

## SÜRDÜRÜLEBİLİR ENERJİ ODAKLI BİR ETKİNLİK VE PERFORMANS ANALİZİ: AB ÜYESİ ÜLKELER İLE TÜRKİYE KARŞILAŞTIRMASI

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Serhat ULUDAĞ  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,  
[serhat.uludag@omu.edu.tr](mailto:serhat.uludag@omu.edu.tr)

Öğr. Gör. Dr. Hatice DOĞAN  
Giresun Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu,  
[hatice.dogan@giresun.edu.tr](mailto:hatice.dogan@giresun.edu.tr)

### Özet

Günümüzde enerjinin elde edildiği iki temel kaynak bulunmaktadır. Bunlardan ilki olan yenilenebilir enerji, teorik olarak sınırsız kabul edilen ve esasen doğada var olan kaynaklardan temin edilen bir enerji türüdür. İkincisi ise yine doğada var olan, kullandıkça azalan veyahut kendini yenilemesi için uzunca bir zaman gerektiren tükenbilir kaynaklardan elde edilen enerjidir. İster yenilenebilir ister tükenbilir kaynaklardan elde edilsin; nüfusun ve sanayinin artması, teknolojinin ilerlemesi insanoğlunun enerjiye olan talebini her geçen gün arttırmaktadır. Ancak, tükenbilir enerji kaynaklarının her geçen gün azalması, belirli bir süre sonra bu rezervlerin tamamen tükeneceğinin bilinmesi ve bu kaynakların kullanımının ciddi çevre sorunlarına neden olması ülkeleri giderek artan bir şekilde yenilenebilir kaynaklardan enerji temin etmeye yönelik ar-ge faaliyetlerine ve yatırımlarına ağırlık vermeye mecbur bırakmaktadır. Dolayısıyla bugün pek çok ülke hem enerjide dışa bağımlılığı azaltmak, hem artan enerji ihtiyacını karşılamak hem de enerji kaynaklarının gelecek nesillere aktarımını garanti altına almak gibi birbirleriyle çelişen pek çok amacı aynı anda başarmak mecburiyetindedirler. Bu bağlamda, sürdürülebilir enerji kavramının anlaşılması, enerji sektörünün etkinliğinin ölçülmesi ve sürekli olarak takip edilmesi, gerekli olduğu halde iyileştirmelerin yapılması, enerjide sürdürülebilirliği sağlayacak politikaların hayata geçirilmesi hayati önem arz etmektedir. Bu öneme binaen bu çalışmayla, Türkiye'deki enerji sektörünün etkinliğinin ve performansının AB üyesi ülkelerle karşılaştırmasının yapılması ve hangi alanlarda iyileştirmelere gidilmesi gerektiği belirlenmeye çalışılmıştır. Söz konusu ülkelerin verimliliklerinin 2009-2014 yılları arasındaki değişimlerini belirlemek amacıyla Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi; sürdürülebilir enerji performanslarının analizi için ise Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Promethee yöntemi kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilir Enerji, Malmquist Toplam Faktör Verimliliği, PROMETHEE

### AN EFFICIENCY AND PERFORMANCE ANALYSIS FOCUSED ON SUSTAINABLE ENERGY: COMPARISON OF EU COUNTRIES AND TURKEY

#### Abstract

In today's world, there are two main sources of energy. Renewable energy is the first type of the above-mentioned sources that is theoretically accepted to be unlimited and obtained from the reserves which basically exist in nature. The second type is the energy that is obtained from consumable sources which exist in nature but diminish with consumption and that require a long time to renew itself. Technological developments and the increase in population and industry stimulate people's demands on energy each passing day regardless of the source type. On the other hand, continuous decrease in consumable energy sources, possible exhaustion of these reserves in the future and environmental problems caused by the use of these reserves oblige the countries to concentrate on the research and development activities and investments in order to obtain energy from renewable sources. Therefore, many countries are now compelled to attain numerous goals that contradict each other such as reducing the dependence on foreign sources of energy, meeting the energy needs and guaranteeing the transfer of energy sources to future generations. In this context, it is crucial to understand the concept of sustainable energy, to measure and continuously monitor the efficiency of the energy sector, to make improvements if necessary, and to put into practice the politics that will ensure the sustainability of energy. Accordingly, this study has aimed to compare the efficiency and performance of the energy sector in Turkey with the ones in EU member states and to determine the areas that should be improved. Malmquist Total Factor Productivity Index has been used for determining the changes in the productivity of the aforesaid countries between 2009 and 2014

while Promethee, which is one of the Multiple-Criteria Decision Making (MCDM) methods, has been preferred for analyzing the performances of sustainable energy.

**Key Words:** Sustainable Energy, Malmquist Total Factor Productivity, PROMETHEE

## 1. Giriş

Enerji, sözlük karşılığı olarak; “(1) maddede var olan ve ısı, ışık biçiminde ortaya çıkan güç, erke (2) organların çalışabilmesi ve vücut ısısının sürdürülebilmesini sağlayan besin öğelerinin oluşturduğu güç (3) manevi güç” anlamındadır (TDK, Büyük Türkçe Sözlük, 2018). Bu bağlamda enerji, biraz iddialı ama tartışmasız bir söylemle, “organik ve/veya inorganik sistemlerinin faaliyetlerine devam etmelerini sağlayacak güç” olarak ifade edilebilir. Günümüz insanının yaşam tarzı ve tüketim alışkanlıkları dikkate alındığında enerji insanlar için son derece önemli ve vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir.

Enerjiye duyulan ihtiyacın her geçen gün artması, enerjinin temin ve üretim şekillerinde yaşanan değişiklikler, fosil enerji kaynakları rezervlerinin giderek azalması, enerjinin ekonomik katkısı ve her şeyden önemlisi enerjinin gücü temsil etmesi dünya tarihinin seyrini değiştiren pek çok olayı ortaya çıkaran temel nedenler arasında yer almaktadır. Ülkelerin ekonomik, sosyo-kültürel ve siyasal bakımdan ilerlemelerinde büyük rol oynayan enerji, aynı zamanda, temel üretim girdilerinden de biridir. Başta nüfusun, sanayileşmenin artması ve teknolojinin gelişmesi gibi nedenler, bu temel üretim girdisine yönelik talebin de her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Dünya tarihindeki önemli kırılma noktalarından biri olan II. Dünya Savaşı sonrası yaşanan durum nüfus ve enerji talebi arasındaki ilişkiyi ortaya koyan çarpıcı bir örnektir. Zira, II. Dünya Savaşı sonrasında nüfus iki kat artarken, enerji talebi yaklaşık altı kat artış göstermiştir (Acaroğlu, 2013: 17). Bu durum beraberinde mal ve/veya hizmetlere olan talebin ve dolayısıyla da üretimin artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte, artan talebi karşılayacak arz, üretilen enerji miktarı ve/veya enerji rezervleri tarafından kısıtlanmaktadır. Bu kısıta bir de enerjiyi tüketen bölgelerle, üreten ve/veya enerji kaynaklarını elinde bulunduran coğrafyaların ayrışması (Akbulut, 2008: 118) eklenince; enerji arz ve talebi arasındaki dengeyi kurabilecek enerji politikalarının geliştirilmesi ve uygulamaya konması, bilhassa enerjide dışa bağımlı ülkeler açısından, stratejik bir konu haline dönüşmektedir.

Bir ülkenin enerji politikası oluşturulurken; enerji kaynaklarının güvenilir ve sürdürülebilir olması, enerjinin zamanında temin edilmesi, enerjinin üretimi noktasında çevreye zarar verilmemesi ve/veya zararın minimum seviyede tutulması, enerji kaynakları temin ve/veya üretim maliyetlerinin düşük olması dikkate alınması gereken temel ilkelerdir. Bu ilkeler göz önünde bulundurularak bir ülkenin enerji planlaması yapılırken; enerji, ekoloji ve ekonomik dengenin göz önünde bulundurulması, sürdürülebilirlik anlayışının ön planda tutulması, kaynak çeşitliliğinin oluşturulması, siyasal dengelerin korunması, jeopolitik, coğrafi etkenlerin göz önünde bulundurulması ve enerji güvenliğinin sağlanması gerekmektedir (Acaroğlu, 2013: 16).

