



POLİTEKNİK DERGİSİ

*JOURNAL of POLYTECHNIC*

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/politeknik>



# Türkiye'deki illerin elektrik tüketim etkinliklerinin veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi

## *Evaluation of effectiveness of electricity consumption of provinces in Turkey with data envelopment analysis*

*Yazar(lar) (Author(s)):* İbrahim KOÇAK<sup>1</sup>, Kurtuluş BORAN<sup>2</sup>

*ORCID<sup>1</sup>:* 0000-0001-5650-3246

*ORCID<sup>2</sup>:* 0000-0003-0184-8233

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Koçak İ. ve Boran K., "Türkiye'deki illerin elektrik tüketim etkinliklerinin veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi", *Politeknik Dergisi*, 22(2): 351-365, (2019).

**Erişim linki (To link to this article):** <http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive>

**DOI:** 10.2339/politeknik.444371

# Türkiye'deki İllerin Elektrik Tüketim Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi

*Araştırma Makalesi / Research Article*

**İbrahim KOÇAK<sup>1\*</sup>, Kurtuluş BORAN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup>Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 08.01.2018 ; Kabul/Accepted : 25.05.2018)

## ÖZ

Enerji, günümüz dünyasındaki ülkelerin güçlerinin ve gelişmişliklerinin önemli bir göstergesidir. Enerji denildiğinde akla gelen en önemli bileşenlerden bir tanesi elektriktir. Ülkeler, insanların yaşam kalitesini düşürmeden, elektriğin etkin ve verimli kullanılmasını sağlamak için çalışma yapmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki illerin elektrik tüketimi bazındaki etkinlik değerleri ile etkin olmayan illerin etkin olması için gerçekleştirilmesi gereken potansiyel iyileştirmeleri belirlemektir. Bu çalışmada, veri zarflama analizi ile Türkiye'deki 81 ilin tüketici türü bazında 2016 yılı elektrik tüketimleri karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada veri zarflama analizi modellerinden olan Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilen girdiye yönelik CCR (Charnes, Cooper, Rhodes) modeli ve Banker, Charnes ve Cooper tarafından geliştirilen girdiye yönelik BCC (Banker, Charnes, Cooper) modeli uygulanmıştır. Modellerin çözümünde EMS paket programı kullanılarak 81 ile ait etkinlik değerleri ölçülmüştür. Böylece etkin olan ve etkin olmayan iller tespit edilmiştir. Etkin olmayan illerin etkin olabilmesi için potansiyel iyileştirmeler belirlenerek genel değerlendirme yapılmıştır. Bu çalışma, elektriğin etkin kullanımı konusunda etkin olmayan iller ve bu illere ait potansiyel iyileştirmelerin belirlenmesi ile elektriğin etkin kullanımına yönelik alınacak olan karar ve aksiyonlarda hangi illere ve hangi tüketici türüne öncelik verileceği hususunda karar vericilere fayda sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Veri zarflama analizi, elektrik tüketimi, etkinlik.

## Evaluation of Effectiveness of Electricity Consumption of Provinces in Turkey with Data Envelopment Analysis

### ABSTRACT

Energy is an important indicator of the strengths and developments of the countries of today's world. One of the most important components that come to mind when energy is mentioned is electricity. Countries are doing a lot of work to reduce electricity consumption without lowering people's quality of life in order to ensure productive and effectiveness use of electricity. The aim of this study is to determine the electricity consumption of provinces in Turkey effectiveness value for the effective use of electricity and the potential improvements that must be made in order for the non-effective provinces to be effective. In this study, data envelopment analysis was used to compare the consumption of electricity in the year 2016 with the consumer type of 81 provinces in Turkey. In the comparison made, CCR (Charnes, Cooper and Rhodes model - developed by Charnes, Cooper and Rhodes) and BCC (Banker, Charnes and Cooper model - developed by Banker, Charnes and Cooper) models for input were applied. Effectiveness values of 81 provinces were measured by using EMS package program in the solution of the models. Thus, effective and non-effective provinces have been identified. For non-effective provinces to be effective, potential improvements have been determined and general evaluation has been made. This study will provide the following benefits for the decisions and actions to be taken for the effective use of electricity: which province and consumer type will be given priority.

**Keywords:** Data envelopment analysis, electricity consumption, effectiveness.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnsan hayatının vazgeçilmezlerinden olan enerji, günümüz dünyasındaki ülkelerin güçlerinin ve gelişmişliklerinin önemli bir göstergesidir. Enerji denildiğinde akla gelen en önemli bileşenlerden bir tanesi elektriktir.

Elektrik, ikincil bir enerji kaynağı olduğu için temel enerji kaynaklarından farklıdır. Elektrik üretmek için enerji kaynaklarının kullanılması gerekmektedir. Bu enerji kaynaklarına kömür, doğalgaz, fuel oil, biokütle vb örnek verilebilir. Elektrik, enerjiyi bir yerden diğerine taşımının etkin ve güvenli bir yolu olduğu için bir enerji taşıyıcı olarak adlandırılmakta ve pek çok amaç için kullanılmaktadır. Teknolojinin daha fazla kullanılmasıyla elektriğe olan talep de artmaktadır. Bu

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)  
e-posta : kocak\_ibrahim@hotmail.com

noktada elektriğin etkin bir şekilde kullanılması oldukça önem kazanmaktadır [1].

Hayatı rahat, üretken ve keyifli hale getirmek için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Ulaşım, yemek, sağlık, ısıtma, soğutma, imalat, aydınlatma ve eğlence vb. için her gün elektrik kullanılmaktadır [1].

Elektriğin kullanım etkinliği, elektriğin kaliteden ve üretimden taviz vermeden en verimli şekilde kullanılması olarak ifade edilebilir [2]. Elektriği daha az ve daha akıllıca kullanmak için birçok faaliyet yapılmaktadır. Bu faaliyetler elektriğin daha etkin kullanılmasını sağlayacak olan enerji tasarrufu ve enerji verimliliği faaliyetleridir [1].

Ülkeler, elektriğin etkin ve verimli kullanılmasını sağlamak için insanların yaşam kalitesini düşürmeden elektriğin daha az tüketilmesi yönünde birçok çalışma yapmaktadır. Türkiye’de de bu konuda çeşitli faaliyetler gerçekleştirilmekte ve gerekli mevzuat düzenlemeleri yapılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’deki illerin elektrik tüketimi bazında etkinlik değerleri ile etkin olmayan illerin etkin olması için gerçekleştirmesi gereken potansiyel iyileştirmeleri belirlemektir. Bu çalışma, elektriğin etkin kullanımı konusunda etkin olmayan iller ve bu illere ait potansiyel iyileştirmelerin belirlenmesi ile elektriğin etkin kullanımına yönelik alınacak olan karar ve aksiyonlarda hangi illere ve bu ildeki hangi tüketici türüne öncelik verileceği hususunda karar vericilere fayda sağlayacaktır.

Bu çalışmada, Türkiye’deki 81 ilin tüketici türü bazında 2016 yılı elektrik tüketimleri karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada; 1978 senesinde ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından birbirlerine benzeyen karar verme birimlerinin (KVB) birbirlerine göre etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla geliştirilen bir teknik olan veri zarflama analizi kullanılmıştır [3].

Farrell (1957)’in önerdiği göreceli etkinlik ölçüm yönteminin Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilmesi ile veri zarflama analizi yöntemi kısa bir sürede hem teorik hem de pratik alanda çok hızlı bir gelişim gösterme şansı bulmuştur. Yöntemin birçok alanda uygulanabilirliği hiç kuşkusuz teorik alandaki başarısından kaynaklanmaktadır [7]. Bir doğrusal programlama uygulaması olan Veri Zarflama Analizi; askeri, sağlık, tekstil, enerji, perakende, eğitim ve bankacılık sektörleri gibi çeşitli uygulama alanlarına sahiptir.

Son yıllarda enerjide etkinlik ve verimliliğin önem kazanmasıyla birlikte enerji alanında veri zarflama analizi uygulamaları hız kazanmıştır. Enerji verimliliği, yalıtım, elektrik dağıtımı ve elektrik üretimi gibi konularda veri zarflama analizi uygulamaları yapılmıştır. Bu kapsamda; Türkiye’de Termik Santrallerin İşletme ve Çevre Performansının Değerlendirilmesi (Sözen, Alp, ve Özdemir, 2010), İmalat Sektöründe Enerji Etkinliği (Özgür, 2011), Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Etkinlik ve Verimlilik Analizi, (Düzgün, 2011), Japonya’daki Fosil Yakıtlı Güç Santrallerinin Değerlendirilmesi (Sueyoshi

