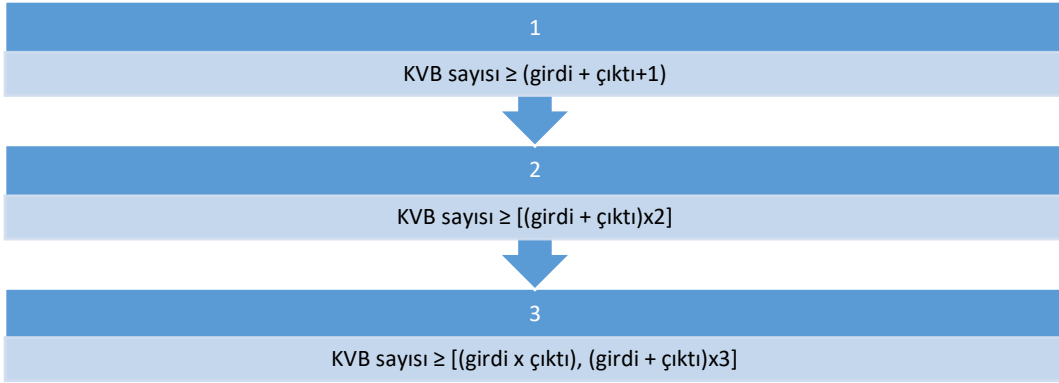
Çalışmanın VZA analizi aşamasında kullanılacak olan KVB'ler, özellikleri dikkate alınarak seçilmekte olup, etkinlik ölçümünün anlamlı sonuçlar üretebilmesi için KVB sayısının girdi ve çıktılarının toplam sayısı ile uyumlu olması önemlidir. Bu hedefe ulaşabilmek adına çeşitli kriterlerin karşılanması gerekmektedir. Bu kriterler, literatürde genellikle Şekil 2'de gösterildiği gibi ifade edilmektedir.

Şekil 1: KVB Belirlemede Temel Prensipler



Kaynak: (Ahn, 1987).

Şekil 2: VZA'da KVB Belirleme Kriterleri



Kaynak: (Vassiloglou and Giokas, 1990; Norman and Stoker, 1991; Boussofiane et.all. 1991)

Şekil 2'ye göre bakıldığında KVB belirleme kriterlerinden birincisinde KVB sayısı ≥ 5 olmalı. İkinci kritere göre KVB sayısı ≥ 8 olmalı. Üçüncü kritere göre ise KVB sayısı $\geq [4,12]$ olmalı. Çalışmada belirlenen KVB sayısı 36'dır. Buna göre KVB sayısı her üç kriteri de karşılamaktadır.

Tablo 2: Araştırma KVB'leri

Dönem: 2018-2021	
AB Ülkeleri	
1. Avusturya	14. İrlanda
2. Belçika	15. İtalya
3. Bulgaristan	16. Letonya
4. Hırvatistan	17. Litvanya
5. Kıbrıs	18. Lüksemburg
6. Çekya	19. Malta
7. Danimarka	20. Hollanda
8. Estonya	21. Polonya
9. Finlandiya	22. Portekiz
10. Fransa	23. Romanya
11. Almanya	24. Slovak cumhuriyeti

Tablo 2 (Devamı): Araştırma KVB'leri

Dönem: 2018-2021	
AB Ülkeleri	
12. Yunanistan	25. Slovenya
13. Macaristan	26. İspanya
	27. İsveç
Ortadoğu Ülkeleri	
1. Birleşik Arap Emirlikleri (BAE)	3. Katar
2. İran İslam Cumhuriyeti (İİC)	4. Suudi Arabistan
Türk Cumhuriyetler	
1. Türkiye	4. Azerbaycan
2. Türkmenistan	5. Kazakistan
3. Özbekistan	

AB'nin enerji dış ticaretinde Türkiye'nin önemli bir ortağı olması nedeniyle, analizde AB üye devletlerinin tamamı yer almıştır. Ayrıca, özellikle petrol üreten Ortadoğu ülkeleri ve Türkiye ile yüksek düzeyde diplomatik ve enerji iş birliği yapan ülkeler de analize dahil edilmiştir. Türkiye, Tablo 2'de Türk Cumhuriyetleri ile birlikte listelenmiştir. Analizde yer alan Türk Cumhuriyetleri, enerji üretimi ve dış ticaretteki önemli konumları ile Türkiye ile olan yüksek düzeydeki diplomatik ve ekonomik ilişkileri nedeniyle analize dahil edilmiştir.

4. Ampirik Bulgular

Araştırma kapsamında, girdi ve çıktı düzeyinde Malmquist İndeksi (MI) kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde elde edilen analiz sonuçları dört ana başlık altında sunulmaktadır: Teknik Etkinlik Değişimi (TED) sonuçları, Teknolojik Değişim (TD) sonuçları, Toplam Faktör Verimlilik Endeksi (TFVE) Değişim sonuçları ve 2018-2021 dönemine ait Malmquist Endeksi sonuçları.