Bugün, ihtiyaç duyulan ve/veya tüketilen enerji yenilenemeyen ve yenilenebilir olmak üzere iki temel kaynaktan temin edilmektedir. Bununla birlikte, enerji talebinin karşılanması noktasında fosil yakıtlardan bir diğer ifadeyle yenilenemeyen enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin payı yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilenden daha fazladır. Yapılan çalışmalar, günümüzde, dünya petrol rezervinin 1,7 trilyon varil civarında olduğunu ve bu miktarın dünyanın ancak 51 yıllık tüketimi karşılayabileceğini göstermektedir. Bu 1,7 trilyon varillik rezervin yaklaşık % 47,3'lük kısmı Ortadoğu bölgesinde; % 19,4'lük kısmı Güney ve Orta Amerika bölgelerinde; % 14'lük kısmı Kuzey Amerika bölgesinde; % 9,1'lik kısmı Avrupa ve Asya bölgelerinde; % 7,6'lık kısmı Afrika bölgesinde ve % 2,5'lik kısmı ise Asya Pasifik bölgesinde bulunmaktadır. Sahip olduğu petrol rezervleri açısından dünyada en zengin ülke, dünya petrol rezervlerinin % 17,7'sini elinde bulunduran, Venezuela'dır. Venezuela'yı sırasıyla; Suudi Arabistan (%15,7), Kanada (%10,1), İran (%9,3), Irak (%8,4), Rusya (%6), Kuveyt (%6), Birleşik Arap Emirlikleri (%5,8), ABD (%3,2), Libya (%2,8), Nijerya (%2,2) ve Kazakistan (%1,8) izlemektedir (ETKB, 2018).

Fosil veya yenilenemeyen enerji kaynakları rezervlerinin giderek azalması, çevresel kirlilik, küresel ısınma, yaşanan iklimsel değişiklikler ve bunların bir sonucu olarak çevrede kalıcı hasarların ortaya çıkması ve ekolojik dengenin bozulmaya başlaması enerji verimliliği ve sürdürülebilir enerji konusundaki çalışmalara hız katmış (Algan, 2001: 358); sürdürülebilir enerji politikalarının geliştirilmesini ve uygulama konmasını bir zaruret haline getirmiştir. Bu politikalarda önemli yer kaplayan; güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle, hidrolik gibi yenilenebilir enerji kaynakları ise, sahip oldukları enerjinin mekanik enerjiye ardından da elektrik enerjisine dönüştürülmesi yoluyla enerji talebinin karşılanmasına katkı sağlayan, aynı zamanda çevreye minimum ölçüde zarar veren, teorik olarak tükenmeyen; bu yönüyle sürdürülebilir enerji politikalarının hayata geçirilmesinde son derece önemli rol oynayabilecek bir argümandır.

Bir kısmı daha önce zikredilen sorunlar da dâhil olmak üzere, çevresel kaygılar, enerji rezervlerinin giderek azalması ve hatta tükenme riskinin bulunması, çevresel konularda artan bilinçlenme toplumların sürdürülebilirlik kavramına olan ilgisini arttırmıştır. Sürdürülebilirlik kavramı, “bilimsel, sosyal, kültürel, doğal ve insani kaynaklar gibi tüm kaynakların gelecekteki durumlarını göz önünde bulunduran, buna saygılı bir şekilde yaklaşan ve sürdüren katılımcı bir süreç” olarak ifade edilmektedir (Gladwin vd., 1995: 877). Başka bir tanıma göre sürdürülebilirlik, “insanoğlunun yaşam kalitesinin korunması, çevreye kalıcı zararlar verecek etkinliklerin engellenmesi, gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılayacak kaynakların tehlikeye atılmaması, doğal kaynaklara sürekli erişiminin sağlanması gibi özelliklerle, gelecek kuşakların ihtiyaçlarını tehlikeye atmadan, şimdi ki kuşakların ihtiyaçlarını karşılayan gelişim” olarak tanımlanmaktadır (Kozak ve Bahçe, 2009: 92).

Esasen sürdürülebilirlik kavramı, “ekonomik, sosyal ve çevresel faktörler bakımından gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneğini bozmadan, bugünün ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik bir bakış açısını ifade etmektedir (The Sustainability Report, 2018). Ekonomik, sosyal ve çevresel bakımdan sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için, kaynak kullanımında duyarlılığın sağlanması, çevrenin korunması, insan ve çevre etkileşiminden ortaya çıkan zararların bertaraf edilmesi ve/veya minimum seviyede tutulması gerekmektedir (Yavuz, 2010: 65).

Günümüzde sürdürülebilirlik, sürdürülebilir kalkınma, sürdürülebilir turizm, sürdürülebilir büyüme ve sürdürülebilir karlılık gibi çok çeşitli kavramlarla vücut bularak sosyo-ekonomik hayatın farklı alanlarında tezahür etmektedir. Bu alanlardan biri de enerji sektörü olup; söz konusu kavram burada sürdürülebilir enerji olarak vücut bulmaktadır. Ekonomik büyümenin de temel göstergelerinden biri olan sürdürülebilir enerji, “tüm birincil enerji kaynakları odaklı gerçekleştirilen enerji üretiminin yüksek verimle ve temiz teknolojilerle gerçekleştirilmesini, fosil yakıtların çevre dostu yeni teknolojilerle değerlendirilmesini, fosil kaynakların yerine olabildiğince tükenmez (yenilenebilir) enerji kaynaklarının kullanılmasını, bir çevrimde atık biçimde ortaya çıkan enerjinin bir başka çevrimde girdi olarak kullanılmasını kapsayan ve bunları ekonomik büyüme ile bütünleştiren bir yaklaşımı” ifade etmektedir (Selici vd, 2006: 3). Bu yaklaşım, enerji talebinin karşılanması noktasında ihtiyaç duyulan fonların minimum seviyede tutulmasını, çevresel ve sosyal maliyetlerin bertaraf edilmesini ve/veya azaltılmasını ve enerji temininde sürekliliği sağlayacak politika, teknoloji ve uygulamaları kapsamaktadır.

Bu bağlamda, Dünya Enerji Konseyi enerjide sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için temel bazı ilkeler belirlemiş ve bunları; enerjide çeşitliliğin ve verimliliğin sağlanması, enerji fiyatları üzerinde belirleyici faktörlerden bir olan alt yapı yatırımlarına daha fazla pay ayrılması, enerjiye ulaşımın kolaylaştırılması, enerji güvenliğinin sağlanması, çevreye verilen zararlı etkilerin azaltılması, yeni teşviklerin hayata geçirilebilmesi için piyasaya müdahalelerde bulunulması, elektrik arzının güvenilirliğinin sağlanması, enerji sistemlerinin bölgesel entegrasyonunun sağlanması, teknolojik yeniliklerin yapılması, ar-ge çalışmalarının artırılması, kamu anlayışı ve güveninin sağlanması şeklinde deklare etmiştir (DEK, 2004).

Dünya Enerji Konseyi tarafından deklare edilen ilkelere bağlı kalarak enerji politikalarının geliştirilmesi ve hayata geçirilmesi; enerjide dışa bağımlılığın azaltılması, enerji talebinin karşılanması, kaynakların gelecek nesillere aktarımının garanti altına alınması, fosil yakıtlardan ziyade yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gibi birbiriyle çelişen pek çok amacın aynı anda gerçekleştirilmesi anlamına gelmektedir. Bu amaçların gerçekleştirilebilmesi her şeyden evvel, sürdürülebilir enerji kavramının doğru anlaşılmasına bağlıdır.

