



**Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**

**İşletme Anabilim Dalı**

**Üretim Yönetimi ve Sayısal Yöntemler**

**TÜRKİYE'DEKİ RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALLERİNİN  
(RES) GÖRELİ ETKİNLİKLERİNİN VERİ ZARFLAMA  
ANALİZİ (VZA) İLE ÖLÇÜMÜ**

**Tamer EMRE**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Ankara, 2014**



TÜRKİYE'DEKİ RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALLERİNİN  
(RES) GÖRELİ ETKİNLİKLERİNİN VERİ ZARFLAMA  
ANALİZİ (VZA) İLE ÖLÇÜMÜ

Tamer EMRE

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

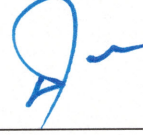
Üretim Yönetimi ve Sayısal Yöntemler

Yüksek Lisans Tezi

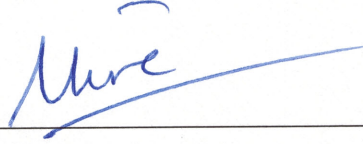
Ankara, 2014

## KABUL VE ONAY

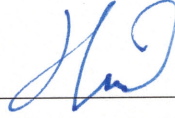
Tamer EMRE tarafından hazırlanan "Türkiye'deki Rüzgar Enerjisi Santrallerinin (RES) Görelî Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Ölçülmesi" başlıklı bu çalışma, 25/06/2014 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof.Dr.Necmiddin BAĞDADIOĞLU (Başkan)



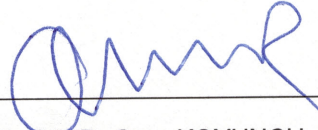
Yrd.Doç.Dr.Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN (Danışman)



Yrd.Doç.Dr.Hatice ÇALIPINAR



Yrd.Doç.Dr.Kazım Barış ATICI



Öğr.Gör.Dr.Onur KOYUNCU

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Prof.Dr.Yusuf ÇELİK

Enstitü Müdürü



## BİLDİRİM

Hazırladığım tezin/raporun tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin/raporumun kağıt ve elektronik kopyalarının Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim/Raporum sadece Hacettepe Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin/Raporumun ..... yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

[Jüri Tarihi]

[İmza]

---

[Öğrencinin Adı Soyadı]

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aőamasında yardımcı olan Danıőmanım Sayın Yard.Doç.Dr.Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN'e, özellikle jüri aşamasındaki kıymetli yorumları, düzeltmeleri ve önerileri ile jüri üyelerim Sayın Prof.Dr.Necmiddin BAĞDADİOĞLU'na, Sayın Yard.Doç.Dr.Hatice ALPINAR'a, Sayın Öğr.Gör.Dr.Onur KOYUNCU'ya, Sayın Yard.Doç.Dr.Barış ATICI'ya, Veri Zarflama Analizi ile beni tanıştıran Sayın Prof.Dr.Aydın ULUCAN'a, Üretim Yönetimi ve Sayısal Yöntemler Programına katılmak konusunda beni teşvik eden Sayın Prof.Dr.Armağan TARIM'a, her aőamada pozitif enerjisi ve desteğiyle yardımcı olan Sayın Öğr.Gör.Dr.Onur KOYUNCU'ya (tekrar), Tezim için gerekli verilerin tedariki ve değerlendirmesi konusunda yardımcı olan etin ÇELİK, Uğur Can YOLDAŐ, Ayfer YENİBAYRAK, Mustafa İZGE ve Kadir AYDEMİR'e, hayatta hep yanımda olan annem Gönül SAVGAR ve ikiz kardeőim Meltem EMRE'ye ve aileme, her gün bir defa daha kıymetini yüreğimizde hissettiğimiz, bugün bu imkanlara sahip olmamızın yegane nedeni ve minnettar olduğumuz Ulu Önder Atatürk'e teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

EMRE Tamer. TÜRKİYE'DEKİ RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALLERİNİN (RES) GÖRELİ ETKİNLİKLERİNİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA) İLE ÖLÇÜMÜ, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2014.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki Rüzgar Enerjisi Santrallerinin (RES) etkinlik değerlerinin Veri Zarflama Analizi (VZA) kullanılarak hesaplanmasıdır. Çalışmada, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü ve Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği tarafından yayımlanmış resmi veriler kullanılmıştır. Girdi verisi olarak santral kurulum ve bağlantı maliyetleri ile birlikte santralin kurulduğu lokasyona ilişkin rüzgar kapasite faktörü ve rüzgar hızı, çıktı verisi olarak ise sayaç kapasite kullanım oranları ve Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizması (YEKDEM) veya spot piyasadan yaklaşık kazanç miktarları değerlendirilmiştir. Girdi ve çıktı verileri ile literatürdeki benzerlerinden ayrılan çalışmada mümkün olan en hassas teknik veri seti ile çalışma yapılmıştır. Çalışmanın sonucu, RES kapasite örneklerinde kurulum ve bağlantı maliyeti, kapasitesi ve üretim miktarı birbirinden farklı olan santrallerin büyük bir bölümünde etkin kullanım ile ilgili sıkıntılar olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca, kurulu gücü fazla olan veya kapasite kullanım oranı yüksek olan santralin daha etkin olduğu gibi bir sonuca ulaşamamaktadır. Santrallerin halen aktif, yatırımı yapılmış, yer ve rüzgar hızını bu nedenle değiştiremeyecek bir küme olması nedeniyle etkinlik analizi sonuçları değerlendirilirken hangi girdi değerinin ne kadar etkin kullanıldığını anlamamızı sağlayan gölge değerler incelenmiştir. Etkin olmayan santraller arasındaki değerlendirme için "bağlam bağımlı VZA" (context dependent DEA) uygulaması yapılmıştır. Bu yöntem sonucunda da etkin olmayan santral, yatırım ve işletmede büyük problemleri olup piyasa şeffaflığının var olmaması nedeni ile farkında olmayan santrallerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Rüzgar Enerjisi Santralleri (RES), Görelî Etkinlik Ölçümü, Veri Zarflama Analizi (VZA), bağlam bağımlı VZA.

## ABSTRACT

EMRE Tamer. THE MEASUREMENT OF RELATIVE EFFICIENCY OF WIND GENERATION IN TURKEY WITH DATA ENVELOPMENT ANALYSIS, Master Thesis, Ankara, 2014.

The purpose of this study is to calculate relative efficiency of Wind Generation located in Turkey by using Data Envelopment Analysis (DEA). Official data used for this study were provided from General Directorate of Renewable Energy and Turkish Wind Energy Association were used. When location capacity factor and wind speed were used together with installation and connection costs of generation units, as input data, meter capacity factor and feed-in-tariff mechanism or spot market income had been evaluated. This study, in which worked with available maximum sensitivity, is different from other studies by input and output variables. The findings of the study show that there are some problems with respect to the efficient operation for most of the Wind Generation Capacity, with different installation, connection costs, capacity, and generation values. Moreover, it is not possible to conclude that generation with higher capacity usage rate is always the most efficient generation unit. Because the generation units are already active, invested and not available for changing wind velocity or factor, shadow prices were evaluated to understand analysis results. Context Dependent DEA application examined for evaluation of non-efficient decision units. Decision units that are found as non-efficient by context dependent DEA, were evaluated as generation units having serious investment or operational problems and have not been aware of it because of non-transparent market mechanism.

**Keywords:** Wind Generation, Relative Efficiency Measurement, Data Envelopment Analysis (DEA), Context Dependent DEA.

# İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	i
BİLDİRİM .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
GİRİŞ.....	1
1. RES KAVRAMI, DÜNYA'DA, AVRUPA'DA VE TÜRKİYE'DEKİ RES KAPASİTESİ..	3
1.1. RES KAVRAMI .....	3
1.2. RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALİ İLE İLGİLİ LİTERATÜR.....	7
1.3. ETKİNLİK ANALİZİ İHTİYACI.....	8
1.4. Dünya'da RES Kapasitesi.....	13
1.5. Avrupa'da RES Kapasitesi.....	17
1.6. Türkiye'de RES Kapasitesi .....	17
2. ARAŞTIRMA SORULARI, HİPOTEZLER VE YÖNTEM.....	28
2.1. ARAŞTIRMA SORULARI.....	28
2.2. HİPOTEZLER .....	28
2.3. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ.....	28
2.4. ETKİNLİK, VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE ETKİNLİK ANALİZİ VE SÜPER ETKİNLİK.....	29
2.4.1. Verimlilik, Etkinlik ve Ölçüm Yöntemleri.....	29
2.4.2. Yöntem Olarak Veri Zarflama Analizi .....	30
2.4.3. Süper Etkinlik .....	36
2.4.4. Bağlam Bağımlı Etkinlik.....	36
3. RES'LERİN GÖRELİ ETKİNLİKLERİNİN VZA İLE ÖLÇÜMÜ: TÜRKİYE'DE BİR UYGULAMA.....	37
3.1. ÇALIŞMANIN VERİ SETLERİ .....	37
3.2. KARAR BİRİMLERİ (KB'LER).....	37

3.3.	GİRDİ VERİLERİ .....	37
3.4.	KURULUM MALİYETİ.....	38
3.5.	ÇIKTI VERİLERİ .....	47
3.6.	AMAÇ FONKSİYONU.....	50
3.7.	VZA'NIN MATEMATİKSEL İFADESİ.....	50
3.8.	GİRDİ YÖNLÜ CCR YÖNTEMİ.....	55
3.9.	GİRDİ YÖNLÜ BCC YÖNTEMİ.....	58
3.10.	BULGULAR .....	59
	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	90
	KAYNAKLAR.....	91
	ÖZGEÇMİŞ .....	98

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

RES	:	Rüzgâr Enerjisi Santrali
VZA	:	Veri Zarflama Analizi
DEA	:	Data Envelopment Analysis
YEK	:	Yenilenebilir Enerji Kaynağı
YEKDEM	:	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
YEGM	:	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
TÜREB	:	Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği
TEİAŞ	:	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
GÖP	:	Gün Öncesi Piyasası
DGP	:	Dengeleme ve Güç Piyasası
PTF	:	Piyasa Takas Fiyatı
SMF	:	Sistem Marjinal Fiyatı
RİTM	:	Rüzgâr İzleme ve Tahminleme Merkezi
KB	:	Karar Birimi

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1 Elektrik Piyasası ve YEKDEM fiyatları .....	11
Çizelge 2 YEKDEM-Piyasa Fiyatı Karşılaştırması .....	12
Çizelge 3 Dünyadaki Toplam Kurulu Rüzgar Gücü (MW) .....	15
Çizelge 4 En Büyük Toplam Kurulu Rüzgar Gücüne Göre İlk On Ülke (MW) .....	16
Çizelge 5 2013 Yılı Sonu İtibariyle Avrupa RES Kapasite Dağılımı (MW) .....	18
Çizelge 6 Temmuz 2013 Verilerine Göre Türkiye'deki Kurulu Güç Oranları .....	19
Çizelge 7 YEK Kapasitesinin Toplam Kapasiteye Oranı.....	20
Çizelge 8 RES Kapasitesinin Toplam Kurulu Güce Oranı .....	21
Çizelge 9 RES'lerin Kümülatif Toplamları .....	22
Çizelge 10 RES'lerin Coğrafi Bölge Bazlı Dağılımı .....	25
Çizelge 11 Bağlantı Gerilimi, Bağlantı Kesiti ve Hat Uzunluğu Çizelgesi.....	42
Çizelge 12 KB'ler İçin Rüzgar Hızı ve Rüzgar Kapasite Faktörleri.....	45
Çizelge 13 Rüzgar Hızı ve Rüzgar Kapasite Faktörü Verilerinin Regresyon Analizi Sonuçları.....	46
Çizelge 14 Sayaç Kapasite Kullanım Oranları-Aylık Ortalamalar .....	47
Çizelge 15 Excel'de Girdi ve Çıktı Verilerinin KB'lere Göre Çizelgesi.....	51,52
Çizelge 16 VZA Etkinlik Skorları .....	59,60
Çizelge 17 Girdi Yönlü CCR Analizi Sonucundaki Skorların Uzayda Dağılımı .....	61
Çizelge 18 Girdi Yönlü BCC Analizi Sonucundaki Skorların Uzayda Dağılımı.....	61
Çizelge 19 Girdiye Yönelik CCR Yöntemine Göre Gölge Değerler .....	63,64
Çizelge 20 Girdiye Yönelik BCC Yöntemine Göre Gölge Değerler .....	65,66
Çizelge 21 Girdi Yönlü Ölçek Etkinliği Oranları.....	67
Çizelge 22 Çıktı Yönlü CCR Analizi Sonucundaki Skorların Uzayda Dağılımı.....	68
Çizelge 23 Çıktı Yönlü BCC Analizi Sonucundaki Skorların Uzayda Dağılımı.....	68
Çizelge 24 Çıktıya Yönelik CCR Yöntemine Göre Gölge Değerler .....	70,71
Çizelge 25 Çıktıya Yönelik BCC Yöntemine Göre Gölge Değerler .....	72,73
Çizelge 26 Etkinlik Skorlarına Göre Sıralanmış KB'ler .....	75,76
Çizelge 27 Sayaç Kapasite Kullanım Oranına Göre Sıralanmış KB'ler.....	77
Çizelge 28 Kurulum Maliyetlerine Göre Sıralanmış KB'ler .....	78
Çizelge 29 Kurulu Güç Değerlerine Göre Sıralanmış KB'ler.....	79
Çizelge 30 Yıllık Kazanç Miktarına Göre Sıralanmış KB'ler .....	80
Çizelge 31 Sayaç Kullanım Oranı %40 Üzerindeki KB Etkinlikleri .....	81



Çizelge 32 Girdi Yönlü CCR Yöntemi İle Süper Etkinlik Analizi .....	82
Çizelge 33 Girdi Yönlü CCR Yöntemi İle Süper Etkinlik Analizi-Gölge Değerler.....	82
Çizelge 34 Girdi Yönlü BCC Yöntemi İle Süper Etkinlik Analizi-Gölge Değerler.....	83
Çizelge 35 Girdi Yönlü CCR Yöntemi İle Bağlam Bağımlı Etkinlikler .....	83
Çizelge 36 Girdi Yönlü CCR Yöntemi İle Bağlam Bağımlı Etkinlikler Uzaydaki Dağılım.....	84
Çizelge 37 Girdi Yönlü BCC Yöntemi İle Bağlam Bağımlı Etkinlikler .....	86
Çizelge 38 Girdi Yönlü BCC Yöntemi İle Bağlam Bağımlı Etkinlikler Uzaydaki Dağılım.....	86
Çizelge 39 Çıktı Yönlü CCR Yöntemi İle Bağlam Bağımlı Etkinlikler Uzaydaki Dağılım .....	87
Çizelge 40 Çıktı Yönlü BCC Yöntemi İle Bağlam Bağımlı Etkinlikler Uzaydaki Dağılım .....	87

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1 Rüzgar Tarlası Örneği .....	4
Şekil 2 Türkiye Rüzgar Santralleri Atlası-Temmuz 2013.....	23
Şekil 3 Türkiye Rüzgar Santralleri Atlası-Temmuz 2013-Marmara, Ege.....	24
Şekil 4 Rüzgar İzleme ve Tahminleme Merkezi RİTM .....	26
Şekil 5 Türkiye Rüzgar Santralleri Haritası Atlası.....	27
Şekil 6 İşletmedeki Rüzgar Santralleri .....	38
Şekil 7 Tesis Bilgileri Çizelgesi.....	40
Şekil 8 Afyonkarahisar İline Ait İletim ve Dağıtım Hatları .....	41
Şekil 9 Afyonkarahisar İli, Rüzgar Hız Dağılımı .....	43
Şekil 10 Afyonkarahisar İli, Rüzgar Kapasitesi Faktörü.....	44
Şekil 11 Toplam Maliyetin Hesabı .....	50
Şekil 12 Girdi Yönlü CCR Yöntemi ile VZA .....	55
Şekil 13 Girdi Yönlü CCR Yöntemi'nde "Çözücü" Kısıtları.....	56
Şekil 14 Girdi Yönlü CCR Yöntemi'nde Macro Kodu.....	57
Şekil 15 Girdi Yönlü BCC Yöntemi'nde "Çözücü" Kısıtları.....	57

## GİRİŞ

Enerji, günümüzde stratejik öneme sahip olan, savaşlar başlatıp bitiren, elde etmek uğruna büyük yatırımların yapıldığı önemli bir istihdam alanıdır. Elektrik enerjisi, ülkelerin gelişmişliğinin ve kendi kendine yeterliğinin önemli bir ölçütüdür. Her ne kadar günlük yaşamda, üretim – tüketim dengelerinin farkında olunmasa da, kısa süreli bir elektrik kesintisi durumunda ciddi sıkıntılarla karşılaşıldığı bir gerçektir. Elektrik enerjisi, depolanamayan bir enerji olduğu için anlık üretim ve tüketim dengeleme görevi, bütün dünyadaki benzerleri gibi, Elektrik Sistem İşletmecisi sıfatı ile “Yük Tevzi Merkezleri”nce yürütülmektedir. Gerekli tüketime karşılık gelen üretim kapasitenin devreye alınması sırasında dikkate alınan hususlar, ihtisas gerektiren ayrıntılardır.

Üretilen enerjinin kaynağı değerlendirildiğinde, günümüzde fosil yakıtları kullanarak elektrik üretimi yapmaktan doğayı korumak ve geleceğe temiz bir dünya bırakmak amacıyla uzaklaşıldığı görülmektedir. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından yapılan üretim ise henüz Dünya’da ve Türkiye’de toplam üretim kapasitelerine kıyasla yarıdan az seviyede yer almaktadır. Avrupa Birliği Müktesebatı ve Türkiye’deki mevzuat kapsamında Yenilenebilir Enerji için devlet teşvikleri bulunmakta ve alım garantisi yöntemi uygulanarak bu alandaki yatırımların arttırılmasına çalışılmaktadır. Gündemdeki bir konu olarak Yenilenebilir Enerji Üretiminde en önemli payı oluşturan Rüzgâr Enerji Santrallerinin (RES) etkinlikleri üzerine yapılacak çalışmalar, hem sektörde daha farklı araştırmaların yolunu açacak, hem de diğer Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından (YEK) üretim yapacak iştiraklerin takip edebileceği tecrübeler ortaya koyacaktır. Bölgesel olarak farklı pozisyonlarda ancak aynı teknolojiler kullanılan üretim tesislerinde uygulanan görelî etkinlik analizi, projenin başarısı hakkında çok genel bir bilgi verebilmektedir. Tüm Türkiye’deki üretim tesisleri için yapılan bir analiz ise daha sağlıklı değerlendirme sonuçlarına imkân verecektir.

RES'ler, Türkiye'de yenilenebilir enerji kapasitesi içinde en çok talebin olduğu ve görece olarak en kolay şekilde lisans, kurulum ve devreye alma işlemlerinin yapılabildiği kapasitedir. Dolayısıyla, bu çalışmadaki gibi bir RES etkinlik ölçüm çalışmasının yapılması sonucunda, RES yatırımlarının fizibilite ve projelendirme aşamasındaki teknik hesaplarının yeniden sorgulanma gerekliliği de görülebilecektir.

Giriş Bölümünde sunulan bu kısa bilgiden sonra birinci bölümde RES kavramı hakkında bilgiler, Dünya'da, Avrupa'da ve Türkiye'deki RES kapasite hakkında güncel bilgiler ve literatür bilgileri ele alınmaktadır. İkinci bölümde çalışmanın yöntemi ele alınmakta ve bu yöntem ile ilgili hem literatür kaynaklara atıf yapılmakta, hem de ele alınan konu ile ilişkilendirilmektedir. Üçüncü bölümde, araştırma soruları ve hipotezler ortaya konularak uygulamaya yönelik bilgiler sunulmaktadır. Çalışmanın veri setleri, karar birimleri, girdi ve çıktı verileri ve amaç fonksiyonları da bu bölümde gösterilmektedir. Aynı bölümde, yöntem verileri matematiksel eşitliklere dönüştürülerek çalışılmakta ve bulgular elde edilmektedir. Sonuç kısmında, genel bir değerlendirme yapılarak, çalışmanın kısıtlarına vurgu yapılmakta ve gelecekteki çalışmalar için öneriler getirilmektedir.

# 1. RES KAVRAMI, DÜNYA'DA, AVRUPA'DA VE TÜRKİYE'DEKİ RES KAPASİTESİ

Bu bölümde RES kavramı, Dünya'daki, Avrupa'daki ve Türkiye'deki RES kapasitesine ilişkin güncel bilgiler verilmektedir.

## 1.1. RES KAVRAMI

*Rüzgâr Enerjisinin kaynağı güneştir. Güneş enerjisinin karaları, denizleri ve atmosferdeki her yeri özdeş ısıtamamasından dolayı oluşan sıcaklık ve buna bağlı basınç farkları Rüzgârı oluşturmaktadır. Rüzgâr, yüksek basınç bölgesinden alçak basınç bölgesine yer değiştiren havanın dünya yüzeyine göre bağıl hareketidir (Albostan ve diğerleri, 2008).*

*Rüzgâr, atmosferde bol ve serbest olarak bulunan, kararlı, güvenilir ve sürekli bir kaynaktır. Doğası gereği kinetik enerji taşımaktadır. Atmosferdeki rüzgârı oluşturan brüt kinetik güç,  $0,191 \times 10^{12}$  kW kadardır (Cerit B. Ve diğerleri, 2004).*

*Dünyanın  $50^\circ$  kuzey ve güney enlemleri arasında rüzgâr gücü potansiyelinin  $3 \times 10^9$  kW olmasına karşın, ekonomik ve fiziksel planlamanın getirdiği sınırlamalar nedeniyle  $1 \times 10^9$  kW (milyon MW) kapasitenin kullanılabileceği hesaplanmıştır (Gige P., 1995).*

*Havanın özgül kütlesi az olduğundan rüzgârdan sağlanacak enerjinin miktarı, hıza bağlıdır. Rüzgârın hızı, yükseklikle; gücü ise hızının kübü ile orantılı olarak artar. Sağlayacağı enerji, gücüne ve estiği süreye bağlıdır. Özgül rüzgâr gücü, hava debisine dik olarak birim yüzeye düşen güçtür. Topografik koşullara bağlı olarak rüzgârın yerden 50 m yükseklikteki özgül gücü, hızı 3,5 m/s'den küçük iken  $50 \text{ W/m}^2$ 'den az 11,5 m/s'den büyük iken  $1800 \text{ W/m}^2$ 'den çok olabilir. Dünya yüzeyinin %27'sinde yıllık ortalama rüzgâr hızının yerden 10 m yükseklikte 5,1 m/s'den büyük olduğu saptanmıştır. Bu alan, rüzgâr enerjisi bakımından zengin olan bölgelerin toplamıdır (Ültanır M.Ö., 1996).*



Şekil 1. Rüzgâr Tarlası Örneği (IBERDROLA – İspanya-2009)

Güler'e göre rüzgâr enerjisi, yerli, dışa bağımlı olmayan, doğal ve tükenmeyen, gelecekte de aynı oranda temin edilebilecek, asit yağmurlarına ve atmosferik ısınmaya yol açmayan, karbon emisyonu olmayan, doğal bitki örtüsü ve insan sağlığına olumsuz etkisi bulunmayan, fosil yakıt tasarrufu sağlayan, radyoaktif etkisi olmayan, teknolojik gelişimi hızlı, döviz kazandırıcı bir kaynaktır (Güler Ö., 2005).

T.C.Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'ne (YEGM) göre Rüzgâr Enerjisinin avantajları (YEGM web sitesi);

- Atmosferde bol ve serbest olarak bulunması,
- Yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağı ve çevre dostu olması,
- Kaynağının güvenilir olması, tükenme ve zamanla fiyatının artma riskinin olmaması,
- Maliyeti günümüz güç santralleri ile rekabet edebilecek düzeye gelmiş olması,
- Bakım ve işletme maliyetlerinin düşük olması,
- İstihdam yaratması,
- Hammaddesinin tamamıyla yerli olması, dışa bağımlılık yaratmaması,
- Teknolojisinin tesisinin ve işletilmesinin göreceli olarak basit olması,
- İşletmeye alınmasının kısa bir sürede gerçekleşebilir olmasıdır.

Kocaman'a göre (2003, sh 253) RES'ler, 2003 yılında aşağıdaki dezavantajlara sahiptir:

- Enerji üretimi rüzgâra bağımlı olduğundan rüzgâr kesilmesi veya azalması ile enerji kaybı oluşmaktadır. Rüzgâr miktarına bağımlı bir enerji olduğu için sadece yeterli rüzgârın bulunduğu alanlarda kurulabilir.
- Türbin maliyetleri yüksek olabilmektedir; ancak gittikçe azalan bir maliyet durumu söz konusudur.
- Büyük dönel bir makine oluşundan ötürü çevrede kuş ölümlerine neden olabilmektedir.
- Rüzgâr türbinlerinin kurulacağı alanların durumu önemlidir. Örneğin arazinin engebeli oluşu ya da sit alanlarına yakınlığı mahzur olabilir.

- Rüzgâr türbinlerinin meydana getirdiği ses şiddeti çevreye gürültü olarak yansiyabilir. Bu gürültü, türbinden uzaklaştıkça azalma eğilimi göstermektedir.
- Türbin kanatlarından dönerken parçaların kopması çevreye tehlike arz edebilir.
- Türbinler; elektromanyetik dalgaları dağıtabilir veya yön değiştirebilir. Bir türbin radyo, televizyon veya mikrodalga ileticisi ile alıcısı arasına kurulduysa elektromanyetik dalgayı etkileyebilir.

RES'ler, diğer santraller gibi karmaşık enerji üretim, kombine çevrim, kojenerasyon ünitelerine veya borulama sistemine sahip olmayan santrallerdir. Rüzgâr türbinleri, rüzgârdaki hareket enerjisini türbin kanatlarına çarptırarak mekanik ve sonrasında elektrik enerjisine çeviren cihazlardır. Rüzgâr türbinleri, temel, direk, sepet ve pervaneden oluşmaktadır. Temel, türbinin devrilmesini engellerken direk, sepeti ve pervaneyi taşımaktadır. Sepet bölümünde asıl şaft, jeneratör, transformatör ve kontrol mekanizması gibi asıl kritik elemanları bulunmaktadır. Rüzgâr enerjisini tehlikesiz bir şekilde kullanmak için statik hesapların iyi yapılması ve uygun bölgeye uygun türbinlerin yerleştirilmesi gerekmektedir. Türbinlerin kanat açısından uzunluğu, gövdenin yüksekliği, türbin sayısı ve kapasitesi, bölgenin özelliklerine göre yapılan teknik hesaplamalar sonucunda ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda tesisin kaç türbinden oluşacağı da bir tasarım konusudur ve ciddi teknik ve mali hesaplar gerektirmektedir.

Rüzgâr türbinleri, 4-5 m/s Rüzgâr hızında çalışmaya başlayıp en yüksek güç üretimini 15 m/s rüzgâr hızında yapabilirler. Çok yüksek rüzgâr hızlarında, örneğin 25 m/s gibi hızlarda rüzgâr türbini kendini kapatır. Modern bir rüzgâr türbini, işletmedeki zamanının % 70 ila % 85'i kadarında elektrik üretir; ancak rüzgârın hızına bağlı olarak değişik değerlerde üretim yapar. İşletmedeki bir yıl içinde teorik en yüksek üretim, kapasite faktörü olarak tanımlanır (Albostan ve diğerleri, 2008). Geleneksel rüzgâr türbinleri (karada) için bu değer %50 civarındayken deniz üzeri türbinlerde %30 civarındadır. Kesintiler ve bakımlar

ve arızalar nedeniyle hiçbir üretim birimi %100 kapasite faktörüyle çalışmamaktadır. Çalışmada bu değer, sayaç kapasite kullanım oranı olarak anılmaktadır.

Dünyada rüzgâr enerjisinden elektrik üreten ilk türbin, 1891'de modern aerodinamiğin önemli mühendisi olan Paul la Cour tarafından Danimarka'da inşa edilmiştir (Nurbay ve Çınar, 2005). Birinci Dünya Savaşı sırasında Danimarka'da elektrik üreten 250 üzerinde RES bulunmaktadır. İkinci Dünya Savaşı sırasında türbin çıkışları 40 kW'a kadar gelişmiştir (Vestergaard J., Brandstrup L., 2004). Endüstriyel ve teknolojik gelişmeler sonucu 1980 - 1981 yıllarında 55 kW kapasiteli Rüzgâr Türbinlerinin üretimine başlanılmıştır (Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği EWEA resmi web sitesi).

Rüzgâr Türbinleri, dönme eksenine göre üçe ayrılır:

- Yatay eksenli,
- Dikey eksenli,
- Eğik eksenli.

Rüzgârı alış yönüne ve kanat sayısına göre çeşitlilik gösteren bu türbinler üzerine çalışmalarında Nurbay ve Çınar, çok hızlı dönen bir kanadın çok yavaş dönen fakat çok kanatlı bir pervane ile aynı düzeyde enerji toplayacağını söylemekte ve türbinin arazi özelliklerine, rüzgâr hızına ve kullanım amacına uygun seçilmesi gerektiğini belirtmişlerdir (Nurbay ve Çınar, 2005).

Elektrik üretim amaçlı şebeke bağlantılı modern rüzgâr türbinleri çoğunlukla 1 – 6 MW gücünde 3 kanatlı, yatay eksenli ve up-wind türü rüzgâr türbinleridir (YEGM web sitesi). Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği verilerine göre, üretilen ortalama türbin kapasitesi 2,5-3 MW civarındadır. 2,5 MW'lık bir geleneksel (kara tipi) rüzgâr türbininden üretilen elektrik ile ortalama 1500 meskenin elektrik ihtiyacı karşılanmaktadır. Deniz üzeri (deniz tipi) en büyük türbin, 6 MW kapasitededir ve 120 m kanat açıklığına sahiptir. Bir futbol sahasından daha uzun pervanelere sahip olan bu türbin, 5500 meskenin elektrik ihtiyacını



karşılatabilmektedir (Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği EWEA resmi web sitesi, 2013).

Dünya Rüzgâr Enerjisi Raporu'na göre (2013):

- ✓ Dünyanın en büyük RES tarlası projesi, 448 türbin ve toplam 1050 MW ile Siemens'in Iowa projesidir.
- ✓ Dünyanın en büyük deniz üzeri RES tarlası, 175 türbin ve toplam 630 MW ile Siemens'in London Array projesidir.
- ✓ Areva'nın 180m çaplı ve 8 MW kapasiteli türbini, Kasım 2013 verilerine göre dünyanın en büyük türbinidir.

## **1.2. RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALİ İLE İLGİLİ LİTERATÜR**

Uluslararası literatürde bu çalışmaya ışık tutabilecek çalışmalar mevcuttur. Pallabazzer'e göre (2003, sh 1329-1352), lokasyon seçimi, kapasite (kurulu güç) faktörü için asıl belirleyiciyi oluşturmaktadır. Aynı yıl Korpaas, Holen ve Hildrum, çalışmalarında (2003, sh 599-606) Norveç Spot Elektrik Piyasası simülasyonu ile RES'lerin spot piyasaya katılımının, sabit fiyattan daha karlı olacağını göstermişlerdir. 2008 yılında RES'lerin hangi ülkede kurulduğu takdirde daha kazançlı çıkacağı konusunda Electre III yöntemi ile çalışan Georgiou, Tourkolias ve Diakoulaki'nin çalışması (2008, sh 712-731) ve 2010 yılında pahalı ancak daha yüksek kurulu gücü olan türbinlerin kullanımının ilk yatırım maliyeti fazla olmasına rağmen uzun vadede daha ekonomik olduğunu gösteren Ming'in çalışması (Ming, 2010), bu alandaki belli başlı çalışmalardır.