ve Goto, 2011), Kuzey Afrika’da Yenilenebilir Enerjide 2025 Ufkuna Karşı Şimdiki Zaman Perspektif Optimizasyonu (Boubaker, 2012), Hidroelektrik Santrallerde Verimlilik Değerlendirmesi (Sözen, Alp ve Kılınc, 2012), Çin’deki Büyük Kömürlü Elektrik Santrallerin Deregülasyon, Dikey Ayrıştırma ve Performansı (Zhao ve Ma, 2013), Kömürlü Elektrik Santrallerinde Enerji Verimliliği (Song, Li, Zhang, He ve Tao, 2014), İran Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Performans Değerlendirmesi (Omranı, Beiragh ve Kalebari, 2015), Türkiye’deki Rüzgar Enerji Santrallerinin Göreceli Etkinliklerinin Ölçülmesi (Ömürgönülşen, Emre ve Atıcı, 2016), Çin Termik Santralleri İçin Enerjinin Kısa Dönem Verimliliğinin Kısa Dönem Dinamiklerinin Açıklayan Melez Bir Model (Li, Song ve Tao, 2016), İspanya’da Elektrik Dağıtımında Bir DEA Analizi: Endüstriyel Bir Politika Önerisi (Vargas, Hernandez ve Caro, 2017), ABD’de Büyük Rüzgar Santrallerinin Verimliliğinin Değerlendirilmesi: İki Aşamalı Veri Zarflama Analizi Uygulaması (Sağlam, 2017), Parametrik ve Parametrik Olmayan Verimlilik Değerlendirmesi ve Karşılaştırılması: Türkiye Elektrik Santralleri Örneği (Sarica, 2017), Çin’de Karmaşık Kampüs Binaları İçin Elektrik Tüketiminin Karşılaştırmalı Analizi (Ding, Zhang, Zhang, Lv, Yang ve Zhu, 2018), Doğru Kıstasın Bulunması: Elektrik Şebekelerinin Heterojen Ortamlar Altında Düzenlenmesi (Bjorndal, Bjorndal, Cullmann ve Nieswand, 2018), Elektrik Sektöründe Ekonomik Büyümenin Çevresel Verimliliğe Etkisi (Halkos ve Polemis, 2018) gibi çalışmalar yapılmıştır.

Literatürde elektrik tüketim etkinliği ile ilgili çalışmalar da yer almaktadır. Bu alanda; Çin’de Elektrik Kullanımı Etkinliğinin Dinamik Değişimi (Ding ve Li, 2010), Veri Zarflama Analizine Dayalı Toplam Faktör Verimliliği, Elektrik Tüketim Etkinliği ve Etki Faktör Analizi (Shu, Zhong ve Zhang, 2011), Çin Evlerinde Elektrik Tüketim Etkinliğine Yönelik Bir Sınır Talep Analizi (Broadstock, Li ve Zhang, 2016) gibi çalışmalar yapılmıştır. Deliktaş ve Günel (2017) tarafından yapılan Alt-Orta, Üst-Orta ve Yüksek Gelir Gruplarında Yer Alan Ülkelerin Enerji Kullanım Etkinliklerinin Ölçülmesi: Veri Zarflama Analizi çalışmasında ise gelir gruplarına göre ülkelerin enerji tüketimi etkinlikleri belirlenmiş ve bu çalışmanın enerji tüketimine yönelik geliştirilecek politikalara katkı sağlayacağı belirtilmiştir.

Bu çalışmada veri zarflama analizi ile karşılaştırmaların yapılabilmesi için kullanılacak olan girdi ve çıktı değişkenleri tespit edilerek uygulanması gereken veri zarflama analizi modelleri belirlenmiştir. Modellerin çözümünde EMS paket programı kullanılarak 81 ile ait etkinlik değerleri ölçülmüştür. Böylece etkin olan ve etkin olmayan iller tespit edilmiştir. Etkin olmayan illerin etkin olabilmesi için çözüm önerilerinde bulunulmuş ve genel değerlendirme yapılmıştır.

Türkiye’deki illerin 2016 yılı için tüketici türü bazında elektrik tüketimi ve tüketici sayısı ile ilgili girdi ve çıktı değişkenlerine yönelik veriler Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu’nun (EPDK) Elektrik Piyasası 2016 Yılı

Gelişim Raporu ve bilgi edinme sistemi aracılığı ile elde edilmiştir [4,5]. Teknik ve teknik olmayan kayıplar ile satış kabul edilmeyen tüketimler faturaya konu edilmeyen tüketimler olduğu için çalışmaya dahil edilmemiştir.

## 2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

Karar vericiler açısından birden fazla karar noktası söz konusu olduğunda bu karar noktalarının etkinliklerini belirlemek ve alınacak olan kararı bu etkinlikler çerçevesinde şekillendirmek önem arz etmektedir. Bu bağlamda karar vericiler için karar noktalarına ait etkinlik sıralaması önemlidir. Karar vericiler, diğerlerine göre daha az etkin olan karar noktalarının etkinliklerinin artırılmasını sağlayacak kararların etkinliğini nasıl değiştireceğini de bilmek isterler [17].

Veri zarflama analizi, benzer girdi ve çıktıya sahip karar noktalarının etkinliklerini belirlemek için kullanılan ve doğrusal programlamaya dayalı olan bir analiz yöntemi şeklinde tanımlanabilir [17].

Veri zarflama analizi 1978 senesinde ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından birbirlerine benzeyen karar verme birimlerinin birbirlerine göre etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla geliştirilen bir tekniktir. Bu tekniğin kullanıldığı ilk dönemler kar amacı taşımayan organizasyonların etkinliklerinin ölçülmesi hedeflenmiştir. Daha sonralarda ise kar amacı taşıyan organizasyonlar arasında da organizasyonların birbirlerine göre etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Birden fazla girdi ve birden fazla çıktının yer aldığı sistemlerde bir üretim fonksiyonu öngörüsü olmaksızın kullanılabilmesi veri zarflama analizinin ile ortaya çıkan bir yeniliktir [3].

Veri zarflama analizi; çoklu girdiyi çoklu çıktıya dönüştüren, esnek ve kapsamlı olan eş ve benzer kuruluşların (karar verme birimlerinin) etkinliklerinin değerlendirilmesinde kullanılan veriye dayalı bir yöntemdir. Veri zarflama analizi çok çeşitli faaliyetlerde çok çeşitli kuruluşlar tarafından kullanılmaktadır. Veri zarflama analizi diğer yaklaşımlara nazaran daha az varsayım gerektirmekle birlikte farklı durumlar için yapılabilecek varsayımlara da olanak tanımaktadır [6].

## 3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ MODELLERİ (DATA ENVELOPMENT ANALYSIS MODELS)

Veri zarflama analizi, çıktıların ağırlıklı toplamalarının girdilerin ağırlıklı toplamalarına bölümü temeline dayanır. Charnes, Cooper ve Rhodes'in 1978 senesinde geliştirdiği çıktıları sabit tutarak girdiler bazında etkinliğin ölçülmesinde kullanılan girdiye yönelik CCR (Charnes, Cooper ve Rhodes) modeli ve girdileri sabit tutarak çıktılar bazında etkinliğin ölçülmesinde kullanılan çıktıya yönelik CCR modeli ile yönelimsiz olan CRS (Constant Return to Scale- Ölçeğe Göre Sabit Getiri) modeli ölçeğe göre sabit getiri durumlarında uygulanmaktadır. Banker, Charnes ve Cooper'ın 1984

senesinde geliştirdiği çıktıları sabit tutarak girdiler bazında etkinliğin ölçülmesinde kullanılan girdiye yönelik BCC (Banker, Charnes ve Cooper) modeli ve girdileri sabit tutarak çıktılar bazında etkinliğin ölçülmesinde kullanılan çıktıya yönelik BCC modeli ile yönelimsiz VRS (Variable Return to Scale-Ölçeğe Göre Değişken Getiri) modeli ölçeğe göre değişken getiri durumlarında uygulanmaktadır [9].

Veri zarflama analizinin uygulanması, karar verme birimlerinin seçimi, girdi ve çıktıların seçimi, veri zarflama analizi modelinin seçimi ve uygulanması, etkinliklerin belirlenmesi, etkin olmayan sınırlar için potansiyel iyileştirmeler ve sonuçların değerlendirilmesi adımlarından oluşmaktadır [18]. Adımların uygulanmasına yönelik işlemler 4. Bölümde yer almaktadır.

### 3.1. Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) Modeli (Charnes, Cooper ve Rhodes Model)

CCR modeli girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olarak kullanılabilen ve ölçeğe göre sabit getiri söz konusu olduğu durumlarda toplam etkinliğin hesaplanmasına yarayan bir veri zarflama analizi modelidir [9].

Karar verme birimlerinin girdi miktarlarında olabilecek fazlalıkları belirlemede kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir [10].

Amaç fonksiyonu:

$$Enk\theta_k - \varepsilon \sum_{i=1}^m S_i^- - \varepsilon \sum_{r=1}^s S_r^+ \quad 3.1$$

Kısıtlar:

$$S_i^- = \theta_k X_{ik} - \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j \quad 3.2$$

$$S_r^+ = \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_{jk} - Y_{rk} \quad 3.3$$

$$\lambda_{jk}, S_i^-, S_r^+ \geq 0 \quad 3.4$$

Parametreler:

$Enk$  : En küçükleme

$u_r$  :  $k$ . karar verme birimi tarafından  $r$ . çıktıya verilen ağırlık

$v_i$  :  $k$ . karar verme birimi tarafından  $i$ . girdiye verilen ağırlık

$Y_{rk}$  :  $k$ . karar verme birimi tarafından üretilen  $r$ . çıktı

$X_{ik}$  :  $k$ . karar verme birimi tarafından kullanılan  $i$ . Girdi

$Y_{rj}$  :  $j$ . karar verme birimi tarafından üretilen  $r$ . çıktı

$X_{ij}$  :  $j$ . karar verme birimi tarafından kullanılan  $i$ . Girdi

Girdi

$n$  : karar verme birimi sayısı

Veri zarflama analizi tekniğinde herhangi bir karar verme biriminin görece etkin olabilmesi için aşağıdaki şartları sağlaması gerekmektedir.