Goldemberg (2007), sürdürülebilir enerjinin gelecekteki durumunu araştırmış, yenilenebilir enerjinin sürdürülebilir kalkınmada önemli bir yere sahip olduğunu dile getirmiştir. Aynı zamanda yenilenebilir enerji kullanımında meydana gelecek bir artışın azalan fosil yakıt rezervlerinin kullanım ömrünü uzatacağını, fosil yakıtların yaydığı zararlı gazlar nedeniyle meydana gelen iklim değişikliklerinin yarattığı tehditlerin ortadan kalkabileceğini de vurgulamıştır. Asif (2009), 2008 yılında yaşanan enerji krizinin olumsuz etkilerini dikkate alarak sürdürülebilir enerji için Pakistan'ın yenilenebilir enerji kaynaklarının mevcut durumunu araştırmıştır. Zira 2008 krizi, ülkede enerji arz ve talebi arasında dengesizliğe neden olurken, petrol ve gaz rezervlerinin azalmasına, enerji maliyetlerinin ve güvenlik endişelerinin artmasına neden olmuştur. Kotcioğlu (2011), Türkiye'nin enerji ihtiyacının büyük bir çoğunluğunu ithal ettiğini, enerjide dışa bağımlı olduğunu dile getirmiş; bu bağımlılığının ve sera gazlarının yenilenebilir enerji kaynaklarına ağırlık verilerek azaltılabileceğini ve bu noktada Türkiye'nin büyük bir potansiyele sahip olduğunu belirtmiştir. Bilgen ve Sarıkaya (2017), yenilenemeyen enerji kaynaklarının gelecek nesillere aktarımının sürdürülebilirliğin temel amaçlarından biri olduğu, sürdürülebilir bir gelecek için üretilen ve tüketilen enerjinin sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarının insani gelişmeleri desteklemesi gerektiğini vurgulamışlardır. Bossink (2017), yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji konusunda çok sayıda bilimsel yayını incelemiş ve bu çalışmalardan yola çıkarak sürdürülebilir enerjinin sağlanabilmesi için modeller geliştirmiştir. Song vd. (2017), şehirlerdeki aşırı enerji tüketiminin iklim değişikliğinin temel nedeni olduğunu dile getirmişler; Çin'in Macau şehrinde enerji tüketimini azaltmak ve sürdürülebilir enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak amacıyla bazı hükümet politikalarını ve tasarruf tedbirlerini incelemişlerdir. Vidadili vd. (2017), Azerbaycan ekonomisinin petrole bağlı olduğunu, petrol fiyatlarındaki düşüşün ve enerji rezervlerindeki azalışın uzun vadede ekonomik büyüme önünde engel teşkil ettiğini dile getirmişler ve sürdürülebilir enerjinin önemine vurgu yapmışlardır. Sürdürülebilir enerjinin önemine binaen yenilenebilir enerjiye geçiş yollarını araştırmışlar ve önerilerde bulunmuşlardır. Benzer bir yaklaşımla Nyiwul (2018) de, yenilenebilir enerjinin sürdürülebilir kalkınmadaki önemine vurgu yapmış ve Afrika'da sürdürülebilir enerji tüketiminin ekonomik performans üzerindeki etkilerini incelemiştir.

Sürdürülebilir enerji politikalarının geliştirilmesi ve hayata geçirilmesinde sürdürülebilir enerji kavramının öneminin farkına varılması ve doğru anlaşılması ne kadar önemli ise; ülkelerin sürdürülebilir enerji anlayışı doğrultusunda atıkları adımların isabetli olup olmadığının belirlenmesi ve bu adımların sürdürülebilir enerji açısından ülkelerin performansına nasıl katkı yaptığının da sürekli olarak takip edilmesi bir o kadar önemli bir konudur. Bir diğer ifadeyle, ülkelerin sürdürülebilir enerji alanında hayata geçirdikleri uygulamaların etkin olup olmadığının sürekli olarak takip edilmesi, etkinsizliğe neden olan faktörlerin tespiti ve gerekli iyileştirmelerin yapılması gelinen bu noktada bir zaruret haline gelmiştir.

Bu zarurettten yola çıkarak bu çalışmada, AB üyesi ülkeler ile Türkiye'nin sürdürülebilir enerji noktasında atıkları adımların etkin olup olmadığının araştırılması ve söz konusu ülkelerin sürdürülebilir enerji performanslarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada etkinlik analizi için Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi; sürdürülebilir enerji performanslarının karşılaştırılması için ise Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan PROMETHEE yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın takip eden kısmında ele alınan probleme ilişkin açıklamalara, verilerin toplanma sürecine, kullanılan yöntemlere, incelenen problemin analizine, elde edilen bulgulara ve varılan sonuçlara yer verilmiştir.

## 2.Uygulama

Uygulama, AB üyesi ülkeler ile Türkiye'nin enerji sektöründeki etkinliklerinin ölçülmesi ve karşılaştırılmasıyla başlamaktadır. Sürdürülebilir enerji konusuna yönelik gerçekleştirilen literatür araştırması yoluyla, etkinlik ölçümünde kullanılabilecek uygun yöntem, girdi, çıktı değişkenleri belirlenmiş ve aralarından uygun olanları seçilmiştir. Söz konusu ülkelerin 2009-2014 yılları arasındaki etkinliklerini değerlendirmek amacıyla Malmquist Toplam faktör verimliliği yöntemi kullanılmıştır. Ardından söz konusu ülkelerin sergiledikleri performansların karşılaştırılması kısmına geçilmiştir. Etkinlik ölçümü için seçilen değişkenler, performans değerlendirilmesinde de kullanılmıştır. Performans değerlendirmesi için ise çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan PROMETHEE yönteminden faydalanılmıştır.

### 2.1.Verilerin Toplanması

Bu çalışmada, analiz için ikincil verilerden faydalanılmış; 2009-2014 yılları için ihtiyaç duyulan ve kullanılan veriler Dünya Bankası'nın resmi istatistik portalından temin edilmiştir. Kullanılan tüm değişkenler, GSYH hariç, Dünya Bankası resmi istatistik portalında sürdürülebilir enerji başlığı altında yer almaktadır. 2014 yılından 2018 yılına kadarki dönemde seçilen değişkenlere ilişkin eksik bilginin bulunması, karar birimi ve değişken sayısını en büyükleyen aralığın 2009-2014 yılları olması analiz dönemini seçerken dikkate alınan başlıca husus olmuştur.

### 2.2. Uygulamada Kullanılan Yöntemler

Bu kısımda uygulamada kullanılan Malmquist toplam faktör verimliliği ve PROMETHEE yöntemine ilişkin açıklamalara yer verilmiştir.