Türkiye'de RES'lerde ilgili olarak literatürde rastlanan ilk çalışmalar, Hayli, Rüzgâr Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye'deki durumunu (2001, sh 1-26) inceleyen ve Gencoğlu'nun YEK'in Türkiye Açısından önemi (2002, sh 57-64) konulu çalışmalarıdır. Daha sonraki çalışmalar, genellikle rüzgâr enerjisi potansiyeli tespit etmeye yönelik olan çalışmalardır. Bu anlamda Durak ve Şen, Akhisar için (2002, sh 463-472), Köse, Kütahya için (2004, sh 1631-1641) çalışmalar yapmışlardır. 2009 yılındaki çalışmasında İlkılıç (sh 26-32), Türkiye'deki Rüzgâr Enerjisi potansiyelini tespit etmekte ve rüzgâr enerjisinin

avantajlarına değinmektedir. Bu çalışma ile paralel olarak Güler, Rüzgâr Enerjisinin Türkiye'deki durumunu (2009, sh 473-478) incelemiştir. Aynı yıl Koyuncu ve Lüle, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit kampüsü için (2009, sh 173-179) kapasite belirlemeye çalışırken Albostan ve arkadaşları, RES kapasitenin arz güvenliğine etkisi (2009, sh 641-649) üzerine bir çalışma yapmıştır. Türkçe literatürde de VZA tekniğinin, enerji ve çevre alanında etkinlik ölçümünde yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca, Türkiye'de yedi adet Rüzgâr santralının projesinin çeşitli kriterler açısından değerlendirilmesinde PROMETHEE adlı çok kriterli karar verme tekniği kullanılarak yapılan bir çalışma da mevcuttur (Ulucan ve Atıcı, 2009, sh 161-186). Bilgili ve arkadaşlarının, Güneybatı ve Batı bölgeleri için (2010, sh 1-12) kapasite analizi yanında Akdağ ve Gülerin 2010 yılındaki Türkiye'deki RES yatırımlarına ilişkin maliyet analizi (2010, sh 2574-2580) ve Güleren ve Demir'in farklı kanat profillerindeki performans analizlerine ilişkin çalışmaları (2011, sh 51-59), bu alandaki diğer çalışmalara örnek olarak gösterilebilir.

Baskut ve arkadaşları (2011, sh 2535-2542), Çeşme'deki santral için yaptıkları çalışmada üretilen enerji değerlendirmiş, sistemin devrede olduğu süre, kapasite kullanım oranlarını dikkate alarak % 0 ile % 68,2 kapasite kullanım oranları için sistem değerlendirmesi yapmıştır. Sistem performansını ölçmede, hesaplanan kayıpların büyüklüğünü ve cinsini algılamak için ortaya çıkan enerjinin analizini yapmak (exergy analysis), enerji analizi yapmaktan daha önemli bir belirleyici olarak ortaya konulmuştur. 2013 yılında Marmara Bölgesi için RES Kapasitenin VZA Yöntemi ile Görelî Etkinlik Analizi uygulaması yapılmış ve etkin olmayan RES'ler belirlenmiştir (Emre ve Ömürgönülşen, 2013, sh 7-32).

### **1.3. ETKİNLİK ANALİZİ İHTİYACI**

Rüzgâr enerjisi, halen üzerine en çok yatırım yapılan, en popüler, en fazla istihdam yaratan ve kapasite olarak en hacimli YEK'tir. Rüzgâr enerjisi ile ilgili güncel verileri, Dünya, Avrupa ve Türkiye ile ilgili istatistikleri ve tecrübeleri inceledikçe RES'lere ait etkinlik değerlerinin çok fazla irdelenmediği

görülmektedir. Kaynağının değişken yapıda olması, bu tip santrallerin tam kapasite baz yük (24 saat) çalışmasına engel olmaktadır. Bir RES için seçilen alanın rüzgâr kapasite faktörü, rüzgârın esiş hızı, şebekeye uzaklığı birbirinden farklıdır. Dahası, aynı noktaya çeşitli senaryolarda RES inşası mümkün olabilir. İletim veya dağıtım şebekesine bağlantı, bağlantıda havai hat veya yer altı kablosu kullanımı, türbin tipi, gücü, sayısı, türbinlerin birbirine uzaklığı, markası vb, değişebilecek faktörler, aslında RES kapasitesinin etkinliğinde rol oynayan faktörler olarak ele alınabilir. Belirli bir üretime karşılık kazanç sağlayan bu santraller ile ilgili problemler, aşığıdaki şekilde sıralanabilir:

- Farklı lokasyonlarda, birbirinden farklı kapasite değeri (YEGM tarafından lokasyona özgü hesaplanan veriler), farklı rüzgâr hızı, farklı statik konumlandırma (kaya üzerine, yumuşak kum üstüne inşa edilmiş vb.), farklı şebeke uzaklığı, farklı kurulu güç, farklı türbin çeşidi, farklı gerilim seviyesi ve farklı iletim hattı gibi koşullarda ve üstelik farklı sayaç verilerine ve kazanç değerlerine sahip olan bu RES'ler için etkinlikler nasıl birbirine göre karşılaştırılabilir ve etkin bir proje nasıl seçilebilir?
- Etkin santral seçimi yapılırken baz santral olmalı mıdır; yoksa birbirine göre mi değerlendirilme yapılması gerekmektedir?

Dünya'da ve Türkiye'de RES'lerin etkinliğinden bahsedilirken yalnızca sayaç değerlerine dayalı yorumlar yapılmakta ve % 40 etkinliği aşan santrallerin "etkin" bulunduğu belirtilmektedir (Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği EWEA resmi web sitesi, 2013). Oysa kaynakların doğru ve etkin kullanımı, projenin doğru yapılandırılması gibi konular, bitmiş projelerde söz konusu olamamaktadır. Özellikle kredi kuruluşları ve bankalar, RES projelerinin etkinlik değerlerini kendi yöntemleri ile analiz etmektedir. Ancak onların da kullanabildiği tek veri, sayaç verisi tabanlı etkinlik tahminleridir.

Etkinliğin anlaşılabilmesi ve ölçümünün sağlıklı yapılamamasının diğer bir nedeni de santrallere ait verilerin paylaşılabılır yapıda sunulmamasıdır.

Gelecekte, Rüzgâr Enerjisi Birliği (TÜREB) gibi birliklerin de yardımıyla daha doğru analizleri yapmak mümkün olabilir.

YEK ve RES, çoğunlukla devlet tarafından teşvikler alan, geleceğe dair planların yapıldığı ciddi yatırımlardır. Öyle ki, Avrupa Birliği'nin 2010-2020 yılları arasında tüketiminin % 20'sini YEK kapasiteden karşılama hedefi için ayırdığı bütçenin 6 milyar Avro olduğu bildirilmiştir (Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği EWEA Stratejik Araştırma Gündemi, 2013). Türkiye'de de RES kapasitenin Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizması (YEKDEM) ile desteklenmektedir. Çizelge 1, Gün Öncesi Piyasası (GÖP) fiyatı olan Piyasa Takas Fiyatı (PTF), Dengeleme ve Güç Piyasası (DGP) fiyatı olan Sistem Marjinal Fiyatı (SMF), YEKDEM'in RES için değerı olan 7,3\$ ve Avro'nun Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB) verilerine göre seçilen 2012 Ocak – 2013 Kasım arasındaki ortalama değerlerini göstermektedir YEKDEM Yönetmeliği, 2011).

Çizelge 2'de Piyasa fiyatları olan PTF ve SMF fiyatları ile YEKDEM fiyatlarının aylık ortalamaları gösterilmektedir. Buna göre Ocak 2012 ile Kasım 2013 arasındaki dönemde destekleme mekanizmasından enerji üretimi yapmak, elektrik piyasalarında ticaret yapmaya göre daha avantajlıdır.

Konunun önemini irdelemek amacıyla basit olarak hesaplanırsa, 1 MW gücünde bir RES kapasitesi için ayın 720 saati % 40 sayaç verimi ile çalıştırıldığı takdirde 23 ay sonunda getireceği para:

$$1 \times 720 \times 0,4 \times (\text{Fiyat}) \times 23 \text{ olacaktır.}$$

Sistem maliyeti ile YEKDEM arasındaki fark hesaplanmak istendiği için, PTF ve SMF fiyatlarından küçük olanının YEK fiyatı ile arasındaki farkı alınarak;

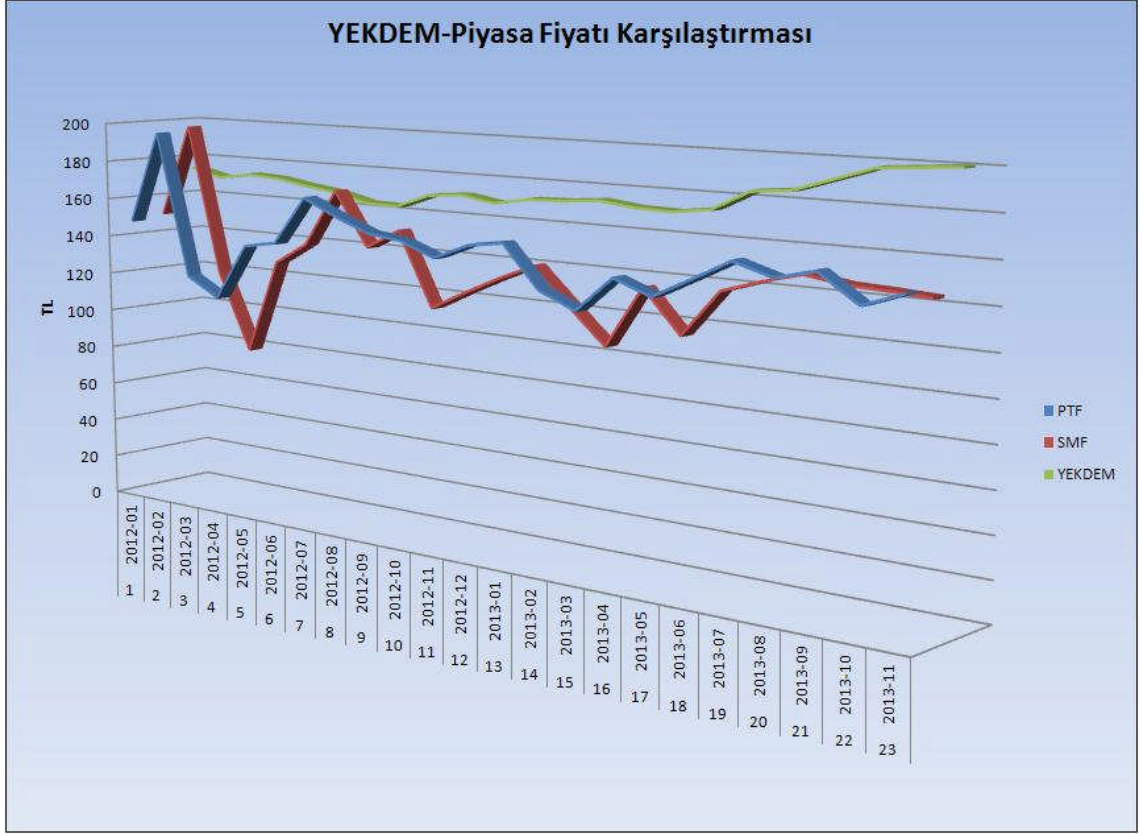
$$872 \times 720 \times 0,4 \times 23 = 5.776.128\text{TL değerı bulunur.}$$

RES kapasitenin belirtilen tarihler arasında 2.600 MW civarında olduğu, bu kapasitenin % 70'inden fazlasının YEKDEM'e tabi olduğu hatırlanırsa, bahsedilen rakam, 23 ay için:

$$5.776.128 \times 2600 \times 0,7 = 10.512.552.960\text{TL olarak hesaplanacaktır.}$$

	PTF	SMF	YEKDEM	EURO	YEK
2012-01	148,23	150,45	7,3	2,3794	173,7
2012-02	195,81	198,01	7,3	2,3263	169,82
2012-03	121,98	121,64	7,3	2,3631	172,51
2012-04	112,55	82,35	7,3	2,3519	171,69
2012-05	141,13	130,62	7,3	2,315	169
2012-06	144,17	141,72	7,3	2,2852	166,82
2012-07	168,42	170,36	7,3	2,2292	162,73
2012-08	160,57	143,52	7,3	2,2261	162,51
2012-09	153,93	153,19	7,3	2,3179	169,21
2012-10	151,77	116,68	7,3	2,3401	170,83
2012-11	145,14	126,07	7,3	2,3015	168,01
2012-12	152,71	134,85	7,3	2,3461	171,27
2013-01	155,41	142,55	7,3	2,3542	171,86
2013-02	135,15	125,13	7,3	2,3756	173,42
2013-03	127,55	108,41	7,3	2,3473	171,35
2013-04	144,47	137,88	7,3	2,3412	170,91
2013-05	137,88	117,74	7,3	2,3755	173,41
2013-06	147,41	140,11	7,3	2,5064	182,97
2013-07	157,29	146,1	7,3	2,5306	184,73
2013-08	151,73	151,07	7,3	2,6135	190,79
2013-09	156,4	148,35	7,3	2,6978	196,94
2013-10	143,69	147,54	7,3	2,7164	198,3
2013-11	150,55	146,39	7,3	2,7352	199,67

Çizelge 1. Elektrik Piyasası ve YEKDEM fiyatları (TEİAŞ,2013)



Çizelge 2. YEKDEM-Piyasa Fiyatı Karşılaştırması

Bu rakam, piyasa fiyatları ile devletin destekleme mekanizması arasındaki fark bir başka deyişle devletin net teşvik miktarıdır.

Bu çalışmanın amaçlarından biri, böylesine büyük maliyetlerin olduğu enerji sektöründe, etkinliği artırıcı tedbirler almak yönünde yapılan çalışmalara bir yenisini eklemek ve değişik bir yöntem teklif etmektir.

Örnekleme olarak seçilen Türkiye'deki RES kapasitesi, Temmuz 2013 itibariyle şebekeye elektrik sağlayan ve çalışır durumdaki kapasitedir. Türkiye'deki en kapsamlı ve kullanıma açık güncel verileri sağlaması nedeniyle TÜREB'in Temmuz 2013 verilerini esas aldığı Türkiye Rüzgâr Enerjisi Atlası (TÜREB resmi web sitesi, 2013) ile paralel çalışma yaparak o verileri esas almaktır. Çalışmanın sonucunun, Türkiye'deki RES kapasite örneklerinde kurulum ve bağlantı maliyeti, kapasitesi ve üretim miktarı birbirinden farklı olan santrallerin etkin kullanılıp kullanılmadığıyla ilgili bilgiler vermesi beklenmektedir.

## 1.4. Dünya’da RES Kapasitesi

Dünya Rüzgâr Enerjisi Birliği’nin düzenlediği 7 Nisan 2014 tarihli Shangai bildirisinde 2013 Dünya Rüzgâr Enerjisi Raporu yayımlanacağı bildirilmiştir. Sonuç bildirgesine göre;

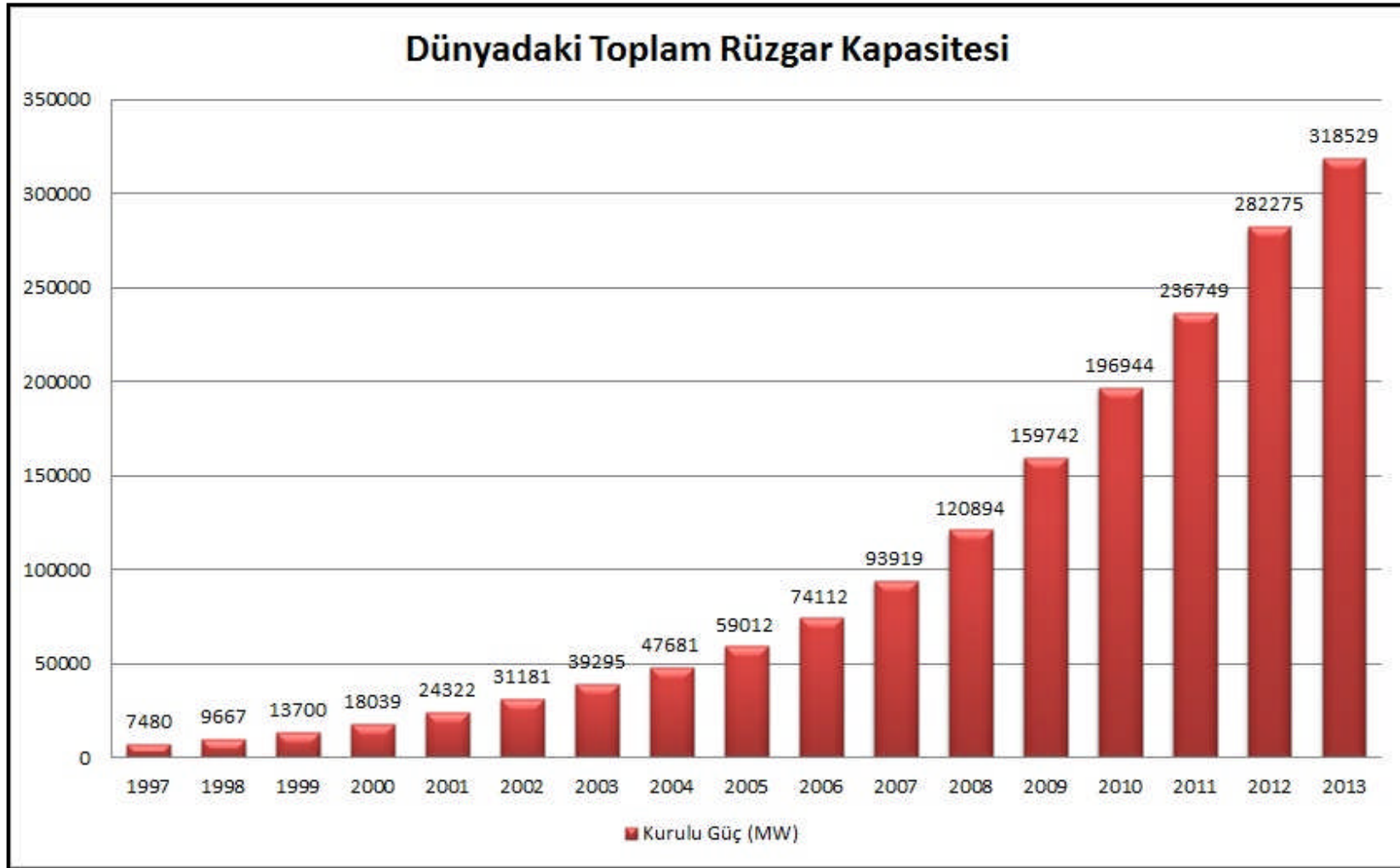
- ❖ “Kurulu Güç anlamında, 2012 yılı sonundaki 282.275 MW’lık değerden sonra 2013 yılı sonunda toplam rüzgâr enerjisi kurulu gücü, 318.529 MW olmuştur (bkz.Çizelge 4),
- ❖ Kapasite Artışı anlamında, 2012 yılındaki 44.609 MW’lık yıllık kapasite artışından sonra 2008 yılından bu yana gözlenen en küçük artış olan 35.550 MW’lık artış gözlenmiştir,
- ❖ Toplamda ticari olarak 103 ülkenin rüzgar enerjisi santrali kullandığı gözlenmiştir,
- ❖ Çin, 2013 yılındaki 16.000’MW’lık kapasite artışı ve toplamda 91.324 MW’lık rüzgâr enerjisine dayalı kurulu gücüyle yine ilk sırada yer almıştır (bkz.Çizelge 5),
- ❖ Fas (% 70) ve Şili (% 76), RES kapasite artışında en önde yer almıştır,
- ❖ Bazı ülkelerde rüzgâra dayalı kapasitenin diğer kapasitelere göre en büyük paya ulaştığı gözlenmiştir (Danimarka % 34, İspanya % 21, Portekiz % 20, İrlanda % 16, Almanya % 9),
- ❖ Deniz üzeri RES konusunda, 2013 yılı sonunda 7,3 GW gücünde deniz üzeri RES işletmeye alınmıştır ve bu değer bir milyon küçük rüzgâr türbininin eşdeğeridir,
- ❖ Dünya Rüzgâr Enerjisi Birliği, 2020 yılı sonundaki kapasitesini 700.000 MW üzerinde olarak tahmin etmektedir.”

Çizelge 3 incelendiğinde, 1997’den bugüne kadar RES kapasitesinin 42,5 kat arttığı ve kapasite artışının özellikle son yıllarda üstel bir şekilde performans sergilediği görülmektedir.

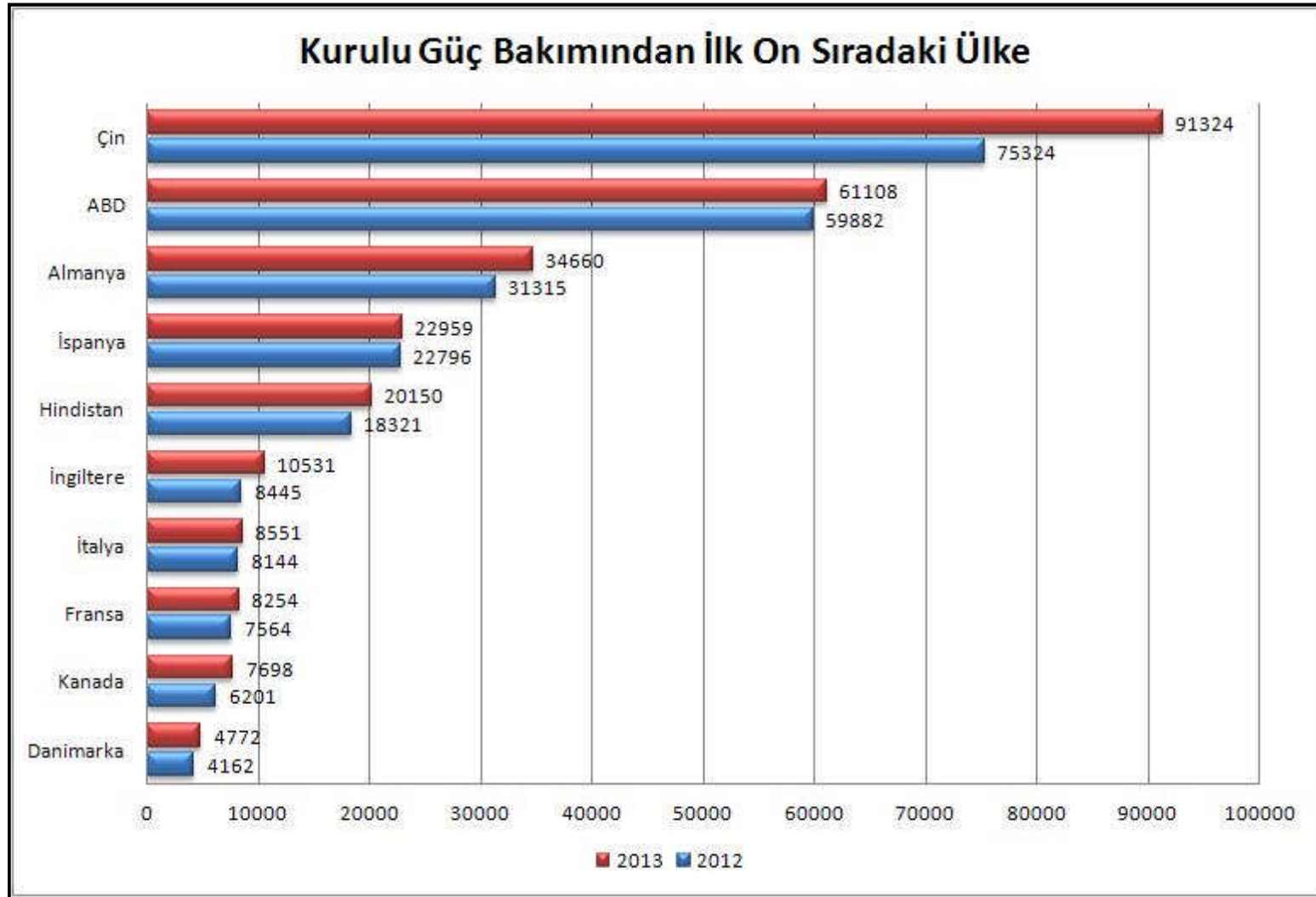
Çizelge 4 incelendiğinde, Çin'in 2013 yılındaki en yakın takipçisinden 1/3 daha fazla kapasiteye sahip olduğu görülmektedir. 91 bin megawatt düzeyindeki bir kapasite, aynı zamanda Türkiye mili kurulu gücünün de ½ daha fazlasıdır.

Shangai Bildirisi'ne göre bugün 103 ülke ticari olarak RES kapasitesini kullanmaktadır (Dünya Enerji Raporu, 2014). Bu kapasitesini kullanan ülkelerde Afrika'dan Kuzey Kutbu'na, çöllerden denizlere ve buzullara kadar çeşitli coğrafyalara tatbik edilmiş uygulamalar mevcuttur.





Çizelge 3. Dünyadaki Toplam Kurulu Rüzgâr Gücü (MW) (Dünya Enerji Raporu, 2014)



Çizelge 4. En Büyük Toplam Kurulu Rüzgâr Gücüne Göre İlk On Ülke (MW) (Dünya Enerji Raporu, 2014)

## 1.5. Avrupa'da RES Kapasitesi

Coğrafi olarak büyük RES kapasitesini üzerinde bulunduran Avrupa'da aynı zamanda en büyük deniz üzeri RES kapasite yer almaktadır. Avrupa Birliği Enerji Politikaları gereği, 2020 yılına kadar toplam üretilen enerjinin % 20'lik bir kısmını yenilenebilir enerjiden üretmeye yönelik çalışmalar, hem yatırım ve teknoloji hem de bilinç düzeyi açısından en çarpıcı sonuçlarını Avrupa'da göstermiştir (EWEA resmi web sitesi, 2013). Avrupa'da 2013 yılındaki RES kapasitenin büyüklüğü 177 GW'a ulaşmıştır. Bu değer, 257 TWh'luk Avrupa elektrik tüketiminin % 8'lik bir bölümüne denk gelmektedir (Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği 2013 yıllık raporu, 2014). Çizelge 5'de, eklenen RES kapasiteleri ile birlikte 2012 ve 2013 yıllarına ait toplam kurulu güç bilgisi görülmektedir. Burada en büyük RES kapasitenin 33.730MW'lık bir kapasite ile Almanya'da olduğu görülmektedir.

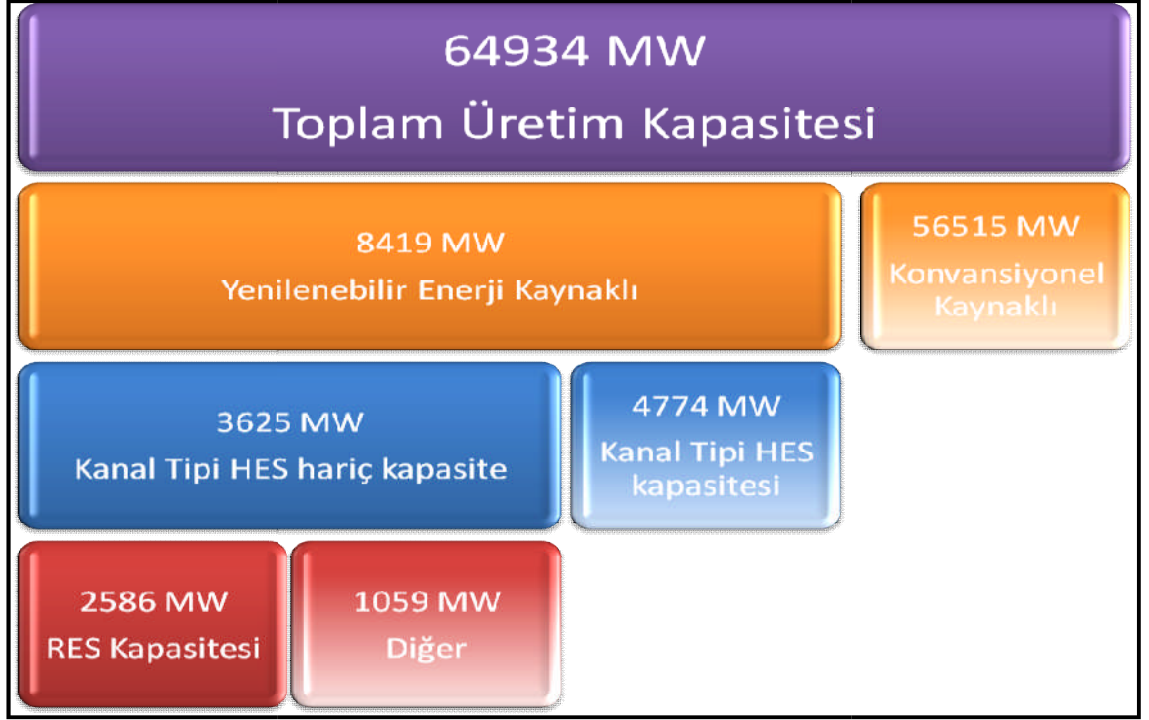
## 1.6. Türkiye'de RES Kapasitesi

Elektrik üretim kapasitesi, çeşitli kaynaklardan elektrik üreten santralleri kapsamaktadır. Türkiye'de Temmuz 2013 verilerine göre üretim kapasitesi ile ilgili bilgiler, Çizelge 8'de verilmiştir (TEİAŞ resmi web sitesi, 2013).

Çizelge 6 değerlendirildiğinde, Türkiye'deki toplam kurulu gücün 64.934 MW olduğu görülmektedir. Bu kapasitenin önemli bir bölümü, fosil kaynakları (linyit, kömür dizel yakıt vb.) kullanan santraller iken, önemli bir bölümü de, doğal gaz çevrim santralleridir. Ayrıca Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle küçük bir Hidroelektrik Santraller (HES) ülkesidir denilebilir.