4.1. Teknik Etkinlik Değişim (TED) Sonuçları

Teknik etkinlik değişim değeri, bir KVB'nin t+1 dönemde t dönemine göre etkin üretim çizgisini yakalama hızındaki değişikliği göstermektedir. MI ölçümünde birinci endeks olan TED, birimlerin teknik etkinlik düzeyleri hakkında bilgi sunmaktadır. Bu kapsamda almış oldukları skor değişimi oranında teknik etkin sınırına yaklaşma hızı hakkında fikir vermekte ve böylece kaynak kullanımında yapılması gerekenleri ortaya koymaktadır. Çünkü TED>1 demek kaynak kullanımının en ideal düzeyde olduğu anlamına gelmektedir. TED'nin "1" değerine eşit olması durumunda ise birimlerin teknik etkinlik düzeyinde bir değişiklik olmadığı anlamına gelir. Diğer yandan TED<1 olduğunda ise birimlerin kaynaklarını israf ettiği ve etkinlik düzeyinde azalma olduğu sonucuna varılır.

Tablo 3: Araştırma KVB'lerinin TED Sonuçları

Catch-up (TED)	2018=>2019	2019=>2020	2020=>2021
Avusturya	0,9385	0,9176	1,0338
Belçika	1,0039	0,9023	0,9407
Bulgaristan	0,9181	0,9708	1,0491
Hırvatistan	0,9044	1,4769	0,6564
Kıbrıs	0,9897	0,9761	1,1385
Çekya	1,0116	0,9320	1,0158
Danimarka	1,0000	1,0000	1,0000
Estonya	0,9912	1,0125	0,9868
Finlandiya	0,8298	0,9785	0,9977
Fransa	0,8029	1,4647	0,5299
Almanya	0,9842	0,9101	0,9785
Yunanistan	0,7810	0,9586	1,0045
Macaristan	0,3996	0,9037	1,0706
İrlanda	1,0000	1,0000	1,0000
İtalya	0,9616	0,8781	1,4211
Letonya	0,9982	0,8837	1,0861

Tablo 3 (Devamı): Araştırma KVB'lerinin TED Sonuçları

Catch-up (TED)	2018=>2019	2019=>2020	2020=>2021
Litvanya	0,9790	0,9742	1,0056
Lüksemburg	0,9737	1,0182	0,9116
Malta	0,9521	0,8851	1,7675
Hollanda	0,9221	1,0405	0,9244
Polonya	0,9978	0,9444	1,0306
Portekiz	0,9717	0,8827	1,1060
Romanya	0,5324	0,9134	1,0348
Slovak cumhuriyeti	1,0190	0,9686	0,9656
Slovenya	1,0555	0,9694	1,0416
İspanya	0,8492	1,0165	0,9460
İsveç	1,0000	1,0000	1,0000
Türkiye	0,9532	0,8862	0,9447
Türkmenistan	1,0000	0,7371	1,0126
BAE	0,7617	0,7811	0,9523
Özbekistan	1,0000	1,0000	1,0000
Azerbaycan	0,9409	0,8801	0,9555
iİC	1,0000	0,7792	0,8939
Kazakistan	0,8898	0,8713	0,9337
Katar	1,1541	1,0944	0,8953
Suudi Arabistan	1,1265	1,0680	0,8982
Ortalama	0,9332	0,9688	1,0314

Tablo 3 incelendiğinde, 2018-2019 yılında "1" skorunu aşan ülke sayısının 6, 2019-2020'de 8 ve 2020-2021 yılında ise 15 olduğu belirlenmiştir. Yıl bazlı olarak tabloya bakıldığında, 2018-2019'da TED değeri artan Belçika ve Çekya'nın 2019-2020'de azalan bir değere sahip olduğu görülmektedir. Öte yandan Hırvatistan, Fransa, Hollanda, Lüksemburg, İspanya ve Estonya'nın TED değeri artış göstermiştir. 2020-2021'de ise daha önce "1" skoru altında olan Malta, İtalya, Kıbrıs, Portekiz, Litvanya, Macaristan, Romanya, Avusturya, Polonya, Türkmenistan, Litvanya ve Yunanistan'ın TED değeri 1'in üzerinde (TED>1) hesaplanmıştır. TED değeri 1'den büyük olan bu ülkeler için analiz döneminde enerji üretiminde kaynak israfı ya da atıl kullanılan girdi miktarı en aza indirilmiştir denilebilir.

4.2. Teknolojik Değişim (TD) Sonuçları

TD, her bir KVB'nin etkin üretim çizgisini hangi oranda ve yönünde değiştirdiğini gösteren bir ölçüdür. TD skoru, aynı girdi miktarını kullanarak üretilen çıktının oranını ifade eder. Bir KVB TD>1 elde ederse, bu, KVB'nin benzer girdilerle daha fazla çıktı üretme yeteneği kazandığını ve teknolojik olarak geliştiğini gösterir. TD=1 olduğunda ise girdi ve çıktıların değişmediği ve etkin üretim çizgisinin sabit kaldığı anlaşılır. TD<1 olduğunda ise KVB'nin etkin üretim sınırını aşağıya ve sola kaydırıldığı ve bu durumda benzer girdilerle elde edilen çıktının azaldığı anlaşılır.