#### 2.2.1. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği

İlk olarak Sten Malmquist (1953) tarafından geliştirilen ve uzaklık fonksiyonuna dayalı olarak ifade edilen Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi, iki gözlemin ortak bir teknolojiye olan uzaklıklarının oranı yoluyla toplam faktör verimliliğindeki değişimi belirlemektedir. Uzaklık fonksiyonu, çok girdili ve çıktılı durumlarda üretim teknolojilerini, kâr maksimizasyonuna ve maliyet minimizasyonuna gerek duymadan tanımlamaktadır (Tarım, 2001: 152-153). Diğer bir ifadeyle, çok sayıda girdi ve çıktı bulunduran üretim teknolojilerini sadece miktar verilerine dayandıran fonksiyonlar uzaklık fonksiyonu olarak adlandırılmaktadır. Çıktıya dayalı Malmquist Toplam Verimlilik Endeksi için Shephard (1970) ve Fare vd. (1994)'deki süreç takip edilmiş; ve bu bağlamda t dönemine ait çıktı uzaklık fonksiyonu Eşitlik (1)'de gösterilmiştir. Burada;  $x^t$  ve  $y^t$  sırasıyla girdi ve çıktı vektörlerini göstermektedir (Fare vd, 1994: 68-70):

$$D_0^t(x^t, y^t) = \min\{\theta: (x^t, y^t/\theta) \in S^t\} \quad (1)$$

CRS varsayımı altında herhangi bir t dönemi ve t+1 dönemi için Malmquist Endeksi Eşitlik (1) ve (2)'de gösterilmiştir.

$$M_{CCD}^t = \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \quad (2)$$

$$M_{CCD}^{t+1} = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (3)$$

(1) ve (2) numaralı eşitliklerin geometrik ortalaması alınarak Eşitlik (4) veya (5) ile gösterilen Malmquist- TFV değişimi indeksi oluşturulmaktadır:

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

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} x \sqrt{\left[ \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right] \left[ \frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]} \quad (5)$$

Toplam Faktör Verimliliği Değişimi (TFVD)
Teknik Etkinlik Değişimi (TED)
Teknolojik Değişim (TD)

Toplam faktör verimliliği değişimi indeksinin oluşturulmasından sonra, Eşitlik (6) ile gösterilen teknik etkinlik değişimi hesaplanmaktadır. Teknik etkinlik değişim, saf teknik etkinlik değişimi ve ölçek etkinlik değişimi olarak iki kısımda incelenmiştir. Saf teknik etkinlik değişimi, yönetim uygulamalarındaki gelişmeyi, ölçek etkinliği değişimi ise maliyet kontrolüne dayalı olarak optimal ölçek büyüklüğündeki gelişmeyi açıklamaktadır. Malmquist-TFV endeksi yaklaşımına göre etkinlikteki değişimin nedeni, yönetim uygulamalarında ya da optimal ölçek büyüklüğündeki iyileşmelerden kaynaklanmaktadır (Işık ve Hassan, 2003: 293-302).

$$Teknik Etkinlik Değişimi = \frac{D_{VRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{VRS}^t(x^t, y^t)} \times \left( \frac{D_{CRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{VRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_{VRS}^t(x^t, y^t)}{D_{CRS}^t(x^t, y^t)} \right) \quad (6)$$

Saf Teknik Etkinlik Değişimi (STED)
Ölçek Etkinliği Değişim (ÖED)

Malmquist-TFV endeksine ilişkin bu hesaplamaların ardından elde edilen sonuçları değerlendirmek gerekmektedir. Yapılan bu matematiksel işlemler sonucunda bulunan değer üç farklı şekilde ortaya çıkar. Toplam faktör verimliliğindeki değişimi gösteren Malmquist-TFV endeksinin; 1'den büyük olması ilgili dönemde bir önceki döneme göre toplam faktör verimliliğinde bir artış olduğunu, 1'e eşit olması bir değişim olmadığını, 1'den küçük olması ise bir azalış olduğunu göstermektedir (Işık ve Hassan, 2003: 293-302).

### 2.2.2. PROMETHEE Yöntemi

İngilizcesi Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations olan ve PROMETHEE olarak bilinen yöntem ilk olarak 1982 yılında J.P. Brans tarafından geliştirilmiş olup; karar noktalarının sırasını kısmi ve tam sıralama ana aşamalarına dayalı olarak belirleyen bir çok kriterli karar verme yöntemidir (Yaraloğlu, 2010: 28). Bu kısmi ve tam sıralama ise, bir karar problemindeki alternatiflerin belirlenmiş olan tercih fonksiyonuna göre ikili olarak karşılaştırılmaları yoluyla gerçekleştirilmektedir (Yıldırım ve Önder, 2014: 178). Yöntem, daha sonra Brans ve Vincke (1985) tarafından geliştirilmiştir. Yöntemde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta kriterlerin doğru tespit edilmesidir (Macharis vd, 2004: 307). PROMETHEE yöntemi temelde yedi aşamadan oluşmaktadır (Chou vd, 2004; Macharis vd, 2004; Dağdeviren ve Eraslan, 2008; Rao ve Patel, 2010; Ishizaka ve Nemery, 2011);

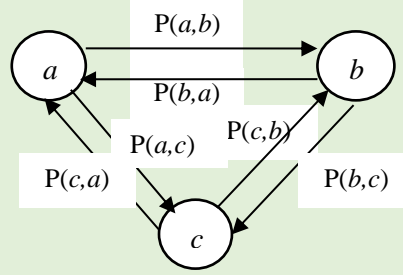
*Aşama 1:* Veri Matrisinin oluşturulması:  $w = (w_1, w_2, \dots, w_k)$  ağırlıkları,  $c = (f_1, f_2, \dots, f_k)$  kriterleri,  $A = (a, b, c, \dots)$  belirlenmiş olan kriterlere göre değerlendirilen alternatifleri göstermek üzere; veri matrisi Tablo 1'de gösterilmiştir.

**Tablo 1: Veri Matris Tablosu**

Kriterler	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	...	<i>w</i>
<i>f</i> <sub>1</sub>	<i>f</i> <sub>1</sub> ( <i>a</i> )	<i>f</i> <sub>1</sub> ( <i>b</i> )	<i>f</i> <sub>1</sub> ( <i>c</i> )	...	<i>w</i> <sub>1</sub>
<i>f</i> <sub>2</sub>	<i>f</i> <sub>2</sub> ( <i>a</i> )	<i>f</i> <sub>2</sub> ( <i>b</i> )	<i>f</i> <sub>2</sub> ( <i>c</i> )	...	<i>w</i> <sub>2</sub>
...	...	...	...	...	...
<i>f</i> <sub><i>k</i></sub>	<i>f</i> <sub><i>k</i></sub> ( <i>a</i> )	<i>f</i> <sub><i>k</i></sub> ( <i>b</i> )	<i>f</i> <sub><i>k</i></sub> ( <i>c</i> )	...	<i>w</i> <sub><i>k</i></sub>

*2. Aşama:* Bu aşamada yöntemi geliştirilen araştırmacılar tarafından önerilen; olağan tip, U tipi, V tipi, seviyeli, doğrusal ve gaussian tipi tercih fonksiyonlarından bir ya da birkaçının belirlenmesi gerekmektedir (Yıldırım ve Önder, 2014: 180).

3. Aşama: Tercih fonksiyonlardan hareketle alternatif çiftleri için ortak tercih fonksiyonları Şekil 1'de görselleştirilmiştir.



Şekil 1: Ortak Tercih Fonksiyonlarının Şematik Gösterimi

$a$  ve  $b$  alternatifleri için ortak tercih fonksiyonu:

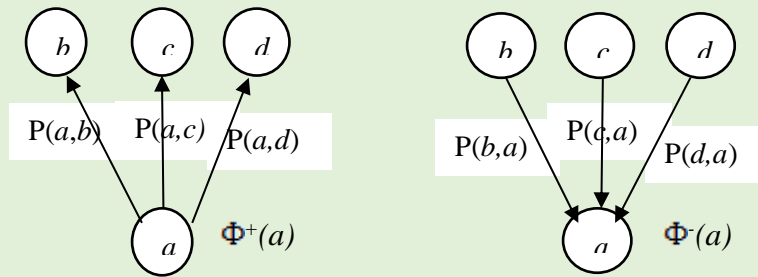
$$P(a,b) = \begin{cases} 0 & , \quad f(a) \leq f(b) \\ p[f(a) - f(b)] & , \quad f(a) > f(b) \end{cases} \quad (7)$$

şeklinde gösterilmektedir.