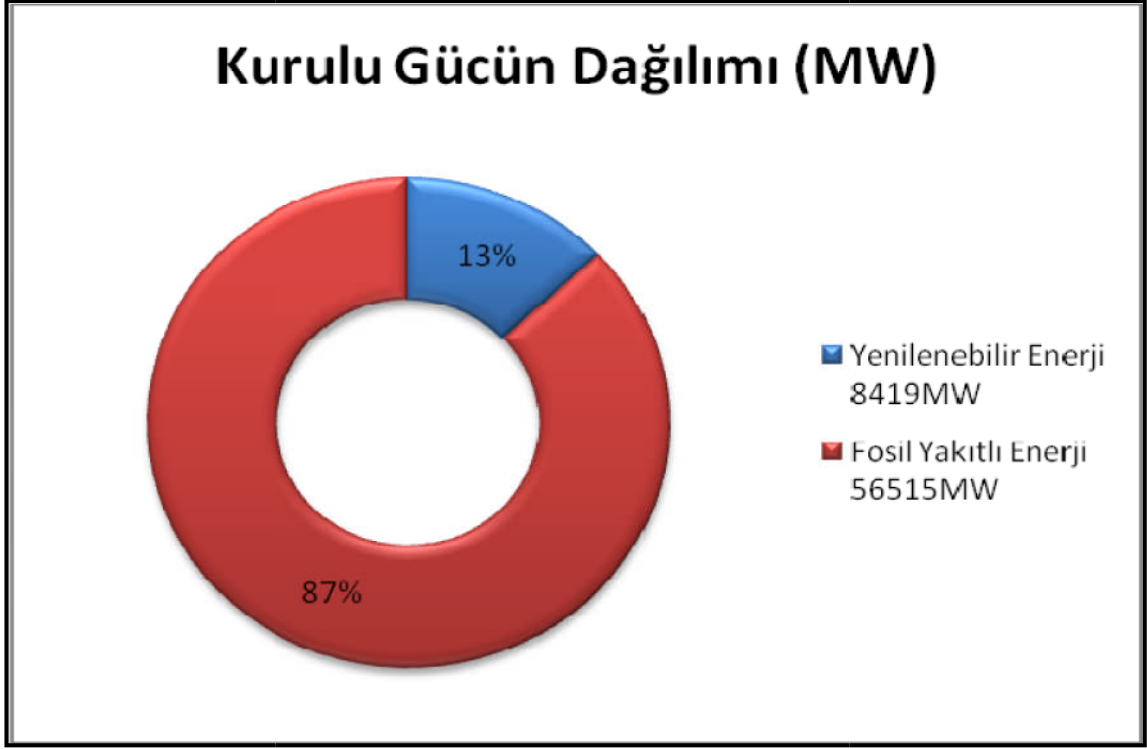
	2012 İnşa Edilen	2012 Toplam	2013 İnşa Edilen	2013 Toplam
Avusturya	296	1377	308	1684
Belçika	297	1375	276	1651
Bulgaristan	158	674	7,1	681
Hırvatistan	48	180	122	302
Kıbrıs	13	147	0	147
Çek Cumhuriyeti	44	260	9	269
Danimarka	220	4162	657	4772
Estonya	86	269	11	280
Finlandiya	89	288	162	448
Fransa	814	7623	631	8254
Almanya	2297	30989	3238	33730
Yunanistan	117	1749	116	1865
Macaristan	0	329	0	329
İrlanda	121	1749	288	2037
İtalya	1239	8118	444	8551
Letonya	12	60	2	62
Litvanya	60	263	16	279
Lüksemburg	14	58	0	58
Malta	0	0	0	0
Hollanda	119	2391	303	2693
Polonya	880	2496	894	3390
Portekiz	155	4529	196	4724
Romanya	923	1905	695	2599
Slovakya	0	3	0	3
Slovenya	0	0	2	2
İspanya	1110	22784	175	22959
İsveç	846	3582	724	4470
İngiltere	2064	8649	1883	10531
Toplam (EU-28 ülkeleri)	12102	106454	11159	117289
Toplam (EU-15 ülkeleri)	9879	99868	9402	108946
Toplam (EU-13 ülkeleri)	2224	6586	1757	8343

Çizelge 5. 2013 Yılı Sonu İtibariyle Avrupa RES Kapasite Dağılımı (MW)  
(Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği, 2013 yıllık raporu, 2014)



Çizelge 6. Temmuz-2013 Verilerine Göre Türkiye'deki Kurulu Güç Oranları  
(TEİAŞ Resmi web Sitesi)

Avrupa Birliği'nin benimsemiş olduğu kesintisiz, sürdürülebilir, kaliteli, temiz, ucuz ve rekabetçi elektrik esasına uygun düzenlenen 4628 ve yeni haliyle 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu gereğince, Milli Şebekede kesintisiz, sürekli, kabul edilebilir sınırlar içinde, ucuz ve temiz bir elektrik enerjisi için bütün çalışmalar yapılmaktadır. Burada "temiz enerji"den kasıt, yenilenebilir enerji kaynaklarını (YEK) kullanarak enerji üreten kapasitedir. YEK kapasite, Türkiye'de Elektrik Piyasası koşullarına göre teşvik amacıyla daha iyi koşullarda Alım Garantisi'nden yararlanmaktadır. Yenilenebilir Enerjinin Teşvikine Dair Kanun kapsamında ücretlendirilen bu kapasite için 7,3\$c teşvik yanında sağlanan yerli katılım payı, RES kapasite için bazı ekipmanların yerli kaynaklı üretimine imkân tanımıştır (YEKDEM Yönetmeliği, 2011).



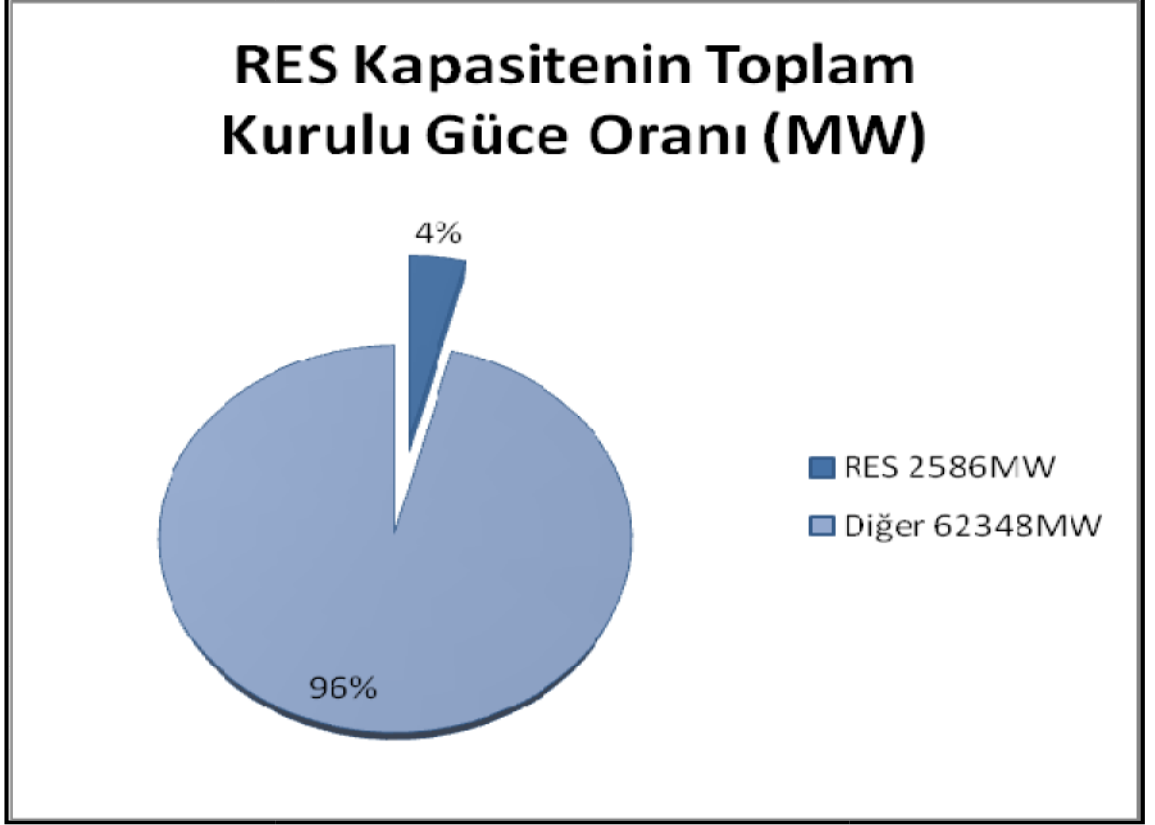
Çizelge 7. YEK Kapasitenin Toplam Kapasiteye Oranı (TEİAŞ Resmi web Sitesi)

Çizelge 7 incelendiğinde Toplam Kurulu Gücün % 87'sinin konvansiyonel kaynaklardan, bir başka deyişle fosil tip kaynaklardan elektrik üreten santraller ve hidro elektrik santraller (HES) olduğu görülmektedir. Yenilenebilir enerjinin % 13'lük payı, 8.419 MW'lık bir kapasiteye denk gelmektedir. YEK kapasitesi, hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynaklarını ifade etmektedir (YEKDEM Yönetmeliği, 2011).

RES kapasitenin toplam YEK kapasite içerisinde % 71'lik bir oran bulması, teknolojisinin artık bilinir düzeye gelmiş olması, proje süreçlerinin tecrübe yoluyla kolaylaşmış olması nedeniyle de gerçekleşmiştir denilebilir.

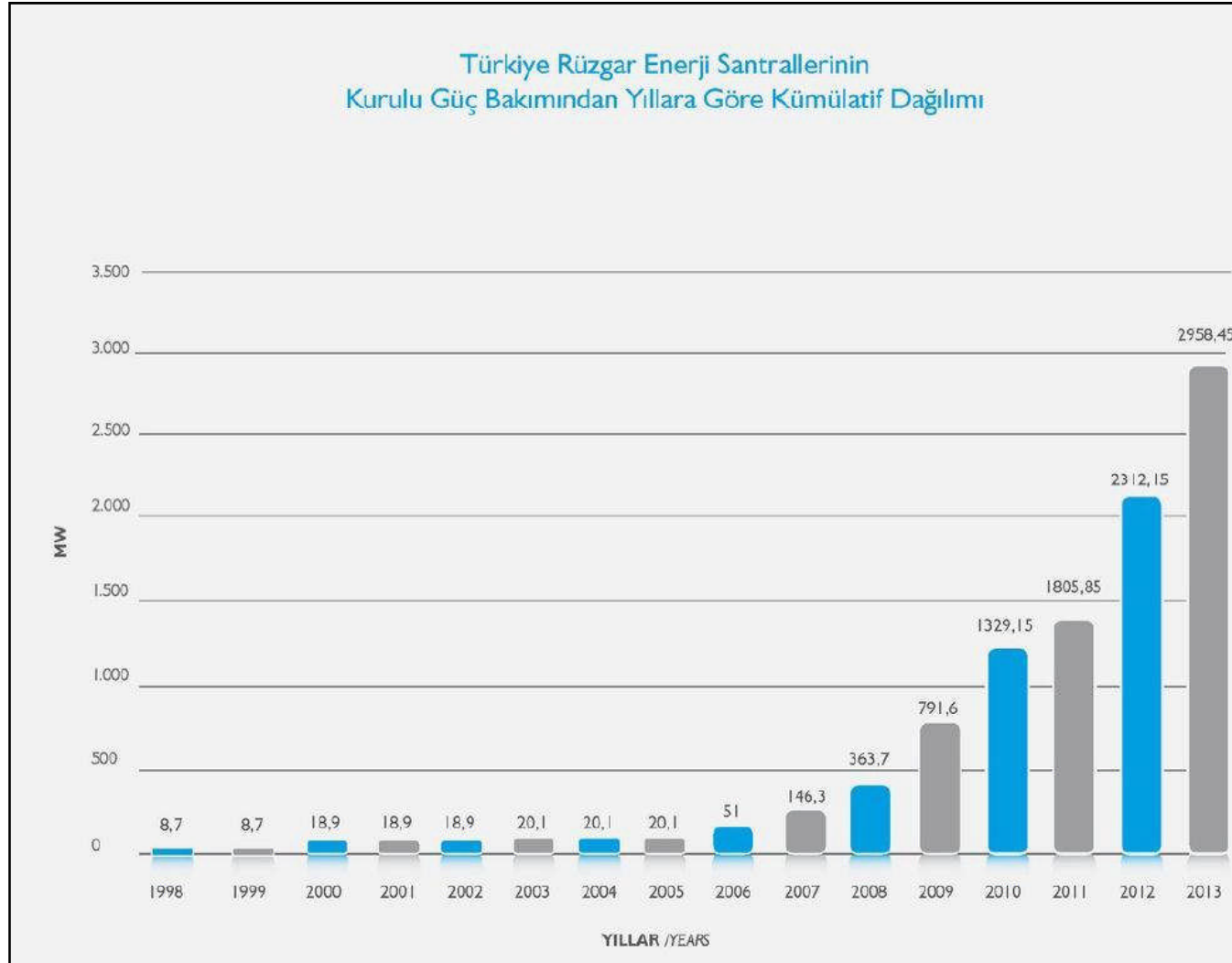
Çizelge 8 incelendiğinde, RES kapasitesinin Toplam Kurulu Güç içindeki payının % 4 seviyesinde olduğu görülmektedir. Bu oran, oldukça düşüktür. Kömür ve doğalgaz kaynaklı kapasitenin oldukça fazla olduğu ülkemizde RES kapasitenin artışı, kaynağı ülkemizde bulunmayan doğalgaz ve ithal kömür gibi

santrallerin oranının düşmesine neden olacaktır. Özellikle RES'lerdeki teknolojinin ucuzlaması, türbinlerin teslimatında yaşanan uzun terminlerin çözülmesi, yoğun evrak ve prosedürlerin kolaylaştırılması sonrasında bu kapasite, çok daha yüksek oranlara çıkabilecektir.



Çizelge 8. RES Kapasitenin Toplam Kurulu Güce Oranı (TEİAŞ Resmi web Sitesi)

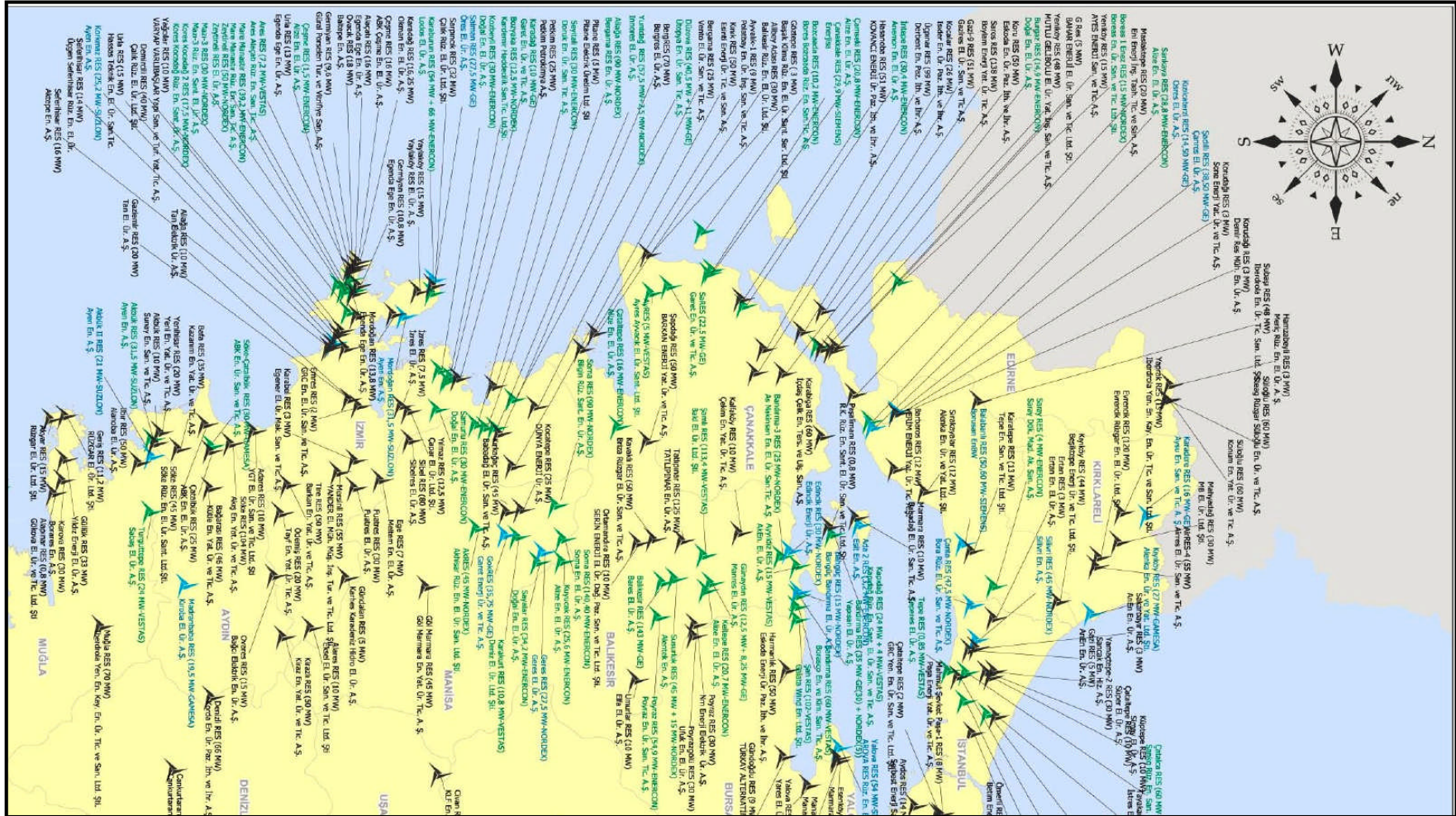
Özellikle doğalgaz maliyeti ve 2014 yılında yaşanan kuraklık sonucunda yeni yatırımların RES yönünde olacağı tahmin edilmektedir. RES için lisans, daha önce yalnızca belli kapasite için verilmiştir ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM)'nin RES ve Güneş Enerjisi Santrali (GES) kapasite için yayımlanmış olduğu Yarışma Yönetmeliği ile yeni yatırımların süratle gerçek hayata geçmesi beklenmektedir. Çizelge 9, yıllara göre RES kapasitenin kümülatif toplam değerini göstermektedir ve 2013 yıl sonu verilerinde 2.958,45 MW'lık RES kapasiteye işaret etmektedir. Buna göre, son üç yıl için her yıl yaklaşık aynı oranda bir artış ile RES kapasitenin devreye girdiği görülmektedir.



Çizelge 9. RES'lerin Kümülatif Toplamları (TÜREB, 2013 İstatistik Raporu, 2014)





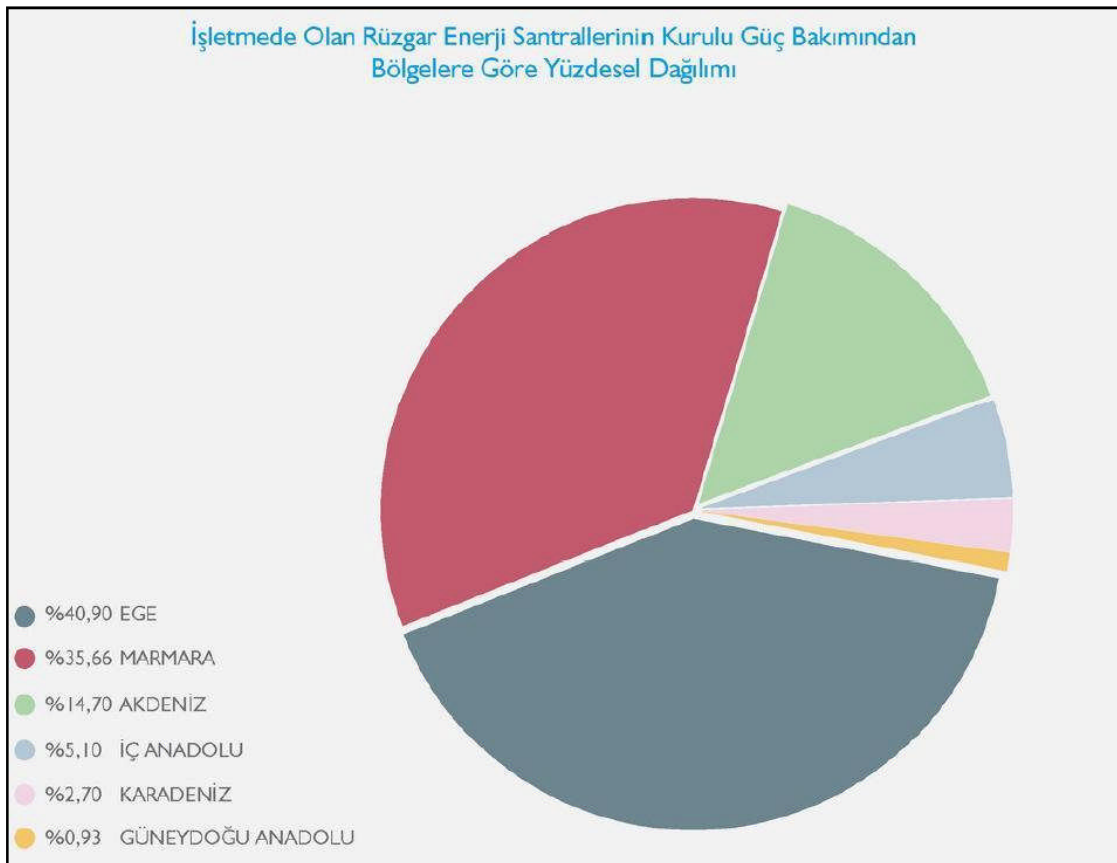


Şekil 2. Türkiye Rüzgâr Santralleri Atlası – Temmuz 2013 – Marmara, Ege (TÜREB, 2014)



Şekil 3'te ise Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TÜREB) verilerine göre rüzgâr santrallerinin dağılımı görülmektedir (TÜREB, 2013 İstatistik Raporu, 2014). Rüzgâr hızının ve kapasite faktörünün fazla olduğu konumlarda RES'ler irili ufaklı kümelenmiş görünmektedir.

Çizelge 10'da coğrafi bölge bazında RES'lerin pozisyonu kurulu güçlere göre oranlanmıştır. Rüzgârın bol olduğu kıyı bölgelerinde, özellikle Ege ve Marmara Bölgelerinde ve Balıkesir, İzmir ve Manisa illerinde RES kapasitenin yoğunlaştığı anlaşılmaktadır.



Çizelge 10. RES'lerin Coğrafi Bölge Bazlı Dağılımı, (TÜREB Resmi web Sitesi, 2013)

Bölgelere ve belirli lokasyonlara yoğunlaşmış olan RES'lerin enerji üretimlerini tahmin etmeleri, diğer konvansiyonel tip enerji santralleri ile karşılaştırılmayacak derecede zordur. Rüzgâr hızını bir başka deyişle enerji kaynağının durumunu tespit edebilmek için tahminleme yöntemleri

kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde geçmiş dönem verileri, hava durumu verileri, nem, sıcaklık vs verileri, kritik rol oynamaktadır. Diğer yandan, rüzgâr enerjisi, üretim programı değişken bir üretim kaynağı olması nedeniyle elektriksel olarak dengelemesi zor olan bir enerji çeşididir. Türkiye’de RES’lerin şebekede sevk ve idaresi, diğer santraller gibi, Milli Yük Tevzi Merkezi tarafından yapılırken, İspanya gibi bazı ülkelerde Rüzgâr Enerjisi için ayrıca bir yük tevzi merkezi bulunmaktadır. Rüzgâr gibi kaynağı sabit olmayan santraller, Dengeleme ve Güç Piyasası’nda Dengeleme Birimi olmaktan muaftırlar ve 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu’nda da belirtildiği üzere, ürettikleri enerjinin şebekede devreye alma önceliği vardır.

Burada belirtilen iki yönlü şebeke problemi, ancak daha fazla veriyi anında gözlemlemek ile kontrol edilebilir. Bu amaçla YEGM bünyesinde Rüzgâr Gücü İzleme ve Tahminleme Merkezi (RİTM) projesi hayata geçirilmiştir.



Şekil 3. Rüzgâr İzleme ve Tahminleme Merkezi RİTM,  
(YEGM Resmi web Sitesi, 2014)

Şekil 5'te haritada yaklaşıarak izlenebilen ve RES kapasitenin coğrafi koordinatlara işlenmiş halini gösteren ve aynı zamanda teknik bilgileri de gösteren ekranın görüntüsü görülmektedir. Anlık bilgilerin tek bir istasyonda toplanıp işlenmesi ile RES kapasitenin ileride elektrik piyasalarında oyuncu olarak daha stratejik ve daha karlı şekilde hareket etmesi temin edilebilecek, bu da yeni yatırımların önünü açacaktır.



Şekil 5. Türkiye Rüzgâr Santralleri Haritası Atlası, (YEGM Resmi web Sitesi, 2014)

## 2. ARAŞTIRMA SORULARI, HİPOTEZLER VE YÖNTEM

Bu bölümde Araştırma Soruları ve Hipotezler saptanmakta, çalışmanın yöntemi hakkında bilgi verilmektedir

### 2.1. ARAŞTIRMA SORULARI

- Türkiye'deki RES'lerin görelî etkinlik skorları, basit etkinlik ile aynı sıralamayı mı vermektedir?

### 2.2. HİPOTEZLER

**H<sub>1</sub>** : Türkiye'deki Rüzgâr Enerji Santralleri, görelî etkinlik analizine tabi tutulduğunda, santrallerin skorları birbirinden farklıdır.

**H<sub>2</sub>** : Özellikle aynı bölgesel teknik karakteristiklere sahip santrallerin skorları birbirinden farklıdır.

**H<sub>3</sub>** : En yüksek kurulu güce sahip olan RES, en etkindir.

**H<sub>4</sub>** : En çok maliyeti olan RES, en etkindir.

**H<sub>5</sub>** : En büyük kapasite faktörüyle ve en hızlı rüzgârın olduğu lokasyona kurulan RES, en etkindir.

### 2.3. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Birden fazla girdi ve birden fazla çıktı içeren problemde hem amaç hem de olası sonuçların değerlendirilebilmesi için çalışmanın yöntemi olarak veri zarflama analizi (VZA) seçilmiştir. Böylelikle RES'lerin tek bir baz santrale göre değil de görelî olarak etkinliklerini irdelemek mümkün olacaktır.

VZA, görelî etkinlik ölçümünde kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada, Türkiye'deki RES'lerin ortalama yatırım maliyetleri ile üretim performanslarına göre ortalama kazanç tutarları karşılaştırılarak görelî etkinlikleri, VZA kullanılarak ölçülmektedir. Çalışmanın analiz kısmında, VZA ile ilgili bölüm, MS Excel uygulamaları kullanılarak yapılmaktadır.

## 2.4. ETKİNLİK, VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE ETKİNLİK ANALİZİ VE SÜPER ETKİNLİK

Bu bölümde etkinlik, VZA ile ilgili genel bilgi ve süper etkinlik hakkında bilgi verilmektedir.

### 2.4.1. Verimlilik, Etkinlik ve Ölçüm Yöntemleri

Prokopenko'ya göre verimlilik (1987, sh 3), üretim veya hizmet sisteminin ürettiği çıktı ile bu çıktıyı yaratmak için kullanılan girdi arasındaki ilişki iken, Yolalan'a göre (1993) en geniş anlamıyla üretim sürecinden elde edilen çıktıların bu çıktıları elde edebilmek için kullanılan girdilere (kaynak) oranıdır.

Özata ve Sevinç'e göre (2010);

“Verimlilik, basit olarak çıktının girdiye oranıdır. Etkinlik ise kullanılan kaynaklarla elde edilen başarıyı bir başka deyişle uygun kaynaklarla elde edilen maksimum çıktı potansiyelini sağlayan en iyi kullanımı ifade etmektedir. Etkinlik, çıktılar sabit kalırken girdilerin minimize edilmesi veya çıktılar minimize edilirken girdilerin sabit tutulması veya bunların kombinasyonu ile artırılabilir.”

Etkinlik ölçümü, mevcut rekabet ortamı içinde işletmenin nerede olduğunun belirlenmesine olanak sağlamak ve eldeki girdilerden ne denli iyi bir biçimde çıktı üretilebileceğini göstermektedir (Kaya ve diğerleri, 2010, sh 129-147).

Geçmiş yıllarda işletmelerde performans değerlendirmesi yapabilmek için yaygın olarak oran analizi ve regresyon analizi yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemlerden oran analizi, oldukça basit bir yöntem olup, işletmelerin kullandığı girdi ve çıktıların tek boyutlu olarak oranlanması ile yapılmaktadır. Regresyon analizi ise parametrik bir yöntem olup, bir girdi bir çıktı (basit regresyon) veya birden fazla girdi ile bir çıktı arasındaki ilişkinin (çoklu regresyon) analiz edilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Ancak işletmeler genellikle bir girdi kullanarak tek bir çıktı elde etmemektedirler. İşletmeler, genellikle onlarca farklı girdiyi kullanarak bir veya birden fazla sayıda çıktı üretmektedirler (Kaya ve diğerleri, 2010, sh 129-147).

#### 2.4.2. Yöntem Olarak Veri Zarflama Analizi

VZA'nın tarihsel gelişimi incelendiğinde, bu yöntemin ilk olarak Farrell'in 1957 yılındaki çalışmasından hareketle Charnes ve arkadaşları tarafından 1978 yılında ölçekten sabit getiri varsayımı (constant return scale-CRS) adı altında formüle edildiği ve CCR (Charnes, Cooper ve Rhodes'in isimlerinin baş harfleriyle) yöntemi olarak isimlendirildiği görülmektedir. VZA yönteminin temel mantığı, her bir KB'nin kuramsal etkinlik sınırı olarak belirlenen sınırdan uzaklığını ölçerek etkinlik düzeyini ortaya çıkarmaktır (Charnes, Cooper ve Rhodes, 1978, sh 429-444). Daha sonra Banker ve arkadaşları tarafından 1984 yılında VZA'nın ölçekten değişken getiri formu (variable return scale-VRS) geliştirilmiş ve bu yöntem BCC (Banker, Charnes ve Cooper'ın isimlerinin baş harfi) yöntemi olarak anılmıştır (Wang ve diğerleri, 2008, sh 919-932).

Birden çok ve farklı ölçeklerde ölçülmüş veya farklı ölçü birimlerine sahip girdi ve çıktıların karşılaştırma yapmayı zorlaştırdığı durumlarda, karar verme birimlerinin görece performansını ölçmeyi amaçlayan ve doğrusal tabanlı bir teknik olan VZA, çok sık kullanılan parametrik olmayan yöntemlerden birisidir (Bousofiance ve diğerleri, 1991, sh 1-15).

VZA yöntemi, araştırmacılara KB'leri arasında en iyi teknolojiyi kullanan veya hipotetik olarak en üst düzeyde olanlara göre karşılaştırma olanağı sunar. Yöntemin en büyük yararı, KB'lerinin etkin olabilmesi için ulaşılması gereken hedefleri ortaya koyabilmesidir (Seinford, 1996).

VZA'nın kullanılabilmesi için öncelikle benzer nitelikteki KB'lerinin seçilmesi gerekmektedir. Daha sonra bu birimlere ait girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Burada önemli olan nokta ise, seçilen girdi ve çıktı elemanlarının her KB tarafından kullanılıyor olmasıdır. Seçilen girdi sayısı  $m$ , çıktı sayısı da  $p$  ise en az  $m + p + 1$  tane KB olması, araştırmanın güvenilirliği açısından gerekli bir kısıttır. Diğer bir kısıt ise, değerlendirmeye alınan KB sayısı, değişken sayısının en az iki katı olması gerekmektedir (Atan, 2003, sh 71-86).



Bir KB'nin,  $k$ , ürettiği çıktı faktörleri miktar,  $Y_{rk}$ ,  $r = 1 \dots s$  ve kullandığı girdi faktörleri miktarı  $X_{ik}$ ,  $i = 1, \dots, m$  olsun. KB k'nın toplam faktör verimliliği, eğer faktörlere verdiği ağırlıkları çıktı ve girdiler için, sırasıyla,

$u_{rk}$ ,  $r = 1, \dots, s$  ve  $v_{ik}$ ,  $i = 1, \dots, m$  ise,

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik}} \quad (\text{Tarım, 2001})$$

verilen ifadede pay kısmı tek bir reel değere karşılık gelmektedir. Bu değer, toplam çıktı olarak adlandırılır. Benzer şekilde, payda da yer alan reel değer, toplam girdi olarak tanımlanabilir (Tarım, 2001).