Tablo 4: Araştırma KVB'lerinin TD Sonuçları

Frontier (TD)	2018=>2019	2019=>2020	2020=>2021
Avusturya	1,0727	1,0751	0,9634
Belçika	1,0237	1,1068	1,0276
Bulgaristan	1,0178	1,0715	0,9501
Hırvatistan	1,1384	1,0351	0,6934
Kıbrıs	1,0543	1,1071	1,0046
Çekya	1,0447	1,0761	0,9629
Danimarka	1,0599	1,0337	0,9812
Estonya	1,0485	1,0715	0,9501
Finlandiya	1,1465	1,0715	0,9501
Fransa	1,2698	1,1399	1,0232
Almanya	1,0643	1,1463	0,9929
Yunanistan	1,2778	1,1033	0,8445

Tablo 4 (Devamı): Araştırma KVB'lerinin TD Sonuçları

Frontier (TD)	2018=>2019	2019=>2020	2020=>2021
Macaristan	1,4159	1,0754	0,9630
İrlanda	1,0558	1,1397	1,0957
İtalya	1,0732	1,1295	0,9017
Letonya	1,0178	1,0715	0,9501
Litvanya	1,0797	1,0714	0,9576
Lüksemburg	1,0567	1,1347	1,0480
Malta	1,0756	1,1717	0,9095
Hollanda	1,1082	0,9860	1,0911
Polonya	1,0527	1,0772	0,9615
Portekiz	1,0495	1,2556	0,9633
Romanya	1,0436	1,0733	0,9645
Slovak cumhuriyeti	1,0564	1,0783	0,9617
Slovenya	0,9372	0,9423	1,0114
İspanya	0,9258	0,9681	1,0610
İsveç	0,9889	1,0351	0,9747
Türkiye	1,0593	1,1747	1,0821
Türkmenistan	0,9251	1,3087	1,0354
BAE	1,3626	1,1434	1,1152
Özbekistan	0,9686	0,9501	1,0384
Azerbaycan	1,0604	1,1379	1,0488
iiC	0,9652	1,1997	1,0992
Kazakistan	1,0509	1,1552	1,0910
Katar	0,9312	0,9034	1,0993
Suudi Arabistan	0,9353	0,9208	1,1017
Ortalama	1,0670	1,0873	0,9964

Tablo 4'e göre, 2018-2019 yıllarında TD>1 olan KVB sayısı 28'dir. Türkiye'nin de arasında bulunduğu bu ülkeler, etkin üretim çizgisini yukarı taşıyarak bir birimlik girdi başına elde edilen çıktı miktarını artırmışlardır. 2019-2020'de bu sayı 30'a yükselmiştir. Aynı dönemde TD<1 skoru alan ülkeler arasında Hollanda, İspanya, Özbekistan, Slovenya, Suudi Arabistan ve Katar bulunmaktadır. 2020-2021 yıllarında ise toplamda 17 ülke TD>1 skoru elde etmiştir. Önceki yıl TD<1 skoru alan Hollanda, Suudi Arabistan ve Katar'ın "1" skorunun üzerine çıkarak toplamda 17 ülke arasında yer aldığı gözlemlenmektedir. Türkiye'nin ise her üç dönemde de TD>1 skoru hesaplandığı görülmektedir. Türkiye'nin yıllar içindeki TD artış oranlarına bakıldığında, 2018-2019'da %5, 2019-2020'de %17 ve 2020-2021'de %8 olarak görülmektedir. Bu bağlamda, Türkiye'nin enerjide etkin üretim çizgisini %17 oranında yukarı taşıyarak çıktı miktarında en yüksek seviyeye ulaştığı sonucuna varılabilir.

4.3. Toplam Faktör Verimlilik Endeksi (TFVE) Sonuçları

Toplam Faktör Verimliliği (TFVE), bir organizasyonun veya bir sistemin girdi kaynaklarını nasıl kullandığını ve bu kaynakları çıktıya dönüştürmedeki etkinliğini ölçen bir performans göstergesidir. TFVE'nin yüksek olması, belirli bir düzeyde çıktı elde etmek için kullanılan girdi kaynaklarının etkili bir şekilde kullanıldığını göstermektedir. Bu durum, üretim süreçlerinin verimli bir şekilde yönetildiğini ve kaynak israfının minimum düzeyde olduğu anlamına gelmektedir. TFVE'nin yükselmesi, genellikle teknolojik gelişmeler, yenilikçilik, daha iyi yönetim uygulamaları veya operasyonel süreçlerdeki iyileştirmeler gibi faktörlere bağlanmaktadır. Öte yandan, TFVE'nin düşmesi, kaynakların etkisiz bir şekilde kullanıldığını veya verimliliğin azaldığını göstermektedir. Bu durum, organizasyonun belirli bir girdiyle daha az çıktı elde ettiği veya mevcut kaynakların tam anlamıyla kullanılmadığı anlamına gelmektedir. TFVE'deki bu değişimler, genellikle bir üretim organizasyonunun performansının geliştirilmesi veya eksikliklerin belirlenmesi için kullanılmakta ve organizasyonun genel etkinliği hakkında önemli bilgiler sunmaktadır.

TFVE değeri TED ve TD değerlerinin çarpımı ile elde edilmektedir. TFVE’de “1” skorunun üzerinde bulunan tüm KVB’ler verimli olarak kabul edilmektedir. TFVE “1” skorunun altında ise o zaman ilgili KVB’nin verimsiz üretim gerçekleştirdiği anlaşılmaktadır.