4. Aşama: Ortak tercih fonksiyonlarına bakılarak her alternatif çifti için tercih indeksleri belirlenir.  $w_i$  ( $i=1,2,\dots,k$ ) ağırlıklarına sahip olan  $k$  kriter tarafından değerlendirilen  $a$  ve  $b$  alternatiflerinin tercih indeksi  $\pi(a,b)$  olup; (8) nolu eşitlik yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$\pi(a,b) = \frac{\sum_i^k w_i x P_i(a,b)}{\sum_i^k w_i} \quad (8)$$

5. Aşama: Alternatifler için pozitif ( $\Phi^+$ ) ve negatif ( $\Phi^-$ ) üstünlükler belirlenmektedir.  $a$  alternatifi için pozitif ve negatif üstünlük Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2:  $a$  Alternatifi İçin Hesaplanan Pozitif ve Negatif Üstünlük

Pozitif üstünlük eşitlik (9) ile negatif üstünlük ise eşitlik (10) ile hesaplanmaktadır.

$$\Phi^+(a) = \sum \pi(a,x) \quad x = (b, c, d, \dots) \quad (9)$$

$$\Phi^-(a) = \sum \pi(x,a) \quad x = (b, c, d, \dots) \quad (10)$$

6. Aşama: Kısmi öncelikler ROMETHEE I ile belirlenmektedir. Kısmi öncelikler alternatiflerin birbirlerine göre tercih edilme durumlarının, birbirinden farksız olan alternatiflerin ve birbiriyle karşılaştırılmayacak olan alternatiflerin belirlenmesini sağlar.  $a$  ve  $b$  gibi iki alternatif için kısmi önceliklerin belirlenmesinde aşağıda verilen durumlara bakılarak karar verilebilmektedir.

Eşitlik (11), (12) veya (13) nolu eşitliklerden herhangi birinin sağlanması durumunda,  $a$  alternatifi  $b$  alternatifine göre tercih edilmektedir.

$$i. \Phi^+(a) > \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) < \Phi^-(b) \quad (11)$$

$$ii. \Phi^+(a) > \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) = \Phi^-(b) \quad (12)$$

$$iii. \Phi^+(a) = \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) < \Phi^-(b) \quad (13)$$

Eşitlik (14) sağlanıyor ise  $a$  alternatifi ile  $b$  alternatifi farksızdır.

$$i. \Phi^+(a) = \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) = \Phi^-(b) \quad (14)$$

Eşitlik (15) veya (16)'dan herhangi biri gerçekleşir ise,  $a$  alternatifi  $b$  alternatifi ile karşılaştırılmaz.

$$i. \Phi^+(a) > \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) > \Phi^-(b) \quad (15)$$

$$ii. \Phi^+(a) < \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) < \Phi^-(b) \quad (16)$$

**7.Aşama:** PROMETHEE II ile alternatiflerin tam öncelikleri hesaplanmaktadır. Hesaplanan tam öncelik değerleri ile bütün alternatifler aynı düzlemde değerlendirilerek tam sıralama yapılmaktadır.

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (17)$$

$a$  ve  $b$  gibi iki alternatif için hesaplanan tam öncelik değerine bağlı olarak aşağıdaki kararlar alınmaktadır.

Şayet,  $\Phi(a) > \Phi(b)$  ise,  $a$  alternatifi  $b$  alternatifinden üstündür.

Şayet,  $\Phi(a) = \Phi(b)$  ise,  $a$  ve  $b$  farksızdır.

### 2.3. Verilerin Analizi

Çalışmanın bu kısmında, ele alınan problemin çözümüne yer verilmiştir. İlk olarak AB üyesi ülkeler ile Türkiye'nin 2009-2014 yılları arasında etkinlikleri Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi ile belirlenmiş, ardından PROMETHEE yöntemi ile söz konusu ülkelerin performansları karşılaştırılmıştır.

#### 2.3.1. AB Üyesi Ülkeler ile Türkiye'nin Sürdürülebilir Enerji Etkinliklerinin Ölçülmesi

Analizin ilk aşamasında literatür araştırması yoluyla etkinlik ölçümünde kullanılabilecek girdi ve çıktılar belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılana araştırma sonucunda altı girdi ve üç çıktı değişkeni belirlenmiştir. Bu bağlamda girdiler sırasıyla; birincil enerjinin enerji yoğunluğunun seviyesi (MJ/2011 USD PPP), toplam elektrik çıkışı (GWh), toplam nihai enerji tüketimi (TJ), fosil yakıtların tüketimi (% of total), petrol, gaz ve kömürden elde edilen elektrik üretimi (% of total) ve toplam nüfusun elektriğe ulaşımı (% of total population) şeklinde sıralanmaktadır. Çıktılar ise; yenilenebilir elektrik çıkışı (GWh), yenilenebilir enerji tüketimi (TJ) ve GSYH (current US\$)' dir.

Malmquist toplam faktör verimliliği girdi ve çıktı yönelimli olarak çözülebilmektedir. Girdi yönelimli modelde, belirli bir çıktıyı elde edebilmek için minimum girdi kullanmak amaçlanır. Çıktı yönelimli modelde ise belirli bir girdi ile maksimum çıktı elde edilmesi amaçlanmakta olup; bu çalışmada çıktı yönelimli model kullanılmıştır. Malmquist toplam faktör verimliliğinin anlatıldığı kısımdaki eşitlikler kullanılarak AB üyesi ülkeler ve Türkiye'nin 2009-2014 yılları arasındaki etkinlik değişimi ve değişimin nedenlerini belirlenmiştir. Verilerin analizi için DEAP 2.1 programı kullanılmıştır. Tablo 2'de analiz neticesinde elde edilen ülkelere ait teknik etkinlik değişimi, teknoloji değişim, saf teknik etkinlik değişimi, ölçek etkinliği değişimi ve toplam faktör verimliliği değişimi indeksleri gösterilmiştir.



**Tablo 2: Ülkelere Göre Analiz Sonuçları**

	Teknik Etkinlik Değişimi (TED) [A=C*D]	Teknolojik Değişim (TD) [B]	Saf Teknik Etkinlik Değişimi (STED) [C]	Ölçek Etkinliği Değişimi (ÖED) [D=A/C]	Toplam Faktör Verimliliği Değişimi (TFVD) [E=A*B]
Almanya	1,000	1,217	1,000	1,000	1,217
Avusturya	1,000	1,176	1,000	1,000	1,176
Belçika	0,990	1,433	1,000	0,990	1,418
Birleşik Krallık	1,005	1,266	1,000	1,005	1,273
Bulgaristan	1,015	1,234	1,000	1,015	1,253
Çek Cumh.	0,989	1,456	1,000	0,989	1,441
Danimarka	1,000	1,429	1,000	1,000	1,429
Estonya	1,000	1,300	1,000	1,000	1,300
Finlandiya	0,997	1,356	1,000	0,997	1,352
Fransa	1,005	1,327	1,000	1,005	1,333
Hırvatistan	1,012	1,256	1,000	1,012	1,272
Hollanda	0,989	1,294	1,000	0,989	1,280
İrlanda	1,000	1,285	1,000	1,000	1,285
İspanya	1,000	1,213	1,000	1,000	1,213
İsveç	1,000	1,162	1,000	1,000	1,162
İtalya	1,000	1,247	1,000	1,000	1,247
Kıbrıs	0,999	1,351	1,000	0,999	1,350
Letvonya	1,000	1,145	1,000	1,000	1,145
Litvanya	1,007	1,235	1,000	1,007	1,244
Lüksemburg	1,000	1,256	1,000	1,000	1,256
Macaristan	0,996	1,309	1,000	0,996	1,304
Malta	1,000	0,922	1,000	1,000	0,922
Polonya	1,000	1,239	1,000	1,000	1,238
Portekiz	1,000	1,202	1,000	1,000	1,202
Romanya	1,000	1,187	1,000	1,000	1,187
Slovakya	1,007	1,166	1,000	1,007	1,174
Slovenya	1,000	1,156	1,000	1,000	1,156
Türkiye	1,000	1,157	1,000	1,000	1,157
Yunanistan	1,000	1,127	1,000	1,000	1,127
<b>Ortalama</b>	<b>1,000</b>	<b>1,240</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,241</b>
< 1	6	1	--	6	1
= 1	17	--	29	17	--
> 1	6	28	--	6	28

Tablo 3’de ise, yıllar bazında teknik etkinlik değişimi, teknoloji değişim, saf teknik etkinlik değişimi, ölçek etkinliği değişimi ve toplam faktör verimliliği değişimi indeksleri gösterilmiştir.