- $\theta = 1$
- $S_i^- = 0$  ve  $S_r^+ = 0$

Burada  $\theta$  etkinlik skorunu ifade ederken  $\lambda_j$  ise girdiye yönelik modeller için  $j$ . karar verme biriminin aldığı yoğunluk değerini göstermekte ve aynı zamanda etkin olmayan karar verme biriminin etkin olabilmek için referans alması gereken veya taklit etmesi gereken karar verme birimini ifade etmektedir.  $\varepsilon$  değeri  $10^{-6}$  gibi pozitif çok küçük bir değer olarak ifade edilmektedir. Ayrıca dual forma çevrilen modelde  $S_i^-$  girdi miktarı için aylak değişkeni belirtirken  $S_r^+$  çıktı miktarı için aylak değişkeni belirlemektedir. Diğer bir deyişle  $S_i^-$  fazla miktarda kullanılan girdileri ifade ederken  $S_r^+$  ise eksik olan çıktıları ifade etmektedir [11].

Burada amaç girdi miktarlarını en küçükleyerek etkinlikleri belirlemektir. Denklem 3.2'de karar verme birimlerinin girdilerinin etkinlik skoru ile çarpımından, karar verme birimlerinin yoğunlukları ile çarpılmış girdilerinin toplamının çıkarılması ile girdilerdeki fazlalıklar belirlenmektedir. Amaç fonksiyonu ise girdi miktarları minimize ederek belirlenecek etkinlik skorunu ifade etmektedir. Böylece hem etkinlik skorları belirlenmekte hem de girdilerdeki fazlalıklar tespit edilebilmektedir.

### 3.2. Banker, Charnes ve Cooper (BCC) Modeli

(Banker, Charnes ve Cooper Model)

BCC modelleri ile CCR modelleri arasındaki farklılık konvekslik kısıtından kaynaklanmaktadır. Bu konvekslik kısıtı CCR modellerinin dual formlarına eklenmektedir. Aşağıda verilmiş olan konvekslik kısıtı, etkinlik sınırının yani BCC modellerinin ölçeğe göre değişken getiri varsayımının gerçekleştirilmesini sağlamaktadır [12]. BCC modeline eklenen konvekslik kısıtı ile etkinlik sınırının daha kapsayıcı olması sağlanmaktadır.

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} = 1 \quad 3.5$$

## 4. TÜRKİYE'DEKİ İLLERİN ELEKTRİK TÜKETİMLERİNİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

(EVALUATION OF EFFECTIVENESS OF ELECTRICITY CONSUMPTION OF PROVINCES IN TURKEY WITH DATA ENVELOPMENT ANALYSIS)

Elektrik tüketimi gün geçtikçe artmakta ve bunun neticesinde elektriğin etkin ve verimli kullanılması önem kazanmaktadır. Bu kapsamda, yapılan çalışmada Türkiye'deki illerin elektrik tüketimlerinin karşılaştırılması ile elektrik tüketimi bazında etkin ve verimli olan iller tespit edilmiş ve etkin olmayan illerin ise etkin olabilmesi için gerçekleştirilecek potansiyel iyileştirmeler belirlenmiştir. Bu çalışma Türkiye'de bulunan 81 ili kapsamaktadır.

### 4.1. Karar Verme Birimlerinin Seçilmesi (Selection of Decision Making Units)

Karar verme birimleri veri zarflama analizi ile karşılaştırılacak olan, aynı girdiler ile aynı çıktıları elde edecek birimleri ifade etmektedir ve KVB kısaltması ile

gösterilmektedir [13]. Karar verme birimlerinin birbirlerine benzer yapıya sahip olması, ulaşılabilecek sonuçların doğruluğunun daha kuvvetli olması açısından son derece önemlidir [7]. Bu kapsamda Türkiye'deki tüm iller karar verme birimi olarak belirlenmiştir.

### 4.2. Girdi ve Çıktıların Seçilmesi (Selection of Inputs and Outputs)

Veri zarflama analizi ile gerçekleştirilen etkinlik ölçümünün, anlamlı olması ve karar verme birimlerinin durumunu en iyi şekilde ortaya koyabilmesi için seçilecek olan girdilerin ve çıktıların sistemi en iyi şekilde tanımlayabilecek girdilerden ve çıktılarından meydana gelmesi gerekmektedir [14].

### Çizelge 2. Girdi ve çıktı değişkenleri (Input and output variables)

Girdiler : (Tüketici bazında elektrik tüketimleri)	Aydınlatma Mesken Sanayi Ticarethane
Çıktılar :	Tüketici Sayısı

### 4.3. Veri Zarflama Analizi Modelinin Seçilmesi (Selection of Data Envelopment Analysis Model)

Bu çalışmada illerin hem teknik, hem toplam ve hem de ölçek etkinliklerini belirlemek amacıyla CCR ve BCC modellerinin her ikisi de kullanılmıştır. Bu çalışmada amaç, elektrik tüketimlerini minimize ederek karar verme birimlerinin etkinliklerini belirlemek olduğu için girdiye yönelik modeller kullanılmıştır.

Çalışmada CCR ve BCC modelleri ile elde edilen sonuçlarda bazı farklılıklar vardır. Bunun nedeni BCC modelinin konveks bir yapıya sahip olması ve etkinlik sınırının karar verme birimlerini CCR modeline göre daha sıkı sarmasıdır. Bu nedenle CCR modeli ile elde edilen etkinlik skoru, BCC modeli ile elde edilen etkinlik skorundan daha küçük veya bu değerlere eşit olacaktır [15].

### 4.4. Uygulama (Application)

Veri zarflama analizinin çözümünde kullanılmak üzere çeşitli programlar geliştirilmiştir. Bu çalışmada Holger Scheel tarafından geliştirilen Efficiency Measurement System - EMS v1.3 paket programından yararlanılmıştır [16].

Türkiye'deki illerin 2016 yılı için elektrik tüketimi ve tüketici sayısı ile ilgili girdi ve çıktı değişkenlerine yönelik veriler, EPDK'nın Elektrik Piyasası 2016 Yılı Gelişim Raporu ve bilgi edinme sistemi aracılığı ile elde edilmiştir [4,5]. Modelin uygulanmasında kullanılacak olan karar verme birimlerine ait girdi ve çıktı değişkenleri ile ilgili verileri Çizelge 3.'de verilmiştir.

**Çizelge 3.** Girdi ve çıktı değişkenlerine ait veriler (Data of input and output variables)

İLLER	GİRDİLER (Tüketici bazında tüketimler) (MWh)				TOPLAM TÜKETİM (MWh)	ÇIKTILAR (Adet) Tüketici Sayısı
	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane		
ADANA	92.968,09	1.622.527,89	2.794.993,28	1.521.749,49	6.032.238,75	1.050.298
ADYAMAN	24.053,21	245.164,21	505.674,53	268.364,26	1.043.256,21	208.954
AFYONKARAHİSAR	52.005,48	359.914,47	470.858,76	608.714,65	1.491.493,36	405.887
AĞRI	16.875,67	160.516,80	12.158,93	137.904,58	327.455,98	162.986
AKSARAY	22.742,10	189.860,42	182.929,62	278.697,85	674.229,99	200.886
AMASYA	29.344,27	189.893,95	149.624,77	169.630,99	538.493,98	195.371
ANKARA	252.528,13	3.768.377,18	2.967.998,57	5.156.008,14	12.144.912,02	2.876.574
ANTALYA	160.918,94	2.303.248,91	1.055.857,50	3.541.572,67	7.061.598,02	1.563.034
ARDAHAN	8.897,20	46.014,94	2.816,99	57.291,03	115.020,16	52.572
ARTVİN	26.283,95	115.131,25	125.939,68	98.547,20	365.902,08	117.363
AYDIN	72.846,95	866.813,35	519.065,13	893.747,47	2.352.472,90	653.578
BALIKESİR	94.426,72	817.609,75	1.183.967,28	864.255,23	2.960.258,98	905.058
BARTIN	22.298,56	121.084,78	212.581,59	92.793,27	448.758,20	133.420
BATMAN	19.574,74	229.801,62	215.687,90	216.941,90	682.006,16	168.277
BAYBURT	8.268,20	41.030,62	3.060,94	38.770,05	91.129,81	46.570
BİLECİK	18.820,07	103.094,49	1.277.820,37	202.480,55	1.602.215,48	127.948
BİNGÖL	10.284,64	103.487,47	45.745,41	103.054,19	262.571,71	112.405
BİTLİS	17.722,16	125.326,25	22.512,22	125.166,72	290.727,35	103.576
BOLU	27.437,97	172.754,36	488.793,60	307.371,67	996.357,60	167.153
BURDUR	22.692,57	156.107,71	542.856,53	156.338,41	877.995,22	167.593
BURSA	109.717,53	1.781.249,42	5.868.638,27	2.015.941,74	9.775.546,96	1.519.338
ÇANAKKALE	41.956,48	324.829,74	2.697.231,81	429.822,93	3.493.840,96	364.936
ÇANKIRI	18.995,09	98.004,54	190.750,29	102.354,62	410.104,54	124.149
ÇORUM	37.959,53	275.436,99	232.127,57	219.042,39	764.566,48	331.243
DENİZLİ	70.655,63	630.531,22	1.817.624,62	677.551,85	3.196.363,32	545.315
DİYARBAKIR	38.390,31	635.580,51	421.132,68	714.375,93	1.809.479,43	501.446
DÜZCE	28.680,30	212.835,39	546.771,99	216.216,64	1.004.504,32	175.288
EDİRNE	30.779,48	274.899,77	409.348,01	334.628,62	1.049.655,88	236.417
ELAZIĞ	33.883,32	270.787,23	633.660,72	371.355,14	1.309.686,41	313.851
ERZİNCAN	19.073,46	108.756,86	100.857,47	143.493,41	372.181,20	144.790
ERZURUM	41.133,79	349.175,43	178.518,22	380.123,45	948.950,89	343.994
ESKİŞEHİR	44.635,76	538.485,83	1.338.353,18	637.873,96	2.559.348,73	544.714
GAZİANTEP	71.571,71	1.026.467,29	4.461.694,17	1.107.444,55	6.667.177,72	677.672
GİRESUN	54.290,84	279.644,28	65.140,17	200.673,76	599.749,05	303.835
GÜMÜŞHANE	15.066,75	64.470,80	246.809,75	62.930,44	389.277,74	87.316
HAKKARİ	11.712,82	71.456,45	754,53	86.102,91	170.026,71	66.554
HATAY	72.198,68	1.007.483,70	2.249.426,81	822.210,28	4.151.319,47	706.243
İĞDIR	11.213,06	82.218,95	5.862,26	82.262,18	181.556,45	71.051
ISPARTA	36.884,29	282.530,22	464.556,27	327.980,52	1.111.951,30	269.770