Tablo 5: Araştırma KVB’lerinin TFVE Sonuçları

Malmquist (MI-TFVE)	2018=>2019	2019=>2020	2020=>2021
Avusturya	1,0066	0,9866	0,9960
Belçika	1,0277	0,9986	0,9666
Bulgaristan	0,9344	1,0403	0,9967
Hırvatistan	1,0296	1,5288	0,4551
Kıbrıs	1,0435	1,0806	1,1437
Çekya	1,0568	1,0029	0,9781
Danimarka	1,0599	1,0337	0,9812
Estonya	1,0392	1,0849	0,9375
Finlandiya	0,9513	1,0485	0,9479
Fransa	1,0196	1,6696	0,5422
Almanya	1,0474	1,0433	0,9715
Yunanistan	0,9979	1,0576	1,6927
Macaristan	0,5657	0,9718	1,0310
İrlanda	1,0558	1,1397	1,0957
İtalya	1,0320	0,9918	1,2813
Letonya	1,0160	0,9469	1,0319
Litvanya	1,0570	1,0438	0,9630
Lüksemburg	1,0289	1,1553	0,9553
Malta	1,0241	1,0371	1,6076
Hollanda	1,0218	1,0259	1,0086
Polonya	1,0503	1,0173	0,9909
Portekiz	1,0198	1,1084	1,0654
Romanya	0,5556	0,9803	0,9981
Slovak cumhuriyeti	1,0765	1,0444	0,9286
Slovenya	0,9892	0,9135	1,0535
İspanya	0,7862	0,9841	1,0038
İsveç	0,9889	1,0351	0,9747
Türkiye	1,0098	1,0411	1,0222
Türkmenistan	0,9251	0,9647	1,0484
BAE	1,0378	0,8932	1,0620
Özbekistan	0,9686	0,9501	1,0384
Azerbaycan	0,9977	1,0015	1,0021
iic	0,9652	0,9348	0,9826
Kazakistan	0,9351	1,0065	1,0187
Katar	1,0747	0,9887	0,9842
Suudi Arabistan	1,0536	0,9834	0,9896
Ortalama	0,9847	1,0482	1,0207

Tablo 5’e göre TFVE>1 olarak ölçülen KVB sayısı 2018-2019 yıllarında 23, 2019-2020 yıllarında 22 ve 2020-2021’de toplamda 17 olarak tespit edilmiştir. Dönemin tamamında Türkiye’nin TFVE>1 olarak hesaplandığı görülmektedir. Verimlilikte yıllar itibariye en yüksek artışın 2018-2019’da %7 ile Slovakya’nın, 2019-2020’de %66 ile Fransa’nın ve 2020-2021 yıllarında ise %69 ile Yunanistan’ın olduğu anlaşılmaktadır. Tablo 5’te özellikle Fransa ve Yunanistan’ın enerjide önemli skorlar elde ettiği dikkati çekmektedir. Özellikle Yunanistan 2018-2019’da TFVE değerinde %1’lik bir azalma yaşamış olmasına rağmen verimlilikte yaşamış olduğu düşüşü bir sonraki dönem %5 ve dönem sonunda ise %69 değerinde artırarak enerji verimliliği sıralamasında en üst sıraya yerleşmiştir.

4.4. Malmquist Endeksi Sonuçları (2018-2021)

Çalışmada elde edilen Malmquist İndeksi (MI) sonuçları, 2018-2020 döneminde TED, TD ve TFVE skorlarının ortalama olarak belirlendiğini göstermektedir. Bu sonuçlar, Tablo 6’da sunulmaktadır.

endeksin dönem boyunca daha fazla etkilendiğini net olarak ortaya koymakta ve her bir karar verme biriminde alınması gereken tedbirler konusunda önemli ipuçları sağlamaktadır.

Tablo 6: TED, TD ve TFVE Ortalama Değerleri (2018-2021)