KB  $k$ , ağırlıklarını kendi toplam faktör verimliliğini maksimize edecek şekilde seçebilmesi gerekmektedir. Böylece, her KB'nin kendi özel durumunu etkinlik analizi çerçevesinde tanımlaması mümkün olmaktadır. Ancak, KB k'nın seçtiği ağırlık kümesinin diğer karar birimlerine uygulandığında hiç bir KB'nin toplam faktör verimliliği 1,0'ın üzerine çıkmaması gerekmektedir. Aksi halde KB  $k$  için toplam faktör verimlilik değeri sınırsız bulunur. Etkinlik skorlarının belirli bir aralıkta olması için sınır getirilmesi gerekmektedir. Bu üst sınır, 1,0 olarak seçilmiştir. Ayrıca, KB k'nın elde ettiği etkinlik skorunun diğer karar birimlerinin skorları çerçevesinde normalize edilmesi gerekir. Bu kısıt, aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Tarım, 2001):

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, N$$

Ayrıca KB  $k$  tarafından kullanılacak girdi ve çıktı ağırlıklarının negatif olamayacağı da açıktır (Perçin ve Çakır, 2012):

$$u_{rk} \geq 0, \quad v_{ik} \geq 0, \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m \quad (\text{Tarım, 2001})$$

Bu açıklamalar çerçevesinde oluşturulan ve toplam faktör verimliliği TFP (Total Factor Productivity) kavramına dayanan yöntem, girdiye ve çıktıya yönelik olarak aşağıda gösterilebilir (Tarım, 2001):

$$h_k = \frac{\sum_{r=1}^a u_{rk} Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik}} \quad (\text{en yüksek değeri bulunmalıdır})$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, N$$

$$u_{rk} \geq 0, \quad v_{ik} \geq 0, \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m$$

$$-\sum_{j=1}^N Y_{rj} \lambda_{jk} + Y_{rkzk} \leq 0 \quad (\text{z}_k \text{ için en yüksek değer bulunmalıdır})$$

$$r = 1, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^N X_{ij} \lambda_{jk} \leq X_{ik}$$

$$i = 1, \dots, m$$

$$\lambda_{jk} \geq 0$$

$$j = 1, \dots, N$$

VZA, çok sayıda girdi ve çıktı olmasından dolayı organizasyonel karar birimlerinin göreceli etkinliklerinin ölçülmesinin güç olduğu durumlarda kullanılan doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir (Ulucan, 2000). VZA'da tüm organizasyonel karar birimleri serbestçe ağırlıklarını verebilirler; ancak tüm birimlerin kendilerini etkin yapacak ağırlıkları seçerek taraflı olmalarının önüne geçmek için probleme iki kısıt eklenmiştir: kısıtlardan ilkinde göre karar birimleri, ağırlıklarını öyle seçmesi gerekmektedir ki, seçtikleri ağırlıklar kullanılarak diğer organizasyonel karar birimlerinin etkinliği ölçüldüğünde hiçbir KB'nin etkinliğinin %100'ü geçmemesi gerekmektedir. İkincisine göre, hiçbir ağırlık, negatif değer taşıması gerekmektedir. Bu kısıtlar sonucu, ağırlıklarını

serbestçe seçebilen organizasyonel karar birimleri, aslında aynı optimal ağırlık setini seçmektedirler (Ulucan, 2002).

Analizin temelinde benzer türden karar birimlerinin (KB) üretim etkinliklerinin değerlendirilmesi yer almaktadır. Analize konu olan KB'lerin aynı hedefe yönelik benzer işlevler görmesi, aynı pazar şartlarında çalışması ve gruptaki bütün KB'lerin verimliliklerini nitelendiren etmenlerin yoğunluk ve büyüklüklerindeki farklar hariç aynı şartlarda olması şartları aranmaktadır (Kayalidere ve Kargın, 2004, sh 196-219).

VZA yöntemi, KB etkinliğini ölçerken önce herhangi bir gözlem kümesi içinde en az girdi bileşimini kullanarak en çok çıktı bileşimini üreten "en iyi" gözlemi belirler. Daha sonra söz konusu sınırı "referans" kabul edip etkin olmayan KB'lerinin bu sınıra olan uzaklıklarını "radyal" olarak ölçer. Her bir KB için yöntemler kurulu ve doğrusal programlama tekniği ile çözülür. Çözüm sonuçları, ilgili KB'nin etkinliğini verir. Etkinlik değeri "1" ise KB, "etkin"dir. 1'den farklı ise "etkin değildir" sonucuna ulaşılır (Baysal ve diğerleri, 2004, sh 437-442).

Peker ve Baki'ye göre (2009, sh 78-88) VZA'nın uygulanabilmesi için sırasıyla, KB'lerin seçilmesi, girdi ve çıktılarının belirlenmesi, etkinlik değerlerinin bulunması ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi gerekmektedir.

Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı üzerine kurulan CCR yönteminden sonra 1984 yılında Banker, Charnes ve Cooper tarafından BCC yöntemi olarak adlandırılan ölçeğe göre değişken getiri varsayımını dikkate alan VZA geliştirilmiştir (Cooper ve diğerleri, 2011). Bu nedenle CCR yöntemi ile elde edilen etkinlik değeri, KB'lerin teknik etkinliklerinin yanı sıra optimum ölçekte üretim yapıp yapmadıklarını da gösteren ölçek etkinliklerini de içermektedir (Coelli ve diğerleri, 2005).

Ölçek Etkinliği = (CCR Etkinliği) / (BCC Etkinliği) (Bektaş, 2013).

Ulucan'a göre (2002):

“CCR yöntemleri ile toplam etkinlik bulunurken, BCC yöntemleri ile teknik etkinlik hesaplanır. Teknik olarak etkin olan bir KB'nin ölçekten kaynaklanan bir etkin olmama durumu var ise, toplamda da etkin olunamamaktadır.”

Dolayısıyla CCR ve BCC yöntemleri birlikte çözümlenip ölçek etkinliği hesaplanarak değerlendirme yapılması daha sağlıklıdır.

Analizin temelinde benzer türden karar birimlerinin (KB) üretim etkinliklerinin değerlendirilmesi yer almaktadır. Analize konu olan KB'lerin aynı hedefe yönelik benzer işlevler görmesi, aynı pazar şartlarında çalışması ve gruptaki bütün KB'lerin verimliliklerini nitelendiren etmenlerin yoğunluk ve büyüklüklerindeki farklar hariç aynı şartlarda olması şartları aranmaktadır (Kayalidere ve Kargın, 2004, sh 196-219).

VZA yöntemi, KB etkinliğini ölçerken önce herhangi bir gözlem kümesi içinde en az girdi bileşimini kullanarak en çok çıktı bileşimini üreten “en iyi” gözlemi belirler. Daha sonra söz konusu sınırı “referans” kabul edip etkin olmayan KB'lerinin bu sınıra olan uzaklıklarını “radyal” olarak ölçer. Her bir KB için yöntemler kurulu ve doğrusal programlama tekniği ile çözülür. Çözüm sonuçları, ilgili KB'nin etkinliğini verir. Etkinlik değeri “1” ise KB, “etkin”dir. 1'den farklı ise “etkin değildir” sonucuna ulaşılır (Baysal ve diğerleri, 2004, sh 437-442).

Peker ve Baki'ye göre (2009, sh 78-88) VZA'nın uygulanabilmesi için sırasıyla, KB'lerin seçilmesi, girdi ve çıktılarının belirlenmesi, etkinlik değerlerinin bulunması ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi gerekmektedir.

Enerji sektöründe Etkinlik ölçümü uygulamalarına bakıldığında Bağdadioğlu ve arkadaşlarının 1996 yılında Dağıtım Şirketleri üzerine parametrik olmayan model uygulaması (Bağdadioğlu N.,1996), ilk örneklerden biridir. 2007 yılındaki çalışmalarında Bağdadioğlu ve arkadaşları, yine elektrik dağıtım şirketleri ile ilgili parametrik olmayan etkinlik analizi yapmışlardır (Bağdadioğlu, 2007). 2009

yılında ise Bağdadioğlu, Elektrik Dağıtım Şirketlerinin gelirlerini, abone sayılarını, tükettikleri enerjiyi ve hat uzunluklarını kullanarak bir analiz yapmış ve sonucunda hizmet kalitesinin artırılması gerektiğini söylemiştir (Bağdadioğlu, 2009).

VZA, farklı sektörlerde de yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Şeker fabrikalarının etkinliğini bulmak amacıyla (Aslan, 2007) ve Türkiye'deki vakıf üniversitelerinin etkinliğini incelemek amacıyla kullanılmıştır (Özden, 2008). Özdemir ve Düzgün (2009), alıŐmalarında Türkiye'deki otomotiv firmalarının sermaye yapılarına göre etkinliklerini, Kabasakal ve Solak (2010), Demiryolu ve karayolu ulaştırma sistemlerinin ekonomik etkinliğini, ınar ve Şahin (2010), Türk Telekom sektörünün OECD ülkeleri içindeki etkinliğini, Ulucan (2011) ise Türk Üniversitelerinin etkinliklerini, Er ve Uysal (2012), Türkiye'deki ticari bankalar ve katılım bankalarının 2005-2010 dönemi için karşılaştırmalı etkinliğini, Ağayev ve Saklı (2012), çalışmalarında aykur fabrikalarının etkinliklerini, Demir, Derbentli ve Sakarya (2012), Kars ilinde bulunan mandıraların etkinliğini, Kocaman ve arkadaşları (2012), OECD ülkelerinin sağlık sistemlerinin etkinliklerini, akır ve Perçin (2012), alıŐmalarında Kamu Şeker Fabrikalarının etkinliklerini, etintaŐ ve Biçen (2012), Sigortacılık sektörünün etkinliğini, Aktan ve Samut (2013), Türk tarımının etkinliğini, VZA kullanarak ölçmüŐ ve değerlendirmişlerdir.

Ayrıca 2013 tarihli Emre ve Ömürgönülşen çalışmasında da (2013, sh 7-32) VZA kullanılmıŐ ve problemin çözümünde etkili olduğu görülmüştür.

VZA yöntemlerinden CCR ve BCC, etkin olmayan KB'lerinin belirlenmesinde güçlü yöntemler olmakla birlikte etkin ünitelerin en iyisinin hangisi olduğunun ayırt edilmesinde zayıf yöntemlerdir. Bu yöntemler, genellikle çok fazla KB'yi etkin olarak nitelendirir (Perrigot ve Barros, 2008). Böyle bir durumda süper etkinlik kavramını kullanmak, problemin çözümü açısından yerinde olacaktır.

### **2.4.3. Süper Etkinlik**

Andersen ve Petersen, etkinlik analizi sonucunda hangi KB'nin daha etkin olduğunu görmek için Süper Etkinlik Yöntemi'ni önermişlerdir. Aslında bu yöntem, Elektrik Mühendisliği'nde kullanılan "süper pozisyon" yönteminin bu alana uygulamasıdır. Süper etkinlik yönteminde, her bir etkin KB, listeden çıkarılarak yeniden etkinlik skorları belirlenmektedir. Yeni oluşan Süper Etkinlik Skorlarına göre sıralama yapılarak üstünlük sıralamasına ulaşılabilir (Perçin ve Çakır, 2012).

Andersen ve Petersen'in 1993 yılında tanımladığı Süper Etkinlik Modeli'ne göre her bir etkin KB, teker teker örneklem kümesinden çıkarılarak yeni etkinlik skorları bulunur ve bu etkinlik skorlarının birden büyük olamama kısıtı kaldırılır. Yeni etkinlik skorlarına göre sıralanan etkin KB'ler, büyükten küçüğe doğru Süper Etkinlik sıralamasına tabi tutulmuş olur. Matematiksel kısıtlar, süper etkinliği incelenen KB'nin etkinlik skorunun 1'den küçük olma zorunluluğu dışında tamamen aynıdır.

Tunca ve Gök de çalışmalarında (2012) aynı tanım üzerinden elde edilen etkinlik skorlarına göre Türkiye Basketbol Liginin Süper Etkinlik Analizi'ni yapmışlardır. Yönteme göre, çözüm kümesinden tekrar değerlendirilmek üzere en etkin KB verisinin elimine edilmesiyle etkinlik skorları tekrar hesaplanır. Bu prosedür sonucunda elimine edilen KB'ye göre "süper etkin" durumdaki KB'lerin skor değerleri değişebilir. Değişen bu değerler, daha sonra KB'leri sıralamak ve etkin bulunmuş KB'lerini kendi içinde tekrar sıralamak için kullanılır.

### **2.4.4. Bağlam Bağımlı Etkinlik**

Simonson ve Tversky, 1992 yılında, etkinlik hesaplarırken KB eklenmesi veya çıkarılmasının değil de en etkin KB'nin oluşturduğu çizginin değişiminin skoru değiştirdiğini söylemiştir (Simonson, 1993). Seiford ve Zhu ise 2003 yılında etkin KB'lerin çıkarılması ile tekrar yapılan analizin ulaşılabilir hedefler vereceğini göstermişlerdir (Zhu, 2003).

### **3. RES'LERİN GÖRELİ ETKİNLİKLERİNİN VZA İLE ÖLÇÜMÜ: TÜRKİYE'DE BİR UYGULAMA**

Türkiye'deki RES'lerin analizini yapabilmek için veri setlerinin tespit edilmesi ve karar birimlerinin seçilmesi gereklidir.

#### **3.1. ÇALIŞMANIN VERİ SETLERİ**

VZA ile bir çalışma yapabilmek için, en önemli basamaklardan biri de, veri setlerini çok iyi tespit etmektir. Girdi verisi ve çıktı verisi doğru tayin edilmezse, anlamsız sonuçlar ortaya çıkabilir. Tayin edilen verilerin her karar birimi için elde edilebilen veriler olması gerekir. Girdi ve çıktı verilerinin sayısından fazla karar birimi olması gerekmektedir.

#### **3.2. KARAR BİRİMLERİ (KB'LER)**

Bu çalışmada, TÜREB 2013 Temmuz itibari ile işletmede olan santral çizelgesi kullanılmıştır (TÜREB resmi web sitesi). Resmi olarak yayımlanmış olan bu veriler, Şekil 6'da bilgi amacıyla gösterilmektedir. Beklenildiği gibi KB'ler birbirine aynı koşullarda çalışan ve belirlenen girdi ve çıktı verileriyle görece olarak da karşılaştırılabilecek üniteler olarak tespit edilmiştir. Her bir KB, bir RES'e karşılık gelmektedir.

#### **3.3. GİRDİ VERİLERİ**

Problemin çözülmesi aşamasındaki en önemli safhalardan biri de, problemin matematiksel olarak doğru kurulmasıdır. VZA kullanırken de girdi ve çıktı verilerini doğru tespit etmek, kritiktir.

### 3.4. KURULUM MALİYETİ

Kurulu Güç verisi, Şekil 6'ya göre lisans üzerinden faaliyetteki kapasiteler esas alınarak kullanılmıştır. İlgili literatür incelendiğinde, VZA ile performans değerlendirmesi yaparken kurulu gücün girdi değişkeni olarak kullanıldığı görülmektedir (Ulucan, 2010).

Marmara Bölgesi'ndeki RES'ler için yapılan çalışmada (Emre ve Ömürgönülşen, 2013), T.C.Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) resmi web sitesindeki veriler kullanılırken (Çizelge 11), bu çalışmadan doğrudan KB verisinin aldığı TÜREB kaynağı kullanılmıştır (TÜREB resmi web sitesi). Bu durumun nedeni de, çalışmanın Türkiye çapında yapılıyor olmasıdır.

RES'lerin kurulum maliyetlerinden önemli bir bölümünü de bağlantı maliyetini içermektedir. İletimin yüksek gerilim veya dağıtımın orta gerilim hattına bağlantı, ekipmanların gerilime karşı dayanımı gereği birbirinden farklı maliyetleri getirmektedir. Bu çalışmada kullanılan hatta uzaklık verisi, YEGM verileri de kullanılarak yaklaşık değerlerden elde edilmiş verilerdir. Teker teker incelenen bağlantı hat kesitleri, yaklaşık birim fiyatlar ile çarpılmış ve yaklaşık bağlantı maliyeti verileri oluşturulmuştur. Santrallerin her birinin bağlantı anlaşmalarının tespit edilmesi, bağlantı mesafelerinin ve gerilimlerinin tespit edilmesi, bu bağlantılara ait hat kesitleri bilgilerine ulaşılması, hat maliyetlerinin piyasadaki firmalar ile görüşülerek ortalama bir fiyata dönüştürülmesi, veri toplama sürecinde uğraşılacak zorlu bir konudur. 61 karar birimi için dağıtım şirketleri ve iletim şirketlerinin bölge sorumluları ile temasa geçilmiş, hat kesitleri, kaç tip hat kullanıldığı, iletken malzemesi vs birçok veri teker teker elde edilmiştir. Şekil 7, YEGM kaynaklarında Afyonkarahisar iline ait iletim ve dağıtım hatlarını göstermektedir. Şekil 8'de ise, Marmara Bölgesi'ndeki RES'ler için yapılan çalışmada tespit edilen bağlantı kesitleri ve uzunlukları, örnek olarak gösterilmektedir (Emre ve Ömürgönülşen, 2013).



Kurulum maliyeti verileri, kapasite miktarının bir katsayı ile çarpımı ile elde edilen yaklaşık sonuç ve bağlantı maliyeti için hesaplanan yaklaşık sonucun toplamıdır. Kurulum maliyeti verileri, matematiksel hesaplarda aynen kullanılırken, bu çalışmada ticari sır olabileceği endişesi ile şifrelenmiştir.

İŞLETMEDEKİ RÜZGÂR SANTRALLERİ							
OPERATIONAL WPP							
FİRMA ADI	PROJE ADI	KURULU GÜÇ (MW)	MEVKİ	TÜRBİN MARKASI	TÜRBİN MODELİ	TÜRBİN GÜCÜ	İŞLETMEYE GİRİŞ TARİHİ
COMPANY NAME	PROJECT NAME	INSTALLED CAPACITY (MW)	LOCATION	TURBINE BRAND	TURBINE MODEL	TURBINE POWER	COMMENCEMENT OF OPERATION
ABK En. Ür. San. ve Tic. A.Ş.	Söke-Çatalbük RES	30,00	Aydın	GAMESA	G90	2 MW	2012
Akdeniz El. Ür. A.Ş.	Mersin Mut RES	33,00	Mersin	VESTAS	V90-3.0	3 MW	2010
AkEn. El. Ür. A.Ş.	Ayyıldız RES	15,00	Balikesir	VESTAS	V90-3.0	3 MW	2009
Akhisar Rüz. En. El. Ür. San.Ltd. Şti.	Akres	45,00	Manisa	NORDEX	N90	2,5 MW	2011
Alenteck En. A.Ş.	Susurluk RES	45,00	Balikesir	NORDEX	N100	2,5 MW	2011
Alize En. El. Ür. A.Ş.	Sarıyaya RES	28,80	Tekirdağ	ENERCON	10xE-82+4xE-70+1xE-48	2MW+2MW+0,8MW	2009
Alize En. El. Ür. A.Ş.	Çataltepe RES	16,00	Balikesir	ENERCON	8xE-82	2 MW	2010
Alize En. El. Ür. A.Ş.	Kuyucak RES	25,60	Manisa	ENERCON	12xE-70 + 2xE-44	2MW + 0,9MW	2010
Alize En. El. Ür. A.Ş.	Çamşekli RES	20,80	Çanakkale	ENERCON	10xE-82 + 1xE-48	2MW + 0,8MW	2009
Alize En. El. Ür. A.Ş.	Çeşme RES	1,50	İzmir	ENERCON	3xE-40	0,5 MW	1998
Alize En. El. Ür. A.Ş.	Keltepe RES	20,70	Balikesir	ENERCON	23xE-44	0,9 MW	2009
Anemón En. El. Ür. A.Ş.	İntepe RES	30,40	Çanakkale	ENERCON	38xE-48	0,8 MW	2007
Ares Alaçabı Rüz. En. San. Tic. A.Ş.	ARES	7,20	İzmir	VESTAS	V44-600	600 KW	1998
Aş Makinası En. El. Ür. San.Tic. A.Ş.	Bandırma-3 RES	24,00	Balikesir	NORDEX	N90	2,5 MW	2010
Ayren En. A.Ş.	Akbük RES	31,50	Aydın	SUZLON	5 B8	2,1 MW	2009
Ayres Ayyacık El. Ür. Sant. Ltd. Şti.	AyRES	5,00	Çanakkale	VESTAS	V90-1.8	1,8 MW	2011
Baki El. Ür. Ltd. Şti.	Şanlı RES	113,40	Balikesir	VESTAS	V90-3.0	3 MW	2008
Bakras Enerji Elektrik Ür. ve Tic. A.Ş.	Şenbük RES	15,00	Hatay	VESTAS	V90-3.0	3 MW	2010
Belen El. Ür. A.Ş.	Belen RES	36,00	Hatay	VESTAS	V90-3.0	3 MW	2009 / 2010
Bergama RES En. Ür. A.Ş.	Aliağa RES	90,00	İzmir	NORDEX	N90	2,5 MW	2010
Bilgin Rüz. Sant. En. Ür. A.Ş.	Soma RES	90,00	Manisa	NORDEX	N90	2,5 MW	2010
Borasco En. ve Kim. San. Tic. A.Ş.	Bandırma RES	60,00	Balikesir	VESTAS	V90-3.0	3 MW	2009 / 2010
Boreas En. Ür. San. ve Tic. Ltd. Şti.	Boreas 1 Enez RES	15,00	Edirne	NORDEX	N90	2,5 MW	2010
Bores Bozcaada Rüz. En. San.Tic. A.Ş.	Bozcaada RES	10,20	Çanakkale	ENERCON	17xE-40	0,6 MW	2000
Dares Datça Rüz. En. Sant. San. ve Tic. A.Ş.	Dares Datça RES	29,60	Muğla	ENERCON	18xE-48+8xE-44	0,8MW+0,9MW	2008
Deniz El. Ür. Ltd. Şti.	Sebenoba RES	30,00	Hatay	VESTAS	V80-2.0	2 MW	2008
Deniz El. Ür. Ltd. Şti.	Karakurt RES	10,80	Manisa	VESTAS	V90-1.8	1,8 MW	2007
Doğal En. El. Ür. A.Ş.	Sayalar RES	34,20	Manisa	ENERCON	38xE-44	0,9 MW	2008
Doğal En. El. Ür. A.Ş.	Burgaz RES	14,90	Çanakkale	ENERCON	13xE-48+5xE-44	0,8MW+0,9MW	2007
Doruk En. Ür. San. Tic. A.Ş.	Seyitli RES	30,00	İzmir	ENERCON	15xE-70	2,0 MW	2011
Enerjisa En. Ür. A.Ş.	Çanakkale RES	29,90	Çanakkale	SIEMENS	SWT-2.3-101	2,3 MW	2011
Galata Wind En. Ltd. Şti.	ŞahRES	93,00	Balikesir	VESTAS	V90-3.0	3 MW	2011
Garet En. Ür. ve Tic. A.Ş.	SaRES	22,50	Çanakkale	GE	GE2.5-100	2,5 MW	2010 / 2011
Gnones El. Ür. A.Ş.	Yuntdağ RES	57,50	İzmir	NORDEX	N90	2,5 MW	2008
Kardemir Haddecilik San.Tic. Ltd.Şti.	Bozyaka RES	12,50	İzmir	NORDEX	N100	2,5 MW	2011
Kores Kocadağ Rüz. En. Sant. Ür. A.Ş.	Kores Kocadağ-2 RES	15,00	İzmir	NORDEX	N90	2,5 MW	2010
Kodos El. Ür. A.Ş.	Kemerburgaz RES	24,00	İstanbul	ENERCON	12xE-82	2 MW	2008
Mare Manastır Rüz. En. San. Tic. A.Ş.	Mare Manastır RES	39,20	İzmir	ENERCON	32xE-44+17xE-48	0,9MW+0,8MW	2006 / 2007
Mazi-3 Rüz. En. Sant. El. Ür. A.Ş.	Mazi-3 RES	30,00	İzmir	NORDEX	N90	2,5 MW	2009 / 2010
Pem En. A.Ş.	Kilik RES	40,00	Tokat	NORDEX	N100	2,5 MW	2012
Rotor El. Ür. A.Ş.	Gökçedağ RES	135,00	Osmaniye	GE	GE2.5-100	2,5 MW	2009 / 2010
Sabaş El. Ür. A.Ş.	Turguttepe RES	24,00	Aydın	VESTAS	V90-2.0	2 MW	2010
Sanko Rüz. En. San. ve Tic. A.Ş.	Çatalca RES	60,00	İstanbul	VESTAS	V90-3.0	3 MW	2008
Soma En. El. Ür. A.Ş.	Soma RES	140,10	Manisa	ENERCON	30xE-70+1xE-44	2,0MW+0,9MW	2011 / 2012
Sunjuüt Sani Jüt San. Tic. A.Ş.	Sunjuüt RES	1,20	İstanbul	ENERCON	2xE-40	0,6 MW	2006
Teperes El. Ür. A.Ş.	TepeRES	0,85	İstanbul	VESTAS	V52-850	850 KW	2006
Itopya En. Ür. San. Tic. A.Ş.	Düzova RES	30,00	İzmir	GE	GE2.5-100	2,5 MW	2009 / 2010
Yapısan El. Ür. A.Ş.	Bandırma RES	35,00	Balikesir	GE(30) + NORDEX (5)	GE1.5se	1,5MW	2006
Ziyaret RES El. Ür. San.Tic. A.Ş.	Ziyaret RES	57,50	Hatay	GE	GE2.5-100	2,5 MW	2010 / 2011

Şekil 6. İşletmedeki Rüzgâr Santralleri (Temmuz 2013 itibari ile) (TÜREB resmi web sitesi)

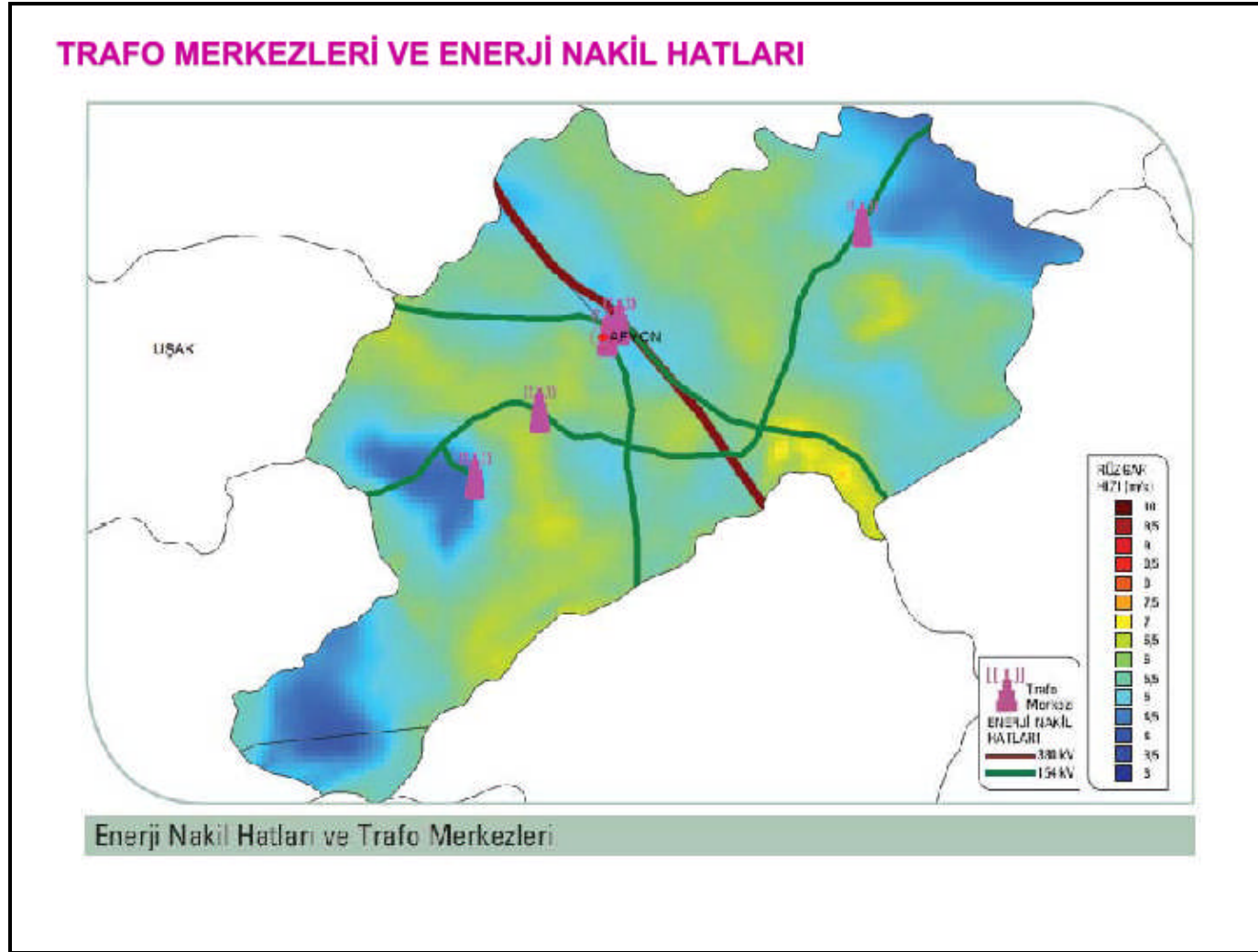
TESİS BİLGİLERİ TABLOSU2.xlsx [Uyumluluk Modu]					
A	B	C	D	E	F
1	SIRA NO	LİSANS NO	DURUMU	PROJE ADI	LİSANSINDAKİ GÜÇ (MW)
2	1	-	İŞLETMEDE	ARES - YİD	7,20
3	2	-	İŞLETMEDE	BORES - YİD	10,20
4	3	EÜ/312-1/434	İŞLETMEDE	SAYALAR RES	30,60
5	4	EÜ/207-4/353	İŞLETMEDE	BURGAZ RES	14,90
6	5	EÜ/325-2/457	İŞLETMEDE	YUNDAĞ RES	42,50
7	6	EÜ/249-3/385	İŞLETMEDE	İNTEPE RES	30,40
8	7	EÜ/565-5/580	İŞLETMEDE	MANASTIR RES	42,40
9	8	EÜ/311-4/433	İŞLETMEDE	SAMLI RES	114,00
10	9	EÜ/325-3/458	İŞLETMEDE	SEBENOBA RES	60,00
11	10	EÜ/1332-16/969	İŞLETMEDE	YAPISAN / BANDIRMA RES	30,00
12	11	EÜ/225-4/372	İŞLETMEDE	KEMERBURGAZ RES	24,00
13	12	EÜ/250-4/389	İŞLETMEDE	KARAKURT RES	10,80
14	13	EÜ/284-7/398	İŞLETMEDE	ÇATALCA RES	60,00
15	14	EÜ/757-4/638	İŞLETMEDE	ÇEŞME RES	1,50
16	15	EÜ/1167-6/839	İŞLETMEDE	BALIKESİR RES	142,50
17	16	EO/150-25/221	İŞLETMEDE	HADIMKÖY RES	1,20
18	17	EÜ/302-1/417	İŞLETMEDE	TEPE RES	0,85
19	18	EÜ/786-2/648	İŞLETMEDE	MAZİ-3 RES	22,50
20	19	EÜ/1149-7/827	İŞLETMEDE	SOMA / SOMA RES	140,80
21	20	EÜ/1398-12/1026		KOZBEYLİ RES	30,00
22	21	EÜ/1149-9/829		SEYİTALİ RES	30,00
23	22	EÜ/1398-11/1025		SAMURLU RES	30,00
24	23	EÜ/1149-8/828		POYRAZ RES	54,90
25	24	EÜ/1565-7/1139		ŞAH RES	93,00
26	25	EÜ/1622-4/1177		KARABURUN RES	120,00
27	26	EÜ/973-1/738	İŞLETMEDE	BELEN RES	30,00
28	27	EÜ/1904-56/1364		KAHTA RES	48,45
29	28	EÜ/1904-55/1363		OVACIK RES	18,00
30	29	EÜ/1690-4/1226		KİLLİK RES	40,50
31	30	EÜ/1690-5/1227		ALÖREN RES	45,00
32	31	EÜ/1632-6/1194		KARADAĞ RES	10,00
33	32	EÜ/1632-5/1193	İŞLETMEDE	SARES RES	22,50
34	33	EÜ/1461-1/1055		METRİSTEPE RES	39,00
35	34	EÜ/1904-54/1362		SEFERİHİSAR RES	16,00
36	35	EÜ/1690-2/1224	İŞLETMEDE	SUSURLUK RES	45,00
37	36	EÜ/1904-57/1365		KAYADUZU RES	39,00
38	37	EÜ/1062-6/786	İŞLETMEDE	AKBÜK RES	31,50
39	38	EÜ/1622-13/1186		MORDOĞAN RES	30,75
ANA SAYFA / ARES-YİD / BORES-YİD / SAYALAR / BURGAZ / YUNDAĞ /İNTEPE					

TESİS BİLGİLERİ TABLOSU2.xlsx [Uyumluluk Modu]						
A	B	C	D	E	F	
1	ANA SAYFA					
2	TESİS ADI	ALAÇATI RES				
3	ŞİRKET ADI	ARES A.Ş.				
4	LİSANS NUMARASI	-				
5	ÜRETİM TESİSİNİN	İli	İZMİR			
6		İlçesi	ÇEŞME			
7		Mevkii	ALAÇATI			
8	ÜNİTE SAYISI (adet)	12				
9	ÜNİTE GÜCÜ (MW)	0,6				
10	TESİS TOPLAM KURULU GÜCÜ (MW)	7,2				
11	Türbin No	UTM Koordinatı (6 derece)		Türbin Gücü (MW)	Türbin rotor göbek yüksekliği (m)	Türbin kanat çapı (m)
12		Doğu (sağa)	Kuzey (yukarı değer)			
13	T1	447558	4237770	0,6	40	44
14	T2	447369	4237603	0,6	40	44
15	T3	447199	4237532	0,6	40	44
16	T4	447042	4237379	0,6	40	44
17	T5	447058	4237584	0,6	40	44
18	T6	447223	4237695	0,6	40	44
19	T7	447381	4238098	0,6	40	44
20	T8	447353	4238276	0,6	40	44
21	T9	447534	4238214	0,6	40	44
22	T10	447565	4238027	0,6	40	44
23	T11	447460	4237793	0,6	40	44
24	T12	447279	4237895	0,6	40	44
25	Not: Türbin koordinatları; 09/11/2008 tarih ve 27049 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan "Rüzgâr Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularının Teknik Değerlendirilmesi Hakkında Yönetmelik" esaslarına göre belirlenmesi gereken standartlara göre belirlenmelidir.					
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
ANA SAYFA / ARES-YİD / BORES-YİD / SAYALAR / BURGAZ / YUNDAĞ /İNTEPE						

Şekil 7. Tesis Bilgileri Çizelgesi (YEGM Resmi web sitesi).