**Tablo 3: Yıllara Göre Analiz Sonuçları**

	Teknik Etkinlik Değişimi (TED) [A=C*D]	Teknolojik Değişim (TD) [B]	Saf Teknik Etkinlik Değişimi (STED) [C]	Ölçek Etkinliği Değişimi (ÖED) [D=A/C]	Toplam Faktör Verimliliği Değişimi (TFVD) [E=A*B]
2010	1,009	1,438	1,000	1,009	1,451
2011	0,990	1,271	1,000	0,990	1,257
2012	1,002	1,201	1,000	1,002	1,204
2013	1,009	1,162	1,000	1,009	1,172
2014	0,992	1,151	1,000	0,992	1,142
<b>Ortalama</b>	<b>1,000</b>	<b>1,240</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,241</b>

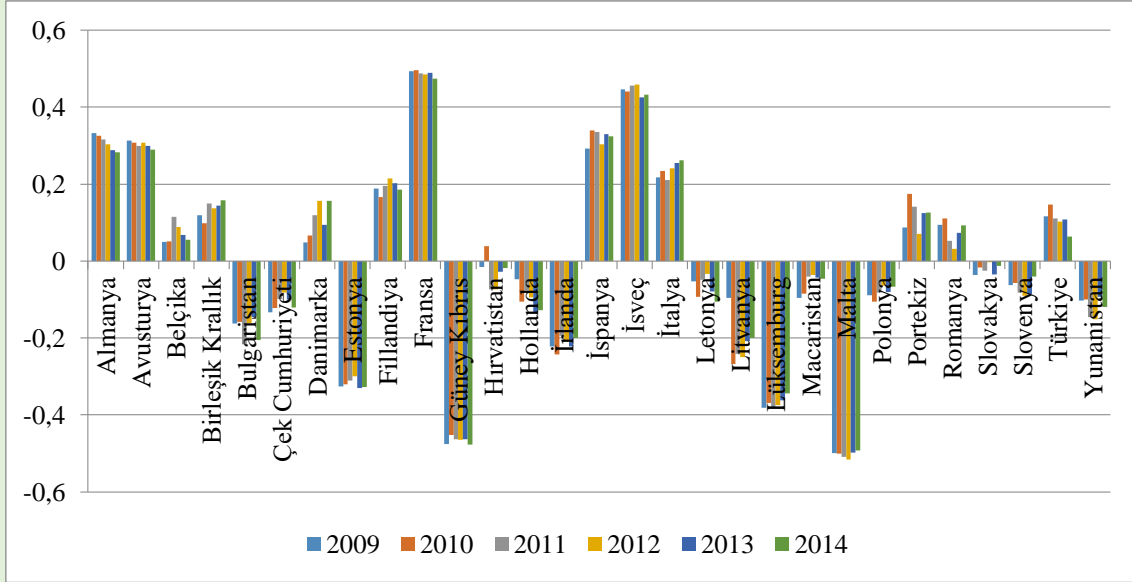
### 2.3.2. Türkiye ve AB Üyesi Ülkelerin Sürdürülebilir Enerji Performanslarının Karşılaştırılması

Çalışmanın bu kısmında, bir önceki bölümde etkinlik analizi için kullanılan değişkenler baz alınarak, analize konu olan ülkelerin sürdürülebilir enerji performansları PROMETHEE yöntemi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Tablo 4’de gösterilen Türkiye ve 28 AB üyesi ülke analizde karar birimlerini oluştururken; birincil enerjinin enerji yoğunluğunun seviyesi, toplam elektrik çıktısı, toplam nihai enerji tüketimi, fosil yakıtların tüketimi, petrol, gaz, ve kömürde elde edilen elektrik, toplam nüfusun elektriğe ulaşımı, yenilenebilir elektrik çıktısı, yenilenebilir enerji tüketimi ve GSYH ise karar kriterleri olarak adlandırılmışlardır. Analizde karar kriterlerinin ağırlıkları eşit kabul edilmiş olup; veriler Visual PROMETHEE programında işlenerek sonuçlara ulaşılmıştır. Yıl ve karar birimi sayısının fazla olmasından dolayı Tablo 4’de sadece yıl bazında hesaplanan ve performans değerlerini gösteren net öncelik değerleri gösterilebilmiştir.

**Tablo 4: PROMETHEE Yöntemine Ülkelerin Performansları**

Ülkeler	Phi Değerleri					
	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Almanya	0,3327	0,3251	0,316	0,3042	0,2885	0,2833
Avusturya	0,3136	0,3071	0,2988	0,3077	0,2998	0,2892
Belçika	0,05	0,0519	0,1144	0,0887	0,0679	0,0558
Birleşik Krallık	0,1188	0,0981	0,1492	0,1367	0,1436	0,1579
Bulgaristan	-0,1617	-0,1586	-0,2169	-0,1616	-0,1459	-0,2056
Çek Cumhuriyeti	-0,133	-0,1219	-0,0992	-0,0825	-0,1001	-0,121
Danimarka	0,0485	0,0661	0,1194	0,157	0,0948	0,1561
Estonya	-0,3265	-0,3198	-0,3113	-0,2996	-0,3294	-0,3267
Finlandiya	0,189	0,1664	0,1961	0,2146	0,2025	0,1852
Fransa	0,4936	0,4965	0,4881	0,4855	0,4899	0,4743
Güney Kıbrıs	-0,476	-0,4527	-0,4634	-0,4642	-0,4631	-0,4771
Hırvatistan	-0,0156	0,0381	-0,0735	-0,0742	-0,0277	-0,0187
Hollanda	-0,0479	-0,105	-0,0758	-0,0944	-0,1335	-0,1276
İrlanda	-0,2224	-0,2433	-0,1941	-0,209	-0,2217	-0,1993
İspanya	0,2919	0,3393	0,3354	0,3037	0,3296	0,3237
İsveç	0,4462	0,4411	0,4562	0,4595	0,4263	0,4331
İtalya	0,2172	0,2338	0,2104	0,2407	0,255	0,2615
Letonya	-0,0534	-0,0929	-0,0492	-0,0333	-0,0793	-0,1054
Litvanya	-0,0962	-0,2674	-0,2409	-0,25	-0,2087	-0,1999
Lüksemburg	-0,3809	-0,3696	-0,3809	-0,3745	-0,362	-0,3442
Macaristan	-0,0964	-0,0851	-0,0398	-0,0356	-0,043	-0,0456
Malta	-0,4987	-0,5005	-0,5084	-0,5165	-0,4977	-0,4925
Polonya	-0,0895	-0,1052	-0,0824	-0,0633	-0,0804	-0,0668
Portekiz	0,0879	0,1742	0,1408	0,0711	0,1251	0,1258
Romanya	0,0939	0,111	0,0523	0,0312	0,0735	0,0935
Slovakya	-0,0367	-0,0165	-0,0246	-0,0029	-0,0341	-0,0131
Slovenya	-0,0625	-0,0569	-0,0819	-0,0896	-0,0856	-0,0405
Türkiye	0,1168	0,1469	0,1109	0,1021	0,1085	0,0642
Yunanistan	-0,1029	-0,1005	-0,1458	-0,1516	-0,0927	-0,1196

Tablo 4’ün daha net anlaşılabilmesi için tablodaki veriler görselleştirilerek Şekil 3’de sunulmuştur.