Catch-up (TED)	2018=>2021	Frontier (TD)	2018=>2021	Malmquist (MI-TFVE)	2018=>2021
Yunanistan	1,5007	Danimarka	1,8902	Danimarka	1,8902
Malta	1,4896	Fransa	1,7341	Kıbrıs	1,8058
İtalya	1,2000	BAE	1,6959	Yunanistan	1,7797
Katar	1,1308	Macaristan	1,6685	Malta	1,5388
Kıbrıs	1,0998	Kıbrıs	1,6420	İtalya	1,4389
S.i Arabistan	1,0806	Romanya	1,3841	İrlanda	1,3240
Slovenya	1,0658	Türkiye	1,3422	Lüksemburg	1,1578
Danimarka	1,0000	Kazakistan	1,3245	Fransa	1,0807
Özbekistan	1,0000	İrlanda	1,3240	Hollanda	1,0718
İsveç	1,0000	Lüksemburg	1,2811	Almanya	1,0717
İrlanda	1,0000	Azerbaycan	1,2714	Türkiye	1,0711
Estonya	0,9903	Türkmenistan	1,2554	Estonya	1,0701
Polonya	0,9711	Almanya	1,2228	Litvanya	1,0634
Litvanya	0,9591	Belçika	1,2092	Polonya	1,0601
Letonya	0,9581	Hollanda	1,2085	Katar	1,0457
Çekya	0,9578	İtalya	1,1991	Slovakya	1,0435
Slovakya	0,9530	Yunanistan	1,1860	Çekya	1,0368
Portekiz	0,9487	Finlandiya	1,1671	Belçika	1,0304
Bulgaristan	0,9351	Hırvatistan	1,1657	Portekiz	1,0279
Lüksemburg	0,9037	İİC	1,1140	Hırvatistan	1,0220
Avusturya	0,8903	Avusturya	1,1092	S. Arabistan	1,0191
Hollanda	0,8869	Litvanya	1,1088	Azerbaycan	1,0060
Hırvatistan	0,8767	Slovakya	1,0950	Letonya	0,9927
Almanya	0,8764	Polonya	1,0916	Avusturya	0,9876
Belçika	0,8521	Portekiz	1,0834	Bulgaristan	0,9688
İspanya	0,8166	Çekya	1,0825	İsveç	0,9639
Finlandiya	0,8101	Estonya	1,0806	Özbekistan	0,9611
Türkiye	0,7980	Bulgaristan	1,0361	BAE	0,9609
Azerbaycan	0,7912	Letonya	1,0361	Kazakistan	0,9587
Türkmenistan	0,7464	Malta	1,0330	Slovenya	0,9552
Kazakistan	0,7239	İsveç	0,9639	Finlandiya	0,9455
İİC	0,6965	Özbekistan	0,9611	Türkmenistan	0,9371
Fransa	0,6232	S. Arabistan	0,9431	İİC	0,7759
BAE	0,5666	Katar	0,9248	İspanya	0,7498
Romanya	0,5032	İspanya	0,9182	Romanya	0,6965
Macaristan	0,3866	Slovenya	0,8963	Macaristan	0,6450
Ortalama	0,9164		1,2125		1,0876

Tablo 6'ya göre 2018-2021 döneminde bir önceki döneme göre TED>1 olarak hesaplanan ülkeler Yunanistan, Malta, İtalya, Katar, Kıbrıs, Suudi Arabistan ve Slovenya'dır. Bu ülkelerden bir bölümü AB ülkesi, diğerleri ise Ortadoğu ülkesidir. Analiz döneminin tamamında TED>1 olan Türk Devleti bulunmamaktadır. TED>1 olan ülkeler dönemin tamamında etkin üretim sınır çizgisini yakalama hızını artırmıştır. Diğer bir deyişle atıl kullanılan girdi miktarını ya da kaynak israfını sürekli azaltmayı başararak enerji alanındaki verimliliğini artırmıştır. Aynı dönem Danimarka, Özbekistan, İsveç ve İrlanda ise "1" skoru elde ederek sabit ölçekte üretim gerçekleştirmiştir. Fakat yine 2018-2019 yıllarında aralarında Türkiye'nin de yer aldığı 25 ülkede TED<1 skoru hesaplanmıştır. TED<1 olan ülkeler kendi skorları doğrultusunda kaynak israfı yaparak etkin üretim çizgisini yakalama hızını düşürmüştür. Bu ülkelerin kaynak israfını önleyecek politikalar geliştirmesi gerekmektedir.

Tablo 6 ile TD skorları incelendiğinde dönem boyunca TD>1 olan ülkelerin toplamda 30 olduğu ve AB, Ortadoğu ve Türki Cumhuriyetleri içerisine aldığı görülmektedir. Aralarında Türkiye'nin de

yer aldığı bu ülkelerde etkinlik sıralamasında ilk 3'te yer alanlar Danimarka, Fransa ve BAE'dir. Bu ülkeler sırasıyla %89, %73 ve %69 oranlarında TD artışı elde etmiştir. Bu demek oluyor ki 29 ülkeden her biri kendi artış oranı kadar etkin üretim çizgisini sağa yukarı taşımıştır. TD>1 olan 29 ülke için aynı girdi bileşiminde bir önceki döneme kıyasla çok daha fazla çıktı bileşimi elde edecek teknolojik gelişmeler yaşandığı sonucuna varılabilir.

2018-2021 dönemindeki MI sonuçlarına Tablo 6 ile bakıldığında toplamda 22 ülkenin TFVE>1 olduğu görülmektedir. Danimarka, Kıbrıs ve Yunanistan verimlilikte 22 ülke içerisinde ilk 3'te yer alırken Türkiye, %7 artışla 11. sırada yer almıştır. TFVE<1 olup verimsiz hesaplanan 14 ülke içerisinde 9'u AB ülkesi, 3 tanesi Türk Devletleri, 2 tanesi ise Ortadoğu ülkesidir.