Şekil 8. Afyonkarahisar İline Ait İletim ve Dağıtım Hatları (YEGM Resmi web sitesi)

KB (Üretim Birimi RES)	Bağlantı Gerilim seviyesi	Bağlantı İletken Çapı	Uzunluk
1	33	477 MCM	4
2	154	1272 MCM	47
3	154	795 MCM	26
4	33	477 MCM	11
5	154	1272 MCM	15
6	154	1272 MCM	30
7	154	954 MCM	25
8	154	477 MCM	8
9	154	1272 MCM	6
10	154	1272 MCM	4
11	33	477 MCM	1
12	154	1272 MCM	21
13	154	1272 MCM	4
14	154	1272 MCM	11
15	154	795 MCM	12
16	154	1272 MCM	2
17	33	477 MCM	0,5
18	33	477 MCM	5
19	33	477 MCM	7
20	154	1272 MCM	32

Çizelge 11. Bağlantı Gerilimi, Bağlantı Kesiti ve Hat Uzunluğu Çizelgesi  
(Emre, Ömürgönülşen, 2013)

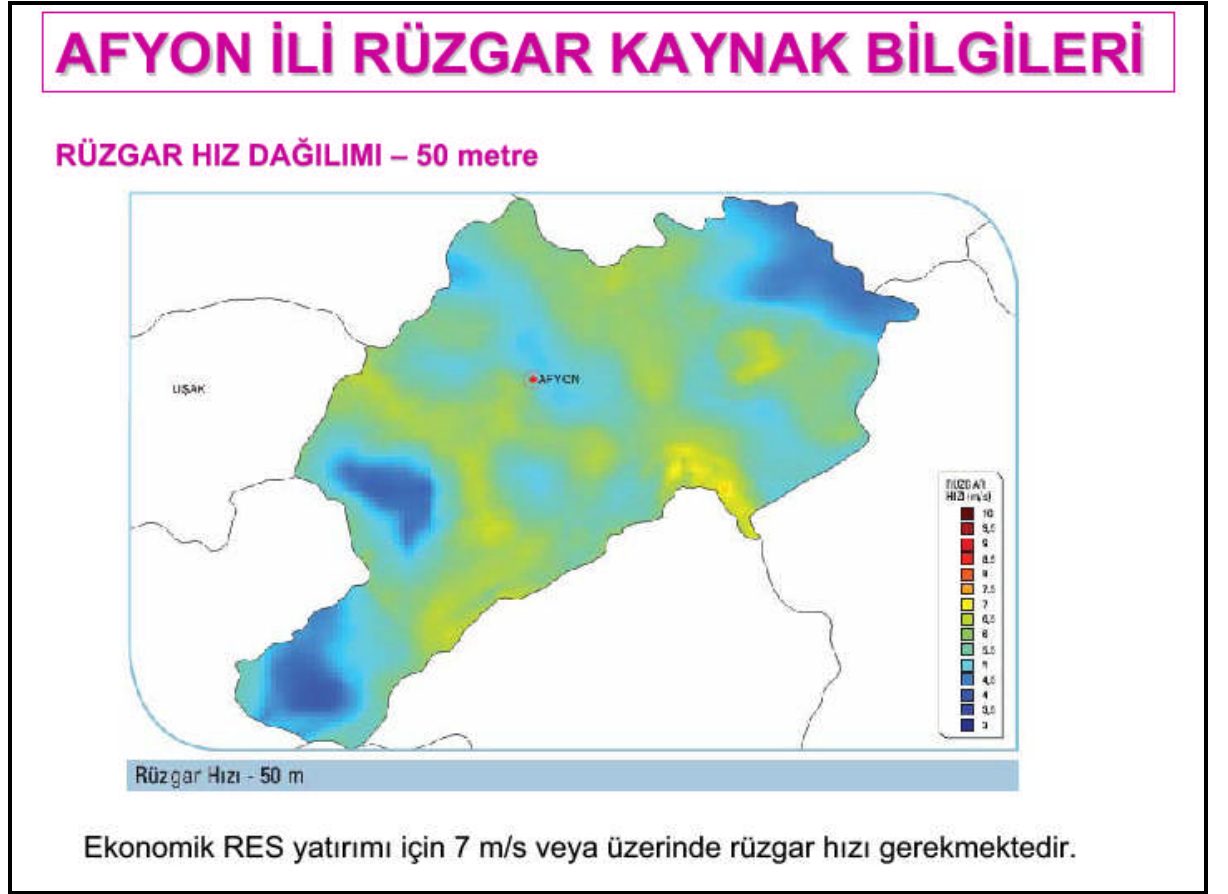
Girdi verilerinden rüzgâr hızı ve rüzgâr kapasite faktörünün artan eğilimde olması, kurulum maliyetinin azalan yönde olması gerekeceğinden, matematiksel denklemlerin kurulabilmesi amacıyla kurulum maliyeti verilerinin tersi alınarak oranlanmıştır.

Çizelge 11’de 11 ve 16 numaralı KB’leri aşağıdaki şekilde okumak gerekir:

11 numaralı KB, 33 kV seviyesinden dağıtım şirketi kullanımındaki iletim hattına, yaklaşık 1 km’lik 477 MCM tipinde alüminyum hat ile en yakın trafoya bağlanmaktadır. 16 numaralı KB, 154 kV seviyesinden iletim sistem operatörü ile sistem kullanım ve bağlantı anlaşması yapmış olan, yaklaşık 2 km’lik 1272 MCM tipinde alüminyum hat ile en yakın trafoya bağlanmaktadır.

### 3.4.1. Rüzgâr Hızı

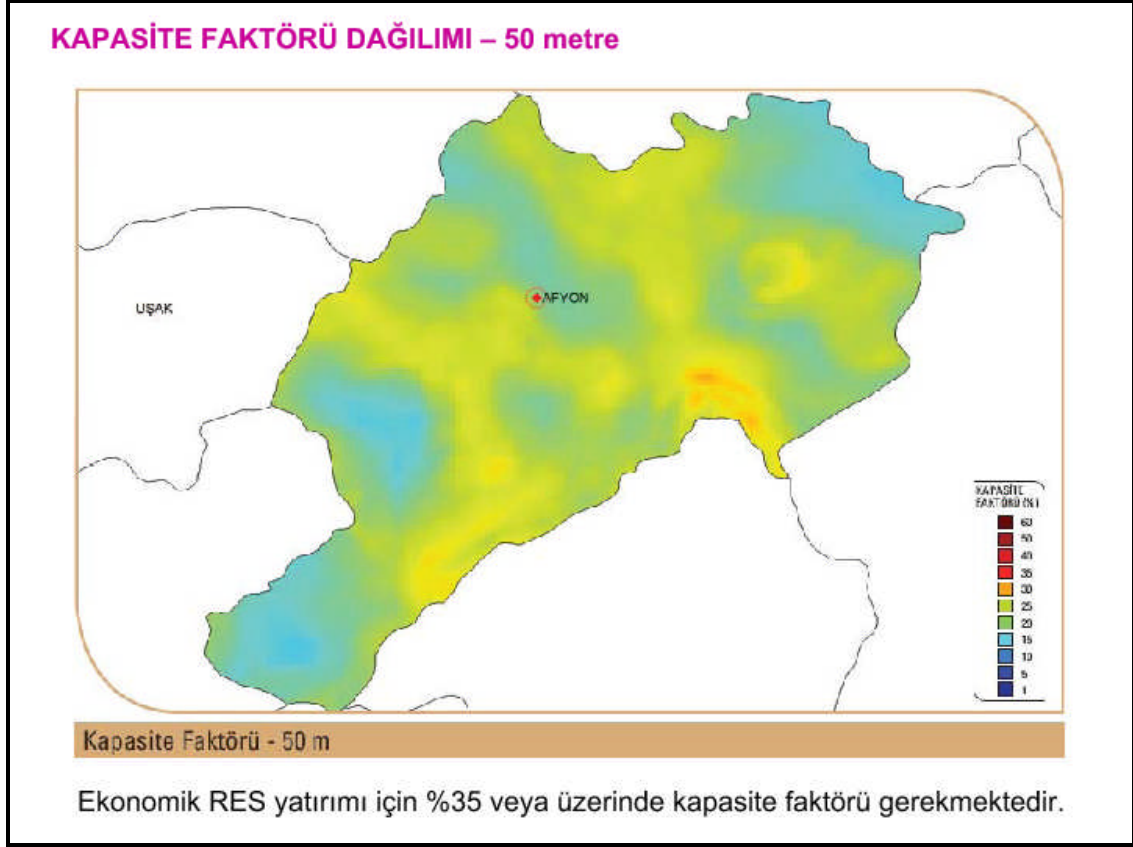
Bu veri, yine il bazında YEGM tarafından yayımlanan veriler ile TÜREB tarafından yayımlanan verilerde gösterilen lokasyonlar eşleştirilerek yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Şekil 9'da örnek olarak seçilen Afyonkarahisar ili için yayımlanan rüzgâr hız dağılımı görülmektedir.



Şekil 9. Afyonkarahisar İli, Rüzgâr Hız Dağılımı (YEGM Resmi web sitesi)

### 3.4.2. Rüzgâr Kapasitesi Faktörü

Bu veri de il bazında YEGM tarafından yayımlanan veriler ile TÜREB tarafından yayımlanan verilerde gösterilen lokasyonlar eşleştirilerek yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Şekil 10'da örnek olarak seçilen Afyonkarahisar ili için yayımlanan Rüzgâr Kapasitesi Faktörü gösterilmektedir.



Şekil 10. Afyonkarahisar İli Rüzgâr Kapasitesi Faktörü (YEGM resmi web sitesi)

Girdi verileri arasında yer alan Rüzgâr Hızı ve Rüzgâr Kapasite Faktörü, YEGM tarafından sağlanan verilerdir. Bu iki veri, her noktada birbirinin aynısı olmasa da bir takım bileşenlerinin olduğu tahmin edilmektedir. Her iki değer de YEGM tarafından temin edilmesi ve projelerde kullanılması nedeniyle girdi verileri arasında her ikisi de bulunmaktadır. Çizelge 12, KB'ler için rüzgâr hızı ve rüzgâr kapasite faktörlerini göstermektedir. Çizelge 13, 61 adet KB için yapılan regresyon analizinin sonuçlarını göstermektedir. Regresyon analizi sonucunda yüksek bir oranda ilişkili olduğu tahmin edilen ve YEGM tarafından ayrı ayrı veri olarak sunulan bu iki verinin R karesi, 0,42'dir.

Çizelge 13'te yüksek oranda ilişki görülmesine rağmen gerçek hayatta her iki veri de sağlanarak sorgulanmaktadır. Bu nedenle rüzgâr hızı ve rüzgâr kapasite faktörü verileri, ayrı ayrı girdi verisi olarak kullanılmıştır.

Birim	Rüzgâr Hızı	Rüzgâr KF	Birim	Rüzgâr Hızı	Rüzgâr KF
1	7	30	32	8	40
2	9	40	33	7	40
3	9	40	34	8	40
4	9	50	35	8	40
5	8	40	36	8	40
6	9	50	37	8	50
7	8	40	38	8	40
8	8	40	39	8	40
9	8	40	40	8	35
10	8	40	41	7	30
11	7	40	42	8	40
12	8	40	43	8	40
13	8	40	44	9	50
14	9	50	45	8	40
15	8	40	46	9	40
16	9	50	47	9	50
17	7	40	48	9	45
18	7	40	49	9	40
19	7	40	50	9	40
20	9	40	51	10	50
21	8	40	52	7	40
22	8	35	53	8	40
23	8	40	54	9	40
24	7	25	55	7	40
25	9	50	56	8	40
26	8	40	57	8	40
27	8	40	58	7	35
28	8	50	59	7	35
29	8	40	60	9	50
30	8	40	61	9	50
31	8	40			

Çizelge 12. KB'ler İçin Rüzgâr Hızı ve Rüzgâr Kapasite Faktörleri



ÖZET ÇIKIŞI								
<i>Regresyon İstatistikleri</i>								
Çoklu R	0,648616272							
R Kare	0,420703068							
Ayarlı R Kare	0,410884476							
Standart Hata	0,553450884							
Gözlem	61							
ANOVA								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>			
Regresyon	1	13,12455636	13,12455636	42,84759616	1,58108E-08			
Fark	59	18,07216495	0,30630788					
Toplam	60	31,19672131						
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	<i>Düşük %95</i>	<i>Yüksek %95</i>	<i>Düşük 95,0%</i>	<i>Yüksek 95,0%</i>
Kesişim	4,237113402	0,56181042	7,541891804	3,2656E-10	3,112933358	5,361293446	3,112933358	5,361293446
X Değişkeni 1	0,088659794	0,013544516	6,545807525	1,58108E-08	0,06155728	0,115762307	0,06155728	0,115762307

Çizelge 13. Rüzgâr Hızı ve Rüzgâr Kapasite Faktörü Verilerinin Regresyon Analizi Sonuçları

### 3.5. ÇIKTI VERİLERİ

Çıktı verileri de, girdi verileri kadar problemin çözümünde etkili verilerdir ve sağlıklı bir sonuca ulaşabilmek için hangi çıktı verilerinin kullanılacağına da iyi seçilmesi gerekir.

#### 3.5.1. Sayaç Kapasite Kullanım Oranı

Bu oran, uzlaştırmaya esas sayaçların saatlik değerleri üzerinden teker teker hesaplanmış, 558 sayacın 23 aylık verisi ( $558 \times 23 \times 720 \approx 9.240.980$ ) değerlendirilerek ortalamalar hesaplanmıştır. Çizelge 18'de çıktı verisi olarak kullanılan verilerden örnek olması amacıyla 20 KB verileri seçilerek 10 ay için gerçekleşen değerleri sunulmaktadır.

Bu verinin temini konusunda yaşanan zorluklar sonrası dokuz milyonu aşkın verinin problemde kullanılmaya uygun 61 KB için 61 adet değer haline getirilmesi, verilerin hazırlanması sürecinde çözülen ve mesai alan bir konu olmuştur.

RES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2012-01	2012-02	2012-03	2012-04	2012-05	2012-06	2012-07	2012-08	2012-09	2012-10
1	0,482637	0,408626	0,389377	0,308013	0,190830	0,303584	0,498568	0,588437	0,252247	0,212483
2	0,323806	0,217485	0,288086	0,176515	0,110174	0,402198	0,510101	0,499924	0,292504	0,164817
3		0,066036	0,248573	0,236934	0,191776	0,307763	0,349072	0,232399	0,147572	0,177267
4				0,338038	0,220133	0,385714	0,426147	0,391050	0,475602	0,415477
5	0,235436	0,181632	0,154135	0,209965	0,076762	0,163636	0,187238	0,241890	0,110807	0,124533
6	0,492992	0,356403	0,300391	0,590681	0,237921	0,419467	0,463850	0,440488	0,338702	0,363826
7	0,343822	0,324564	0,313998	0,404395	0,171752	0,414380	0,410231	0,338296	0,442887	0,321066
8								0,023299	0,053607	0,112335
9	0,444968	0,414381	0,376358	0,492102	0,216364	0,458490	0,452798	0,417637	0,519606	0,425942
10	0,358798	0,314752	0,312541	0,424378	0,190952	0,416783	0,469635	0,386804	0,436757	0,349840
11	0,311374	0,343739	0,278027	0,312142	0,124726	0,392864	0,392175	0,343227	0,420939	0,278649
12	0,189887	0,206114	0,159158	0,114684	0,185470	0,296138	0,427861	0,504938	0,315383	0,131586
13	0,477048	0,499249	0,418549	0,561302	0,344268	0,423933	0,431728	0,364444	0,497834	0,463990
14	0,468371	0,399841	0,350048	0,453274	0,208189	0,438489	0,402999	0,357641	0,428428	0,392570
15			0,196639	0,367502	0,162052	0,310055	0,424740	0,423701	0,236993	0,204785
16	0,384526	0,396973	0,360851	0,411444	0,169741	0,312477	0,319713	0,263645	0,350346	0,323549
17	0,469571	0,378033	0,312097	0,452214	0,191418	0,387991	0,416434	0,351779	0,362439	0,321068
18	0,433822	0,332875	0,261032	0,388354	0,171738	0,321945	0,355089	0,304508	0,279690	0,267557
19	0,428106	0,381052	0,376956	0,448531	0,224352	0,335216	0,363167	0,267105	0,408618	0,341548
20	0,342123	0,276138	0,258082	0,254509	0,129937	0,337483	0,415255	0,417309	0,283653	0,183113

Çizelge 14. Sayaç Kapasite Kullanım Oranları-Aylık Ortalamalar

Sayaç kapasite kullanım oranları bulunurken, saatlik sayaç değerleri, lisans kurulu gücüne bölünmüş ve basit oran değeri elde edilmiştir.

Çizelge 14'te gösterilen değerlerde ayrıca santrallerin işletmede olduğu mali uzlaştırma dönemlerinin de işaretlendiği görülmektedir. Bu süreler çalışmanın çıktılarını elde ederkenki kazanç hesaplamasında kullanılan kritik değerlerdir.

### 3.5.2. Yıllık kazanç

Bu değerlerin hesaplanmasında spot piyasa ve destekleme mekanizması olarak iki tip piyasa seçeneği değerlendirilmiştir. Saatlik bazda verisi temin edilen 558 sayaca ait 9 milyonun üzerindeki sayaç değeri, hesaplamaya katılmıştır. Öncelikle destekleme mekanizmasına katılan santraller yıl bazında tespit edilmiş ve dâhil oldukları yılda destekleme mekanizması fiyatları ile değerlendirilmek üzere işaretlenmiştir. Spot piyasadaki verilerin gerçeğe yakın verileri içermesi amacıyla santraller, sanal bir sistemde piyasa oyuncusu olarak oynatılmıştır. Gün öncesi piyasasına %90 oranında katılım yaptığı varsayılan santrallerin %10 değeri ile Dengeleme ve Güç Piyasası faaliyetleri değerlendirilmiş, Mali Uzlaştırmada kullanıldığı gibi Gün Öncesi Piyasası olan Piyasa Takas Fiyatı ile Dengeleme ve Güç Piyasası Sistem Marjinal Fiyatı'ndan pozitif dengesizlik için her saat için düşük olan değer hesaplanarak spot piyasada oynayan sayaç değerleri için kazanç rakamlarına ulaşılmıştır. Bu çalışmada aşağıdaki aşamalar geçilmiştir:

- I- Veri temini,
- II- Alınan verilerin düzenlenmesi,
- III- Piyasa kurallarına göre verilerin değerlendirilmesi

Elde edilen kazanç değerleri, gerçek piyasa koşullarına en yakın veri olmak ile birlikte, karar birimlerin gerçek değerleri değildir (Bu değerler, ticari sır niteliğindedir).

### 3.6. AMAÇ FONKSİYONU

KB'ler tespit edildikten sonra belirlenen girdi ve çıktı verilerine göre katsayıları tespit etmek, daha sonrasında da her bir KB için amaç fonksiyonlarını oluşturmak gereklidir. Şekil 11'de maliyet hesabının yaklaşık veriler üzerinden yapılış örneği gösterilmektedir. Bu çalışmada, Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği'nin açıkladığı yaklaşık değer olan 1 MW kapasite ~ 1 M€ (Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği Resmi web sitesi, 2014) üzerinden ve 1 € = 2,85 TL (çalışmanın yapıldığı tarihteki kur oranı) varsayımı ile hesap yapılmıştır. Yaklaşık hat maliyetleri teker teker hesaplanarak kapasite maliyetine hat maliyeti olarak eklenmiş ve kurulum maliyetleri elde edilmiştir.

Uygulama, Microsoft Excel, Solver eklentisi kullanılarak yapılmaktadır. Çizelge 15, Excel'de girdi ve çıktı verilerinin KB'lere göre durumunu göstermektedir. VZA yöntemi için Çizelge 15'teki amaç fonksiyonunu yazmak gerekirse, katsayıların girdiler için D, E ve F sütunları, çıktılar için ise B ve C sütunları olduğu söylenebilir.

### 3.7. VZA'NIN MATEMATİKSEL İFADESİ

Diğer parametrik olmayan ölçüm tekniklerinde olduğu gibi VZA da "girdiye yönelik" ve "çıktıya yönelik" olmak üzere iki grupta incelenebilir. Girdiye yönelik ve çıktıya yönelik VZA yöntemleri, temelde birbirine çok benzemekle beraber girdiye yönelik VZA yöntemleri, belirli bir çıktı bileşimini en etkin şekilde üretebilmek amacıyla kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini araştırırken, çıktıya yönelik VZA yöntemleri, belirli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceğini araştırmaktadır (Charnes, Cooper ve Rhades, 1978). Çalışma, girdi ve çıktı yönlü olarak uygulanmıştır. Girdi yönlü yaklaşım, en etkin girdi ile belirli bir çıktı alma yaklaşımıdır. Elimizde fiziksel olarak üretilmiş bir enerji oranı (sayaç kapasite kullanım oranı) ve bir kazanç değeri, çıktı olarak bulunmaktadır. Bu çıktıları elde edebileceğimiz en etkin girdiyi araştıran yöntem, problemin çözümü olmaktadır. Bu çözümün

sonucunda hangi yatırım maliyeti, hangi rüzgâr hızı ve hangi rüzgâr kapasite faktörünün belirli bir çıktı için en etkin olduğu belirlenebilmektedir.

Çıktı yönlü yaklaşımda belirli bir girdi ile en fazla çıktıyı alan KB etkin olmaktadır. Problem, bu yönde de çözülmüştür ancak, problemin doğası gereği bütün KB'lerin basit etkinlikleri, %40 civarındadır. Problemin amacı, aslında basit etkinlikleri birbirine çok yakın olan bu KB'lerin aslında farklı girdilere göre aynı etkinliği verebileceğinin tespitidir.

Çizelge 15'teki verilere göre 31 numaralı satırın girdi ve çıktı yönlü amaç fonksiyonları ve kısıtlar oluşturulduğunda:

Girdi yönlü CCR yönteminde amaç fonksiyonu:

$$\text{Maksimize } h_1 = 0,441935b_1 + 1306581b_2$$

Kısıtlayıcı koşullar:

$$159,5a_1 + 8a_2 + 40a_3 = 1$$

$$(0,441935b_1 + 1306581b_2) - (159,5a_1 + 8a_2 + 40a_3) < 0$$

$$a_1, a_2, a_3, b_1, b_2 > 0$$

Çıktı yönlü CCR yönteminde amaç fonksiyonu:

$$\text{Minimize } h_1 = 159,5a_1 + 8a_2 + 40a_3$$

Kısıtlayıcı koşullar:

$$-(0,441935b_1 + 1306581b_2) + (159,5a_1 + 8a_2 + 40a_3) > 0$$

$$0,441935b_1 + 1306581b_2 = 1$$

$$a_1, a_2, a_3, b_1, b_2 > 0$$

olarak düzenlenebilir.

O60				=160*1000000*2,85							
H	I	J	K	L	M	N	O	P			
ürün mal	kurulu güc	türbin güc	bağlantı gerilimi	Hat Uzunluğu	iletken Çapı	hat maliyet	tesis maliyet	toplam maliyet			
1							1€ = 2,85 TL				
2	ürün mal	kurulu güc	türbin güc	bağlantı gerilimi	Hat Uzunluğu	iletken Çapı	hat maliyet	tesis maliyet	toplam maliyet		
15	Nordex	15	2,5	154	8	795	624000	42750000	43,3740		
16	Enercon	10,2	0,6	15+34,5+34,5	9,1+7+10	3*1*240 XLPE+denizaltı 3*50+3	3802000	29070000	32,8720		
17	Nordex	12,5	2,5	34,5	7,2	477 MCM hawk	432000	35625000	36,0570		
18	Enercon	14,9	0,8+0,9	154	1,9	2X1272	313500	42465000	42,7783		
19	Enercon	20,8	2+0,8	154	8,2	1272	701100	59280000	59,9811		
20	Siemens	29,9	2,3	154	0	0	0	85215000	85,2150		
21	Vestas	60	3	154	1	2x795	168000	171000000	171,1680		
22	Enercon	16	2	34,5	725+11,58	3*1*240 XLPE+477MCM	767900	45800000	46,3673		
23	Enercon	1,5	0,5	34,5	1,136	3/0 EWG PIGEON	45440	42750000	4,3204		
24	Siemens	39	3	154	20	1272	1710000	111150000	112,8600		
25	Enercon	29,6	0,8+0,9	154	1	2X1272	165000	84360000	84,5250		
26	Siemens	50,6	2,3	154	20	795	1560000	144210000	145,7700		
27	GE	40,5	2,5	154	3	2X1272	495000	115425000	115,9200		
28	GE	135	2,5	154	7	2x954	1233100	384790000	385,9631		
29	GE	12,5	2,5	34,5	0,25+33,5+0,14	2*(3*1*240) XLPE+2*477MCM	4471600	35625000	40,0966		
30	Enercon	30,4	0,8	154	2	2X1272	330000	86640000	86,9700		
31	Vestas	24	2	154	1	954	173500	68400000	68,5733		
32	GE	10	2,5	34,5	17	2x477MCM	2210000	28500000	30,7100		
33	Enercon	54	2	380	20	2C 954	5600000	153900000	159,5000		
34	Enercon	20,7	0,9	34,5	0,47+5,426+8,4	3*1*240 XLPE + 477MCM + 3*11	2276960	58995000	61,2720		
35	Enercon	24	2	34,5	1,5+3	3x240 + 477MCM	510000	68400000	68,9100		
36	Nordex	40	2,5	154	15	795	1170000	114000000	115,1700		
37	Nordex	17,5	2,5	154	0,1	2x1272	16500	49875000	49,8913		
38	Enercon	30	2	154	24	1272	2052000	85500000	87,5520		
39	Enercon	25,6	2+0,9	154	28	1272	2384000	72960000	75,3540		
40	Enercon	39,2	0,9+0,8	154	0,5	2X1272	82500	111720000	111,8025		
41	Nordex	30	2,5	154	6,5	2X1272	1072500	85500000	86,5725		
42	Vestas	45	3	154	20	1272	1710000	128250000	129,9600		
43	Nordex	40	2,5	154	8	1272	694000	114000000	114,6840		
44	Enercon	54,9	2	154	15	1272	1282500	156485000	157,7475		
45	Enercon	30	2	154	10	795	780000	85500000	86,2800		
46	GE	22,5	2,5	154	11	1272	940500	64125000	65,0655		
47	Enercon	28,8	2+2+0,8	154	32	1272	2736000	82080000	84,8160		
48	Enercon	34,2	0,9	154	31	795	2418000	97470000	99,8880		
49	Vestas	34	2	154	25	795	1950000	96900000	98,8500		
50	Alstom Wind	27	3	34,5	24	477 MCM hawk	1440000	76950000	78,3900		
51	Enercon	30	2	154	4	2X1272	660000	85500000	86,1600		
52	Nordex	90	2,5	154	12	1272	1026000	256500000	257,5260		
53	Enercon	140,4	2+0,9	380	21	3C 954	5880000	400140000	406,0200		
54	Gamesa	30	2	154	8	1272	694000	85500000	86,1840		
55	Nordex	45	2,5	154	30	1272	2585000	128250000	130,8150		
56	Vestas	102	3	154	41	1272	3505500	290700000	294,2055		
57	Vestas	113,4	3	154	25	954	4332500	323190000	327,5225		
58	Vestas	15	3	31,5	3,7	240 XLPE	370000	42750000	43,1200		
59	Vestas	27	3	154	2	2X1272	330000	76950000	77,2800		
60	Vestas	0,85	0,85	34,5	1,1	3/0 AWG	44000	2422500	2,4665		
61	Vestas	24	2	31,5 kv	16,997	2x477 HAWK (2x241,65 mm2)	2469610	68400000	70,8696		
62	Nordex	57,5	2,5	154	26	1272	2223000	163875000	166,0980		
63	GE	57,5	2,5	154	1	795	78000	163875000	163,9530		
64											
65		427,5	0,174195				2x	3x			

Şekil 11. Toplam Maliyetin Hesabı

Birim	Çıktılar		Girdiler		
	Sayaç KF	Yıllık Kazanç	Kurulum Maliyeti	Rüzgâr Hızı	Rüzgâr KF
1	0,366145	1105	90,0090	7	30
2	0,278747	1341	128,4638	9	40
3	0,222276	1774	208,4490	9	40
4	0,378995	3658	258,2955	9	50
5	0,185364	129	20,6400	8	40
6	0,416737	200	14,3846	9	50
7	0,350099	348	43,4580	8	40
8	0,294249	4447	408,3750	8	40
9	0,429835	1455	86,1840	8	40
10	0,374884	2200	173,9070	8	40
11	0,304397	749	73,2780	7	40
12	0,273796	1359	137,6400	8	40
13	0,445061	77	43,3740	8	40
14	0,390390	382	32,8720	9	50
15	0,309879	405	36,0570	8	40
16	0,316675	442	42,7785	9	50
17	0,351517	84	59,9811	7	40
18	0,310259	899	85,2150	7	40
19	0,340926	1950	171,1680	7	40
20	0,289230	533	46,3673	9	40
21	0,294925	42	4,3204	8	40
22	0,295962	1226	112,8600	8	35
23	0,279714	804	84,5250	8	40
24	0,241511	152	145,7700	7	25
25	0,284397	1111	115,9200	9	50
26	0,255021	3468	385,9631	8	40
27	0,326757	424	40,0966	8	40
28	0,312149	110	86,9700	8	50
29	0,250414	568	68,5733	8	40
30	0,361969	343	30,7100	8	40

Çizelge 15. Excel'de Girdi ve Çıktı Verilerinin KB'lere Göre Çizelgesi  
(rastgele sıralanmıştır)

Birim	Çıktılar		Girdiler		
	Sayaç KF	Aylık kazanç ortalama	Kurulum Maliyeti	Rüzgâr Hızı	Rüzgâr KF
31	0,441935	963	159,5000	8	40
32	0,383510	175	61,2720	8	40
33	0,225797	506	68,9100	7	40
34	0,300864	1197	115,1700	8	40
35	0,344380	583	49,8915	8	40
36	0,304452	595	87,5520	8	40
37	0,326397	147	75,3540	8	50
38	0,332381	1235	111,8025	8	40
39	0,382827	132	86,5725	8	40
40	0,307899	1369	129,9600	8	35
41	0,265101	117	114,6840	7	30
42	0,287010	191	157,7475	8	40
43	0,318793	97	86,2800	8	40
44	0,424654	10561	65,0655	9	50
45	0,315769	105	84,8160	8	40
46	0,284296	983	99,8880	9	40
47	0,270948	887	98,8500	9	50
48	0,323074	656	78,3900	9	45
49	0,316168	133	86,1600	9	40
50	0,402043	418	257,5260	9	40
51	0,318291	516	406,0200	10	50
52	0,256366	814	86,1840	7	40
53	0,376534	1697	130,8150	8	40
54	0,318613	3215	294,2055	9	40
55	0,306848	3414	327,5225	7	40
56	0,307562	504	43,1200	8	40
57	0,507073	1800	77,2800	8	40
58	0,388659	32	2,4665	7	35
59	0,314868	716	70,8696	7	35
60	0,396628	2232	166,0980	9	50
61	0,422035	2432	163,9530	9	50

Çizelge 15. Excel'de Girdi ve Çıktı Verilerinin KB'lere Göre Çizelgesi  
(rastgele sıralanmıştır)



### 3.8. GİRDİ YÖNLÜ CCR YÖNTEMİ

Girdi Yönlü CCR Yöntemi, çıktıyı (üretim ve kazanılan para) en fazla alabilmek için kullanılacak en uygun girdi (kurulum maliyeti, rüzgâr hızı ve rüzgâr kapasitesi) için denklemlerdir. Her bir KB için girdi yönlü CCR yöntemine göre amaç fonksiyonları şu şekilde yazılabilir:

$$\begin{aligned}
 h_1 &= 0,366145 b_1 + 0,631463 b_2 \\
 h_2 &= 0,278747 b_1 + 0,686762 b_2 \\
 h_3 &= 0,222276 b_1 + 0,876213 b_2 \\
 \dots &= \dots \dots + \dots \dots \dots \\
 h_{61} &= 0,422035 b_1 + 1,328618 b_2
 \end{aligned}$$

İlk kısıtlayıcı koşul:

$$\begin{aligned}
 0,090009 a_1 + 7 a_2 + 30 a_3 &= 1 \\
 0,128464 a_1 + 9 a_2 + 40 a_3 &= 1 \\
 0,208449 a_1 + 9 a_2 + 40 a_3 &= 1 \\
 \dots \dots \dots + \dots \dots + \dots \dots &= \dots \\
 0,163953 a_1 + 9 a_2 + 50 a_3 &= 1
 \end{aligned}$$

İkinci kısıtlayıcı koşul:

$$\begin{aligned}
 (0,366145b_1 + 0,631463b_2) - (0,090009a_1 + 7a_2 + 30a_3) &< 0 \\
 (0,278747b_1 + 0,686762b_2) - (0,128464a_1 + 9a_2 + 40a_3) &< 0 \\
 (0,222276b_1 + 0,876213b_2) - (0,208449a_1 + 9a_2 + 40a_3) &< 0 \\
 \dots + \dots - \dots + \dots + \dots &< \dots \\
 (0,422035b_1 + 1,328618b_2) - (0,163953a_1 + 9a_2 + 50a_3) &< 0
 \end{aligned}$$

Üçüncü kısıtlayıcı koşul:

$$a_1, a_2, a_3, b_1, b_2 > 0 \quad \text{olarak düzenlenmiştir.}$$

The image displays the Solver Parameters dialog box in Microsoft Excel, configured for a linear programming problem. The objective is to maximize the value in cell \$B\$68, with the variable cells being the range \$B\$65:\$F\$65. The constraints are defined as \$B\$65:\$F\$65 >= 0, \$B\$69 = 1, and \$I\$3:\$I\$63 >= 0. The Solving Method is set to Simplex LP. The dialog also includes options for 'Make Unconstrained Variables Non-Negative' and 'Select a Solving Method'.