Şekil 4: PROMETHEE Yöntemine Göre Ülkelerin 2009-2014 Yılları Arası Performansları

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Türkiye ve AB üyesi ülkelerin sürdürülebilir enerji etkinlikleri ve performansları karşılaştırılmıştır. Etkinlik analizi için malmquist toplam faktör verimliliği endeksi hesaplanmış ve elde edilen bulgulara altı ülkenin belirlenen dönem itibariyle Teknik Etkinlik Değişimi (TED) değerlerinin 1'in altında olduğu anlaşılmıştır. Bu durum, TED değerleri 1'in altında olan ülkelerin belirlenen etkin sınırın altında faaliyet gösterdiğine işaret etmektedir. Bununla birlikte on yedi ülkede TED değerinde bir değişim olmamıştır. Altı ülkede ise TED değerinin 1'in üzerinde olduğu ve belirlenen etkinlik sınırını yakaladıkları tespit edilmiştir. TED değerindeki artış ve azalışlarının tamamının ölçek etkinlik değişiminden kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Teknolojik Değişim (TD) değerlerine bakıldığında Malta'nın 1'den küçük; diğer ülkelerin ise 1'den büyük değerler aldığı görülmektedir. TD değerinin 1'den büyük olması, ülkelerin belirlenen dönem içerisinde teknolojik gelişmeler göstererek üretim kapasitelerini arttırdıkları ve sahip oldukları girdiler ile daha fazla çıktı ürettiklerini göstermektedir (Baki ve Ar, 2009: 90). Bu durum açısından, analiz sonucuna göre sadece Malta'nın teknolojik gelişme göstermediği anlaşılmaktadır. Yine elde edilen TFVD değerlerine göre; TD'de olduğu gibi, yine sadece Malta'nın 1'in altında değer aldığı görülmektedir. Bunun nedeninin ise TD değerinin etkin sınırın altında olmasıdır. TFVD değeri 1'den büyük olan ülkelerde ise; yaşanan artışların büyük bir bölümü TD değerinden kaynaklanmaktadır. TFVD değerinin 1'den büyük olması, ülkelerin belirlenen dönemde TFV'nde bir önceki döneme kıyasla artış olduğunu göstermektedir (Baki ve Ar, 2009: 90). Yıllar itibariyle (TED) değerleri ise, 2010, 2012 ve 2013 yıllarında bir önceki yıla göre artış göstermiştir. Artış oranları ise sırasıyla % 0,9, % 0,2 ve % 0,9 olarak belirlenmiştir. 2011 ve 2014 yıllarında ise TED değerinin bir önceki yıla göre azaldığı anlaşılmıştır. Azalış oranları ise sırasıyla % 1 ve % 0,8 olarak tespit edilmiştir. Bu azalışların tamamının ÖED'den kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Yıllık TED değerlerinin ortalamasına bakıldığında ise artış ya da azalış olmadığı görülmektedir. Teknolojik Değişim (TD) değerlerine bakıldığında belirlenen dönemlerde ülkelerin 1'in üzerinde değerler aldığı görülmektedir. Ortalama ise % 25 artmıştır. Yıllar itibariye TFVD, bütün yıllarında bir önceki yıla göre artış olduğuna işaret etmektedir. Ortalamalar dikkate alındığında ise TFV değerinin % 24 arttığı görülmektedir.

Elde edilen bulgulara göre Türkiye'nin, 2009 - 2014 yılları arasında teknik etkinlik ve Teknik Etkinlik Değişim (TED) değerlerinin 1 olduğu görülmektedir. Teknolojik Değişim (TD) değeri ise 1,127 olarak tespit edilmiştir. Bu değere bakarak ilgili dönemde Türkiye'nin % 12,7'lik teknolojik gelişme kaydederek üretim miktarlarını arttırdığını söyleyebiliriz. Toplam Faktör

Verimliliği Değişimi (TFVD) değeri, TD ile TED değerinin çarpımı ile elde edilmesinden dolayı TFVD değeri de 1,127 olarak hesaplanmıştır. Türkiye'nin ilgili dönemde TFVD değerinin 1,127 olması, toplam faktör verimliliğinde bir önceki döneme göre % 12,7'lik bir artış yaşandığı göstermektedir. Bu artışın ise, TD değerinden kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

Performans karşılaştırması amacıyla kullanılan PROMETHEE yönteminden elde edilen bulgulara göre ise; Fransa 2009-2014 yılları arasında tüm dönemlerde geçerli olmak üzere sürekli birinci sırada yer almıştır. Fransa, tüm karar kriterleri açısından sıralamadki yerini olumlu yönde etkileyecek skorlara sahiptir. Bu bulgulara göre, Fransa üretmiş olduğu enerjiyi oldukça verimli bir şekilde kullanmaktadır. Oldukça düşük seviyelerde enerji kullanarak üretim gerçekleştirmektedir. Bu ise Fransa'nın üretimde kullanmış olduğu ekipmanların ileri teknoloji ve enerji tasarrufu sağlayan cihazlar olduğuna işaret etmektedir. Bunun yanı sıra Fransa'nın yenilenebilir enerji kaynaklarından elde ettiği elektrik düzeyi fosil yakıtlardan elde ettiği enerjiden oldukça fazladır. Bu durum Fransa'nın sürdürülebilir enerji noktasında kıyaslanan diğer ülkelere göre daha önde olduğunu göstermektedir.

Performans sıralamasında Fransa'yı İsveç, İspanya, Almanya, Avusturya, İtalya, Finlandiya, Birleşik Krallık, Danimarka ve Belçika takip etmektedir. Bu ülkeler arasında özellikle Almanya ve Avusturya 2009 yılından itibaren performans açısından gözle görülür bir düşüş sergilemektedirler. Belçika, Danimarka ve Birleşik Krallık her ne kadar performans bakımından bir yükseliş eğilimi gösterebilirler de, üst sıralarda yer alan ülkeleri yakalayacak performanstan uzak gözükümlerler. İspanya, İsveç ve Finlandiya ise görece olarak daha stabil durum sergilemektedirler. Performans sıralamasının en sonunda, analiz döneminin her yılı geçerli olmak üzere, Malta yer almaktadır. Malta değerlendirme kriterlerinin her birinde sıralamadaki yerini olumsuz etkileyecek skorlara sahiptir. Malta'dan sonra en kötü performans Güney Kıbrıs'a aittir.

