

Araştırma Makalesi - Research Article

Türkiye’deki Enerji Dağıtım Şirketlerinin Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi

Ezgi Güler^{1*}, Süheyla Yerel Kandemir², Emin Açikkalp³

Geliş / Received: 03/02/2020

Revize / Revised: 10/04/2020

Kabul / Accepted: 20/04/2020

ÖZ

Enerji, küresel rekabet dünyasında ülkelerin güçlerinin ve gelişmişliklerinin önemli bir göstergesidir. Gelişmekte olan ülkelerde ekonomik gelişme düzeyi ile elektrik tüketimleri arasında bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Ülkeler, yaşam kalitesini gözeterek elektriğin etkin üretimini ve dağıtımını sağladıkları takdirde ekonomik gelişme sağlayacaklardır. Türkiye’de iletim ve dağıtım şebekelerinde yüksek kayıp oranları oluşabilmektedir. Bu durum enerji dağıtım şirketleri açısından iyileştirme noktası olarak görülmektedir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye’deki enerji dağıtım şirketlerinin elektrik dağıtımı için etkinlik değerlerinin görelî hesaplamasını yapmaktır. Çalışmada 2019 yılında Türkiye’de faaliyet gösteren 21 adet enerji dağıtım şirketinin mevcut dağıtım etkinliklerinin karşılaştırılması Veri Zarflama Analizi(VZA) ile yapılmıştır. Uygulamada VZA modellerinden ve Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilen CCR Modeli (girdi ve çıktı odaklı CCR Modeli) ile Banker, Charnes ve Cooper tarafından geliştirilen BCC modeli (girdi ve çıktı odaklı BCC) olmak üzere toplamda 4 model seçilmiştir. Sonuç olarak modellerin çözümünde EMS Version 1.3 paket programı ile 21 adet enerji dağıtım şirketine ait etkinlik değerleri ölçülmüş ve EMS Version 1.3 programına Süper Etkinlik Modeli’nin dahil edilmesi ile şirketlerin görelî etkinlik sıralaması elde edilmiştir. Bu çalışmanın, elektrik enerjisinin etkin şekilde dağıtımını konusunda, ölçüğe göre getiri ve girdi/çıkıtı yönelimi gibi farklı noktalardan bakış açısı sağlayacağı için iyileştirme hedeflerinin belirlenmesinde karar vericilere fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler- Enerji Dağıtım, Görelî Etkinlik Ölçümü, Veri Zarflama Analizi

^{1*}Sorumlu yazar iletişim: ezgigulerr@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0001-8789-8244>)

Endüstri Mühendisliği, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik/Türkiye

²İletişim: syerel@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0003-4056-5383>)

Endüstri Mühendisliği, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik/Türkiye

³İletişim: emin.acikkalp@bilecik.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0001-5356-1467>)

Makine Mühendisliği, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik/Türkiye

Evaluation of the Efficiencies of the Energy Distribution Companies in Turkey with DEA

ABSTRACT

Energy is an important indicator of the powers and developments of countries in the world of global competition. There is a causal relationship between the level of economic development and electricity consumption in developing countries. Countries will achieve economic development if they ensure efficient production and distribution of electricity by considering the quality of life. High loss rates may occur in transmission and distribution networks in Turkey. This situation is seen as a point of improvement for energy distribution companies. The purpose of this study, the relative value of the activities of the energy distribution companies for electricity distribution in Turkey is to make the calculation. In the study comparing the effectiveness of existing 21 distribution companies operating in Turkey in 2019 it was carried out with DEA. In total, 4 models were selected as the CCR Model (Input and Output Oriented CCR Models) developed by Charnes, Cooper and Rhodes and the BCC Model (Input and Output Oriented BCC Models) developed by Charnes, Cooper and Rhodes. As a result, the efficiency values of 21 distribution companies were measured in the solution of the models with the EMS Version 1.3 package program and the relative efficiency ranking of the companies was obtained by including the Super Efficiency Model in the models in the EMS Version 1.3 program. This study will benefit decision makers in determining improvement goals, as it will provide perspective on effective distribution of electrical energy from different points such as scale-based returns and input / output orientation.

Keywords- *Electricity Distribution, Relative Efficiency Measurement, Data Envelopment Analysis*

I. GİRİŞ

İnsan yaşamında vazgeçilmez bir kaynak olan enerji, küreselleşen dünyada devletlerin gelişmişliklerinin önemli bir işareti olarak düşünülmektedir. Enerjinin en önemli bileşenlerden biri ikincil enerji kaynaklarından olan elektriktir. Elektriğe olan talep teknolojinin kullanımıyla gün geçtikçe artmaktadır [1].

Elektrik dağıtım faaliyeti; elektrik enerjisinin kurulu iletim hatlarından ya da dağıtım bölgesindeki üretim santrallerinden abonelere dağıtımınıdır. Türkiye’de enerji dağıtım faaliyetleri Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) ve özel sektör dağıtım şirketleri tarafından lisanslarında tanımlanmış olan bölgelerde yürütülmektedir. TEDAŞ tarafından 21 farklı bölgeye ayrılarak özelleştirilen Türkiye elektrik dağıtım altyapısı günümüzde tamamen özel sektör tarafından işletilmektedir [2]. Mevcut dağıtım şirketleri dağıtım bölgelerine göre perakende satış lisansı alıp perakende satış hizmeti verebilmektedir [3].