Below the Solver Parameters dialog, the VBA code editor is open, showing the following code for the subroutine Tamer\_VZA\_TEZ():

```

Sub Tamer_VZA_TEZ()
    Dim i As Integer
    For i = 1 To 61
        Range("b67").Value = i
        SolverSolve UserFinish:=True
        Range("j2").Offset(1, 0).Value = Range("b68").Value
        Range("m2").Offset(1, 0).Value = Range("b73").Value
        Range("n2").Offset(1, 0).Value = Range("c73").Value
        Range("o2").Offset(1, 0).Value = Range("d73").Value
        Range("p2").Offset(1, 0).Value = Range("e73").Value
        Range("q2").Offset(1, 0).Value = Range("f73").Value
    Next
End Sub

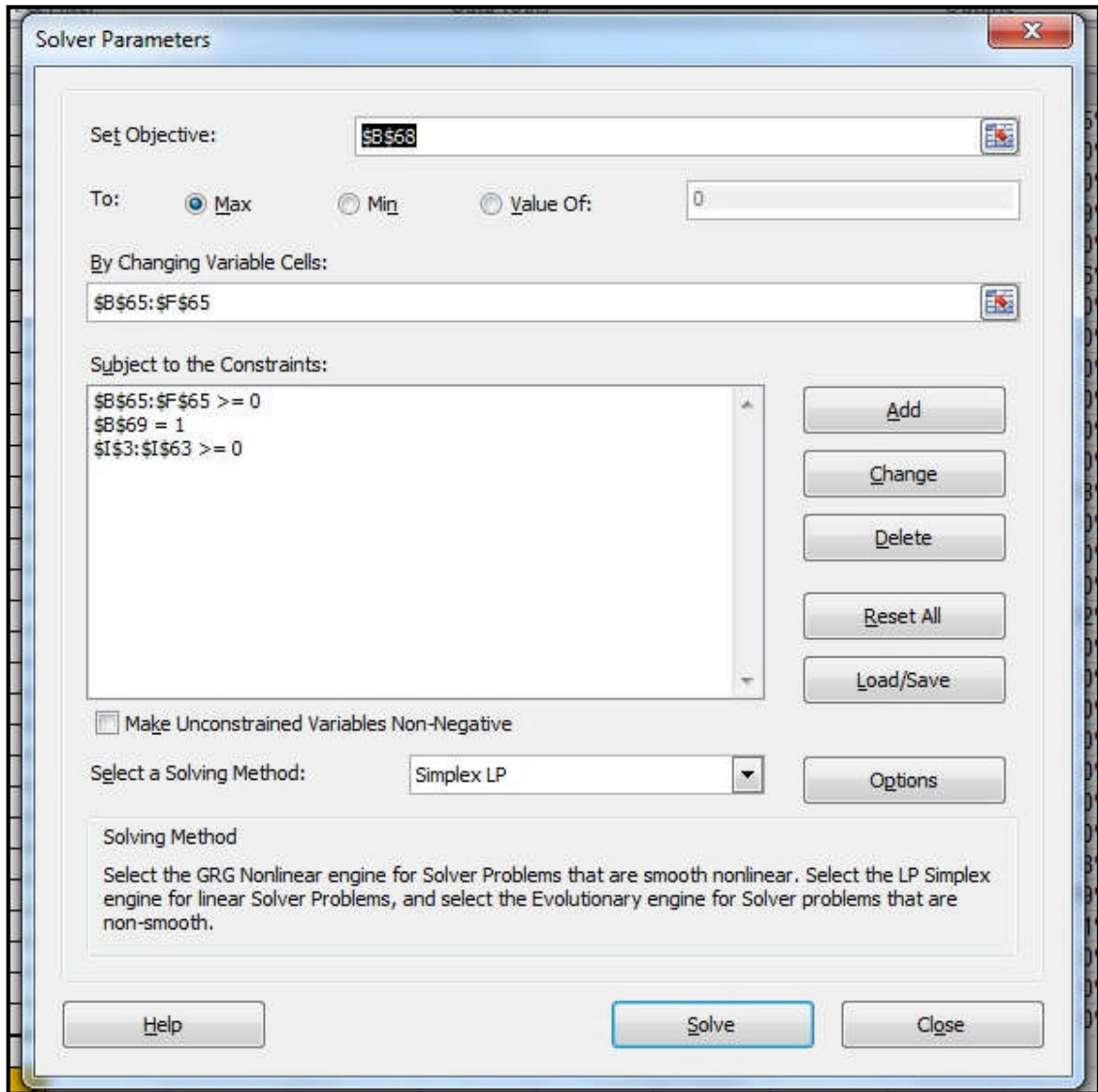
```

The background shows a spreadsheet with columns for 'Birim', 'Sapay Kf', 'Yıllık Kazan Ortalama', 'Yıllık Kazano Maliyeti', 'Kurulum Hızı', 'Rızgar Hızı', 'Rızgar Kf', 'Gib', 'Girdi', 'Gıç', 'skorları', 'Sapay Kf', 'Yıllık Kazano', 'Kurulum Maliyeti', 'Rızgar Hızı', 'Rızgar Kf', 'perit', 'devredesi', and 'yıllık kazano ortalaması'. The spreadsheet data is partially visible, showing values for various parameters across 61 rows.

Şekil 12. Girdi Yönlü CCR Yöntemi ile VZA

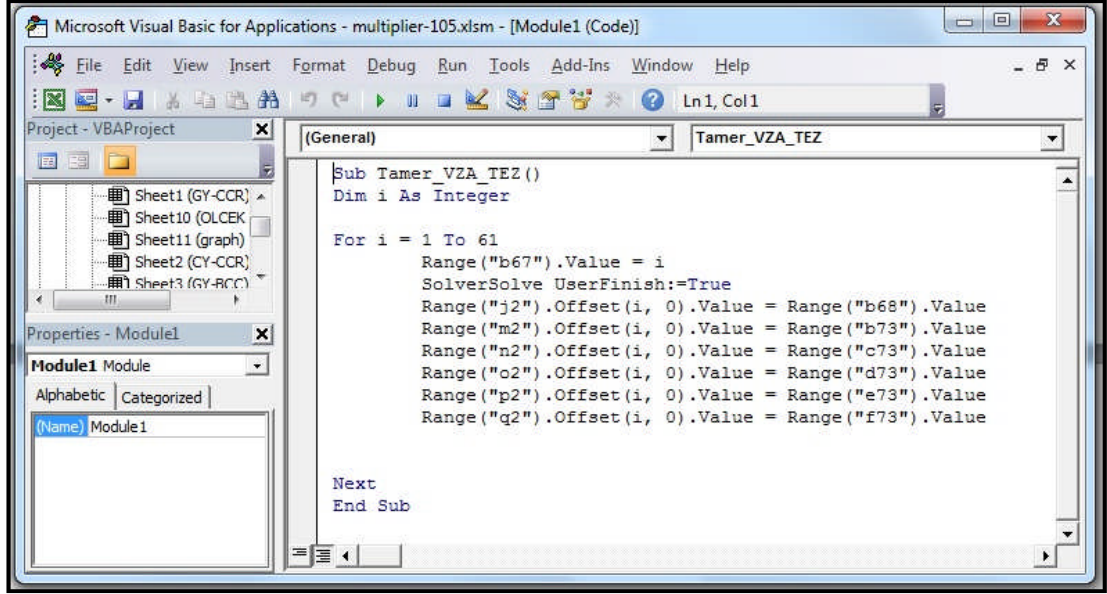
Şekil 12, ölçeğe göre sabit getiri yaklaşımı ile girdiye yönelik VZA'nın Excel Solver ve Macro yardımıyla, belirlenen kriterlere göre çözüm formüllerini göstermektedir.

Şekil 13'te Solver için problemin çözümüne yönelik yazılan ifade gösterilmektedir.



Şekil 13. Girdi Yönlü CCR Yöntemi'nde "Çözücü" Kısıtları

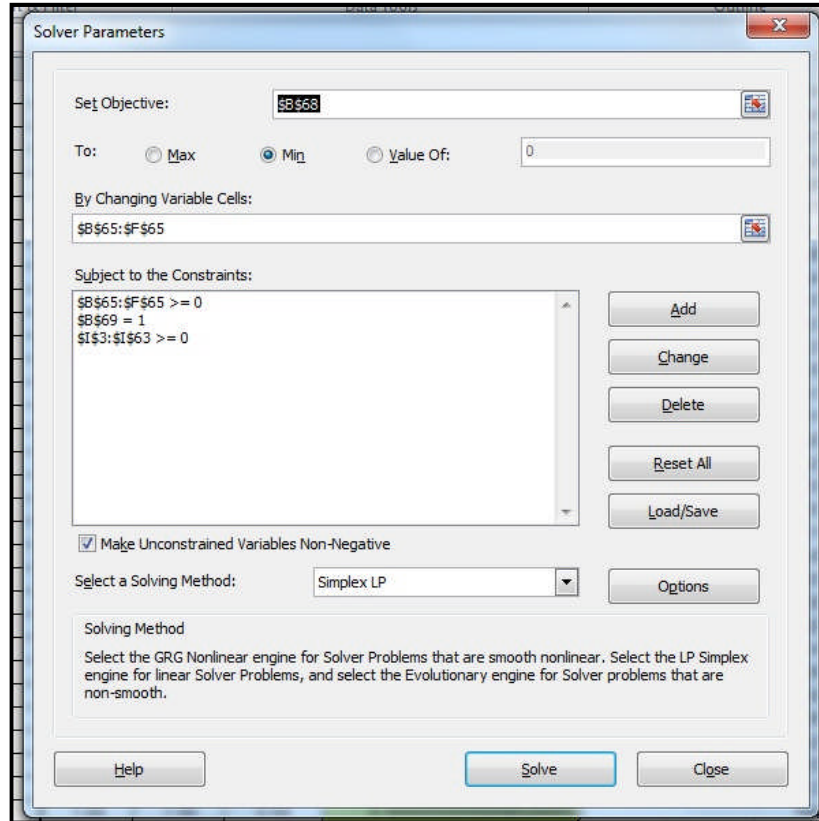
Şekil 14, Girdi Yönlü CCR Yöntemi için yazılan Macro kodu göstermektedir.



Şekil 14. Girdi Yönlü CCR Yöntemi'nde Macro Kodu.

### 3.9. GİRDİ YÖNLÜ BCC YÖNTEMİ

Girdi yönlü BCC yönteminde çözüm yöntemi, Şekil 15'te gösterilmektedir.



Şekil 15. Girdi Yönlü BCC Yöntemi'nde "Çözücü" Kısıtları

### 3.10. BULGULAR

Çizelge 16'da VZA etkinlik skorları görülmektedir. Problem, ölçeğe göre sabit getiri olarak hesaplamaya daha uygun bir yapıdadır; ancak teknik etkinlik hesaplayabilmek adına bu analiz de yapılmıştır. Beklenildiği gibi CCR ve BCC analizi ile elde edilen etkinlik skorları, birbirinden farklıdır. Bu çizelgede CCR yöntemi girdi ve çıktı yönlü olarak çözüldüğünde aynı etkinlik skorunu vermektedir (girdi CCR skoru = 1/çıkıtı CCR skoru).

Çizelge 16'daki sütunlarda sırasıyla;

- Girdi Yönlü CCR Analizine göre etkinlik skorları,
- Çıkıtı Yönlü CCR Analizine göre etkinlik skorları,
- Girdi Yönlü BCC Analizine göre etkinlik skorları,
- Çıkıtı Yönlü BCC Analizine göre etkinlik skorları yer almaktadır.

Girdi yönlü analizde skorların  $X = Y$  eğrisi altında kalması, Çıkıtı yönlü analizde ise  $X = Y$  eğrisi üstünde kalması, kısıtlarda girdi – çıktı  $\geq 0$  kriteri gereği, beklenen bir durumdur.

CCR analizine göre BCC analizinde girdi yönünde daha büyük çıktı yönünde daha küçük skorlar elde edilmesi de sonucun  $\mu$  kadar yaklaşması nedeniyle beklenen bir durumdur.

Girdi Yönlü Analiz skorları karşılaştırıldığında, yöntemde etkin kabul edilen çizginin KB'ye uzaklığı, BCC yönteminde, CCR yöntemine göre daha yakın olduğundan, BCC yönteminde etkinlik skorları, etkin olmayan KB'ler için daha yüksektir. Aynı zamanda etkin KB sayısının da daha fazla olduğu, hem Çizelge 16'daki etkinlik skoru değerlerinden hem de bu etkinlik değerlerinin uzay konumlanmasından takip edilebilir.

Birim	GY-CCR	ÇY-CCR	GY-BCC	ÇY-BCC
1	0,9627681333	1,0386716857	1,0000000000	2,0493518959
2	0,5657076994	1,7676973480	0,7744689655	1,2070732395
3	0,4832270332	2,0694206475	0,7852887612	1,0000000000
4	0,7725686260	1,2943833937	0,8575703344	1,2988312999
5	0,4070931622	2,4564401784	0,8686889320	1,0000000000
6	0,7683403136	1,3015066140	1,0000000000	1,0000000000
7	0,7542575618	1,3258070594	0,8734524710	1,8389160186
8	0,7353138437	1,3599635157	0,9908280355	1,0411681361
9	0,8476789295	1,1796919391	0,9123113698	2,1650753528
10	0,7789239760	1,2838223380	0,8853117975	1,7358033108
11	0,6860587203	1,4576011796	0,9440372601	1,5532356487
12	0,5575852920	1,7934475932	0,8455793731	1,3123476402
13	0,9589108010	1,0428498656	0,9619295314	1,1321592540
14	0,7511614186	1,3312717816	0,7750954832	1,3925608837
15	0,6561693742	1,5239967595	0,8370056115	1,5231807880
16	0,6048630767	1,6532667284	0,7728700792	1,2082169236
17	0,7975718198	1,2538055824	0,9291525659	1,0689043903
18	0,6992717633	1,4300591737	0,9475966810	1,5643733767
19	0,7952416504	1,2574794083	0,9719898784	1,5835148073
20	0,6013549720	1,6629113363	0,8267260367	1,3112122515
21	0,6620842661	1,5103817612	0,8729819454	1,0000000000
22	0,6761876330	1,4788794577	0,8718306452	1,4751547812
23	0,5884008059	1,6995218056	0,8839652211	1,4113397487
24	0,7620561462	1,3122392686	1,0000000000	1,0000000000
25	0,5308816551	1,8836589859	0,7852355235	1,0681068619
26	0,6196827837	1,6137288728	0,9121084764	1,0000000000
27	0,7059466034	1,4165377313	0,8763056790	1,7257071638
28	0,6566303206	1,5229269327	0,8671761737	1,0000000000
29	0,5011104667	1,9955679765	0,8298094262	1,2366518159
30	0,7882043922	1,2687064547	0,8746336672	1,9307261929

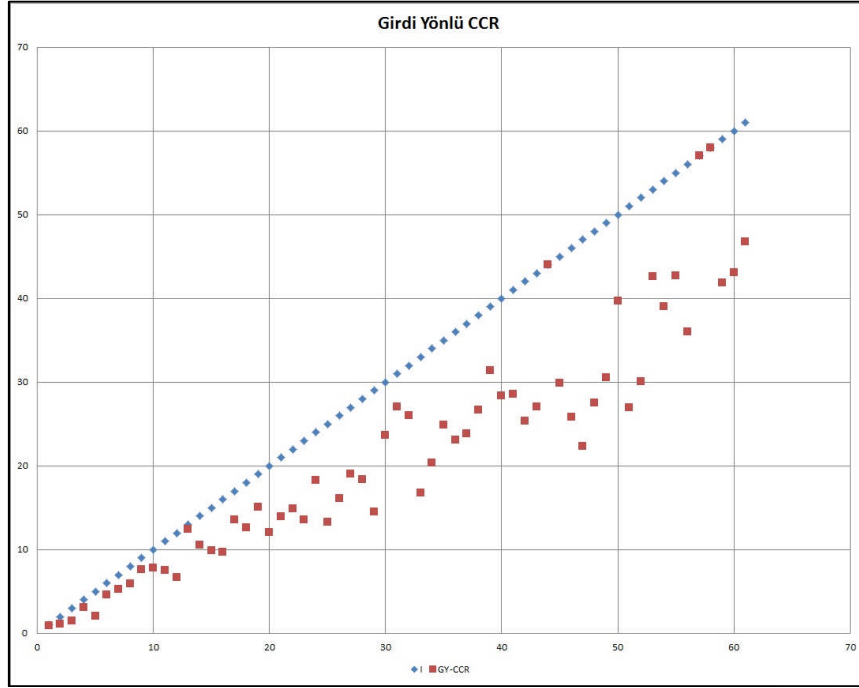
Çizelge 16. VZA Etkinlik Skorları



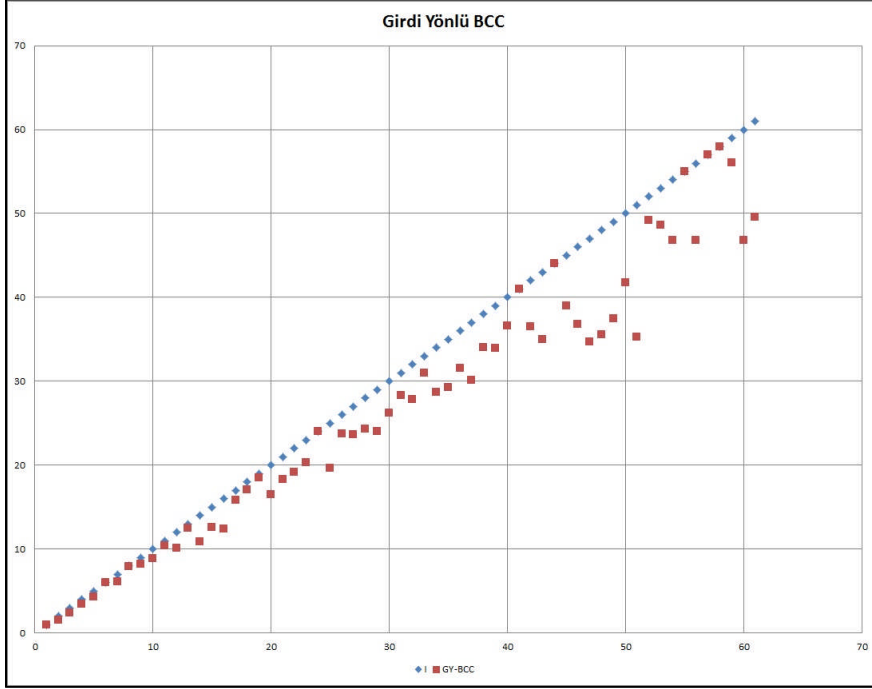
Birim	GY-CCR	ÇY-CCR	GY-BCC	ÇY-BCC
31	0,8715419032	1,1473917620	0,9137835106	1,9922611484
32	0,8141493239	1,2282759079	0,8713840750	1,5277138102
33	0,5089083815	1,9649902347	0,9383081915	1,1569584326
34	0,5992040667	1,6688805294	0,8427690993	1,4716300674
35	0,7116168604	1,4052505719	0,8360559619	1,6949498734
36	0,6404372042	1,5614333357	0,8774446966	1,5245313814
37	0,6446362201	1,5512625088	0,8139131089	1,0000000000
38	0,7010448210	1,4264423187	0,8950290778	1,6319426905
39	0,8053068328	1,2417627162	0,8699898764	1,2920455192
40	0,7082976451	1,4118358390	0,9148579388	1,6039749598
41	0,6970755232	1,4345647877	1,0000000000	1,0000000000
42	0,6037475879	1,6563213172	0,8684616194	1,0168915181
43	0,6286932153	1,5906009093	0,8128292828	1,0000000000
44	1,0000000000	1,0000000000	1,0000000000	1,6514382273
45	0,6642436224	1,5054717369	0,8671297523	1,0572573496
46	0,5606619328	1,7836060228	0,8008859975	1,3041324992
47	0,4749662329	2,1054128290	0,7375612120	1,0294317740
48	0,5736046455	1,7433610551	0,7398874388	1,3288211544
49	0,6235164657	1,6038068842	0,7655510994	1,0000000000
50	0,7928707495	1,2612396165	0,8345004538	1,3216353733
51	0,5285914086	1,8918203809	0,6911014465	1,0000000000
52	0,5778058798	1,7306850535	0,9450171929	1,2927856462
53	0,8042519510	1,2433914505	0,9166199326	1,8165339337
54	0,7233160851	1,3825214461	0,8673282262	1,3302930284
55	0,7759666781	1,2887151321	1,0000000000	1,2533442219
56	0,6431394359	1,5548727758	0,8355308396	1,5192892759
57	1,0000000000	1,0000000000	1,0000000000	2,5652710873
58	1,0000000000	1,0000000000	1,0000000000	1,0000000000
59	0,7096593825	1,4091267228	0,9500679835	1,7715588364
60	0,7185453136	1,3917006778	0,7807536412	1,4409106758
61	0,7661878866	1,3051628948	0,8124378411	1,0000000000

Çizelge 16. (Devamı) VZA Etkinlik Skorları

Etkinlik değerlerine bakıldığında CCR (ölçeğe göre sabit getirili) yönteminde 44, 57 ve 58 olarak 3 KB etkin bulunmuştur. Etkinlik oranı, 61 RES için 3/61, bir başka deyişle % 4,9'dur. En etkin olmayan KB için Etkinlik Skoru, 0,407093162 olmuştur ve girdinin yaklaşık % 59 kadarının etkin olarak kullanılmadığı, başka bir deyişle israf edildiği tespit edilmektedir. Ortalama etkinlik skoru, 0,69750 olmuştur. Buna göre ortalama tüm KB'ler için girdinin % 30 kadarı etkin olarak kullanılmamaktadır.







Çizelge 17. Girdi Yönlü CCR Analizi Sonucundaki Skorların Uzaklıkta Dağılımı

Çizelge 18. Girdi Yönlü BCC Analizi Sonucundaki Skorların Uzaklıkta Dağılımı

BCC (ölçeğe göre değişken getiri) yönteminde elde edilen etkinlik değerleri, beklenildiği gibi CCR yöntemiyle elde edilenlerden farklıdır. Bu yöntem, aynı zamanda teknik etkinlik değerini vermektedir. 1, 6, 24, 41, 44, 55, 57, 58 olarak 8 KB etkin bulunmuştur. Etkinlik oranı, 8/61 bir başka deyişle % 13,11'dir. En etkin olmayan KB için etkinlik skoru, 0,691101 olmuştur ve girdinin % 30'u kadarının etkin olarak kullanılmadığı, başka bir deyişle israf edildiği görülmektedir. Ortalama etkinlik skoru, 0,87759 olmuştur. Buna göre, ortalama tüm KB'ler için girdinin % 12 kadarı etkin olarak kullanılmamaktadır.

Çizelge 19'da girdi ve çıktıda ağırlıkla kullanılan girdi ve çıktı değerlerini anlamak için gölge değerler hesaplanmıştır.

44 numaralı KB için gölge değerleri okunduğunda, girdideki değerlerden kurulum maliyetinin %13, rüzgâr hızının %0, rüzgâr kapasite faktörünün %87, çıktıda ise sayaç kapasite oranının %67 ve kazancın %33 oranında tesiri ile bu KB'nin etkin olduğu anlaşılmaktadır.

Örneğin 57 numaralı KB için gölge değerleri okunduğunda, girdideki değerlerden kurulum maliyetinin %19, rüzgâr hızının %0, rüzgâr kapasite faktörünün %81, çıktıda ise sayaç kapasite oranının %93 ve kazancın %7 oranında tesiri ile bu KB'nin etkin olduğu anlaşılmaktadır.

Aynı şekilde Çizelge 20 incelendiğinde,

55 numaralı KB için skorlamada %78 oranında rüzgâr hızı, %22 oranında rüzgâr kapasite faktörü etkili olmuştur diyebiliriz. Kurulum maliyeti, bu KB için etkili değildir. Çıktıda ise %11 oranında Sayaç ölçüm değerleri, %11 oranında da yıllık kazanç etkili olmuştur denebilir.

Birim	Gölge Değerler				
	Sayaç KF	Yıllık Kazanç	Kurulum Maliyeti	Rüzgâr Hızı	Rüzgâr KF
1	96%	0%	0%	0%	100%
2	50%	6%	0%	0%	100%
3	40%	8%	0%	0%	100%
4	66%	11%	0%	100%	0%
5	41%	0%	2%	98%	0%
6	77%	0%	1%	99%	0%
7	75%	0%	4%	96%	0%
8	53%	20%	0%	0%	100%
9	85%	0%	0%	100%	0%
10	68%	10%	0%	0%	100%
11	69%	0%	0%	100%	0%
12	50%	6%	0%	0%	100%
13	96%	0%	4%	96%	0%
14	75%	0%	2%	98%	0%
15	66%	0%	6%	0%	94%
16	60%	0%	3%	97%	0%
17	80%	0%	5%	95%	0%
18	70%	0%	0%	100%	0%
19	72%	7%	0%	100%	0%
20	60%	0%	8%	0%	92%
21	66%	0%	1%	0%	99%
22	61%	6%	0%	0%	100%
23	59%	0%	0%	100%	0%
24	76%	0%	0%	0%	100%
25	50%	3%	0%	100%	0%
26	46%	16%	0%	0%	100%
27	71%	0%	3%	97%	0%
28	66%	0%	0%	100%	0%
29	50%	0%	12%	0%	88%
30	79%	0%	3%	97%	0%

Çizelge 19. Girdiye Yönelik CCR Yöntemine Göre Gölge Değerler

Birim	Gölge Değerler				
	Sayaç KF	Yıllık Kazanç	Kurulum Maliyeti	Rüzgâr Hızı	Rüzgâr KF
31	87%	0%	0%	100%	0%
32	81%	0%	5%	95%	0%
33	51%	0%	0%	100%	0%
34	54%	5%	0%	0%	100%
35	71%	0%	9%	0%	91%
36	64%	0%	0%	100%	0%
37	64%	0%	6%	94%	0%
38	66%	4%	0%	100%	0%
39	81%	0%	0%	100%	0%
40	64%	7%	0%	0%	100%
41	70%	0%	0%	0%	100%
42	60%	0%	0%	100%	0%
43	63%	0%	0%	100%	0%
44	67%	33%	13%	0%	87%
45	66%	0%	0%	100%	0%
46	56%	0%	0%	0%	100%
47	47%	0%	0%	100%	0%
48	57%	0%	12%	0%	88%
49	62%	0%	0%	0%	100%
50	79%	0%	0%	0%	100%
51	53%	0%	0%	100%	0%
52	58%	0%	0%	100%	0%
53	75%	6%	0%	100%	0%
54	58%	15%	0%	0%	100%
55	65%	12%	0%	100%	0%
56	64%	0%	8%	0%	92%
57	93%	7%	19%	0%	81%
58	100%	0%	1%	0%	99%
59	71%	0%	0%	100%	0%
60	66%	6%	0%	100%	0%
61	70%	7%	0%	100%	0%

Çizelge 19. (Devamı) Girdiye Yönelik CCR Yöntemine Göre Gölge Değerler

Birim	Gölge Değerler				
	Sayaç KF	Yıllık Kazanç	Kurulum Maliyeti	Rüzgâr Hızı	Rüzgâr KF
1	44%	4%	0%	74%	26%
2	0%	4%	2%	65%	33%
3	0%	6%	0%	70%	30%
4	14%	10%	0%	100%	0%
5	0%	0%	0%	91%	9%
6	715%	0%	37%	63%	0%
7	0%	1%	1%	91%	9%
8	0%	16%	0%	70%	30%
9	43%	4%	0%	71%	29%
10	12%	7%	0%	80%	20%
11	0%	3%	1%	99%	0%
12	0%	4%	2%	91%	8%
13	75%	0%	0%	100%	0%
14	44%	1%	0%	100%	0%
15	0%	2%	7%	0%	93%
16	0%	1%	0%	100%	0%
17	1%	0%	0%	100%	0%
18	0%	3%	1%	99%	0%
19	0%	7%	2%	98%	0%
20	0%	2%	9%	0%	91%
21	0%	0%	1%	0%	99%
22	0%	4%	2%	65%	32%
23	0%	3%	1%	91%	8%
24	2%	1%	0%	74%	26%
25	0%	3%	1%	99%	0%
26	0%	12%	0%	72%	28%
27	0%	1%	0%	91%	9%
28	0%	0%	0%	100%	0%
29	0%	2%	3%	67%	31%
30	0%	1%	0%	91%	9%

Çizelge 20. Girdiye Yönelik BCC Yöntemine Göre Gölge Değerler

Birim	Gölge Değerler				
	Sayaç KF	Yıllık Kazanç	Kurulum Maliyeti	Rüzgâr Hızı	Rüzgâr KF
31	58%	0%	0%	51%	49%
32	9%	1%	0%	79%	21%
33	0%	1%	0%	100%	0%
34	0%	4%	1%	91%	8%
35	0%	2%	2%	67%	31%
36	0%	1%	0%	100%	0%
37	0%	0%	0%	100%	0%
38	0%	4%	1%	90%	8%
39	9%	0%	0%	79%	21%
40	4%	5%	0%	74%	26%
41	7%	0%	0%	81%	19%
42	0%	0%	0%	100%	0%
43	0%	0%	0%	100%	0%
44	53%	37%	0%	0%	100%
45	0%	0%	0%	100%	0%
46	0%	3%	3%	67%	29%
47	0%	2%	1%	99%	0%
48	0%	2%	3%	67%	31%
49	0%	0%	13%	0%	87%
50	52%	0%	0%	52%	48%
51	0%	1%	0%	100%	0%
52	0%	2%	0%	100%	0%
53	12%	5%	0%	79%	21%
54	2%	11%	0%	68%	32%
55	11%	11%	0%	78%	22%
56	0%	2%	2%	67%	31%
57	67%	0%	0%	51%	49%
58	75%	0%	0%	0%	100%
59	0%	3%	1%	91%	8%
60	42%	5%	0%	100%	0%
61	45%	6%	0%	100%	0%

Çizelge 20. (Devamı) Girdiye Yönelik BCC Yöntemine Göre Gölge Değerler

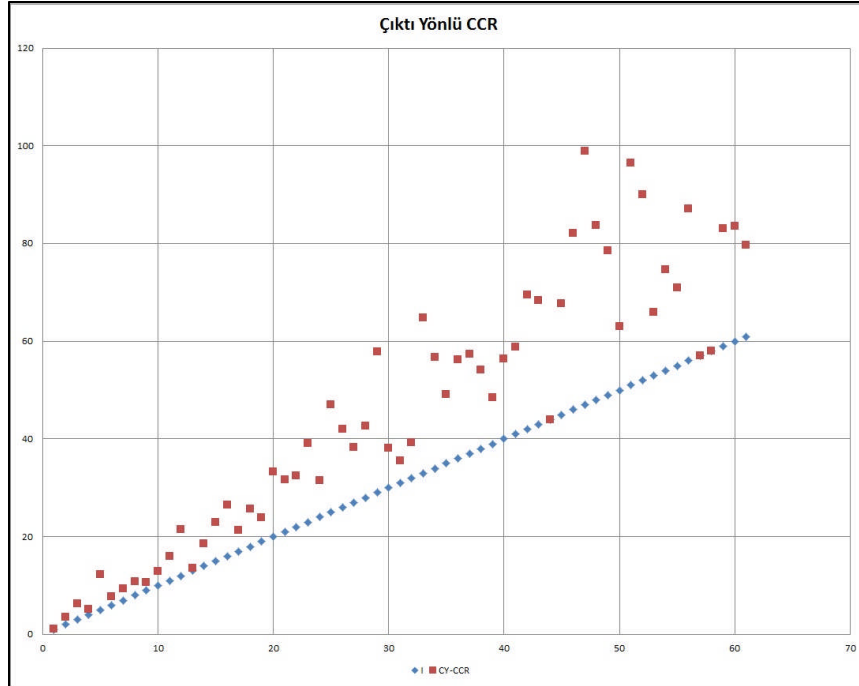
Girdi yönlü analizde CCR/BCC bir başka deyişle ölçek etkinliği değerlerine bakıldığında (Çizelge 21), 44, 57, 58 olarak 3 KB etkin bulunmuştur. Etkinlik oranı, 61 RES için 3/61, bir başka deyişle % 4,9'dur. En etkin olmayan KB için Etkinlik Skoru, 0,468629388 olmuştur ve girdinin yaklaşık % 53 kadarının etkin olarak kullanılmadığı, başka bir deyişle israf edildiği tespit edilmektedir. Ortalama etkinlik skoru, 0,792847 olmuştur. Buna göre ortalamada tüm KB'ler için girdinin % 20 kadarı etkin olarak kullanılmamaktadır.