Çizelge 3.(devam) Girdi ve çıktı değişkenlerine ait veriler (Data of input and output variables)

İLLER	GİRDİLER (Tüketici bazında tüketimler) (MWh)				TOPLAM TÜKETİM (MWh)	ÇIKTILAR (Adet) Tüketici Sayısı
	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane		
İSTANBUL	464.571,25	10.901.218,58	9.769.836,44	15.790.952,65	36.926.578,92	7.624.278
İZMİR	206.892,06	4.047.017,48	7.891.361,56	3.716.871,25	15.862.142,35	2.295.461
KAHRAMANMARAŞ	55.904,43	458.895,74	2.855.639,37	595.990,05	3.966.429,59	426.680
KARABÜK	22.540,90	144.165,13	220.527,50	150.112,83	537.346,36	158.458
KARAMAN	15.348,15	123.387,50	217.060,77	166.539,84	522.336,26	143.610
KARS	13.571,08	116.341,08	71.517,97	118.414,59	319.844,72	113.858
KASTAMONU	40.238,34	201.368,32	362.133,27	179.978,86	783.718,79	275.467
KAYSERİ	102.809,25	722.649,13	1.863.727,43	710.816,49	3.400.002,30	668.736
KIRIKKALE	20.175,47	158.739,60	167.724,95	159.420,05	506.060,07	150.966
KIRKLARELİ	25.392,93	231.364,58	1.378.069,98	314.389,60	1.949.217,09	198.095
KİRŞEHİR	20.601,16	122.865,28	205.776,59	138.318,66	487.561,69	141.110
KİLİS	7.511,81	74.321,21	39.034,29	116.797,79	237.665,10	61.300
KOCAELİ	93.106,48	1.158.311,99	6.346.153,20	1.356.497,37	8.954.069,04	844.701
KONYA	141.307,24	1.138.372,83	1.813.013,87	1.436.013,92	4.528.707,86	1.102.562
KÜTAHYA	41.565,08	275.115,65	797.186,96	364.394,98	1.478.262,67	372.831
MALATYA	45.761,83	377.528,60	558.242,81	443.360,70	1.424.893,94	406.430
MANİSA	72.043,95	861.327,03	2.116.944,87	940.255,79	3.990.571,64	765.686
MARDİN	25.805,10	292.156,89	288.805,60	366.729,77	973.497,36	249.631
MERSİN	88.831,49	1.382.852,86	1.618.756,13	1.252.508,07	4.342.948,55	953.969
MUĞLA	71.124,77	896.202,34	712.927,79	1.487.917,53	3.168.172,43	588.683
MUŞ	7.834,67	146.225,37	116.936,50	116.771,43	387.767,97	119.669
NEVŞEHİR	31.620,06	168.112,09	149.057,42	206.050,71	554.840,28	181.556
NİĞDE	31.709,02	165.821,12	502.392,07	182.388,98	882.311,19	194.602
ORDU	68.937,22	445.229,86	352.155,54	320.725,11	1.187.047,73	492.664
OSMANİYE	24.003,45	331.788,95	3.030.571,04	257.241,18	3.643.604,62	220.501
RİZE	42.408,43	229.004,47	226.280,63	208.076,97	705.770,50	232.904
SAKARYA	59.530,68	611.816,05	2.379.468,95	668.126,61	3.718.942,29	467.457
SAMSUN	96.423,07	799.843,97	848.836,69	718.549,99	2.463.653,72	760.104
SİİRT	15.364,14	117.095,11	132.899,30	107.761,59	373.120,14	89.426
SİNOP	21.616,89	146.463,59	72.846,38	92.328,13	333.254,99	158.681
SİVAS	49.993,17	318.070,88	396.653,72	305.423,52	1.070.141,29	357.487
ŞANLIURFA	54.045,14	841.145,27	740.524,49	876.445,51	2.512.160,41	565.157
ŞIRNAK	11.647,21	96.575,21	103.960,80	143.180,71	355.363,93	101.770
TEKİRDAĞ	48.491,24	589.859,94	4.693.001,76	800.665,21	6.132.018,15	556.531
TOKAT	39.795,31	307.556,69	222.746,08	230.030,53	800.128,61	316.980
TRABZON	78.993,06	595.471,77	203.622,73	491.777,13	1.369.864,69	527.861
TUNCELİ	9.327,72	38.176,30	8.789,68	54.935,36	111.229,06	55.815
UŞAK	21.687,27	195.075,55	826.647,22	405.486,77	1.448.896,81	210.071
VAN	18.099,80	410.753,93	102.969,09	366.098,47	897.921,29	333.685
YALOVA	16.166,35	180.320,60	148.856,93	192.712,27	538.056,15	194.517
YOZGAT	33.245,59	209.178,31	165.168,59	203.674,12	611.266,61	248.164
ZONGULDAK	72.384,41	405.236,06	493.495,50	308.390,63	1.279.506,60	380.806
GENEL TOPLAM	4.218.215,12	51.085.628	89.922.525	60.834.907,36	206.061.275,3	41.056.345

**4.5. Uygulama sonuçları (Application results)**

EMS paket programı yardımıyla CCR ve BCC modellerinin çözümü sonucu elde edilen etkinlik değerleri Çizelge 4.'te verilmiştir. Çizelge 4.'te verilen

sonuçlar ile etkin olmayan illerin elektriği etkin kullanmadığı diğer bir ifadeyle elektriği Çizelge 4.'te verilen etkinlik değeri oranında etkin kullandığı anlaşılmaktadır.

**Çizelge 4.** CCR ve BCC modeli ile elde edilen etkinlik değerleri (Efficiency values obtained with CCR and BCC model)

No	KVB (İller)	CCR ETKİNLİK DEĞERİ	ETKİNLİK	BCC ETKİNLİK DEĞERİ	ETKİNLİK
1	ADANA	72,90%	Etkin Değil	89,11%	Etkin Değil
2	ADIYAMAN	76,44%	Etkin Değil	76,45%	Etkin Değil
3	AFYONKARAHİSAR	89,48%	Etkin Değil	93,83%	Etkin Değil
4	AĞRI	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
5	AKSARAY	90,25%	Etkin Değil	90,49%	Etkin Değil
6	AMASYA	82,68%	Etkin Değil	83,09%	Etkin Değil
7	ANKARA	80,65%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
8	ANTALYA	71,31%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
9	ARDAHAN	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
10	ARTVİN	80,46%	Etkin Değil	81,63%	Etkin Değil
11	AYDIN	73,15%	Etkin Değil	90,86%	Etkin Değil
12	BALIKESİR	94,48%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
13	BARTIN	89,56%	Etkin Değil	91,72%	Etkin Değil
14	BATMAN	72,08%	Etkin Değil	72,26%	Etkin Değil
15	BAYBURT	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
16	BİLECİK	89,21%	Etkin Değil	89,31%	Etkin Değil
17	BİNGÖL	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
18	BİTLİS	72,50%	Etkin Değil	72,51%	Etkin Değil
19	BOLU	70,93%	Etkin Değil	72,43%	Etkin Değil
20	BURDUR	84,70%	Etkin Değil	86,72%	Etkin Değil
21	BURSA	93,24%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
22	ÇANAKKALE	89,41%	Etkin Değil	90,01%	Etkin Değil
23	ÇANKIRI	92,13%	Etkin Değil	93,91%	Etkin Değil
24	ÇORUM	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
25	DENİZLİ	74,40%	Etkin Değil	77,60%	Etkin Değil
26	DİYARBAKIR	86,91%	Etkin Değil	91,73%	Etkin Değil
27	DÜZCE	66,71%	Etkin Değil	67,81%	Etkin Değil
28	EDİRNE	73,20%	Etkin Değil	73,22%	Etkin Değil
29	ELAZIĞ	93,59%	Etkin Değil	93,96%	Etkin Değil
30	ERZİNCAN	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
31	ERZURUM	86,29%	Etkin Değil	95,79%	Etkin Değil
32	ESKİŞEHİR	97,34%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
33	GAZİANTEP	68,61%	Etkin Değil	72,31%	Etkin Değil
34	GİRESUN	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
35	GÜMÜŞHANE	97,99%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
36	HAKKARİ	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
37	HATAY	77,18%	Etkin Değil	88,49%	Etkin Değil
38	İĞDIR	81,42%	Etkin Değil	89,52%	Etkin Değil
39	ISPARTA	77,36%	Etkin Değil	77,50%	Etkin Değil
40	İSTANBUL	89,02%	Etkin Değil	100,00%	Etkin