Enerji kaynaklarının kısıtlı olması ve artan enerji kullanımının zararlarından dolayı enerjinin etkin üretimi iletimi ve dağıtımını konuları önemli hale gelmiştir. Bu anlamda enerji dağıtım faaliyetlerinde rasyonel politikalar üretmek gerekmektedir. Enerji konusunda 1970’lerde ortaya çıkan bu bilinç, enerji dağıtım alanında birçok tekniğin geliştirilmesini ve pratikte uygulanmasını sağlamıştır [4]. Performans değerlendirme modellerinde ekonometrik teknikler, optimizasyon teknikleri ve karar analizi teknikleri gibi birçok matematiksel teknik kullanılmıştır. Performans değerlendirmesi ile ilgili planlama teknikleri elektrik enerjisi üretimi iletimi ve dağıtım çalışmalarında geniş yer tutmaktadır. Bu alanda kullanılan teknikler arasında, parametrik olmayan etkinlik ölçme araçlarından VZA performans değerlendirmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından ortaya atılan VZA’nin ekonomi, yönetim bilimi ve yöneylem araştırması gibi birçok alanda kullanılmıştır. Enerji sektöründe meydana gelen tekelleşme dışı özelleştirme faaliyetleri ile birlikte özellikle elektrik enerjisi için performans değerlendirme konusunda VZA görece bir kıyaslama tekniği olarak kullanılmaktadır [5].

Literatürde enerji dağıtım birimleri için görece etkinliğinin belirlenmesi konusunda birçok çalışma bulunmaktadır. VZA ile yapılan ilk çalışma Weyman-Jones (1991) tarafından İngiltere’deki elektrik dağıtım sektöründe yer alan birimlerin etkinliğini ölçen çalışmadır. Bu çalışmada elektrik dağıtım birimlerinin etkinliği önemli ülkeler için VZA ile değerlendirilmiştir [6].

Sadjadi S.J. ve Omrani H. (2008) çalışmalarında elektrik dağıtım şirketlerinin performans değerlendirmesi için belirsiz veriler içeren VZA modeli sunmuşlardır. Çalışmada önerilen yöntem ile çıktı parametreleri üzerindeki belirsizliği dikkate alınarak yeni bir DEA yöntemi geliştirilmiştir [7].

Bağdadıoğlu (2009) elektrik dağıtım sektöründe hizmet kalitesinin görece etkinlik ölçümü için VZA kullanarak yaptığı çalışmada 21 elektrik dağıtım şirketi arasından 8 tanesinin kötü hizmet verdiği yani etkin olarak çalışmadığı sonucuna ulaşmıştır [8].

Ulucan ve Atıcı (2010) çalışmalarında Türk elektrik sanayisinde yer alan 20 adet dağıtım şirketinin etkinlik ölçümünü VZA modelleri ile değerlendirmişlerdir. Uygulamada enerji dağıtım bakımından etkinlik sınırında olan dağıtım şirketleri dışında, etkinlik sınırda yer almayan şirketlerin etkin olmaları için gerekli olan hedef değerlerini iki farklı yaklaşımla belirlemişlerdir. Kullandıkları yaklaşımlar Standart VZA ve Ölçüt Odaklı VZA’dır [4].

Santos vd. (2011) çalışmalarında VZA’ni performans değerlendirme aracı olarak kullanmak için Portekiz’deki elektrik dağıtım şirketlerinin 2002’den itibaren 4 yıllık maliyet performans etkinliği ölçümünde kullanmışlardır. Dönemsel ve dinamik değişkenlikleri değerlendirmek amacıyla Malmquist Endeksleri kullanılmıştır [9].

Azadeh vd. (2015) çalışmalarında elektrik dağıtım birimlerinin performans değerlendirmesi için stokastik VZA’ya dayalı bir model önermişlerdir. 2001 yılından 2011 yılına kadar İran’daki dağıtım birimlerinin değerlendirilmesi için sunulan yeni yaklaşımda şebeke uzunluğu, taşıma kapasitesi ve çalışan sayısı girdi, müşteri sayısı ve toplam elektrik satışı stokastik çıktılar olarak seçilmiştir. Daha sonra stokastik ortamda verimlilik skorlarına göre en iyi elektrik dağıtım üniteleri belirlenmiştir [10].

Meher S. ve Sahu A. (2016) yaptıkları çalışmada bir Frontier aracı kullanarak VZA ile Hindistan'daki 17 eyaletin elektrik dağıtım hizmetlerinin görel verimliliklerini ölçmüşlerdir. Ölçeğe sürekli geri dönüş yapan model, farklı KVB'lerin görel verimliliklerini değerlendirmek için uygulanmıştır. 40 dağıtım biriminden 29'unda verimsizlik olduğu belirlenmiştir [11].

Çiçek C. Ve Lecuna H.K.S, (2019) yaptıkları çalışmada Türkiye'de il bazında elektrik tüketim değerlerinin görel etkinlikleri belirlemişlerdir. Etkin olmayan iller için gerekli potansiyel iyileştirme hedef değerleri oluşturulmuştur. Çalışmada 2018 yılı içerisinde tüm bölgelerin elektrik tüketim değerlerinin etkinlik karşılaştırması girdi odaklı CCR ve girdi odaklı BCC olmak üzere 2 VZA (Data Envelopment Analist – DEA) modeli kullanılarak yapılmıştır [12].

Bu çalışmada Türkiye'de faaliyet gösteren 21 adet elektrik dağıtım şirketinin 2019 yılı etkinlik ölçümleri VZA ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde kullanılan VZA modelleri ve modellerin metodolojisi hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde ise enerji dağıtım şirketleri için VZA uygulaması yapılmış ve son bölümde sonuçlar tartışılmıştır.

II. YÖNTEM VE METODOLOJİ

VZA, birden çok girdiyi birden çok çıktıya dönüştüren bir dizi durum ya da birimin performansını değerlendirmek için görel karşılaştırmaya imkan veren “veri odaklı” bir yaklaşımdır [13]. VZA, doğrusal programlama ilkelerine dayalı ve literatürde Karar Verme Birimi (KVB) olarak geçen, girdileri çıktılarına dönüştüren, işletmelerin ya da ekonomik etkinliğe sahip birimlerin görel etkinliklerini ölçmek amacıyla tasarlanmış yöntem olarak tanımlanmaktadır [14].