Sıra	KB No	Etkinlik Skoru	Sıra	KB No	Etkinlik Skoru
1	44	1,0000000000	32	40	0,7742159903
2	57	1,0000000000	33	43	0,7734628029
3	58	1,0000000000	34	56	0,7697375195
4	13	0,9968617968	35	6	0,7683403136
5	14	0,9691211404	36	45	0,7660256388
6	1	0,9627681333	37	51	0,7648535701
7	31	0,9537728500	38	24	0,7620561462
8	50	0,9501142220	39	21	0,7584169061
9	61	0,9430726240	40	28	0,7572052145
10	32	0,9343174236	41	59	0,7469564229
11	9	0,9291552835	42	8	0,7421205470
12	39	0,9256508089	43	18	0,7379423939
13	60	0,9203227186	44	2	0,7304459243
14	30	0,9011823141	45	36	0,7298889681
15	4	0,9008807733	46	20	0,7273932903
16	10	0,8798301098	47	11	0,7267284346
17	53	0,8774104974	48	34	0,7109943485
18	7	0,8635358956	49	46	0,7000521104
19	17	0,8583862856	50	41	0,6970755232
20	35	0,8511593634	51	42	0,6951920204
21	54	0,8339588904	52	26	0,6793959268
22	19	0,8181583657	53	25	0,6760795191
23	49	0,8144674681	54	23	0,6656379593
24	27	0,8055940071	55	12	0,6594121259
25	37	0,7920209332	56	47	0,6439685617
26	15	0,7839485963	57	3	0,6153494831
27	38	0,7832648551	58	52	0,6114236695
28	16	0,7826193471	59	29	0,6038862067
29	55	0,7759666781	60	33	0,5423680472
30	22	0,7755951649	61	5	0,4686293876
31	48	0,7752593374			

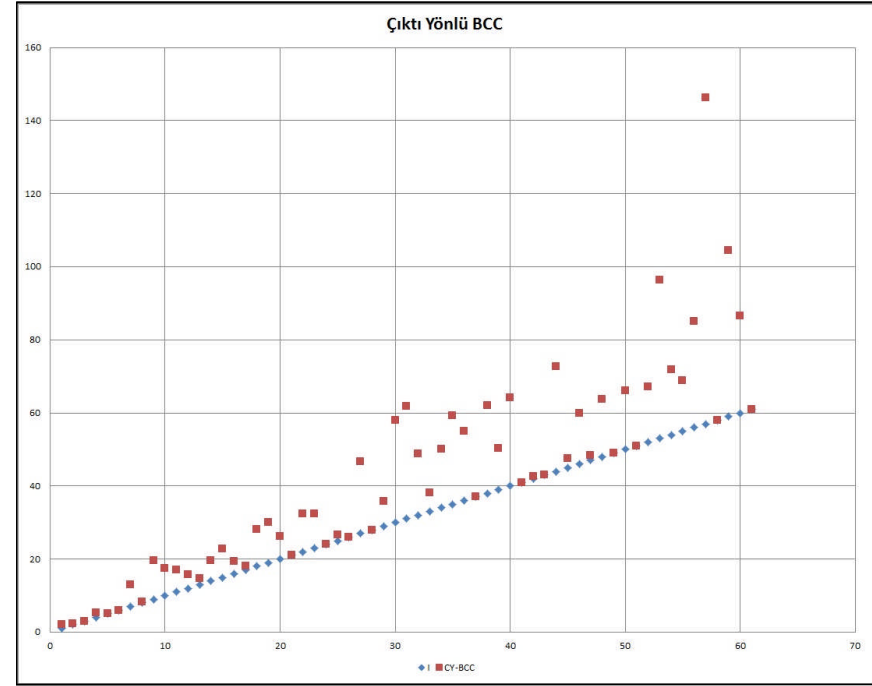
Çizelge 21. Girdi Yönlü Ölçek Etkinliği Oranları

Çizelge 21'deki 57 numaralı KB, gerçekte sayaç verilerine göre en fazla elektrik üreten, 5 numaralı KB ise en az elektrik üreten santraldir. Etkinlik çizelgesi olan Çizelge 21 ile karşılaştırma yapıldığında, en çok elektrik üreten 57 numaralı KB'nin aynı zamanda etkin olduğu görülmektedir. 5 numaralı KB de gerçekten en etkin olmayan KB olarak işaretlenmiştir.

Çizelge 16'da aynı zamanda Çıktı yönlü yaklaşım ile CCR ve BCC analizi sonucu elde edilen etkinlik skorları da görülmektedir. Çizelge 22 ve Çizelge 23'te, bu etkinlik skorlarının uzayda dağılımı gösterilmektedir.



Çizelge 22. Çıktı Yönlü CCR Analizi Sonucundaki Skorların  
Uzayda Dağılımı



Çizelge 23. Çıktı Yönlü BCC Analizi Sonucundaki Skorların  
Uzayda Dağılımı



Etkinlik değerlerine bakıldığında CCR (ölçeğe göre sabit getirili) yönteminde beklenildiği gibi girdi yönlü yaklaşım ile aynı olan 44, 57 ve 58 numaralı KB'ler etkin olarak bulunmuştur. Etkinlik oranları, girdi yönlü yaklaşım ile aynıdır.

BCC (ölçeğe göre değişken getiri) yönteminde elde edilen etkinlik değerleri, beklenildiği gibi CCR yöntemiyle elde edilenlerden farklıdır. Bu yöntem, aynı zamanda teknik etkinlik değerini vermektedir. 3, 5, 6, 21, 24, 26, 28, 37, 41, 43, 49, 51, 58, 61 olarak 14 KB etkin bulunmuştur. Etkinlik oranı, 14/61 bir başka deyişle % 22,95'tir. En etkin olmayan KB için etkinlik skoru, 2,56527108 olmuştur ve girdinin % 60 kadarının etkin olarak kullanılmadığı, başka bir deyişle israf edildiği görülmektedir. Ortalama etkinlik skoru, 1,36769203716013 olmuştur. Buna göre, ortalamada tüm KB'ler için girdinin % 27 kadarı etkin olarak kullanılamamaktadır.

Çizelge 24'te girdi ve çıktıda ağırlıklı kullanılan girdi ve çıktı değerlerini anlamak için gölge değerler hesaplanmıştır.

17 numaralı KB için gölge değerleri okunduğunda, girdideki değerlerden kurulum maliyetinin % 7, rüzgâr hızının % 119, rüzgâr kapasite faktörünün %0, çıktıdaki ise sayaç kapasite oranının % 100 ve kazancın % 0 oranında tesiri ile bu KB'nin etkin olduğu anlaşılmaktadır. 31 numaralı KB için gölge değerleri okunduğunda, girdideki değerlerden kurulum maliyetinin % 0, rüzgâr hızının % 115, rüzgâr kapasite faktörünün % 0, çıktıdaki ise sayaç kapasite oranının %100 ve kazancın % 0 oranında tesiri ile bu KB'nin etkin olduğu anlaşılmaktadır.

Aynı şekilde Çizelge 25 incelendiğinde;

5 numaralı KB için skorlamada % 0 oranında kurulum maliyeti, % 156 oranında rüzgâr hızı ve %0 oranında rüzgâr kapasite faktörü etkili olmuştur diyebiliriz. Çıktıda ise % 99 oranında Sayaç kullanım oranı, % 1 oranında da yıllık kazanç etkili olmuştur denilebilir.

Birim	Gölge Değerler				
	Sayaç KF	Yıllık Kazanç	Kurulum Maliyeti	Rüzgâr Hızı	Rüzgâr KF
1	100%	0%	0%	0%	104%
2	89%	11%	0%	0%	177%
3	83%	17%	0%	0%	207%
4	86%	14%	0%	129%	0%
5	100%	0%	4%	241%	0%
6	100%	0%	1%	129%	0%
7	100%	0%	5%	128%	0%
8	72%	28%	0%	0%	136%
9	100%	0%	0%	118%	0%
10	87%	13%	0%	0%	128%
11	100%	0%	0%	146%	0%
12	89%	11%	0%	0%	179%
13	100%	0%	4%	101%	0%
14	100%	0%	3%	130%	0%
15	100%	0%	10%	0%	143%
16	100%	0%	5%	160%	0%
17	100%	0%	7%	119%	0%
18	100%	0%	0%	143%	0%
19	91%	9%	0%	126%	0%
20	100%	0%	14%	0%	153%
21	100%	0%	1%	0%	150%
22	91%	9%	0%	0%	148%
23	100%	0%	0%	170%	0%
24	100%	0%	0%	0%	131%
25	94%	6%	0%	188%	0%
26	75%	25%	0%	0%	161%
27	100%	0%	5%	137%	0%
28	100%	0%	0%	152%	0%
29	100%	0%	23%	0%	176%
30	100%	0%	3%	124%	0%

Çizelge 24. Çıktıya Yönelik CCR Yöntemine Göre Gölge Değerler

Birim	Gölge Değerler				
	Sayaç KF	Yıllık Kazanç	Kurulum Maliyeti	Rüzgâr Hızı	Rüzgâr KF
31	100%	0%	0%	115%	0%
32	100%	0%	6%	117%	0%
33	100%	0%	0%	196%	0%
34	91%	9%	0%	0%	167%
35	100%	0%	12%	0%	128%
36	100%	0%	0%	156%	0%
37	100%	0%	9%	146%	0%
38	94%	6%	0%	143%	0%
39	100%	0%	0%	124%	0%
40	90%	10%	0%	0%	141%
41	100%	0%	0%	0%	143%
42	100%	0%	0%	166%	0%
43	100%	0%	0%	159%	0%
44	73%	27%	8%	92%	0%
45	100%	0%	0%	151%	0%
46	100%	0%	0%	0%	178%
47	100%	0%	0%	211%	0%
48	100%	0%	20%	0%	154%
49	100%	0%	0%	0%	160%
50	100%	0%	0%	0%	126%
51	100%	0%	0%	189%	0%
52	100%	0%	0%	173%	0%
53	93%	7%	0%	124%	0%
54	80%	20%	0%	0%	138%
55	84%	16%	0%	129%	0%
56	100%	0%	12%	0%	144%
57	93%	7%	19%	0%	81%
58	100%	0%	1%	0%	99%
59	100%	0%	0%	141%	0%
60	91%	9%	0%	139%	0%
61	91%	9%	0%	131%	0%

Çizelge 24. (Devamı) Çıktıya Yönelik CCR Yöntemine Göre Gölge Değerler

Birim	Gölge Değerler				
	Sayaç KF	Yıllık Kazanç	Kurulum Maliyeti	Rüzgâr Hızı	Rüzgâr KF
1	189%	16%	11%	89%	0%
2	104%	17%	8%	135%	0%
3	91%	9%	0%	142%	0%
4	130%	0%	16%	0%	109%
5	99%	1%	0%	156%	0%
6	54%	46%	0%	215%	143%
7	183%	1%	5%	0%	95%
8	104%	0%	178%	0%	0%
9	198%	19%	10%	90%	0%
10	169%	5%	18%	2%	80%
11	154%	2%	9%	0%	91%
12	128%	3%	15%	2%	83%
13	0%	113%	42%	28%	78%
14	84%	55%	0%	144%	123%
15	146%	6%	3%	151%	0%
16	95%	26%	0%	0%	185%
17	11%	95%	47%	0%	53%
18	154%	2%	10%	0%	90%
19	154%	4%	18%	0%	82%
20	128%	3%	0%	146%	0%
21	85%	15%	0%	195%	118%
22	132%	15%	12%	88%	0%
23	139%	2%	10%	0%	90%
24	77%	23%	31%	69%	0%
25	107%	0%	8%	0%	120%
26	94%	6%	33%	0%	67%
27	172%	1%	5%	0%	95%
28	95%	5%	6%	0%	165%
29	115%	9%	5%	147%	0%
30	192%	1%	4%	0%	96%

Çizelge 25. Çıktıya Yönelik BCC Yöntemine Göre Gölge Değerler

Birim	Gölge Değerler				
	Sayaç KF	Yıllık Kazanç	Kurulum Maliyeti	Rüzgâr Hızı	Rüzgâr KF
31	188%	11%	17%	83%	0%
32	94%	59%	17%	58%	25%
33	115%	1%	8%	0%	92%
34	145%	3%	13%	2%	85%
35	160%	9%	4%	149%	0%
36	151%	1%	10%	0%	90%
37	77%	23%	3%	155%	122%
38	161%	3%	13%	0%	87%
39	88%	41%	23%	54%	23%
40	143%	18%	15%	85%	0%
41	44%	56%	53%	27%	20%
42	38%	64%	68%	0%	32%
43	73%	27%	23%	73%	25%
44	165%	0%	5%	0%	124%
45	73%	33%	22%	54%	23%
46	117%	14%	7%	140%	0%
47	103%	0%	7%	0%	121%
48	124%	8%	5%	139%	0%
49	89%	11%	5%	199%	0%
50	0%	132%	100%	48%	0%
51	96%	4%	30%	70%	0%
52	127%	2%	10%	0%	90%
53	178%	4%	14%	0%	86%
54	121%	12%	42%	58%	0%
55	119%	6%	30%	0%	70%
56	144%	8%	3%	150%	0%
57	257%	0%	0%	100%	45%
58	29%	71%	4%	0%	96%
59	167%	11%	9%	91%	0%
60	144%	0%	11%	0%	116%
61	84%	16%	6%	72%	0%

Çizelge 25. (Devamı) Çıktıya Yönelik BCC Yöntemine Göre Gölge Değerler

Çizelge 26'da KB'ler, girdi ve çıktı yönlü yaklaşımların CCR ve BCC yöntemleriyle etkinlik skorlarına göre sıralanmış halde görülmektedir. Bu çizelge ile birlikte yorumlamak için Sayaç Kapasite Kullanım Oranı (Çizelge 27), Kurulum Maliyeti (Çizelge 28), Kurulu Güç Miktarı (Çizelge 29) ve Yıllık Kazanç Miktarı'na göre sıralanmış (Çizelge 30) KB çizelgelerinin değerlendirilmesi gerekmektedir.

Girdi ve çıktı yönlü yaklaşımlarda teorem gereği beklenildiği üzere, BCC yöntemiyle yapılan analizdeki etkin KB sayısı, CCR yönteminde hesaplanan etkin KB sayısından fazladır.

Girdi yönlü etkinlik skorları, 1 ve 1'den küçük iken, çıktı yönlü etkinlik skorlarının 1 ve birden büyük olduğu görülmüştür. Kısıtlar ve teorem gereği olan bu sonuç da, uygulama safhasında hata olmaması adına bir kontroldür.

Çizelge 26, Çizelge 27, Çizelge 28, Çizelge 29 ve Çizelge 30 bir arada değerlendirildiğinde, Emre ve Ömürgönülşen'in 2013 yılındaki çalışmasına paralel bulgulara rastlanılmaktadır.

En yüksek kurulu güç miktarına sahip KB, Çizelge 29'a göre 8 numaralı KB'dir. Bu KB, girdi ve çıktı yönlü yaklaşımların hiçbirinde etkin bulunamamıştır. Benzer şekilde en yüksek ikinci kurulu güce sahip 51 numaralı KB, girdi yönlü yaklaşımlarda etkin bulunmazken çıktı yönlü yaklaşımda etkin bulunmuştur. Bunun anlamı, en etkin girdi kullanımı ile değil; en fazla çıktı yaklaşımı ile çalışmaktadır. Çizelge 26, bu tespiti belgelemektedir. 8 Numaralı KB, Çizelge 30'da yer alan kazanç miktarlarına göre ikinci sırada yer alırken 51 numaralı KB, 36. Sırada yer almaktadır.

Aynı şekilde 26 numaralı KB, girdi yönlü yöntemlerde etkin bulunamazken çıktı yönlü yaklaşımda etkin bulunmuştur. 26 numaralı KB'nin kurulu güç için sıralaması 3 iken yıllık kazançtaki sıralaması 4 olmuştur.

Bu tespitlere göre;

- En yüksek kurulu güce sahip olan santralin en etkin sayılamayacağı,
- En çok kazanç sağlayan santralin en yüksek kurulu güce sahip olan santral olmadığı gibi (girdilerde bu zaten belli) en etkin sayılamayacağı söylenebilir.

Birim	Birim	GY-CCR	Birim	ÇY-CCR	Birim	GY-BCC	Birim	ÇY-BCC
1	44	1,00000	58	1,00000	58	1,00000	61	1,00000
2	57	1,00000	57	1,00000	41	1,00000	51	1,00000
3	58	1,00000	44	1,00000	44	1,00000	6	1,00000
4	1	0,96277	1	1,03867	1	1,00000	5	1,00000
5	13	0,95891	13	1,04285	55	1,00000	49	1,00000
6	31	0,87154	31	1,14739	57	1,00000	21	1,00000
7	9	0,84768	9	1,17969	24	1,00000	3	1,00000
8	32	0,81415	32	1,22828	6	1,00000	28	1,00000
9	39	0,80531	39	1,24176	8	0,99083	37	1,00000
10	53	0,80425	53	1,24339	19	0,97199	26	1,00000
11	17	0,79757	17	1,25381	13	0,96193	24	1,00000
12	19	0,79524	19	1,25748	59	0,95007	43	1,00000
13	50	0,79287	50	1,26124	18	0,94760	41	1,00000
14	30	0,78820	30	1,26871	52	0,94502	58	1,00000
15	10	0,77892	10	1,28382	11	0,94404	42	1,01689
16	55	0,77597	55	1,28872	33	0,93831	47	1,02943
17	4	0,77257	4	1,29438	17	0,92915	8	1,04117
18	6	0,76834	6	1,30151	53	0,91662	45	1,05726
19	61	0,76619	61	1,30516	40	0,91486	25	1,06811
20	24	0,76206	24	1,31224	31	0,91378	17	1,06890
21	7	0,75426	7	1,32581	9	0,91231	13	1,13216
22	14	0,75116	14	1,33127	26	0,91211	33	1,15696
23	8	0,73531	8	1,35996	38	0,89503	2	1,20707
24	54	0,72332	54	1,38252	10	0,88531	16	1,20822
25	60	0,71855	60	1,39170	23	0,88397	29	1,23665
26	35	0,71162	35	1,40525	36	0,87744	55	1,25334
27	59	0,70966	59	1,40913	27	0,87631	39	1,29205
28	40	0,70830	40	1,41184	30	0,87463	52	1,29279
29	27	0,70595	27	1,41654	7	0,87345	4	1,29883
30	38	0,70104	38	1,42644	21	0,87298	46	1,30413

Çizelge 26. Etkinlik Skorlarına Göre Sıralanmış KB'ler

Birim	Birim	GY-CCR	Birim	ÇY-CCR	Birim	GY-BCC	Birim	ÇY-BCC
31	18	0,69927	18	1,43006	22	0,87183	20	1,31121
32	41	0,69708	41	1,43456	32	0,87138	12	1,31235
33	11	0,68606	11	1,45760	39	0,86999	50	1,32164
34	22	0,67619	22	1,47888	5	0,86869	48	1,32882
35	45	0,66424	45	1,50547	42	0,86846	54	1,33029
36	21	0,66208	21	1,51038	54	0,86733	14	1,39256
37	28	0,65663	28	1,52293	28	0,86718	23	1,41134
38	15	0,65617	15	1,52400	45	0,86713	60	1,44091
39	37	0,64464	37	1,55126	4	0,85757	34	1,47163
40	56	0,64314	56	1,55487	12	0,84558	22	1,47515
41	36	0,64044	36	1,56143	34	0,84277	56	1,51929
42	43	0,62869	43	1,59060	15	0,83701	15	1,52318
43	49	0,62352	49	1,60381	35	0,83606	36	1,52453
44	26	0,61968	26	1,61373	56	0,83553	32	1,52771
45	16	0,60486	16	1,65327	50	0,83450	11	1,55324
46	42	0,60375	42	1,65632	29	0,82981	18	1,56437
47	20	0,60135	20	1,66291	20	0,82673	19	1,58351
48	34	0,59920	34	1,66888	37	0,81391	40	1,60397
49	23	0,58840	23	1,69952	43	0,81283	38	1,63194
50	52	0,57781	52	1,73069	61	0,81244	44	1,65144
51	48	0,57360	48	1,74336	46	0,80089	35	1,69495
52	2	0,56571	2	1,76770	3	0,78529	27	1,72571
53	46	0,56066	46	1,78361	25	0,78524	10	1,73580
54	12	0,55759	12	1,79345	60	0,78075	59	1,77156
55	25	0,53088	25	1,88366	14	0,77510	53	1,81653
56	51	0,52859	51	1,89182	2	0,77447	7	1,83892
57	33	0,50891	33	1,96499	16	0,77287	30	1,93073
58	29	0,50111	29	1,99557	49	0,76555	31	1,99226
59	3	0,48323	3	2,06942	48	0,73989	1	2,04935
60	47	0,47497	47	2,10541	47	0,73756	9	2,16508
61	5	0,40709	5	2,45644	51	0,69110	57	2,56527

Çizelge 26. (Devamı) Etkinlik Skorlarına Göre Sıralanmış KB'ler



Sıra	KB No	Sayaç Kapasite Kullanım Oranı	Sıra	KB No	Sayaç Kapasite Kullanım Oranı
1	57	0,50707	32	45	0,31577
2	13	0,44506	33	59	0,31487
3	31	0,44194	34	28	0,31215
4	9	0,42983	35	18	0,31026
5	44	0,42465	36	15	0,30988
6	61	0,42203	37	40	0,30790
7	6	0,41674	38	56	0,30756
8	50	0,40204	39	55	0,30685
9	60	0,39663	40	36	0,30445
10	14	0,39039	41	11	0,30440
11	58	0,38866	42	34	0,30086
12	32	0,38351	43	22	0,29596
13	39	0,38283	44	21	0,29493
14	4	0,37900	45	8	0,29425
15	53	0,37653	46	20	0,28923
16	10	0,37488	47	42	0,28701
17	1	0,36615	48	25	0,28440
18	30	0,36197	49	46	0,28430
19	17	0,35152	50	23	0,27971
20	7	0,35010	51	2	0,27875
21	35	0,34438	52	12	0,27380
22	19	0,34093	53	47	0,27095
23	38	0,33238	54	41	0,26510
24	27	0,32676	55	52	0,25637
25	37	0,32640	56	26	0,25502
26	48	0,32307	57	29	0,25041
27	43	0,31879	58	24	0,24151
28	54	0,31861	59	33	0,22580
29	51	0,31829	60	3	0,22228
30	16	0,31668	61	5	0,18536
31	49	0,31617			

Çizelge 27. Sayaç Kapasite Kullanım Oranına Göre Sıralanmış KB'ler

Sıra	KB No	Kurulum Maliyeti	Sıra	KB No	Kurulum Maliyeti
1	8	408,38	32	9	86,18
2	51	406,02	33	52	86,18
3	26	385,96	34	49	86,16
4	55	327,52	35	18	85,22
5	54	294,21	36	45	84,82
6	4	258,30	37	23	84,53
7	50	257,53	38	48	78,39
8	3	208,45	39	57	77,28
9	10	173,91	40	37	75,35
10	19	171,17	41	11	73,28
11	60	166,10	42	59	70,87
12	61	163,95	43	33	68,91
13	31	159,50	44	29	68,57
14	42	157,75	45	44	65,07
15	24	145,77	46	32	61,27
16	12	137,64	47	17	59,98
17	53	130,82	48	35	49,89
18	40	129,96	49	20	46,37
19	2	128,46	50	7	43,46
20	25	115,92	51	13	43,37
21	34	115,17	52	56	43,12
22	41	114,68	53	16	42,78
23	22	112,86	54	27	40,10
24	38	111,80	55	15	36,06
25	46	99,89	56	14	32,87
26	47	98,85	57	30	30,71
27	1	90,01	58	5	20,64
28	36	87,55	59	6	14,38
29	28	86,97	60	21	4,32
30	39	86,57	61	58	2,47
31	43	86,28			

Çizelge 28. Kurulum Maliyetlerine Göre Sıralanmış KB'ler

Sıra	KB No	Kurulu Güç	Sıra	KB No	Kurulu Güç
1	8	168,24	32	43	35,29
2	51	165,18	33	49	35,29
3	26	158,82	34	52	35,29
4	55	133,41	35	18	35,18
5	54	120,00	36	23	34,82
6	4	105,88	37	45	33,88
7	50	105,88	38	48	31,76
8	3	84,71	39	57	31,76
9	10	70,59	40	37	30,12
10	19	70,59	41	11	29,41
11	60	67,65	42	29	28,24
12	61	67,65	43	33	28,24
13	42	64,59	44	59	28,24
14	31	63,53	45	44	26,47
15	24	59,53	46	17	24,47
16	12	56,47	47	32	24,35
17	2	52,94	48	35	20,59
18	40	52,94	49	20	18,82
19	53	52,94	50	7	17,65
20	25	47,65	51	13	17,65
21	34	47,06	52	56	17,65
22	41	47,06	53	16	17,53
23	38	46,12	54	15	14,71
24	22	45,88	55	27	14,71
25	46	40,24	56	14	12,00
26	47	40,00	57	30	11,76
27	1	37,06	58	5	8,47
28	28	35,76	59	6	5,88
29	9	35,29	60	21	1,76
30	36	35,29	61	58	1,00
31	39	35,29			

Çizelge 29. Kurulu Güç Değerlerine Göre Sıralanmış KB'ler

Birim	Birim	Yıllık Kazanç	Birim	Birim	Yıllık Kazanç
1	44	10561	32	36	595
2	8	4447	33	35	583
3	4	3658	34	29	568
4	26	3468	35	20	533
5	55	3414	36	51	516
6	54	3215	37	33	506
7	61	2432	38	56	504
8	60	2232	39	16	442
9	10	2200	40	27	424
10	19	1950	41	50	418
11	57	1800	42	15	405
12	3	1774	43	14	382
13	53	1697	44	7	348
14	9	1455	45	30	343
15	40	1369	46	6	200
16	12	1359	47	42	191
17	2	1341	48	32	175
18	38	1235	49	24	152
19	22	1226	50	37	147
20	34	1197	51	49	133
21	25	1111	52	39	132
22	1	1105	53	5	129
23	46	983	54	41	117
24	31	963	55	28	110
25	18	899	56	45	105
26	47	887	57	43	97
27	52	814	58	17	84
28	23	804	59	13	77
29	11	749	60	21	42
30	59	716	61	58	32
31	48	656			

Çizelge 30. Yıllık Kazanç Miktarına Göre Sıralanmış KB'ler

Santrallerin yalnızca lokasyon ve yatırım miktarlarında değil; işletmelerinde de etkinlik problemleri vardır.

58 numaralı KB, kurulu güç açısından en küçük, yatırım maliyeti açısından en düşük, sayaç kullanım oranı bakımından 11. sıradadır ve bütün yaklaşımlarda etkin santral olarak bulunmuştur. Buna göre en küçük santral, en etkinsiz veya en büyük santral, en etkin santral olarak adlandırılmaz.

Çizelge 31'e göre Avrupa Birliği Rüzgâr Üreticileri Birliği'nin belirlediği teamüllerde (Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği Resmi web sitesi, 2014) sayaç kapasite kullanım oranı % 40'ın üzerinde olan ve basit etkin sayılabilecek 8 KB vardır (57, 13, 31, 9, 44, 61, 6, 50). Çizelge 31'de bu KB'lere ilişkin etkinlik durumları işaretlenilmiştir. Çizelge incelendiğinde, 57 ve 44 numaralı KB'ler için etkinliğin girdi yönlü olduğu ancak diğer KB'leri için aynı durumun söz konusu olmadığını göstermektedir. Buna göre santrallerin çalışır olması, etkin olduğu anlamını taşımamaktadır.