5. Sonuç

Bu çalışma ile AB ülkeleri, Ortadoğu ülkeleri ve Türk devletlerinde enerji sektörünün toplam faktör verimlilik analizinin yapılması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, 2018-2021 dönemi boyunca TED>1 olarak belirlenen ülkeler arasında Yunanistan, Malta, İtalya, Katar, Kıbrıs, Suudi Arabistan ve Slovenya yer almaktadır. Bu sonuca göre, söz konusu ülkelerin etkin üretim çizgisini yakalama hızı artmış ve kaynak israfının olmadığı anlaşılmaktadır. TD>1 olan ülkeler arasında ise Danimarka, Fransa, BAE, Macaristan, Kıbrıs, Romanya, Türkiye, Kazakistan, İrlanda, Lüksemburg, Azerbaycan, Türkmenistan, Almanya, Belçika, Hollanda, İtalya, Yunanistan, Finlandiya, Hırvatistan, İİC, Avusturya, Litvanya, Slovakya, Polonya, Portekiz, Çekya, Estonya, Bulgaristan, Letonya ve Malta bulunmaktadır. TD>1 olan bu 30 ülkede, çalışma döneminde bir önceki döneme göre aynı girdi miktarında daha fazla çıktı bileşimini oluşturacak teknolojik gelişmeler yaşanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre TED ve TD'de aynı anda "1" üzerinde hesaplanan ülkeler Yunanistan, Malta, İtalya ve Kıbrıs'tır. Bu ülkeler, enerji kaynaklarını minimum düzeyde kullanarak ve teknolojik olanakları etkili bir şekilde değerlendirerek enerji verimliliğinde başarılı olmuşlardır. TFVE skorlarında "1" değerinin üzerine çıkarak enerji verimliliğinde etkin olan ülke sayısı toplamda 22 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, 14 ülkenin enerji verimliliğinde etkisiz olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, örneğin Avusturya'nın TED<1 iken TD>1 olduğunu göstermektedir. Ancak, TED'deki azalışın TD'deki artışa oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum, Avusturya'nın kaynak israfını önlemek ve uygun ölçekte faaliyet yürütmek için politikalar geliştirmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu sonuç çalışma bulgularında verilen tablolardaki sonuçlar doğrultusunda diğer KVB'ler için aynı şekilde yorumlanmalıdır.

Türkiye, enerji verimliliği açısından dikkate değer bir performans sergilemiştir. Türkiye TD skorunda görece %34'lük bir artışla 7. sırada yer alırken, TFVD skorunda %7'lik bir artışla 11. sıradadır. Ancak, Türkiye'nin TED skorunda %21'lik bir azalma gözlemlenmesine rağmen, enerji verimliliği performansı incelendiğinde özellikle kaynak israfının önlenmesi konusunda yetersiz kaldığı anlaşılmaktadır. Türkiye'nin yenilenebilir enerji üretiminde ikinci sıradaki konumu önemli bir avantaj sunsa da enerji verimliliği sıralamalarında beklenen performansı gösterememektedir. Bu bağlamda, Türkiye'nin enerji verimliliğini artırmak için atıl olarak kullanılan ya da israf edilen yenilenebilir enerji kaynaklarını azaltmaya yönelik yapısal önlemler alması gerekmektedir. Ayrıca, Danimarka gibi TD skorunda %90'lık artış gösteren ülkelerin teknolojik gelişmelerini yakından takip ederek, aynı enerji girdileriyle daha fazla verim elde eden teknolojilere odaklanması ve benimsemesi gerekmektedir. Türkiye'nin enerji verimliliği konusundaki bu zorlukları aşmak için stratejik adımlar atması ve etkin politikalar uygulaması, enerji sektöründe daha sürdürülebilir bir gelecek için kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda Türkiye'nin enerji alanında sürdürülebilirlik, güvenlik ve rekabet avantajları elde etmesi ve böylece daha rekabetçi bir konuma ulaşılması için aşağıdaki politikaları önceliklendirmesi gerekmektedir:

Enerji sektörünün çeşitlendirilmesi için güneş, rüzgâr ve hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım teşvik edecek politikalar geliştirilmeli, enerji depolama teknolojileri ve şebeke entegrasyonuna yönelik mali politikalar oluşturulmalıdır.

Enerji güvenliği çerçevesinde enerji arz güvenliğinin sağlanması amacıyla enerji depolama ve rezervlerine yönelik stratejik yetenekler oluşturulmalıdır.

Enerji verimliliği kapsamında sanayi, ulaştırma ve konutta enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik teşvik politikaları genişletilmelidir. Yenilikçi enerji tasarrufu teknolojilerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasına yönelik desteğin güçlendirilmesi gerekmektedir.

Bölgesel iş birliği çerçevesinde bölgesel enerji altyapı projelerine liderlik etmek, enerji ticaretini destekleyerek komşu ülkelerle iş birliğini güçlendirmek, enerji kaynak kullanım projelerini artırmak ve diplomatik ilişkileri güçlendirmek ve temiz enerjiye yönelik diplomasi ana hedef olarak belirlenmelidir.

Yenilikçi enerji teknolojilerine yatırımın yanı sıra araştırma ve geliştirme teşvik ve finansmanına yönelik destek tedbirleri geliştirilmeli ve bu alanda ulusal kapasiteler güçlendirilmelidir.