VZA için geliştirilen ilk temel modeller sabit getiri varsayımına dayanan ve Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilen CCR modelleridir. Bu modeller ilk dönemlerde yalnız kamu faaliyetlerinde yer alan birimlerin görel etkinliklerini ölçmek için kullanılmış sonrasında farklı alanlarda da kullanımı yaygınlaşmıştır. VZA için geliştirilen bir diğer model çeşidi Banker, Charnes ve Cooper tarafından ortaya atılan ve ölçeğe göre değişken getiriyi esas alan BCC modelleri olmuştur. Bu modeller CCR modellerine konvekslik kısıtının eklenmesi ile elde edilmişlerdir [15]. Charnes, Cooper ve Rhodes'in geliştirdiği CCR modeli hem teknik etkinlik hem de ölçek etkinliğini kapsarken, Banker, Charnes ve Cooper'in geliştirdiği BCC modeli ise sadece teknik etkinliği ölçmektedir[16]. VZA modellerinde de sınırlayıcı kısıtlar altında, amaç fonksiyonunun en büyüklüğü ya da en küçüklüğü problemi ile ilgilenir ve aşağıdaki sıralanan varsayımların geçerli olması istenir [15]. Temel VZA modelleri temelde 4 grupta incelenir. Literatürde kullanılan bu temel modeller; CCR modeli, BCC modeli, toplamsal model ve çarpımsal modellerdir. VZA modelleri ölçeğe göre getiri bakımından sabit ve değişken getiri varsayımlarına göre oluşturulmaktadır ve model süreçlerinde inceleme odağı girdi yönelimli, çıktı yönelimli ve de yönelimsiz olarak farklılaşabilmektedir [17]. VZA'da belirlenen problem için modellerin uygulanması KVB'lerin seçimi ile başlayıp girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi ile devam eder. Modeller seçilip uygulandıktan sonra görel etkinlik hesaplaması yapılır, etkin olan KVB'ler belirlenir ve etkin olmayan KVB'ler için potansiyel iyileştirmeler yapılır, sonuçlar değerlendirilir [18].

Uygulama için seçilen girdi odaklı CCR Modeli, çıktı odaklı CCR Modeli, girdi odaklı BCC Modeli ve çıktı odaklı BCC modeli kısaca özetlenmiştir.

Girdi Odaklı CCR Modeli: Girdi odaklı CCR modeli, çıktı seviyesini sabit tutarak mevcuttaki çıktı seviyesine ulaşmak için girdi miktarının ne kadar azaltılması gerektiğini araştıran VZA modelidir. Modele ait matematiksel modelin amaç fonksiyonu Eşitlik (1)'de ve kısıtlayıcı koşulları Eşitlik (2)'de verilmiştir [16].

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Enb } \sum_{r=1}^k u_{rk} Y_{rk} \quad k=1,2,..n \quad (1)$$

Kısıtlayıcı Koşullar:

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} \leq 0; j=1,2,..,n \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^m v_{ik} X_{ik} = 1$$

$$u_{rk} \geq 0; r=1,2,\dots,s$$

$$v_{ik} \geq 0; i= 1,2,\dots,m$$

Enb = Enbüyükleme,

$u_r = k$. KVB tarafından r . çıktıya verilen ağırlık,

$v_i = k$. KVB tarafından i . girdiye verilen ağırlık,

$Y_{rk} = k$. KVB tarafından üretilen r . çıktı,

$X_{ik} = k$. KVB tarafından kullanılan i . girdi,

$Y_{rj} = j$. KVB tarafından üretilen r . çıktı,

$X_{ij} = j$. KVB tarafından kullanılan i . girdi,

$n =$ KVB sayısı

Çıktı Odaklı CCR Modeli: Girdi seviyesini sabit tutarak en etkin şekilde bu girdi düzeyini elde etmek için, çıktı bileşiminin ne kadar artırılması gerektiğini araştıran modeldir. Çıktı odaklı CCR modelinin girdi odaklı modelden farkı, ağırlıklandırılmış girdinin ağırlıklandırılmış çıktıya oranının minimize edilmesidir [15]. Modele ait amaç fonksiyonu Eşitlik (3)'de ve kısıtlayıcı koşulları Eşitlik (4)'de verilmiştir.

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Enk} \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \quad k=1,2,\dots,n \quad (3)$$

Kısıtlayıcı Koşullar:

$$\sum_{r=1}^m v_i X_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} \geq 0; j=1,2,\dots,n \quad (4)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} = 1$$

$$u_r \geq 0; r=1,2,\dots,s$$

$$v_i \geq 0; i= 1,2,\dots,m$$

Enk = Enküçükleme,

$u_r = k$. KVB tarafından r . çıktıya verilen ağırlık,

$v_i = k$. KVB tarafından i . girdiye verilen ağırlık,

$Y_{rk} = k$. KVB tarafından üretilen r . çıktı,

$X_{ik} = k$. KVB tarafından kullanılan i . girdi,

$Y_{rj} = j$. KVB tarafından üretilen r . çıktı,

$X_{ij} = j$. KVB tarafından kullanılan i . girdi,

$n =$ KVB sayısı

Girdi Odaklı BCC Modeli: CCR ve BCC modelleri arasındaki literatürdeki çalışmalar da incelendiğinde görülen fark CCR modellerinin dualine konvekslik kısıtı da denilen ve etkinlik sınırının ölçeğe göre değişken getiri özelliği göstermesini sağlayan kısıtın eklenmiş olmasıdır [15]. Girdi odaklı BCC Modeline ait amaç fonksiyonu Eşitlik (5)'de, kısıtlayıcı koşulları Eşitlik (6)'da verilmiştir.