**Çizelge 4.**(devam) CCR ve BCC modeli ile elde edilen etkinlik değerleri (Efficiency values obtained with CCR and BCC model)

No	KVB (İller)	CCR ETKİNLİK DEĞERİ	ETKİNLİK	BCC ETKİNLİK DEĞERİ	ETKİNLİK
41	İZMİR	66,46%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
42	KAHRAMANMARAŞ	75,99%	Etkin Değil	77,12%	Etkin Değil
43	KARABÜK	85,27%	Etkin Değil	86,35%	Etkin Değil
44	KARAMAN	95,11%	Etkin Değil	97,13%	Etkin Değil
45	KARS	85,65%	Etkin Değil	86,02%	Etkin Değil
46	KASTAMONU	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
47	KAYSERİ	73,68%	Etkin Değil	82,19%	Etkin Değil
48	KIRIKKALE	79,83%	Etkin Değil	80,42%	Etkin Değil
49	KIRKLARELİ	73,23%	Etkin Değil	73,72%	Etkin Değil
50	KİRŞEHİR	86,66%	Etkin Değil	87,46%	Etkin Değil
51	KİLİS	75,29%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
52	KOCAELİ	71,18%	Etkin Değil	75,89%	Etkin Değil
53	KONYA	79,72%	Etkin Değil	97,79%	Etkin Değil
54	KÜTAHYA	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
55	MALATYA	89,65%	Etkin Değil	92,57%	Etkin Değil
56	MANİSA	85,18%	Etkin Değil	91,29%	Etkin Değil
57	MARDİN	79,78%	Etkin Değil	81,32%	Etkin Değil
58	MERSİN	75,95%	Etkin Değil	93,29%	Etkin Değil
59	MUĞLA	64,49%	Etkin Değil	71,59%	Etkin Değil
60	MUŞ	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
61	NEVŞEHİR	80,07%	Etkin Değil	84,36%	Etkin Değil
62	NİĞDE	85,22%	Etkin Değil	85,33%	Etkin Değil
63	ORDU	95,22%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
64	OSMANIYE	74,85%	Etkin Değil	75,66%	Etkin Değil
65	RİZE	79,40%	Etkin Değil	80,95%	Etkin Değil
66	SAKARYA	68,74%	Etkin Değil	71,90%	Etkin Değil
67	SAMSUN	81,98%	Etkin Değil	98,25%	Etkin Değil
68	SİİRT	63,50%	Etkin Değil	69,37%	Etkin Değil
69	SİNOP	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
70	SİVAS	88,34%	Etkin Değil	91,73%	Etkin Değil
71	ŞANLIURFA	72,22%	Etkin Değil	77,48%	Etkin Değil
72	ŞIRNAK	89,29%	Etkin Değil	91,63%	Etkin Değil
73	TEKİRDAĞ	91,14%	Etkin Değil	93,78%	Etkin Değil
74	TOKAT	91,93%	Etkin Değil	92,68%	Etkin Değil
75	TRABZON	80,60%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
76	TUNCELİ	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
77	UŞAK	91,60%	Etkin Değil	92,05%	Etkin Değil
78	VAN	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
79	YALOVA	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
80	YOZGAT	94,08%	Etkin Değil	97,36%	Etkin Değil
81	ZONGULDAK	76,74%	Etkin Değil	80,22%	Etkin Değil

CCR modeli ve BCC modeline ilişkin sonuçların kısa bir özeti Çizelge 5.'de verilmiştir. Etkin olmayan illerin etkin olabilmesi için tüketmesi gereken elektrik miktarı yani gerçekleştirmesi gereken hedef değerleri Çizelge

6.'da verilmiştir. Etkin olmayan illerin etkin olabilmesi için girdilerinde gerçekleştirilmesi gereken potansiyel iyileştirmeler Çizelge 7.'de verilmiştir.

**Çizelge 5.** CCR ve BCC modeli istatistiksel verileri (CCR and BCC model statistical data)

	CCR	BCC
İl (KVB) Sayısı	81	81
Etkin Olan İl Sayısı	15	26
Etkin Olmayan İl Sayısı	66	55
En Düşük Etkinlik	63,50%	67,81%
En Yüksek Etkinlik	100,00%	100,00%
Ortalama Etkinlik	84,98%	89,61%
Etkin Olan İller	Ağrı, Ardahan, Bayburt, Bingöl, Çorum, Erzincan Giresun, Hakkari, Kastamonu, Kütahya, Muş, Sinop, Tunceli, Van, Yalova	Ağrı, Ardahan, Bayburt, Bingöl, Çorum, Erzincan Giresun, Hakkari, Kastamonu, Kütahya, Muş, Sinop, Tunceli, Van, Yalova  Ankara, Antalya, Balıkesir, Bursa, Eskişehir, Gümüşhane, İstanbul, İzmir, Kilis, Ordu, Trabzon
En Düşük Etkiliğe Sahip İl	Siirt (BCC'ye göre 80. sırada)	Düzce (CCR'ye göre 78. sırada)

**Çizelge 6.** Hedef değerler (Target values)

İller	CCR Modeli				BCC Modeli			
	Hedef Değerler (MWh)				Hedef Değerler (MWh)			
	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane
ADANA	92.968,09	1.622.527,89	1.243.999,89	1.521.749,49	92.968,09	1.363.448,18	2.794.993,28	1.521.749,49
ADİYAMAN	24.053,21	245.164,21	321.384,87	268.364,26	24.053,21	245.164,21	320.531,48	268.364,26
AFYON	52.005,48	359.914,47	470.858,76	464.982,51	51.509,72	359.914,47	470.858,76	349.640,94
AKSARAY	22.742,10	189.860,42	182.929,62	226.061,64	22.742,10	189.860,42	182.929,62	212.350,46
AMASYA	29.344,27	189.893,95	149.624,77	169.630,99	28.871,60	189.893,95	149.624,77	169.630,99
ANKARA	252.528,13	3.768.377,18	2.215.532,66	3.977.863,67	BCC modeline göre etkin			
ANTALYA	160.918,94	2.303.248,91	1.055.857,50	2.602.626,25	BCC modeline göre etkin			
ARTVİN	22.236,01	115.131,25	125.939,68	98.547,20	22.703,59	115.131,25	125.939,58	98.547,20
AYDIN	72.846,95	866.813,35	519.065,13	882.129,36	72.846,95	844.916,32	519.065,13	893.747,47
BALIKESİR	94.426,72	817.609,75	1.063.918,07	864.255,23	BCC modeline göre etkin			
BARTIN	21.257,31	121.084,78	148.957,91	92.793,27	21.781,82	121.084,78	198.263,64	92.793,27
BATMAN	19.574,74	229.801,62	164.872,89	216.941,90	19.574,74	229.801,62	191.082,18	216.941,90
BİLECİK	18.820,07	103.094,49	321.623,30	147.219,37	18.820,07	103.094,49	321.532,10	145.485,08
BİTLİS	17.722,16	125.326,25	22.512,22	125.166,72	17.722,16	125.326,25	22.512,22	125.166,72

Çizelge 6.(devam) Hedef değerler (Target values)