Elde edilen bulgulara göre Türkiye, 2009 ve 2010 yıllarında 9'uncu, 2011 yılında 12'inci, 2012 ve 2013 yıllarında 10'uncu ve 2014 yılında ise 12'inci sırada yer almıştır. Türkiye 2010 yılında yakalamış olduğu ivmeyi koruyamamış ve sürdürülebilir enerji bakımından bir düşüş eğilimi içerisine girmiştir. Bununla birlikte Türkiye analize konu olan diğer ülkelerle karşılaştırıldığında sergilediği performans açısından birçok ülkeyi geride bırakmış ve sıralamada sürekli olarak orta-üst seviyelerde yer almıştır. Türkiye'de fosil yakıt tüketiminin, petrol, gaz ve kömürden elde edilen elektriğin fazla olduğunu göstermektedir. Ayrıca birincil enerji yoğunluk seviyesi açısından elde edilen bulgular, Türkiye'de elde edilen birim enerjinin verimli kullanılmadığına da işaret etmektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi ve elektrik çıktısı açısından Türkiye, stabil sayılabilecek ama üst sıralarda yer alan ülkelerle karşılaştırıldığında arzulanan seviyelerden uzak bir görüntü çizmektedir. Türkiye teknolojik alanda yapacağı yatırımlarla, üretmiş olduğu enerjiyi daha verimli kullanabilir, nihai enerji tüketimi noktasında tasarruf sağlayacak ekipmanlar kullanabilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımlarına biraz daha fazla pay ayırabilirse; Türkiye ile sıralamada üst sıralarda yer alan ülkeler arasındaki fark orta vade de kapanabilecek gibi gözükümler. Varılan bu sonuçlarla birlikte; analizler neticesinde elde edilen bulguların doğru yorumlanabilmesi için çalışmanın sınırlılıklarının dikkate alınması gerekmektedir. İlk olarak bu çalışma eksik verilerin olması nedeniyle sadece 2009-2014 yıllarını kapsamaktadır. Dolayısıyla son dört yılda ülkelerin performanslarında ve etkinliklerinde değişiklikler olabileceği unutulmamalıdır. Çalışmada ülkelerin etkinlik ve performansları değerlendirilirken Dünya Bankası resmi istatistik portalında sadece sürdürülebilir enerji başlığı altında yer alan kriterler kullanılmıştır. Üçüncüsü PROMETHEE sıralaması yapılırken karar kriterleri eşit ağırlıklandırılmışlardır. Bu bağlamda, ileride sürdürülebilir enerji konusunda yapılacak araştırmalarda Delphi, yüzyüze görüşme, anket yöntemleri kullanılarak değerlendirme noktasında hangi kriterlerin kullanılabilirliğinin belirlenmesi alana katkı sağlayacaktır. Yine bu kriterlerin ağırlıklarının farklı yöntemler kullanılarak ağırlıklandırılması ve alternatiflerin PROMETHEE dışındaki diğer ÇKKV yöntemler kullanılarak değerlendirilmesi ilgili literatüre zenginlik katacaktır.

## Kaynaklar

- Acaroğlu, M. (2013). *Alternatif Enerji Kaynakları*. Ankara: Nobel Yayınları. Genişletilmiş 3. Baskı.
- Algan, N. (2001). “Enerji ve Çevre Etkileşimi Konusunda Uluslar arası Tüzel Düzenlemeler ve Türkiye”. *TMMOB 3 Enerji Sempozyum. 5-6-7 Aralık*.
- Akbulut, G. (2008). “Küresel Değişimler Bağlamında Dünya Enerji Kaynakları, Sorunları ve Türkiye”. *C.Ü. Sosyal Bilimler Dergisi*. 32(1). 117-137.
- Asif, M. (2009). “Sustainable Energy Options for Pakistan”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13. 903-909.
- Baki, B. ve Ar, İ. M. (2009). “Çaykur’a Bağlı Fabrikaların Etkinlik Analizi: Malmquist-TFV Endeksi Uygulaması”. *İktisat İşletme ve Finans*. 24(284). 77-108.
- Bilgin, S. ve Sarıkaya, İ. (2017). “The Use and Its Impact on The Environment of Cogeneration as an Important Element for a Clean and Sustainable Energy Future”. *Energy Sources, Part A: Recovery*. 39(21). 2078-2086.
- Bossink, B, A, G. (2017). “Demonstrating Sustainable Energy: A Review Based Model of Sustainable Energy Demonstration Projects”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 77. 1349-1362.
- Chou, T, Y., Lin, W, T., Lin, C., Chou, W, C. ve Huang P, H. (2004). “Application of the Promethee Technique to Determine Depression Outlet Location and Flow Direction in DEM”. *Journal of Hydrology*. 287, 49-61.
- Dağdeviren, M, ve Eraslan, E, (2008). “Promethee Sıralama Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi”. *Gazi Üniv, Müh, Mim, Fak, Der*. 23(1). 69-75.
- DEK, Dünya Enerji Konseyi, 2004. <ftp://ftp.energia.bme.hu/pub/Tananyagok-archivuma/egyeb/energ/WEC2004concl.pdf>. [Erişim Tarihi: 03.08.2018].
- ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. [http://www.enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayi\\_15/files/downloads/Sayi\\_15.pdf](http://www.enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayi_15/files/downloads/Sayi_15.pdf). [Erişim Tarihi: 18.07.2018].
- Fare, B, R., Grosskopf, S., Norris, M, ve Zhang, Z. (1994). “ Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries”. *The American Economic Review*. 84(1). 66-83.
- Gladwin, T, N., Kennelly, J, J. and Krause, T, S. (1995). “ Shifting Paradigms for Sustainable Development: Implications for Management Theory and Research”, *Academy of Management Review*. 20(4). 874-907.
- Goldemberg, J. (2007). “Ethanol for Sustainable energy Future”. *Science*. 315. 808-810.
- Ishizaka, A. ve Nemery, P. (2011). “Selecting the Best Statistical Distribution with Promethee and GAIA”. *Computers & Industrial Engineering*. 61. 958-969.
- Işık, İ. ve Hassan, M, K. (2003). “Financial Disruption and Bank Productivity: The 1994 Experience of Turkish Banks”. *The Quarterly Review of Economics and Finance*. 43. 291-320.
- Kotcioğlu, İ. (2011). “Clean and Sustainable Energy Policies in Turkey”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15. 5111-5119.
- Kozak Akoğlan, M., Bahçe, A.S. (2009). *Özel İlgi Turizmi*, Ankara: Detay Yayıncılık, Ankara.

- Macharis, C., Springael, J., Brucker, K. D. ve Verbeke, A. (2004). “Promethee and AHP: The Design of Operational Synergies in Multicriteria Analysis, Strengthening Promethee with ideas of AHP”. *European Journal of Operational Research*. 153. 307-317.
- Nyiwul, L. (2018). “Income, Environmental Considerations, and Sustainable Energy Consumption in Africa”. *International Journal of Green Energy*. 15(4). 264-276.
- Rao, R. V. ve Patel, B. K. (2010). “Decision Making in the Manufacturing Environment Using an Improved Promethee Method”. *International Journal of Production Research*. 48(16). 4665-4682.
- Selici, T., Utlu, Z. ve İlten, N. (2006). “Enerji kullanımının çevresel etkileri ve sürdürülebilir gelişme açısından değerlendirilmesi, III, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu”.[http://www.emo.org.tr/ekler/f096d0e005a8c79\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/f096d0e005a8c79_ek.pdf). [Erişim Tarihi: 03.08.2018].
- Song, Q., Li, J., Duan, H., Yu, D. ve Wang, Z. (2017). “Towards to Sustainable Energy-Efficient City: A Case Study of Macau”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 75. 504-514.
- Tarım, A. (2001). “Veri Zarflama Analizi, Matematiksel Programlama Tabanlı Görelilik Ölçümü Yaklaşımı”. *T.C. Sayıştay Başkanlığı Yayınları*. No:15. Ankara.
- The Sustainability Report. <http://sustreport.org/about/>. [Erişim Tarihi: 29.07.2018].
- Türk Dil Kurumu (TDK). Büyük Türkçe Sözlük. [www.tdk.gov.tr](http://www.tdk.gov.tr). [Erişim Tarihi: 10.07.2018].
- Vidadili, N., Suleymanov, E., Bulut, C. ve Mahmudlu, C. (2017). “Transition to Renewable Energy and Sustainable Energy Depelopment in Azerbaijan”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 80. 1153-1161.
- Yaralıoğlu, K. (2010). *Karar Verme Yöntemleri*. Ankara: Detay Yayıncılık. 1. Baskı.
- Yavuz, V. A. (2010). “Sürdürülebilirlik Kavramı ve İşletmeler Açısından Sürdürülebilir Üretim Stratejileri”. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 7(14). 63-86.
- Yıldırım, B. F. ve Önder, E. (2014). *İşletmeciler, Mühendisler ve Yöneticiler İçin Operasyonel, Yöneltil ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Bursa: Dora Yayıncılık. 1.Baskı.