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Enb } \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} - u_k \quad (5)$$

Kısıtlayıcı Koşullar:

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} - u_k \leq 0; j=1,2,\dots,n \quad (6)$$

$$\sum_{r=1}^m v_{ik} X_{ik} = 1$$

$$u_{rk} \geq 0; r=1,2,\dots,s$$

$$v_{ik} \geq 0; i= 1,2,\dots,m$$

$$u_k = \text{serbest}$$

Enb = Enbüyükleme,

$u_r = k$. KVB tarafından r. çıktıya verilen ağırlık,

$v_i = k$. KVB tarafından i. girdiye verilen ağırlık,

$Y_{rk} = k$. KVB tarafından üretilen r. çıktı,

$X_{ik} = k$. KVB tarafından kullanılan i. girdi,

$Y_{rj} = j$. KVB tarafından üretilen r. çıktı,

$X_{ij} = j$. KVB tarafından kullanılan i. girdi,

n = KVB sayısı

Çıktı Odaklı BCC Modeli: Çıktı Odaklı BCC Modeline ait amaç fonksiyonu Eşitlik (7)'de, kısıtlayıcı koşulları Eşitlik (8)'deki gibidir [15].

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Enk } \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} - v_k \quad k=1,2,\dots,n \quad (7)$$

Kısıtlayıcı Koşullar:

$$\sum_{r=1}^m v_i X_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - v_k \geq 0; j=1,2,\dots,n \quad (8)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} = 1$$

$$u_r \geq 0; r=1,2,\dots,s$$

$$v_i \geq 0; i= 1,2,\dots,m$$

$$v_k = \text{serbest}$$

Enk = Enküçükleme,

$u_r = k$. KVB tarafından r. çıktıya verilen ağırlık,

$v_i = k$. KVB tarafından i. girdiye verilen ağırlık,

$Y_{rk} = k$. KVB tarafından üretilen r. çıktı,

$X_{ik} = k$. KVB tarafından kullanılan i. girdi,

$Y_{rj} = j$. KVB tarafından üretilen r. çıktı,

$X_{ij} = j$. KVB tarafından kullanılan i. girdi,

n = KVB sayısı

III. UYGULAMA

Elektrik enerjisi sektöründe enerji dağıtım konusu kaynakların etkin ve verimli kullanımını gerektiren önemli bir konudur. Bu kapsamda yapılan çalışmada Türkiye’de elektrik dağıtımında faaliyet gösteren 21 adet enerji dağıtım şirketinin etkinliklerinin karşılaştırılması ve farklı modeller açısından bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Enerji dağıtım şirketleri Tablo 2’de KVB olarak verilmiştir. Değerlendirme adımları aşağıdaki gibidir.

A. KVB’lerin Seçimi

KVB benzer özelliklere sahip girdiler ile benzer çıktıları elde edecek birimleri ifade etmektedir [19]. KVB’lerin söz konusu benzerliği, analizle ulaşılabilecek sonuçların doğru ve tutarlı olması bakımından önem arz etmektedir [20]. Bu bağlamda çalışmada Türkiye’de faaliyet gösteren ve benzer faaliyetler gösteren 21 adet enerji dağıtım şirketi KVB olarak belirlenmiştir.

B. Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi

VZA ile yapılan etkinlik ölçümünün, anlamlılığı ve sistemdeki KVB’lerin durumunu yansıtabilmesi için analizdeki girdi ve çıktı değişkenlerinin sistemi en iyi şekilde tanımlaması gerekmektedir [21]. Çalışmada enerji dağıtım şirketlerinin etkinlik ölçümü için belirlenen girdi ve çıktı değişkenleri Tablo 1’de belirtilmiştir.

Tablo 1. Girdi ve Çıktı Değişkenleri

Girdi Değişkenleri
Kayıp Kaçak Oranı(%)
Etki Alanı(Km)
Maksimum Talep (Kişi)
Çıktı Değişkenleri
Abone Sayısı(Kişi)
Elektrik Tüketim Miktarı(kWh)

Girdi değişkenlerinden “Kayıp Kaçak Oranı” birimi yüzdelik(%) olarak verilmiştir. “Etki Alanı” enerji dağıtım şirketlerinin dağıtım bölgelerinin km cinsinden alanıdır. Enerji dağıtım şirketlerinin hizmet verdiği kişi sayısı “Maksimum Talep” olarak seçilen nüfustur. Çıktı değişkenlerinden “Abone Sayısı” enerji dağıtım şirketlerine resmi olarak kaydı bulunan kişi sayısını belirtmektedir. “Elektrik Tüketim Miktarı” kWh cinsinden birim enerji kullanım miktarıdır.

C. VZA Modellerinin Uygulanması

Bu çalışmada enerji dağıtım şirketlerinin teknik, toplam ve ölçek etkinliklerini belirlemek amacıyla CCR ve BCC modelleri kullanılmıştır. Elektrik enerjisi dağıtımında girdi değişkenlerini minimize ederek ve çıktı değişkenlerini sabit tutarak enerji dağıtım şirketlerinin göreceli etkinliklerini belirlemek amaçlandığında girdi odaklı modeller önerilmektedir. Ancak çalışma kapsamında girdilerin sabitliğinin modellenmesi istendiğinde çıktı odaklı modelleri kullanmak da faydalı olacaktır. Bunun yanı sıra CCR ve BCC modelleri ile yapılan anali sonuçlarında farklılıklar olası görülmektedir. VZA'da kurulan modellerin çözümü için amaca uygun olarak çeşitli paket programlar geliştirilmiştir [22]. Bu çalışmada, EMS Version 1.3 paket programı kullanılmıştır [23]. Enerji dağıtım şirketlerinin etkinlik sıralamalarına ulaşabilmek için söz konusu EMS Version 1.3 paket programına Süper Etkinlik Modeli de dahil edilmiştir. Türkiye'de elektrik dağıtımında faaliyet gösteren enerji dağıtım şirketlerinin 2019 yılı girdi ve çıktı değişkenlerine yönelik veriler Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün (EİGM) kurumsal internet sitesi aracılığı ile elde edilmiştir. Seçilen modellerde KVB olarak belirlenen enerji dağıtım şirketlerine ait girdi ve çıktı değişkenleri Tablo 2'de bulunmaktadır.