İller	CCR Modeli				BCC Modeli			
	Hedef Değerler (MWh)				Hedef Değerler (MWh)			
	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane
BOLU	27.437,97	172.754,36	470.008,74	252.813,96	27.437,97	172.754,36	403.642,92	247.218,79
BURDUR	22.692,57	156.107,71	303.392,02	156.338,41	22.692,57	156.107,71	215.656,57	156.338,41
BURSA	109.717,53	1.781.249,42	1.180.172,96	1.729.877,67	BCC modeline göre etkin			
ÇANAKKALE	41.956,48	324.829,74	912.485,03	403.691,04	41.956,48	324.829,74	1.027.349,65	413.196,83
ÇANKIRI	18.995,09	98.004,54	184.324,24	102.354,62	18.995,09	98.004,54	113.097,22	102.354,62
DENİZLİ	70.655,63	630.531,22	1.067.999,15	677.551,85	70.655,63	630.531,22	1.155.086,53	677.551,85
DİYARBAKIR	38.390,31	635.580,51	307.392,82	620.969,72	38.390,31	635.580,51	421.132,68	662.926,30
DÜZCE	28.680,30	212.835,39	399.372,62	216.216,64	28.680,30	212.835,39	339.466,72	216.216,64
EDİRNE	30.779,48	274.899,77	409.348,00	322.748,43	30.779,48	274.899,77	409.348,01	321.000,94
ELAZIĞ	33.883,32	270.787,23	553.096,61	332.085,88	33.883,32	270.787,23	615.830,40	336.741,46
ERZURUM	41.133,79	349.175,43	178.518,22	373.558,66	41.133,79	349.175,43	178.518,22	284.715,71
ESKİŞEHİR	44.635,76	538.485,83	423.620,20	563.355,44	BCC modeline göre etkin			
GAZİANTEP	71.571,71	1.026.467,29	1.805.095,74	1.045.664,90	71.571,71	1.026.467,29	2.857.724,40	1.107.444,55
GÜMÜŞHANE	13.351,40	64.470,80	103.618,12	62.930,44	BCC modeline göre etkin			
HATAY	72.198,68	1.007.483,70	1.058.726,85	822.210,28	72.198,68	823.297,60	1.276.415,20	822.210,28
İĞDIR	11.213,06	82.218,95	5.862,26	81.939,46	11.213,06	75.038,61	5.862,26	68.530,40
ISPARTA	36.884,29	282.530,22	464.556,27	327.980,52	36.884,29	282.530,22	464.556,27	318.670,72
İSTANBUL	464.571,25	10.582.250,10	3.425.523,16	10.098.863,42	BCC modeline göre etkin			
İZMİR	206.892,06	4.047.017,48	3.559.468,72	3.716.871,25	BCC modeline göre etkin			
MARAŞ	55.904,43	458.895,74	1.351.837,77	562.488,00	55.904,43	458.895,74	1.602.479,20	581.699,63
KARABÜK	22.540,90	144.165,13	220.527,50	150.112,83	22.540,90	144.165,13	174.987,94	150.112,83
KARAMAN	15.348,15	123.387,50	217.060,77	149.471,86	15.348,15	123.387,50	160.945,40	140.440,67
KARS	13.571,08	116.341,08	71.517,97	118.414,59	13.571,08	116.341,08	66.154,42	118.414,59
KAYSERİ	102.809,25	722.649,13	1.325.828,51	710.816,49	94.838,22	722.649,13	1.136.006,15	710.816,49
KIRIKKALE	20.175,47	158.739,60	167.724,95	159.420,05	20.175,47	158.739,60	148.543,20	159.420,05
KIRKLARELİ	25.392,93	231.364,58	623.638,34	279.413,63	25.392,93	231.364,58	592.722,46	275.055,17
KIRŞEHİR	20.601,16	122.865,28	205.776,59	138.318,66	20.601,16	122.865,28	169.537,10	138.318,66
KİLİS	7.511,81	74.321,21	39.034,29	86.025,39	BCC modeline göre etkin			
KOCAELİ	93.106,48	1.158.311,99	2.413.333,53	1.242.337,55	93.106,48	1.158.311,99	3.837.103,09	1.323.210,30
KONYA	141.307,24	1.138.372,83	1.813.013,87	1.377.703,53	113.388,11	1.138.372,83	1.402.758,27	1.325.934,70
MALATYA	45.761,83	377.528,60	558.242,81	443.360,67	45.761,83	377.528,60	558.242,81	402.560,67
MANİSA	72.043,95	861.327,03	863.772,76	906.279,26	72.043,95	861.327,03	1.871.175,22	940.255,79
MARDİN	25.805,10	292.156,89	246.907,78	322.048,05	25.805,10	292.156,89	288.805,60	319.378,64
MERSİN	88.831,49	1.382.852,84	833.672,30	1.252.508,06	88.831,49	1.113.459,43	1.618.756,11	1.252.508,07
MUĞLA	71.124,77	896.202,34	655.281,79	1.122.906,69	71.124,77	896.202,34	712.927,79	1.088.466,30
NEVŞEHİR	31.620,06	168.112,09	149.057,42	206.050,71	27.872,35	168.112,09	149.057,42	190.569,52
NİĞDE	31.709,02	165.821,12	344.741,20	182.388,98	31.709,01	165.821,12	346.284,60	179.478,60
ORDU	68.937,22	445.229,86	352.155,54	320.725,11	BCC modeline göre etkin			
OSMANIYE	24.003,45	324.804,66	957.677,32	257.241,18	24.003,45	315.278,80	883.585,48	257.241,18
RİZE	42.408,43	229.004,47	226.280,63	208.076,97	37.129,58	229.004,47	226.280,63	208.076,97
SAKARYA	59.530,68	611.816,05	1.187.309,31	668.126,61	59.530,68	611.816,05	1.373.747,31	668.126,61
SAMSUN	96.423,07	799.843,97	712.826,37	718.549,99	89.228,35	731.860,23	848.836,69	718.549,99
SİİRT	15.364,14	117.095,11	132.899,30	107.761,59	15.364,14	117.095,11	71.769,71	107.761,59

**Çizelge 6.**(devam) Hedef değerler (Target values)

İller	CCR Modeli Hedef Değerler (MWh)				BCC Modeli Hedef Değerler (MWh)			
	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane
SİVAS	49.993,17	318.070,88	396.653,71	305.423,52	47.755,02	318.070,88	396.653,72	283.184,92
ŞANLIURFA	54.045,14	841.145,27	512.623,65	832.638,06	54.045,14	833.599,04	740.524,49	876.445,51
ŞİRNAK	11.647,21	96.575,21	103.960,80	115.999,49	11.647,21	96.575,21	59.777,28	106.838,69
TEKİRDAĞ	48.491,24	589.859,94	809.168,04	629.904,49	48.491,24	589.859,94	1.681.341,77	703.786,48
TOKAT	39.795,31	293.367,34	222.746,08	230.030,53	39.795,31	290.386,85	222.746,08	230.030,53
TRABZON	78.993,06	595.471,77	203.622,73	491.777,13	BCC modeline göre etkin			
UŞAK	21.687,27	195.075,55	346.645,77	241.036,19	21.687,27	195.075,55	324.282,61	237.043,90
YOZGAT	33.245,59	209.178,31	165.168,59	203.674,12	32.080,38	209.178,31	165.168,59	190.120,83
ZONGULDAK	70.790,38	405.236,06	470.110,28	308.390,63	68.248,39	405.236,04	433.905,76	308.390,63

**Çizelge 7.** Potansiyel iyileştirmeler (Potential improvements)

İller	CCR Modeli Potansiyel İyileştirme Miktarı (MWh)				BCC Modeli Potansiyel İyileştirmeler Miktarı (MWh)			
	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane
ADANA	0	0	1.550.993,39	0	0	259.079,71	0	0
ADYAMAN	0	0	184.289,66	0	0	0	185.143,05	0
AFYON	0	0	0	143.732,14	495,76	0	0	259.073,71
AKSARAY	0	0	0	52.636,21	0	0	0	66.347,39
AMASYA	0	0	0	0	472,67	0	0	0
ANKARA	0	0	752.465,91	1.178.144,47	BCC modeline göre etkin			
ANTALYA	0	0	0	938.946,42	BCC modeline göre etkin			
ARTVİN	4.047,94	0	0	0	3.580,36	0	0,1	0
AYDIN	0	0	0	11.618,11	0	21.897,03	0	0
BALIKESİR	0	0	120.049,21	0	BCC modeline göre etkin			
BARTIN	1.041,25	0	63.623,68	0	516,74	0	14.317,95	0
BATMAN	0	0	50.815,01	0	0	0	24.605,72	0
BİLECİK	0	0	956.197,07	55.261,18	0	0	956.288,27	56.995,47
BİTLİS	0	0	0	0	0	0	0	0
BOLU	0	0	18.784,86	54.557,71	0	0	85.150,68	60.152,88
BURDUR	0	0	239.464,51	0	0	0	327.199,96	0
BURSA	0	0	4.688.465,31	286.064,07	BCC modeline göre etkin			
ÇANAKKALE	0	0	1.784.746,78	26.131,89	0	0	1.669.882,16	16.626,1
ÇANKIRI	0	0	6.426,05	0	0	0	77.653,07	0
DENİZLİ	0	0	749.625,47	0	0	0	662.538,09	0
DİYARBAKIR	0	0	113.739,86	93.406,21	0	0	0	51.449,63
DÜZCE	0	0	147.399,37	0	0	0	207.305,27	0
EDİRNE	0	0	0,01	11.880,19	0	0	0	13.627,68
ELAZIĞ	0	0	80.564,11	39.269,26	0	0	17.830,32	34.613,68
ERZURUM	0	0	0	6.564,79	0	0	0	95.407,74
ESKİŞEHİR	0	0	914.732,98	74.518,52	BCC modeline göre etkin			
GAZİANTEP	0	0	2.656.598,43	61.779,65	0	0	1.603.969,77	0
GÜMÜŞHANE	1715,35	0	143.191,63	0	BCC modeline göre etkin			

Çizelge 7.(devam) Potansiyel iyileştirmeler (Potential improvements)