2018-2021 döneminde son üçte yer alan İspanya, Romanya ve Macaristan'da enerji verimliliği sırasıyla %26, %31 ve %36 oranlarında azalmıştır. Bu ülkelerde hem TED hem de TD skorları azalmıştır. İspanya, Romanya ve Macaristan'da enerji verimliliği azalmasına rağmen İspanya, sınırlı enerji kaynaklarını daha etkili bir şekilde kullanarak bu azalmayı sınırlamıştır. İspanya, diğer iki ülkeye göre daha yüksek bir TED skoruna sahiptir, bu da kaynak israfını minimize ederek daha verimli bir enerji kullanımını göstermektedir. Macaristan, Romanya ve benzer şekilde düşük verimliliğe sahip diğer ülkeler, İspanya gibi daha fazla çıktı elde etmek için yeni enerji üretim planları geliştirmelidirler. Enerji verimliliğinde yaşanan bu önemli azalmalar, İspanya, Romanya ve Macaristan'da enerji sektöründe çeşitli politika değişikliklerine ve iyileştirmelere ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Buna göre özellikle verimlilik azalışı yaşayan İspanya, Romanya ve Macaristan'da yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla yatırım yapılmalı ve teşvik edilmelidir. Güneş, rüzgar, hidroelektrik gibi temiz enerji kaynaklarına yönelik teşvikler artırılmalıdır. Hane halkı ve iş sektörüne yönelik enerji verimliliği konusunda bilinçlendirme kampanyaları düzenlenmeli ve eğitim programları geliştirilmelidir. Binaların enerji verimliliğini artırmak için enerji tasarruflu bina standartları ve teşvikler uygulanmalıdır. Sanayi tesislerinde enerji verimliliği konusunda daha sıkı düzenlemeler getirilmeli ve enerji tasarruflu teknolojilere geçiş teşvik edilmelidir.

Bu çalışmanın bundan sonra yapılması planlanan çalışmalara Türkiye'nin, AB, ABD ve Rusya karşısındaki pozisyonu, bölgesel ve enerji koridorlarındaki rekabetin boyutları ve Türkiye açısından önemli temel başlıkları ile enerji konusundaki diğer girdi ve çıktılarla yapılacak analizlere kaynak oluşturması düşünülmektedir.

Kaynakça

- Ahn, T. S. (1987). Efficiency and Related Issues in Higher Education: A Data Envelopment Analysis Approach. The University of Texas at Austin.
- Anderson, R. I., Fok, R., Springer, T., and Webb, J. (2002). Technical Efficiency and Economies of Scale: A Non-Parametric Analysis of REIT Operating Efficiency. *European Journal of Operational Research*, 139(3), 598-612.
- Austvik, O. G., and Rzayeva, G. (2017). Turkey in the Geopolitics of Energy. *Energy Policy*, 107, 539-547.
- Arslan, K. (2014). İslam Ülkeleri Arasında İşbirliğine Giden Yolda Yeni Arayışlar. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 10(21), 179-198.
- Bekar, N. (2020). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye'nin Enerji Jeopolitiği. *Türkiye Siyaset Bilimi Dergisi*, 37-54.
- Boussofiane, A., Dyson, R. G., and Thanassoulis, E. (1991). Applied Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 52(1), 1-15.

- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., and Battese, G. E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Springer Science and Business Media.
- Cooper, W. W., Li, S., Seiford, L. M., Tone, K., Thrall, R. M., and Zhu, J. (2001). Sensitivity and Stability Analysis in DEA: Some Recent Developments. *Journal of Productivity Analysis*, 15(3), 217-246.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., and Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis. A Comprehensive Text with Models, Application, References and DEA-Solver Software*, Second Edition, Springer Science, New York, 43-128.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., Tone, K., and Zhu, J. (2007). Some Models and Measures for Evaluating Performances With DEA: Past Accomplishments and Future Prospects. *Journal Of Productivity Analysis*, 28(3), 151-163.
- Correljé, A., and Linde, C. (2006). Energy Supply Security and Geopolitics: A European Perspective. *Energy Policy*, 34, 532-543.
- Erkan, A. Ç. (2023). Küresel Enerji Denklemindeki Değişimler ve Türkiye'nin Yükselişi. *Siyaset Bilimi ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 5(1), 46-74.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., and Zhang, Z. (1994). Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries. *The American Economic Review*, 66-83.
- İlbaş, M. (2023). Türk Birliği Yolunda Türk Dünyası Enerji İş birliği. *Demokrasi Platformu Dergisi*, 12(38), 43-51.
- Kantörün, U. (2010). Bölgesel Enerji Politikaları ve Türkiye. *Bilge Strateji*, 2(3), 87-114.
- Karagöl, E. T. (2018). Türkiye'nin Coğrafi Konumu Çerçevesinde Enerji Arz Güvenliği. *Uluslararası Enerji, Ekonomi ve Güvenlik Kongresi*, s. 360-366.
- Kjellén, R. (1913, (Vol. 3).). *Stormakterna: Konturer Kring Samtidens Storpöolitik*. S. H. Geber.
- Koca, D., ve Yoldaş, Y. (2022). 2000-2020 Yılları Arasında Türkiye'de Uygulanan Kamusal Enerji Arz Güvenliği Politikaları. *Dumlupınar Üniversitesi İİBF Dergisi* (10), 1-15.
- Li, Y., ve Liu, C. (2010). Malmquist Indices of Total Factor Productivity Changes in The Australian Construction Industry. *Construction Management and Economics*, 28(9), 933-945. <https://doi.org/10.1080/0144619100376223>.
- Norman, M., and Stoker, B. (1991). *Data Envelopment Analysis: The Assessment of Performance*. John Wiley and Sons, Inc.
- Oral, M., ve Özdemir, Ü. (2017). Küresel Enerji Jeopolitiğinde Türkiye: Fırsatlar ve Riskler. *Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, s. 948-959.
- Öztopal, M. K., ve Yiğittepe, L. (2020). Türkiye'nin Enerji Güvenliği Bağlamında Doğu Akdeniz'de Enerji Rekabeti. *Özel Sayı Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler E-Dergisi*.
- Sevim, C. (2012). Küresel Enerji Jeopolitiği ve Enerji Güvenliği. *Journal of Yaşar University*, 26(7), 4378-4391.
- Vassiloglou, M., and Giokas, D. (1990). A Study of The Relative Efficiency of Bank Branches: An Application of Data Envelopment Analysis. *Journal of The Operational Research Society*, 41(7), 591-597.
- Yen, F. L., and Othman, M. (2011). Data envelopment Analysis to Measure Efficiency of Hotels in Malaysia. *SEGi Review*, 4(1), 25-36.
- Yeter, F., Eroğlu, İ., Kangal, N., ve Çoban, M. N. (2021). Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi ve Çevresel Bozulma İlişkisi: Türk Cumhuriyetleri Üzerine Panel Veri Analizi. *Türk Dünyası Araştırmaları*, 129(255), 405-432.