Tablo 2. Enerji Dağıtım Şirketlerine Ait Girdi ve Çıktı Değişkenleri

No	Enerji Dağıtım Şirketleri (KVB)	Girdi Değişkenleri			Çıktı Değişkenleri	
		Kayıp Kaçak Oranı(%)	Etki Alanı(Km)	Maksimum Talep(Kişi)	Abone Sayısı(Kişi)	Tüketim Miktarı(kWh)
1	Trakya	5.26	18762	1570000	928481	6262555238
2	Boğaziçi	9.89	3573	5401312	4326314	23910432042
3	Ayedaş	7.59	1945	4700000	2464528	7778316370
4	Sakarya	6.64	19421	3000000	1501482	8547986835
5	Başkent	7.9	60117	6700000	3560935	10925811803
6	Yeşilırmak	10.46	40633	3284772	1766936	4745850934
7	Çoruh	9.43	29211	2242881	1165273	2517862228
8	Aras	39.64	71007	2000000	841695	1982753410
9	Uludağ	7.03	35964	3835055	2728207	7920876798
10	Osmangazi	7.86	49787	2691967	1515817	5872423764
11	Çamlıbel	7.56	52789	2266037	857697	2284310794
12	Fırat	9.55	37441	1700000	796571	3292407558
13	Vangözü	65.84	47368	1500000	515349	3935413183
14	Gediz	9.74	25822	4631035	2591670	13869575658
15	Meram	8.08	76506	3742694	1741499	6679538234
16	Kcetaş	6.85	16912	1060432	593670	2113721232
17	Aydem	7.61	32726	2516114	1668752	7486869689
18	Akdeniz	11.32	36486	2490235	1670971	6936120128
19	Toroslar	15.24	46858	7700000	3004748	11719263395
20	Akedaş	6.7	22217	1626195	564540	3596747810
21	Dicle	73.93	61198	4584835	1389628	19248046813

IV. BULGULAR

EMS Version 1.3 paket programı yardımıyla girdi odaklı CCR, çıktı odaklı CCR, girdi odaklı BCC ve çıktı odaklı BCC modellerinin çözümü ile ulaşılan etkinlik değerleri Tablo 3 ve Tablo 4'de verilmiştir. Tablo 3 ve Tablo 4'de verilen sonuçlar ile etkin olmayan enerji dağıtım şirketlerinin dağıtım noktalarında ideal hizmeti veremediği ve ancak hesaplanan etkinlik değerleri oranında etkin hizmet verdiği anlaşılmaktadır. Girdiye ve çıktı odaklı modellerde etkinlik değerleri farklı model denklemleri ile hesaplanacağından girdi odaklı modellerde etkin olmayan KVB'lerin etkinlik değerleri %100'den küçükken, çıktı odaklı modellerde bu oranlar %100'den büyük olmaktadır.

Tablo 3. CCR Modelleri için Enerji Dağıtım Şirketlerinin Etkinlik Değerleri ve Etkinlik Durumları

t	Enerji Dağıtım Şirketleri(KVB)	Girdi Odaklı CCR Modeli		Çıktı Odaklı CCR Modeli	
		Etkinlik Değeri	Etkinlik Durumu [Etkin=+] [Etkin Değil=-]	Etkinlik Değeri	Etkinlik Durumu [Etkin=+] [Etkin Değil=-]
1	Trakya	%90.11	-	%110.98	-
2	Boğaziçi	%100.00	+	%100.00	+
3	Ayedaş	%100.00	+	%100.00	+
4	Sakarya	%64.37	-	%155.36	-
5	Başkent	%100.00	+	%100.00	+
6	Yeşilirmak	%67.16	-	%148.90	-
7	Çoruh	%64.86	-	%154.17	-
8	Aras	%52.54	-	%190.32	-
9	Uludağ	%88.82	-	%112.59	-
10	Osmangazi	%70.30	-	%142.25	-
11	Çamlıbel	%47.26	-	%211.62	-
12	Fırat	%58.50	-	%170.94	-
13	Vangözü	%59.27	-	%168.73	-
14	Gediz	%69.87	-	%143.13	-
15	Meram	%58.09	-	%172.14	-
16	Kcetaş	%69.89	-	%143.07	-
17	Aydem	%82.80	-	%120.77	-
18	Akdeniz	%83.77	-	%119.37	-
19	Toroslar	%48.72	-	%205.26	-
20	Akedaş	%49.96	-	%200.15	-
21	Dicle	%94.84	-	%105.44	-

Ölçeğe göre getirinin değişken varsayılması durumunda kurulan BCC modellerinin girdiye ve çıktı odaklı olarak hesaplanan etkinlik değerleri ve etkinlik durumları Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. BCC Modelleri için Enerji Dağıtım Şirketlerinin Etkinlik Değerleri ve Etkinlik Durumları