İller	CCR Modeli				BCC Modeli			
	Potansiyel İyileştirme Miktarı (MWh)				Potansiyel İyileştirmeler Miktarı (MWh)			
	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane
HATAY	0	0	1.190.699,96	0	0	184.186,1	973.011,61	0
İĞDIR	0	0	0	322,72	0	7.180,34	0	13.731,78
ISPARTA	0	0	0	0	0	0	0	9.309,8
İSTANBUL	0	318.968,48	6.344.313,28	5.692.089,23	BCC modeline göre etkin			
İZMİR	0	0	4.331.892,84	0	BCC modeline göre etkin			
MARAŞ	0	0	1.503.801,6	33.502,05	0	0	1.253.160,17	14.290,42
KARABÜK	0	0	0	0	0	0	45.539,56	0
KARAMAN	0	0	0	17.067,98	0	0	56.115,37	26.099,17
KARS	0	0	0	0	0	0	5.363,55	0
KAYSERİ	0	0	537.898,92	0	7.971,03	0	727.721,28	0
KIRIKKALE	0	0	0	0	0	0	19.181,75	0
KIRKLARELİ	0	0	754.431,64	34.975,97	0	0	785.347,52	39.334,43
KIRŞEHİR	0	0	0	0	0	0	36.239,49	0
KİLİS	0	0	0	30.772,4	BCC modeline göre etkin			
KOCAELİ	0	0	3.932.819,67	114.159,82	0	0	2.509.050,11	33.287,07
KONYA	0	0	0	58.310,39	27.919,13	0	410.255,6	110.079,22
MALATYA	0	0	0	0,03	0	0	0	40.800,03
MANİSA	0	0	1.253.172,11	33.976,53	0	0	245.769,65	0
MARDİN	0	0	41.897,82	44.681,72	0	0	0	47.351,13
MERSİN	0	0,02	785.083,83	0,01	0	269.393,43	0,02	0
MUĞLA	0	0	57.646	365.010,84	0	0	0	399.451,23
NEVŞEHİR	0	0	0	0	3.747,71	0	0	15.481,19
NİĞDE	0	0	157.650,87	0	0,01	0	156.107,47	2.910,38
ORDU	0	0	0	0	BCC modeline göre etkin			
OSMANİYE	0	6.984,29	2.072.893,72	0	0	16.510,15	2.146.985,56	0
RİZE	0	0	0	0	5.278,85	0	0	0
SAKARYA	0	0	1.192.159,64	0	0	0	1.005.721,64	0
SAMSUN	0	0	136.010,32	0	7.194,72	67.983,74	0	0
SİİRT	0	0	0	0	0	0	61.129,59	0
SİVAS	0	0	0,01	0	2.238,15	0	0	22.238,6
ŞANLIURFA	0	0	227.900,84	43.807,45	0	7.546,23	0	0
ŞIRNAK	0	0	0	27.181,22	0	0	44.183,52	36.342,02
TEKİRDAĞ	0	0	3.883.833,72	170.760,72	0	0	3.011.659,99	96.878,73
TOKAT	0	14.189,35	0	0	0	17.169,84	0	0
TRABZON	0	0	0	0	BCC modeline göre etkin			
UŞAK	0	0	480.001,45	164.450,58	0	0	502.364,61	168.442,87
YOZGAT	0	0	0	0	1.165,21	0	0	13.553,29
ZONGULDAK	1.594,03	0	23.385,22	0	4.136,02	0,02	59.589,74	0

CCR modeline ait potansiyel iyileştirmelerin değerlendirilmesini bir örnek ile açıklayacak olursak; Adana'nın etkin olabilmesi için sanayideki elektrik tüketimi 1550993,39 MWh, Adıyaman'nın etkin olabilmesi için sanayideki elektrik tüketimi 184289,66 MWh, Afyonkarahisar'ın etkin olabilmesi için ise

ticarethanedeki elektrik tüketimi 143732,14 MWh azaltılmalıdır.

Aynı örnek ile BCC modeline ait potansiyel iyileştirmeler değerlendirildiğinde ise Adana'nın etkin olabilmesi için meskendeki elektrik tüketimi 259079,71 MWh, Adıyaman'nın etkin olabilmesi için sanayideki elektrik tüketimi 185143,05 MWh, Afyonkarahisar'ın etkin olabilmesi için ise ticarethanedeki elektrik tüketimi 259073,71 MWh ve aydınlatmadaki elektrik tüketimi 495,76 MWh azaltılmalıdır.

## 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Etkinlik ölçme tekniklerinden olan veri zarflama analizi kullanılarak yapılan bu çalışmada elektrik tüketimi konusunda il bazında etkinlik değerleri belirlenmiş ve iyileştirme konusunda tespitlerde bulunulmuştur. Yapılan bu tespitlerin dikkate alınması enerji verimliliği konusunda daha etkin bir yöntem izlenmesine olanak sağlayacaktır.

CCR ve BBC modellerinin her ikisinin de kullanılması ile bu iki model arasındaki farklılıklar görülmüştür. CCR modelinde etkin çıkan iller BCC modelinde de etkin çıkmıştır. CCR modelinde 15 il etkin çıkarken BCC modelinde 26 il etkin çıkmıştır. Bu da BCC modelinin daha iyimser bir model olduğunu ortaya koymaktadır.

Şekil 1.'de görüldüğü üzere özellikle CCR modelinin çözümüne göre Güneydoğu Anadolu ve Karadeniz gibi sanayinin az olduğu bölgelerdeki etkin il sayısının diğer bölgelere göre oldukça fazla olduğu dikkat çekmektedir.

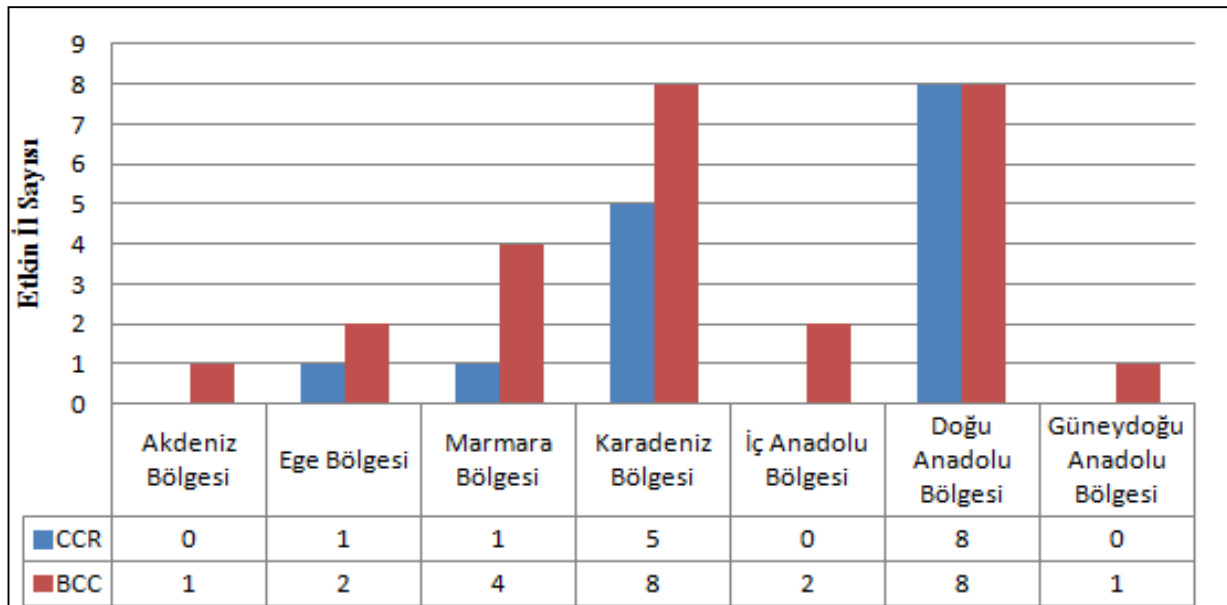
Marmara ve İç Anadolu Bölgesi gibi sanayisi çok olan bölgelerde de etkin il sayısının arttığı görülmektedir.

Yapılan çalışma neticesinde ağırlıklı olarak sanayi bazında elektrik tüketimleri az olan illerin etkin çıktıkları görülmektedir. Bu da sanayinin elektrik tüketimindeki payının önemli olduğunu göstermektedir. Genel olarak küçük sanayilere küçük şehirlerin sahip olduğu düşüncesi ile hareket edilirse etkin çıkan illerin çoğunluğunu küçük şehirlerin oluşturduğu görülmektedir.

CCR modeli dikkate alındığında elektrik tüketim etkililiğini artırma faaliyetlerine en az etkin olan Siirt ve Muğla gibi illerden başlanabilir. Ayrıca yine CCR modeli dikkate alındığında potansiyel iyileştirme değeri en yüksek olan İstanbul, Bursa ve İzmir gibi illerde söz konusu iyileştirmeyi gerçekleştirmek, elektrik tüketiminin miktarsal olarak daha çok azaltılmasına kısa vadede önemli katkı sağlayacak ve ekonomik katkısı daha büyük olacaktır.