TÜRKİYE'S GLOBAL ENERGY GEOPOLITICS IN THE 21ST CENTURY: EFFICIENCY ANALYSIS AND POLICY SUGGESTIONS

Extended Abstract

Aim: This study aims to analyze the total factor productivity of the energy sector in Turkey, EU countries, Middle East countries and Turkic Republics. Within the scope of the analysis, data for the years 2018-2021 were used for 36 countries.

Method(s): In the analysis created for the purpose of the research, the model determined for the study inputs and outputs was determined from the Data Envelopment Analysis (DEA) models. DEA, as a non-linear efficiency measurement, is frequently used to determine efficiency, especially in the production process where there are many inputs and outputs. The decision-making units (DMU) determined for DEA form a common effective production boundary within the production cluster as a result of DEA. Units above this limit are considered active, while all units below this limit are inactive. In this context, DEA compares the active units and the ineffective units with each other and shows the active DMUs or DMUs as a reference for each ineffective DMU. In this analysis we used the DEA-based Malmquist Total Factor Productivity Index (MTFPI). The indices were calculated showing cost minimization or profit maximization for each decision-making unit with the productivity measurements between different periods with MI.

Findings: According to the results 7 countries in the TEC value and 30 countries in the TC value were calculated above the "1" score. The TFPE value is calculated to increase by 22 countries in total. These countries are Denmark, Cyprus, Greece, Malta, Italy, Ireland, Luxembourg, France, Netherlands, Germany, Turkey, Estonia, Lithuania, Poland, Qatar, Slovakia, Czechia, Belgium, Portugal, Croatia, Saudi Arabia and Azerbaijan. Looking at the results in detail this countries exceeding the "1" score in 2018-2019 were determined as 6, in 2019-2020 8, and in 2020-2021 15. On the other hand, the TEC value of Croatia, France, Netherlands, Luxembourg, Spain and Estonia has increased. In 2020-2021, Malta, Italy, Cyprus, Portugal, Lithuania, Hungary, Romania, Austria, Poland, Turkmenistan, Lithuania and Greece, which were not above the "1" score before, were calculated as $TEC > 1$. The number of DMUs with $TC > 1$ in 2018-2019 is 28, and these countries, including Turkey, have increased the output per unit of input with technological developments. In the years 2020-2021, a total of 17 countries achieved a $TC > 1$ score. When we look at the TC increase rates over the years in Turkey, it is seen as 5% in 2018-2019, 17% in 2019-2020 and 8% in 2020-2021. Accordingly, it is understood that the highest increase coincides with the years 2019-2020. This result reveals that Turkey has reached the highest level in the amount of output by increasing its energy efficient production line by 17% in the 2019-2020 period.

Conclusion: The countries identified in the study as $TEC > 1$ during the period 2018-2021 have been Greece, Malta, Italy, Qatar, Cyprus, Saudi Arabia and Slovenia. According to this result, the speed of catching the effective production line of these countries has increased. It is understood that there was no waste of resources in these countries during the analysis period. Countries with $TC > 1$ are Denmark, France, United Arab Emirates, Hungary, Cyprus, Romania, Turkey, Kazakhstan, Ireland, Luxembourg, Azerbaijan, Turkmenistan, Germany, Belgium, Netherlands, Italy, Greece, Finland, Croatia, Iran, Austria, Lithuania, Slovakia, Poland, Portugal, Czechia, Estonia, Bulgaria, Latvia and Malta. In these 30 countries with $TC > 1$, there have been technological developments that will create more output combinations with the same input amount during the study period compared to the previous period. According to the results obtained, the countries that were calculated over "1" in TEC and TC at the same time were Greece, Malta, Italy and Cyprus. These countries both minimized the waste of resources and used technological opportunities very well throughout the period. Turkey has been efficient in energy policy by moving up the effective production line. Calculations reveal that according to the TEC score, Turkey should develop policies that will increase its administrative capacity in the energy sector and reduce the amount of inactive

inputs. In addition, Greece in TEC and Denmark in TC achieved the highest scores. According to the results of the study, policies have been created to increase the decreasing index for inefficient countries.