No	Enerji Dağıtım Şirketleri(KVB)	Girdi Odaklı BCC Modeli		Çıktı Odaklı BCC Modeli	
		Etkinlik Değeri	Etkinlik Durumu [Etkin=+] [Etkin Değil=-]	Etkinlik Değeri	Etkinlik Durumu [Etkin=+] [Etkin Değil=-]
1	Trakya	%100.00	+	%100.00	+
2	Boğaziçi	%100.00	+	%100.00	+
3	Ayedaş	%100.00	+	%100.00	+
4	Sakarya	%90.41	-	%131.62	-
5	Başkent	%100.00	+	%100.00	+
6	Yeşilirmak	%73.96	-	%141.85	-
7	Çoruh	%77.06	-	%138.20	-
8	Aras	%67.44	-	%166.52	-
9	Uludağ	%100.00	+	%100.00	+
10	Osmangazi	%82.00	-	%131.25	-
11	Çamlıbel	%69.58	-	%189.25	-
12	Fırat	%76.26	-	%143.57	-
13	Vangözü	%85.61	-	%144.65	-
14	Gediz	%76.29	-	%141.37	-
15	Meram	%74.99	-	%164.55	-
16	Kcetaş	%100.00	+	%100.00	+
17	Aydem	%93.42	-	%109.76	-
18	Akdeniz	%92.89	-	%109.11	-
19	Toroslar	%51.72	-	%143.98	-
20	Akedaş	%86.28	-	%175.64	-
21	Dicle	%95.73	-	%104.68	-

CCR ve BCC modellerine ilişkin sonuçlar Tablo 5’de özetlenmiştir.

Tablo 5. VZA Modellerine İlişkin Özet Tablo

	CCR Modeli		BCC Modeli	
	Girdi Odaklı	Çıktı Odaklı	Girdi Odaklı	Çıktı Odaklı
Enerji Dağıtım Şirketi(KVB) Sayısı	21	21	21	21
Etkin Birim Sayısı	3	3	6	6
Etkin Olmayan Birim Sayısı	18	18	15	15
En Düşük Etkinlik(%)	%47.26	%211.62	%51.72	%189.25
En Yüksek Etkinlik(%)	%100	%100	%100	%100
Ortalama Etkinlik(%)	%72.43	%146.44	%85.41	%130.29
Etkin Dağıtım Şirketleri	Boğaziçi, Ayedaş, Başkent	Boğaziçi, Ayedaş, Başkent	Trakya, Boğaziçi, Ayedaş, Başkent Uludağ, Kcetaş	Trakya, Boğaziçi, Ayedaş, Başkent Uludağ, Kcetaş
n Düşük Etkinliğe Sahip Dağıtım Şirketi	Çamlıbel	Çamlıbel	Toroslar	Çamlıbel

EMS Version 1.3 Paket programında Super Efficiency (Süper Etkinlik) modelleri ile etkin birimlerin ve etkin olmayan birimlerin sıralaması yapılmaktadır. Tüm modellere ilişkin enerji dağıtım şirketlerinin sıralaması Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Enerji Dağıtım Şirketlerinin Etkinlik Sıralaması

No	Enerji Dağıtım Şirketleri(KVB)	CCR Modeli		BCC Modeli	
		Girdi Odaklı Sıralama	Çıktı Odaklı Sıralama	Girdi Odaklı Sıralama	Çıktı Odaklı Sıralama
1	Trakya	5	5	4	2
2	Boğaziçi	1	1	1	4
3	Ayedaş	2	2	2	1
4	Sakarya	14	14	10	11
5	Başkent	3	3	5	6
6	Yeşilirmak	12	12	18	14
7	Çoruh	13	13	14	12
8	Aras	18	18	20	19
9	Uludağ	6	6	6	5
10	Osmangazi	9	9	13	10
11	Çamlıbel	21	21	19	21
12	Fırat	16	16	16	15
13	Vangözü	15	15	12	17
14	Gediz	11	11	15	13
15	Meram	17	17	17	18
16	Kcetaş	10	10	3	3
17	Aydem	8	8	8	9
18	Akdeniz	7	7	9	8
19	Toroslar	20	20	21	16
20	Akedaş	19	19	11	20
21	Dicle	4	4	7	7

Sıralama sonuçları incelendiğinde CCR girdi ve çıktı odaklı modellerde enerji dağıtım şirketlerinin etkinlik sıralaması değişmemiştir. BCC girdi ve çıktı odaklı modellerde ise sıralamalar farklılık göstermektedir.

Türkiye’de faaliyet gösteren 21 enerji dağıtım şirketini kapsayan ve söz konusu dağıtım şirketlerinin Kayıp Kaçak Oranı, Etki alanı, Maksimum Talep, Abone Sayısı, Elektrik Tüketim Miktarı gibi girdi ve çıktı değişkenleri kullanılarak yapılan bu çalışmada dağıtım şirketlerinin görece etkinlik değerleri VZA modelleri ile belirlenmiştir. Girdi ve çıktı odaklı CCR modeli ile girdi ve çıktı odaklı BCC modeli kullanılarak EMS Version 1.3 paket programı ile görece etkinlik değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada karar vericilerin alacağı kararlara bağlı olarak hem girdi değişkenlerinin hem de çıktı değişkenlerinin sabit tutulduğu varsayımı ile meydana gelecek değişiklikler belirlenmeye çalışılmıştır. Süper Etkinlik modelleri de analizlere dahil edilerek incelenmiş ve her bir modele göre enerji dağıtım şirketleri arasındaki etkinlik sırası oluşturulmuştur. CCR modeli uygulamasında elde edilen sonuçlara göre Türkiye’de 21 enerji dağıtım şirketinden 3 tanesi etkinken 18 tanesi etkin değildir. En düşük etkinlik skoruna(%) sahip enerji dağıtım şirketi Tablo 5’de verildiği gibi hem girdi hem de çıktı odaklı modelde Çamlıbel dağıtım şirketi olmuştur. Ortalama etkinlik değeri girdi odaklı CCR modelinde 72,43 %, çıktı odaklı CCR modelinde ise 146,44% olarak belirlenmiştir. BCC modeli uygulamasında elde edilen sonuçlara göre Türkiye’de 21 enerji dağıtım şirketinden 6 tanesi etkinken 15 tanesi etkin değildir. En düşük etkinlik skoruna(%) sahip enerji dağıtım şirketi Tablo 5’de verildiği gibi girdi odaklı modelde Toroslar olurken çıktı odaklı modelde Çamlıbel dağıtım şirketi olmuştur. Ortalama etkinlik değeri girdi odaklı BCC modelinde 85,41%, çıktı odaklı BCC modelinde ise 130,29% olarak belirlenmiştir.