BCC modeli dikkate alındığında ise elektrik tüketim etkililiğini artırma faaliyetlerine en az etkin olan Düzce ve Siirt gibi illerden başlanabilir. Ayrıca yine BCC modeli dikkate alındığında potansiyel iyileştirme değeri en yüksek olan Tekirdağ, Kocaeli ve Osmaniye gibi illerde söz konusu iyileştirmeyi gerçekleştirmek, elektrik tüketiminin miktarsal olarak daha çok azaltılmasına kısa vadede önemli katkı sağlayacak ve ekonomik katkısı daha büyük olacaktır.

Aydınlatma konusunda potansiyel iyileştirmeye sahip olan illerde sokak lambalarının çalışma saatlerinin revize edilmesi, lambaların daha tasarruflu olanlarla



CCR: Charnes, Cooper, Rhodes Modeli; BCC: Banker, Charnes, Cooper Modeli

Şekil 1. Bölgelere göre etkin il sayısı (Effective province count according to the region)

Daha iyimser sonuçlar sunan BCC modeli çözümünde ise yine sanayisi az olan Güneydoğu ve Karadeniz Bölgesi'nin etkin il sayısının fazla olması ile birlikte Ege,

değiştirilmesi, yansıtma yöntemi ile daha az lamba kullanılması ve akıllı aydınlatma sistemlerinin kullanılması gibi yöntemlerle iyileştirmeler konusunda ciddi ve sonuç verici adımlar atılabilir.

Mesken, ticarethane ve sanayide tespit edilen potansiyel iyileştirmeler için ise gereksiz lamba, makine ve cihaz kullanımının azaltılması, yüksek enerji verimliliği sınıfına sahip lamba, makine ve cihaz kullanımının artırılması, doğal aydınlatmadan maksimum seviyede yararlanılmaya çalışılması, akıllı teknolojilerin kullanılması ve elektriğin daha az tüketilmesi ile enerji verimliliği konularında insanların bilinçlendirilmesi gibi çeşitli çalışmalar hayata geçirilerek söz konusu iyileştirmeler gerçekleştirilebilir.

## 6. SONUÇ (CONCLUSION)

Türkiye’de mevcut bulunan 81 ili kapsayan ve söz konusu illerin tüketici bazındaki (aydınlatma, mesken, sanayi ve ticarethane) 2016 yılı elektrik tüketim miktarları ile tüketici sayılarını kullanarak yapılan bu çalışmada illerin görece (birbirlerine göre) etkinlikleri belirlenmiştir.

Çalışmada çıktı değişkenlerini (tüketici sayısı) sabit tutarak girdi değişkenlerinde (aydınlatma, mesken, sanayi ve ticarethane) meydana gelecek değişiklikler tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeyle girdilerini minimize ederek etkin olan ve etkin olmayan iller belirlenmiş ve girdilerde azaltılması gereken miktarlar tespit edilmiştir. Veri zarflama analizi modellerinden olan girdiye yönelik CCR modeli ve girdiye yönelik BCC modeli kullanılarak EMS programı aracılığıyla etkinlikler belirlenmiştir. Her iki veri zarflama analizi modeli kullanılarak modellerin sonuçlardaki etkisi görülmüştür.

CCR modeli ile yapılan analiz sonuçlarına göre Türkiye’deki 81 ilden 15 tanesi etkin çıkarken 66 tanesi etkin çıkmamıştır. En düşük etkinlik değerine sahip il 63,50 % etkinlik değeri ile Siirt ili olmuştur. Ortalama etkinlik değeri ise 84,98 %’dir.

BCC modeli ile yapılan analiz sonuçlarına göre Türkiye’deki 81 ilden 26 tanesi etkin çıkarken 55 tanesi etkin çıkmamıştır. En düşük etkinlik değerine sahip il 67,81 % etkinlik değeri ile Düzce ili olmuştur. Ortalama etkinlik değeri ise 89,61 %’dir.

CCR ve BCC modellerine ilişkin etkin ve etkin olmayan iller Tablo 4’te, istatistikî veriler Tablo 5’te, hedef değerler Tablo 6’da ve potansiyel iyileştirmeler ise Tablo 7’de ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Elde edilen sonuçlardan da anlaşılacağı üzere BCC modeli CCR modeline göre daha iyimser bir tablo çizmektedir. Bu iyimser tablonun sebebi Denklem 3.5’teki konvekslik kısıtıdır. BCC modeline eklenen konvekslik kısıtı ile etkinlik sınırı daha kapsayıcı hale gelmiş ve daha fazla il etkinlik sınırına dahil olmuştur. CCR modelinde etkin çıkan tüm iller BCC modelinde de etkin çıkmıştır. Literatür incelendiğinde de bu durumun beklenen bir sonuç olduğu görülmektedir.

Bu çalışma, elektriğin etkin kullanımı konusunda etkin olmayan iller ve bu illere ait potansiyel iyileştirmelerin belirlenmesi ile elektriğin etkin kullanımına yönelik alınacak olan karar ve aksiyonlarda hangi illere ve bu ildeki hangi tüketici türüne öncelik verileceği hususunda

karar vericilere fayda sağlayacaktır. Böylece elektrik tüketim etkinliğinin artırılması ve potansiyel iyileştirmelerin gerçekleştirilmesi konusunda daha doğru ve etkili adımlar atılabilecektir. Bu yönüyle bu çalışma, elektrik tüketim etkinliğinin artırılması faaliyetlerine önemli bir girdi teşkil etmektedir.

Enerji talebinin hızlı bir şekilde artması ile birlikte enerji verimliliği giderek önem kazanmaktadır. Türkiye’deki iller üzerinde yapılan bu çalışma; enerji verimliliği konusunda belirlenecek politika ve stratejiler açısından önemli bir yol gösterici olacaktır.

Yapılan bu çalışmanın sonucunda şu önerilerde bulunulabilir:

- İllerin elektrik tüketimleri ile tüketici sayılarının yıllar içerisindeki değişimleri Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi ile analiz edilebilir.
- Yıllar içerisindeki etkinlik değerleri ve etkinlik değişimleri elde edilebilir.
- Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri ile illerin geleceğe yönelik elektrik tüketimleri, tüketici sayıları ve etkinliklerine ilişkin tahminler yapılabilir.
- Olası etkisizlikler için proaktif bir yaklaşım benimsenerek eylem planları hazırlanabilir.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] U.S. Department of Energy’s Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Power to the Plug: *An Introduction to Energy, Electricity, Consumption, and Efficiency*, Washington, D.C, (2011).
- [2] Çakmanus Ö. F., *Sanayi ve Konutlarda Enerji Verimi*, Elektrik Mühendisleri Odası, Ankara, (2007).
- [3] Yolalan R. ve Bear J., “*İşletmeler Arası Göreceli Etkinlik Ölçümü*”, Milli Produktivite Merkezi Yayınları, No 483, Ankara, (1993).
- [4] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, “*Elektrik Piyasası 2016 Yılı Piyasa Gelişim Raporu*”, Ankara, (2017).
- [5] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, “*2016 Yılına İlişkin İl Bazında Tüketici Sayısı*”, Ankara, (2017).
- [6] Cooper W. W., Seiford L. M. and Zhu J., “Handbook on data envelopment analysis”, *Springer Science & Business Media*, (2011).
- [7] Tarım A., “*Veri Zarflama Analizi Matematiksel Programlama Tabanlı Göreceli Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı*”, Sayıştay Yayınları, No 15, Ankara, (2001).
- [8] Gattoufi S., Oral M. and Reisman A., “Data envelopment analysis literature: a bibliography update”, *Socio-Economic Planning Sciences*, 38(2-3): (2004).
- [9] Charnes A., Cooper W. W., Lewin A. Y. and Seiford L. M., “Data envelopment analysis: theory, methodology and applications”, *Kluwer Academic Publishers*, 66, (1994).
- [10] Dinçer S. E., “*Stratejik Planlama ve Veri Zarflama Analizinde Etkinlik Ölçümü*”, Der Yayınları, İstanbul, 42-82, (2011).
- [11] Erpolat S., “*Veri Zarflama Analizi: Ağırlık Kısıtlamasız, Ağırlık Kısıtlamalı, Şans Kısıtlı, Bulanık*”, Evrim Yayınevi, İstanbul, 22-82, (2011).

- [12] Cooper W. W., Seiford L. M. and Zhu J., "Handbook on data envelopment analysis", *Kluwer Academic Publishers*, 13: (2004).
- [13] Cooper W. W., Seiford L. M. and Tone K., "Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and dea-solver software", *Springer Science & Business Media*, 22-152, (2007).
- [14] Güçlü A., "Türk Silahlı Kuvvetleri Hastanelerinde Teknik Verimlilik Ölçümü: Veri Zarflama Analizi Uygulaması", *Doktora Tezi*, GATA Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 31, (1999).
- [15] Deliktaş E., "Türkiye özel sektör imalat sanayinde etkinlik ve toplam faktör verimliliği analizi", *ODTÜ Gelişme Dergisi*, 29(3-4): 247, (2002).
- [16] Scheel H., "*EMS: Efficiency Measurement System User's Manuel - 1.3*", 1-12, (2000).
- [17] Karakoç İ. D., "Veri zarflama analizindeki ağırlık kısıtlamalarının belirlenmesinde analitik hiyerarşi sisteminin kullanımı", *Dokuz Eylül Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 1-12, (2013).
- [18] Bakırcı F., "sektörel bazda bir etkinlik ölçümü: vza ile bir analiz", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(2): 202-206, (2006).