V. SONUÇ VE TARTIŞMA

Etkinlik ölçme ve performans değerlendirme tekniklerinden VZA kullanılarak yapılan bu çalışmada enerji dağıtım şirketlerinin etkinlik skorları belirlenmiş ve VZA modelleri arasındaki farklar sıralama

bakımından incelenmiştir. CCR ve BBC modellerinin girdi ve çıktı odaklı olarak uygulanması; bu iki model arasındaki farklılıkların hem ölçüğe göre getiri bakımından hem de girdi ve çıktıların sabitliğinin seçimi bakımından incelenmesine olanak vermiştir. CCR modelinde etkin çıkan enerji dağıtım şirketleri BCC modelinde de etkindir. Boğaziçi, Ayedaş ve Başkent gibi büyük kentlerde faaliyet gösteren enerji dağıtım şirketleri tüm modellerde etkindir. Çalışma sonuçlarında ağırlıklı olarak Doğu ve Güneydoğu bölgesinde faaliyet gösteren enerji dağıtım şirketlerinin etkinliğinin düşük olduğu görülmüştür. Bu durumun enerji dağıtım sektörü için bölgesel farklılıklardan kaynaklandığı söylenebilmektedir. BCC modelinde etkin enerji dağıtım şirketi sayısı daha fazladır. CCR modelinde 3 adet enerji dağıtım şirketi etkin çıkarken BCC modelinde 6 adet enerji dağıtım şirketi etkindir. Bu durum, BCC modellerinin etkinlik bakımından daha iyimser özelliklere sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu iyimser durum konvekslik kısıtının modele dahil edilmesinden kaynaklanmaktadır.

CCR girdi ve çıktı odaklı modellerde enerji dağıtım şirketlerinin etkinlik sıralaması aynıdır. Etkinlik değerleri de dikkate alındığında dağıtım fonksiyonu iyileştirme faaliyetlerine en az etkin olan Çamlıbel, Toroslar ve Akedaş enerji dağıtım şirketlerinden başlanabilir. Bu 3 dağıtım şirketi bölgesel dağılımlarına göre incelendiğinde üçünün de Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne yakın konumlarda faaliyet verdiği görülmektedir. Bu bölgelerde kayıp kaçak oranı kontrolü oldukça zor olabilmektedir. Örneğin Toroslar dağıtım şirketi, yüzölçümü büyük olan bir alana hizmet vermektedir. Ülkenin güney ve güneydoğusuna yakın bölgelerinde faaliyet gösteren dağıtım şirketleri için iyileştirme faaliyetleri denetim ve hizmet alanı açısından sıklaştırılmalıdır. VZA modellerinden hareketle etkin olmayan tüm enerji dağıtım şirketleri için girdi ve çıktı değişkenlerinin potansiyel iyileştirme değerleri belirlenebilir. İyileştirme yapılacak enerji dağıtım şirketlerinin öncelikleri belirlenebilir. CCR modelleri dikkate alındığında potansiyel iyileştirme için en fazla referans olan enerji dağıtım şirketi Boğaziçi olarak belirlenmiştir. Boğaziçi dağıtım şirketi Marmara Bölgesinde elektrik tüketiminin, sanayinin ve kentleşmenin en yoğun olduğu İstanbul ili için faaliyet göstermektedir. Boğaziçi dağıtım şirketinin etkinliği üzerinde uzmanların verimlilik çalışmalarını sıklıkla yapması ve girdi-çıkta değişken dengesinin sabit olması, Boğaziçi şirketinin diğer dağıtım şirketlerine referans olmasına imkan vermiştir. BCC girdi ve çıktı odaklı modellerde enerji dağıtım şirketlerinin etkinlik sıralaması farklı sonuçlar vermiştir. BCC girdi ve çıktı odaklı modeller dikkate alındığında ise elektrik dağıtım faaliyetinde enerji dağıtım şirketlerinin sayısı CCR modellere göre sayıca artış göstermiş ve Trakya, Uludağ ve Kcetaş enerji dağıtım şirketleri de etkin hale gelmiştir. Bu dağıtım şirketlerinin Marmara ve İç Anadolu bölgesinde yer alması ve özellikle sanayi alanlarının bulunduğu bölgelere hizmet vermeleri önem arz etmektedir. Bu bağlamda BCC modeli için dahil edilen konvekslik kısıtı değişkenler üzerinde ekonomik olarak incelenebilmektedir. Dağıtım etkinliğini artırma faaliyetleri için en az etkinlik değerine sahip Çamlıbel ve Toroslar dağıtım şirketlerinden öncelikli olabilir. BCC modeli dikkate alındığında potansiyel iyileştirme değeri Boğaziçi dağıtım şirketini baz alarak iyileştirmeler yapmak, elektrik dağıtımında verim artışına ve ekonomik katkıya yansıtacaktır. Dağıtım konusunda kayıp kaçak oranları ile ilgili gerekli önlemlerin alınması, ek sağlayıcıların tedarik edilmesi, nüfusa ve abone sayısına göre enerji dağıtım politikaları geliştirilmesi gibi yöntemlerle tüm iyileştirmeler konusunda önemli ve sonuç odaklı adımlar izlenebilir. Ayrıca, VZA etkin olmayan KVB'leri etkin olan referans KVB'lere benzeterek etkinliği sağlayacak projeksiyon değerlere ulaşma imkanı da vermektedir. Bu değerlerin formülasyonu, girdi odaklı ve çıktı odaklı modellerde farklı olmakla birlikte CCR ve BCC modelleri arasında da farklılık göstermektedir. VZA için kullanılan pek çok paket program projeksiyon iyileştirme değerlerini analiz edebilmektedir. Stratejistler analizin bu yönüyle hedef değerler belirleyebilmektedir. Bu yönüyle çalışma, elektrik dağıtım etkinliğinin artırılması bakımından gerekli faaliyetler için önemli bir kaynak olarak değerlendirilebilir. Enerji iletiminin ve son kullanıcılara dağıtımının önemi gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye'deki enerji dağıtım şirketleri üzerinde yapılan bu çalışma; karar vericilere konuyu farklı açılardan ele almak için farklı modeller sunmaktadır. Etkinlik incelemesi, enerji sektörü için enerji dağıtım faaliyetlerinde daha etkili yöntemlerin araştırılmasına ve izlenmesine imkan sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Koçak, İ., & Boran, K. (2019). Türkiye'deki İllerin Elektrik Tüketim Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 22(2), 351-365.
- [2] Enerji Atlası (2020).

<https://www.enerjiatlası.com/elektrik-dagitim-sirketleri/>

- [3] Düzgün, M. (2011). Veri Zarflama Analiziyle Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Etkinlik Ve Verimlilik Analizi. *Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı.
- [4] Ulucan, A., & Atıcı, K. (2010). Enerji ve Çevre Konularında Parametrik Olmayan Veri Analizi ve Türkiye Elektrik Sanayi Uygulaması. *H.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 28(1), 173-203.
- [5] Jamasb, T., & Pollitt, M. (2001). Benchmarking and Regulation: International Electricity Experience. *Utilities Policy*, 9, 107-130.
- [6] Weyman Jones, T. (1991). Productive Efficiency in A Regulated Industry: The Area Electricity Boards of England and Wales. *Energy Economics*, 13, 116-122.
- [7] Sadjadi S.J., & Omrani H. (2008). Data Envelopment Analysis With Uncertain Data: An Application For Iranian Electricity Distribution Companies. *Energy Policy*, 36, 4247-4254.
- [8] Bağdadıoğlu, N. (2009). Türk Elektrik Dağıtım Sektöründe Hizmet Kalitesine Yönelik Özendirici Bir Düzenleme Uygulaması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(1), 23-44.
- [9] Santos, S., Amado, C., & Rosado, J. (2011). Formative Evaluation of Electricity Distribution Utilities Using Data Envelopment Analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 62(7).
- [10] Azadeh, A., Nazari, T., & Charkhand, H. (2015). Optimisation of Facility Layout Design Problem with Safety and Environmental Factors by Stochastic DEA and Simulation Approach. *International Journal of Production Research*, 53(11).
- [11] Meher S., & Sahu A. (2016). Efficiency of electricity distribution utilitiesin India: a data envelopment analysis. *Energy Review*, 40(2), 155-179.
- [12] Çiçek C., & Lecuna H.K.S. (2019). Türkiye'deki Bölgelerin Elektrik Tüketim Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 2(2), 27-48.
- [13] Cooper, W., Seiford L.M., & Zhu J. (2004). *Handbook on Data Envelopment Analysis, 1st ed.* Springer, Boston 1-39.
- [14] Rouyendegh, B., & Erkan, T. (2010). Ankara'da Bulunan 4 Yıldızlı Otellerin VZA-AHS Sıralı Hibrit Yöntemiyle Etkinlik Değerlendirmesi. *Gazi Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 12(3), 69-90.
- [15] Erpolat, S. (2011). *Veri Zarflama Analizi Ağırlık Kısıtlamasız Ağırlık Kısıtlamalı Şans Kısıtlı Bulanık Türkiye'deki Özel Bütçeli Diğer İdarelerin Etkinlik Analizi*. İstanbul: Evrim Yayınevi.
- [16] Taşköprü, V. (2014). Klasik Veri Zarflama Analizi ile Kategorik Veri Zarflama Analizi Modellerinin Enerji Verimliliği Üzerinde Karşılaştırmalı İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [17] Charnes, V. (1994). Data Envelopment Analysis USA. *Kluwer Academic Publishers*, 65-66.
- [18] Bakırcı, F. (2006). Sektörel Bazda Bir Etkinlik Ölçüm: VZA İle Bir Analiz. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(2), 202-206.

- [19] Cooper, W., Seiford, L., & Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Springer Science&Business Media.
- [20] Tarım, A. (2001). *Veri Zarflama Analizi Matematiksel Programlama Tabanlı Görelî Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı*. Ankara: Sayıştay Yayınları.
- [21] Güçlü, A. (1999). *Türk Silahlı Kuvvetleri Hastanelerinde Teknik Verimlilik Ölçümü: Veri Zarflama Analizi Uygulaması. Doktora Tezi*. Ankara: GATA Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- [22] Deliktaş, E. (2002). *Türkiye Özel Sektör İmalat Sanayinde Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi. ODTÜ Gelişme Dergisi*, 247(29), 3-4.
- [23] EMS Version 1.3; <http://www.holger-scheel.de/ems/> (Erişim tarihi: 23 Ocak 2020)