Birim	GY-CCR	GY-BCC
57	+	+
13	-	-
31	-	-
9	-	-
44	+	+
61	-	-
6	-	-
50	-	-

Çizelge 31. Sayaç Kullanım Oranı %40 Üzerindeki KB Etkinlikleri

Etkin olan santrallerin hangisinin daha etkin olduğunu tespit etmek üzere Süper Etkinlik hesabı yaptığımızda, literatüre uygun şekilde bu sıralama elde edilebilmektedir. Çizelge 32'de Girdi Yönlü CCR Yönteminde etkin olduğu tespit edilen üç KB'ye ilişkin analizin tekrar yapılması sonucu elde edilen veriler gösterilmektedir. Buna göre 58 numaralı karar birimi en etkin, 57 ve 44 numaralı KB'ler de sonraki sıralarda etkindirler.

Birim	Çıktılar		Girdiler			Etkinlik
	Sayaç KF	Yıllık Kazanç	Kurulum Maliyeti	Rüzgâr Hızı	Rüzgâr KF	Skorları
44	0.424654	10561	65.0655	9	50	1.000000000000010
57	0.507073	1800	77.2800	8	40	0.999999999999993
58	0.388659	32	2.4665	7	35	1.000000000000000

Çizelge 32. Girdi Yönlü CCR Yöntemi ile Süper Etkinlik Analizi

Çizelge 32’de tespit edilen değerlerin ağırlıkları incelendiğinde, Çizelge 33’te yer alan gölge değerleri yorumlamak yerinde olacaktır. 58 numaralı KB’nin en etkin olmasında sayaç kullanım oranı ile rüzgâr hızı, %100 oranında etkili olmuştur denilebilir.

Birim	Gölge Değerler				
	Sayaç KF	Yıllık Kazanç	Kurulum Maliyeti	Rüzgâr Hızı	Rüzgâr KF
44	0%	100%	100%	0%	0%
57	92%	8%	0%	0%	100%
58	100%	0%	1%	0%	99%

Çizelge 33. Girdi Yönlü CCR Yöntemi ile Süper Etkinlik Analiz-Gölge Değerler

Çizelge 34, Girdi Yönlü BCC Yöntemi ile Süper Etkinlik Analizini ve Gölge Değerleri göstermektedir. Buna göre, 6 numaralı KB’nin etkin santraller arasında en zayıfı olduğu değerlendirilebilir. Etkinlik skoru birbirinin aynı olan diğer karar birimleri için de öncelik olarak rüzgâr hızı, kurulum maliyeti ve rüzgâr kf alınır ise, sıralama 41, 44, 55, 57, 1, 58, 75 ve 6 şeklindedir.

Etkin olan santralleri çıkarılması ve etkin olmayan santraller üzerinden tekrar bir analiz yapıldığında yeni etkinlik değerleri hesaplanabilmektedir. Çizelge 35, Girdi Yönlü CCR Yöntemi ile hesaplanmış bağlam bağımlı değerleri göstermektedir.

Birim	Gölge Değerler					Etkinlik
	Sayaç KF	Yıllık Kazanç	Kurulum Maliyeti	Rüzgâr Hızı	Rüzgâr KF	Skorları
1	0%	4%	4%	69%	27%	1.0000000000000000
6	724%	3%	42%	58%	0%	0.9999999999999985
24	0%	1%	25%	0%	75%	1.0000000000000000
41	0%	0%	0%	100%	0%	1.0000000000000000
44	0%	29%	1%	91%	9%	1.0000000000000000
55	0%	11%	4%	87%	9%	1.0000000000000000
57	51%	5%	0%	71%	29%	1.0000000000000000
58	0%	0%	0%	0%	100%	1.0000000000000000

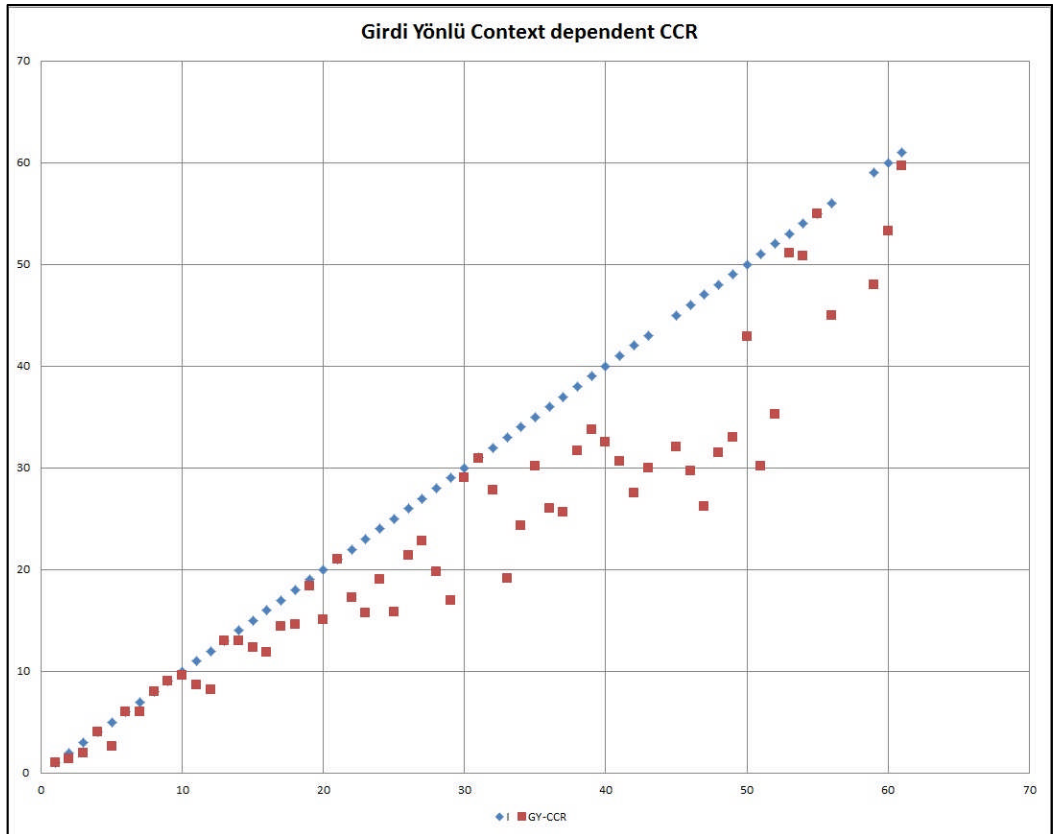
Çizelge 34. Girdi Yönlü BCC Yöntemi ile Süper Etkinlik Analizi-Gölge Değerler

Birim	GY-CCR	Birim	GY-CCR
	Skorları		Skorları
1	1.00000	30	0.96882
2	0.69955	31	0.99741
3	0.64404	32	0.86960
4	1.00000	33	0.58014
5	0.52460	34	0.71392
6	1.00000	35	0.86188
7	0.85819	36	0.72356
8	1.00000	37	0.69372
9	1.00000	38	0.83265
10	0.95885	39	0.86499
11	0.78727	40	0.81264
12	0.68523	41	0.74807
13	1.00000	42	0.65517
14	0.92529	43	0.69785
15	0.82491	45	0.71316
16	0.73905	46	0.64645
17	0.84807	47	0.55845
18	0.81296	48	0.65567
19	0.96811	49	0.67393
20	0.75210	50	0.85799
21	1.00000	51	0.59110
22	0.78523	52	0.67732
23	0.68363	53	0.96490
24	0.79153	54	0.94182
25	0.63223	55	1.00000
26	0.82356	56	0.80263
27	0.84376	59	0.81414
28	0.70541	60	0.88844
29	0.58617	61	0.97869

Çizelge 35. Girdi Yönlü CCR Yöntemi ile Bağlam Bağımlı Etkinlikler

Etkinlik değerlerine bakıldığında CCR bağlam bağımlı yönteminde 1, 4, 6, 8, 9, 13, 21 ve 55 olarak 8 KB etkin bulunmuştur. Etkinlik oranı, 58 RES için 8/58, bir başka deyişle % 13,8'dir. En etkin olmayan KB için Etkinlik Skoru, 0,52460 olmuştur ve girdinin yaklaşık % 48 kadarının etkin olarak kullanılmadığı, başka bir deyişle israf edildiği tespit edilmektedir. Ortalama etkinlik skoru, 0,80457 olmuştur. Buna göre ortalamada tüm KB'ler için girdinin % 20 kadarı etkin olarak kullanılmamaktadır.

Bu değerler, Çizelge 16'daki değerler ile karşılaştırıldığında etkin olmayan santrallerin etkinlik değerlerinin, yeni belirlenen etkinlere göre arttığının, başka bir deyişle daha ulaşılabilir hedeflere yöneldiğinin tespit edilmesi gerekir. Çizelge 36, bağlam bağımlı etkinlik değerlerinin uzaydaki dağılımını göstermektedir.



Çizelge 36. Girdi Yönlü CCR Yöntemi ile Bağlam Bağımlı Etkinlikler Uzaydaki Dağılım



Çizelge 37’de ise Girdi Yönlü BCC Yöntemi ile Bağlam Bağımlı Etkinlikler görülmektedir. Sonuçlara göre 4, 8, 9, 11, 13, 14, 17, 18, 19, 21, 22, 30, 31, 33, 40, 52, 59 ve 61 olarak 18 KB etkin bulunmuştur. Etkinlik oranı, 53 KB için 18/53, bir başka deyişle % 34’tür. En etkin olmayan KB için Etkinlik Skoru, 0,73684 olmuştur ve girdinin yaklaşık % 26 kadarının etkin olarak kullanılmadığı, başka bir deyişle israf edildiği tespit edilmektedir. Ortalama etkinlik skoru, 0,94579 olmuştur. Buna göre ortalamada tüm KB’ler için girdinin % 5 kadarı etkin olarak kullanılmamaktadır.

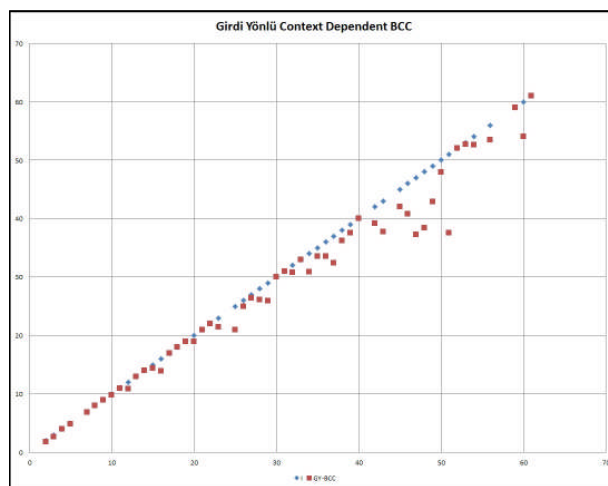
Bu değerler, Çizelge 16’daki değerler ile karşılaştırıldığında etkin olmayan santrallerin etkinlik değerlerinin, yeni belirlenen etkinlere göre arttığının, başka bir deyişle daha ulaşılabilir hedeflere yöneldiğinin tespit edilmesi gerekir. Özellikle etkinlik oranının %95 mertebelerine ulaştığının altının çizilmesi gerekir. Çizelge 38, bağlam bağımlı etkinlik değerlerinin uzaydaki dağılımını göstermektedir.

Aynı şekilde Çıktı Yönlü CCR ve BCC yaklaşımları da bağlam bağımlı olarak incelendiğinde, etkin olmayan KB’ler için belirlenen yeni hedeflerin daha ulaşılabilir hedefler olması nedeni ile etkinlik skorlarının arttığı görülmektedir. Çizelge 39 ve Çizelge 40’ta Çıktı Yönlü Bağlam Bağımlı yaklaşımıyla incelenmiş CCR ve BCC analizlerinin sonuçlarının uzaydaki dağılımı gösterilmektedir.

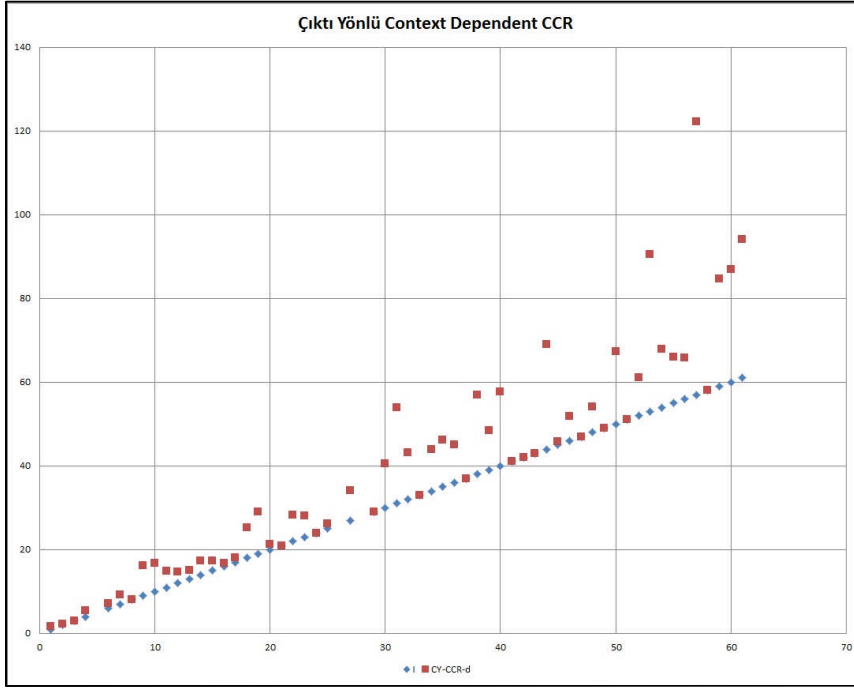
Bağlam bağımlı etkinlik analizi yapıldığında, etkin olmayan santrallerin her bir yöntem ve yaklaşımda ikincil hedeflerine göre etkinliklerinin ne olabileceği hesaplanmıştır. Her bir analiz ile birlikte gölge değerler de hesaplanarak girdi ve çıktı verilerinin etkinlik skorlarındaki ağırlıkları gösterilmiştir. Bu ağırlıklar, her bir KB için kuvvetli ve zayıf yönleri ortaya koymaktadır. Örneğin, rüzgâr hızı yüksek bir bölgede yatırım miktarının gölge değerinin daha yüksek olması, yatırım maliyetinin başarılı bir şekilde düşük yapıldığına delalettir.

Birim	GY-BCC	Birim	GY-BCC
	Skorları		Skorları
2	0.89869	31	1.00000
3	0.89146	32	0.96372
4	1.00000	33	1.00000
5	0.98269	34	0.90838
7	0.97586	35	0.95818
8	1.00000	36	0.93333
9	1.00000	37	0.87500
10	0.98726	38	0.95255
11	1.00000	39	0.96331
12	0.90292	40	1.00000
13	1.00000	42	0.93333
14	1.00000	43	0.87877
15	0.95808	45	0.93333
16	0.86843	46	0.88662
17	1.00000	47	0.79288
18	1.00000	48	0.80081
19	1.00000	49	0.87625
20	0.94897	50	0.95914
21	1.00000	51	0.73684
22	1.00000	52	1.00000
23	0.93333	53	0.99536
25	0.83783	54	0.97386
26	0.96024	56	0.95412
27	0.97780	59	1.00000
28	0.93333	60	0.90114
29	0.89308	61	1.00000
30	1.00000		

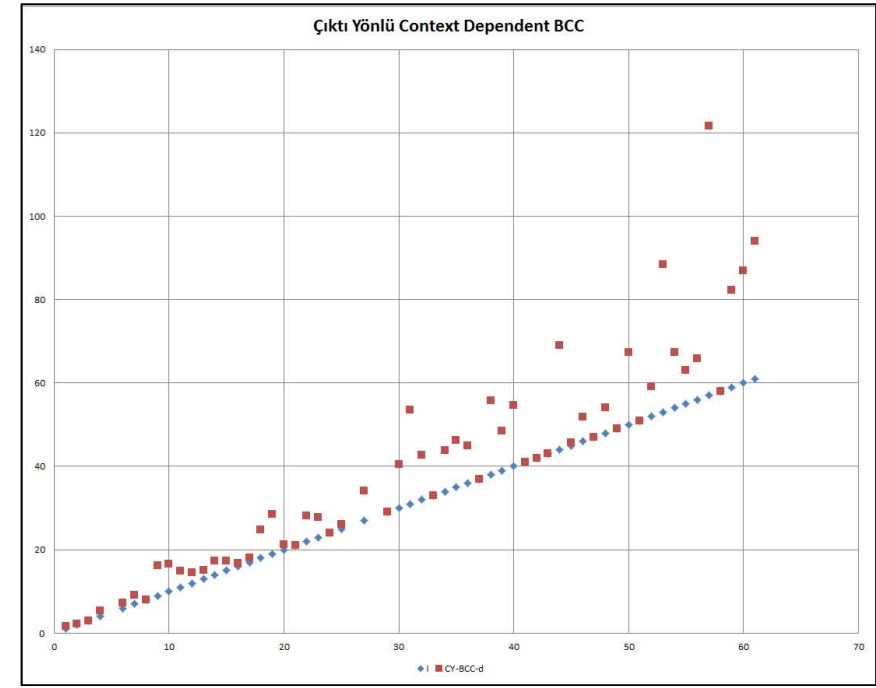
Çizelge 37. Girdi Yönlü BCC Yöntemi ile Bağlam Bağımlı Etkinlikler



Çizelge 38. Girdi Yönlü BCC Yöntemi ile Bağlam Bağımlı Etkinlikler Uzaydaki Dağılım



Çizelge 39. Çıktı Yönlü CCR Yöntemi ile Bağlam Bağımlı Etkinlikler Uzaydaki Dağılım



Çizelge 40. Çıktı Yönlü BCC Yöntemi ile Bağlam Bağımlı Etkinlikler Uzaydaki Dağılım

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye Cumhuriyeti sınırları içerisinde yer alan ve veri toplandığı tarih olan Temmuz 2013 itibari ile faaliyette olan RES'lerin etkinliklerini değerlendirmek amaçlanmıştır ve RES'lerin kuruldukları lokasyona özgü olan rüzgâr hızı ve rüzgâr kapasite faktörü gibi veriler ve tesis kurulumu ve şebeke bağlantı masraflarının kabaca hesabı ile üretim, kapasite kullanım oranı ve yıllık kazanç miktarı kullanılarak görelî etkinlik analizi yapılmaktadır. Bu çalışmanın literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak, girdi ve çıktı verileri kullanılarak birden fazla birimin (santralin) görelî etkinlik analizinin yapılmıştır ve VZA yöntemi ile birden fazla girdi ve birden fazla çıktının incelenmesiyle yapılan görelî etkinlik analiz sonuçları sağlıklı bir şekilde sıralamıştır. Piyasada şeffaflık olmaması nedeniyle çok daha hassas sonuçlar elde edilememiştir.

Analiz sonuçlarına göre, kurulu gücü fazla olan santral daha etkindir veya maliyeti fazla olan santral daha etkindir denilmesi doğru değildir. Ancak, amaç fonksiyonunda yer alan bütün bu verilerin etkisinin olduğunu gözlemlenebilir. Tek başına bu verinin değerlendirilmesi yerine, bütün faktörlerle birlikte değerlendirilmesi, daha uygundur.

Çalışmanın sonuçları, santrallerin etkinlikleri ile ilgili problemler olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın sonucunda, işletmedeki santrallerin etkinliklerinin gündeme gelmesi umulmaktadır. Santrallerin yalnızca sayaç kullanım oranı olan basit etkinlik ile değerlendirilmesi yerine görelî etkinlik skorları ile değerlendirilerek yeni mevzuat ve şebeke çalışmalarının da bu doğrultuda yapılması, çalışma açısından en büyük kazanım olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Ağayev, S. & Saklı A.R. (2012). Çaykur fabrikalarının etkinliklerinin VZA ile değerlendirilmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt:14, Sayı:3, 11-37.
- Akdağ S.A., & Güler Ö. (2010). Evaluation of wind energy investment interest and electricity generation cost analysis for Turkey. *Applied Energy*, Sayı:87, 2574-2580.
- Aktan H.E., & Samut P.K. (2013). Türk Tarımının Etkinlik Bileşenlerinin İki Aşamalı VZA ile İncelenmesi, *Ege Akademik Bakış Dergisi*, Cilt:13, Sayı:1, 21-28.
- Albostan A., Çekiç Y., Eren L. (2009). Rüzgâr enerjisinin Türkiye'nin Enerji arz güvenliğine etkisi, *Gazi Üniversitesi Müh.Mim. Fak. Dergisi*, Cilt:24, Sayı:4, 641-649.
- Albostan A., Eren L., Çekiç Y. (2008). Rüzgâr Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi, ELECO 2008.
- Andersen P., Petersen N.C. (1993). A Procedure for Ranking Efficiency Units in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, Sayı:39, 1261-1264.
- Aslan Ş. (2007). Performans ölçümünde kıyaslama yöntemi olarak VZA'nın kullanımı: Türkiye şeker fabrikaları örneği, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt:21, Sayı:1, 383-396.
- Atan M. (2003). Türkiye Bankacılık Sektöründe Veri Zarflama Analizi ile Bilançoya Dayalı Mali Etkinlik ve Verimlilik Analizi, Ekonomik Yaklaşım, *Gazi Üniversitesi İktisat Bölümü, Üç Aylık Dergi*, Cilt:48, Sayı:14, 71-86.
- Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği Resmi web sitesi, Literatür bölümü, (<http://www.ewea.org/wind-energy-basics/wind-energy-faq/>), (2013).
- Bağdadioğlu N., Price C.W., Weyman-Jones T.G. (1996). Efficiency and Ownership in Electricity Distribution: a Non-parametric Model of Turkish Experience, *Energy Economics*, Cilt:18, Sayı:1-2, 1-23.
- Bağdadioğlu N., Price C.W., Weyman-Jones T.G. (2007). Measuring Potential Gains from Mergers Among Electricity Distribution Companies in Turkey Using a Non-Parametric Model, *Energy Journal*, Cilt:28, Sayı:2, 83-110.
- Bağdadioğlu N. (2009). Türk Elektrik Dağıtım Sektöründe Hizmet Kalitesine Yönelik Özendirici Bir Düzenleme Uygulaması, *Gazi Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:11 Sayı:1, 23-44.

- Baskut Ö., Özgener Ö., Özgener L. (2011). Second law analysis of wind turbine power plants: Cesme, Izmir example, *Energy* Cilt:36, Sayı:5, 2535-2542.
- Baysal M.E., Uygur M., Toklu B. (2004). Veri Zarflama Analizi ile TCDD Limanlarında bir Etkinlik Ölçümü Çalışması, *Gazi Üniversitesi Müh.Mim.Fak.Der.*Cilt:19,Sayı:4, 437-442.
- Bektaş H. Türk Bankacılık Sektöründe Etkinlik Analizi, (2013). *Sosyoekonomi* (Ocak-Haziran) Cilt:2013-1, Sayı:130114, 278-294.
- Bilgili M., Şahin B., Şimşek E. (2010). Türkiye'nin Güneybatı ve Batı Bölgelerindeki Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli, *Isı Bilimi ve Teknik Dergisi*, Cilt:30, Sayı:1, 1-12.
- Bousofiance A., Dyson R, Rhodes E. (1991). Applied DEA, *European Journal of Operational Research*, Cilt:2, Sayı:6, 1-15.
- Çakır. Perçin. (2012). Kamu şeker fabrikalarında etkinlik ölçümü: VZA-malmquist TFV uygulaması, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt:12, Sayı:4, 49-63.
- Cerit B., Onural A., Doğdu N. (2004). Teknoloji, Cilt:7, Sayı:4, 591-597.
- Çetintaş H., Biçen Ö.F., (2012). Türkiye'de Sigortacılık Sektörünün Etkinlik Analizi, TİSK Akademi, Cilt:7, Sayı:14, 124-154.
- Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E., (1978). Measuring the efficiency of desicion-making units. *European Journal of Operations Research* Sayı:2, 429-444.
- Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E., (1981). Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through, *Management Science*, Cilt:27, Sayı:6, 668-697.
- Çınar Y. & Şahin H. (2010). Türk Telekom Endüstrisinin OECD ülkeleri ile Karşılaştırmalı Etkinlik Analizi: 1999-2005 dönemi için firma bazlı değerlendirme, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt:24, Sayı:3, 41-65.
- Coelli T.J., Rao D.S.P., O'Daniel C.J., Battase G.E., (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Second Edition, New York: Springer.
- Cooper W.W., Lawrence M.Seiford, Zhu J., (2011). *Handbook on DEA*, Second Edition, New York:Springer.

- Demir P., Derbentli Ö., Sakarya E., (2012). Kars ilinde bulunan mandıraların etkinliğinin VZA ile ölçülmesi, *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, Cilt:18, Sayı:2, 169-176.
- Dinç M. & Haynes K.E. (1999). Sources of regional inefficiency: An integrated shift-share, data envelopment analysis and input-output approach, *The Analysis of Regional Science*, Sayı:33, 469-489.
- Durak M. & Şen Z., (2002). Wind power potential in Turkey and Akhisar case study, *Renewable Energy*, Sayı:25, 463-472.
- Emre T. & Ömürgönülşen M. (2013). Marmara Bölgesindeki Rüzgâr Elektrik Santrallerinin Veri Zarflama Yöntemi ile Görelî Etkinlik Analizi, *Verimlilik Dergisi*, Sayı:2013/4, 7-32. (<http://vgm.sanayi.gov.tr/Files/Documents/2013-4-4122013173126.pdf>).
- Er B. & Uysal M. (2012). Türkiye'deki ticari bankalar ve katılım bankalarının karşılaştırmalı etkinlik analizi: 2005-2010 dönemi değerlendirmesi, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 206, Sayı:3-4, 365-387 s,
- EWEA European Wind Energy Association Annual Statistics, 2013, ([http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/EWEA\\_Annual\\_Statistics\\_2013.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/EWEA_Annual_Statistics_2013.pdf)),
- EWEA European Wind Energy Association Strategic Research Agenda / Market Deployment Strategy (SRA/MDS) (<http://www.ewea.org/publications/reports/strategic-research-agenda-market-deployment-strategy/>, [http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/TPWind\\_SRA.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/TPWind_SRA.pdf)),
- Gencoğlu M.T. (2002). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt:14, Sayı:2, 57-64.
- Georgiou P., Tourkolias C., Diakoulaki D. (2008). A roadmap for selecting host countries of wind energy projects in the framework of the clean development mechanism, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Cilt:12, Sayı:3, 712-731.
- Giannoulis C. & Ishizaka A. (2010). A web-based decision support system with Electre III for a personalised ranking of British Universities, *Decision Support Systems*, Cilt:48, Sayı:3, 488-497.
- Gige P. (1995). *Wind Energy Comes of Age*, John Wiley & Sons. Inc., NY,

- Global Wind Energy Council, Global Wind Energy Report 2013 ([http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2014/03/GWEC-Global-Wind-Report\\_9-April-2014.pdf](http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2014/03/GWEC-Global-Wind-Report_9-April-2014.pdf)).
- Güler Ö. (2005). Dünyada ve Türkiye' de Rüzgar Enerjisi, V. Enerji Sempozyumu, 21-23 Aralık, Ankara, 161-167.
- Güler Ö. (2009). Wind Energy status in electrical energy production of Turkey, ScienceDirect, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Sayı:13, 473-478.
- Güleren K.M. & Demir (2011). Rüzgar türbinleri için düşük hücum açılarında farklı kanat profillerinin performans analizi, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, Cilt:31, Sayı:2, 51-59.
- Hayli S. (2001). Rüzgar Enerjisinin Önemi, Dünya'da ve Türkiye'deki Durumu., *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt:11, Sayı:1, 1-26.
- İlkılıç, C. (2009). Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı. *Mühendis ve Makina*, Cilt:50 Sayı:593, 26-32.
- Kabasakal A. & Solak A.O. (2010). Demiryolu ve karayolu ulaştırma sistemlerinin ekonomik etkinlik analizi, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt:10, Sayı:1, 123-136.
- Kaya A., Öztürk M., Özer A. (2010). Metal eşya, makine ve gereç yapım sektöründeki işletmelerin VZA ile etkinlik ölçümü, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt:24, Sayı:1, 129-147.
- Kayalidere K.& Kargın S. (2004). Çimento ve tekstil sektöründeki etkinlik çalışması ve VZA, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt:6, Sayı:1, 196-219.
- Kocaman B. (2003). *Elektrik enerjisi üretim santralleri*, Birsen Yayınevi, 253.
- Kocaman M.A., Mutlu M.E., Bayraktar D., Araz Ö.M. (2012). OECD ülkelerinin sağlık sistemlerinin etkinlik analizi, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, Cilt:23, Sayı:4, 14-31.
- Koorpaas M., Holen A.T., Hildrum R. (2003). Operation and sizing of energy storage for wind power plants in a market system, *Electrical Power and Energy Systems*, Sayı:25, 599-606.
- Köse R. (2004). An evaluation of wind energy potential as a power generation source in Kutahya, Turkey, *Energy Conversion and Management*, 45, 1631-1641.



- Koyuncu T. & Lüle F. (2009). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit Kampüsünün Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt:6, Sayı:2, 171-178.
- Ming Z., Sikaer A., Weiting G., Chen L. (2010). Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 28-31 March 2010 Conference Publications, 1-4.
- Nurbay N. & Çınar A. (2005). Rüzgar Türbinlerinin Çeşitleri ve Birbirleriyle Karşılaştırılması, *EMO 3.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildirisi*.
- Özata M. & Sevinç İ. (2010). Konya'daki sağlık ocaklarının etkinlik düzeylerinin VZA yöntemiyle değerlendirilmesi, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt:24, Sayı:1.
- Özdemir A. & Demireli E. (2013). Ağırlık Kısıtlı Veri Zarflama Analizi ile Mevduat Bankalarının Etkinlik Ölçümüne Yönelik Bir Uygulama, *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, Cilt:9, Sayı:19, 215-238.
- Özdemir A.İ. & Düzgün R. (2009). Türkiye'deki otomotiv firmalarının sermaye yapısına göre etkinlik analizi, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt:23, Sayı:1, 147-164.
- Özden H. (2008). VZA ile Türkiye'deki vakıf üniversitelerinin etkinliğinin ölçülmesi, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, Cilt:37, Sayı:2, 167-185.
- Pallabazzer R. (2003). Parametric analysis of wind siting efficiency, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Sayı:91, 1329-1352.
- Peker İ. & Baki B. (2009). Veri Zarflama Analizi ile Türkiye Havalimanlarında bir Etkinlik Ölçümü Uygulaması, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt:18, Sayı:2, 78-88.
- Perçin S. & Çakır S. (2012). Demiryollarında Süper Etkinlik Ölçümü, Türkiye Örneği, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:27, Sayı:1, 29-45.
- Perrigot R. & Barros C.P. (2008). Technical Efficiency of French Retailers, *Journal of Retailing and Consumer Services*, Sayı:15, 296-305.
- Prokopenko J. (1987). *Productivity Management A Practical Handbook*, Geneva, International Labour Office, 3.
- Seinford L.M. (1996). Data Envelopment Analysis: The Evolution of The State of The Art (1978-1995), *Journal of Productivity Analysis*, Sayı:7, 99-137.

- Simonson I. & Tversky A. (1992). Choice in context: tradeoff contrast and extremeness aversion, *Journal of Marketing Research*, Sayı:29, 281-295.
- T.C.Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Resmi web Sitesi, ([http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar\\_enerjisi.aspx](http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx), <http://www.eie.gov.tr/document/r%C3%BCzgar.pdf> ),
- Tarım A. (2001). *Veri Zarflama Analizi Matematiksel Programlama Tabanlı Göreli Erkinlik Ölçüm Yaklaşımı*, Sayıştay Yayınları, No:15.
- Tone T. (2002). A Slacks-Based Measure of Super-Efficiency in Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operation Research*, Sayı:143, 32-41.
- Tunca H. & Gök B. (2012). Türkiye Basketbol Ligindeki Takımların Etkinlik Analizi, *Ege Akademik Bakış Dergisi*, Cilt:12, Özel Sayı, 11-19.
- TÜREB Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği Resmi web Sitesi, ([http://www.tureb.com.tr/attachments/article/173/TURSAT\\_2014\\_1\\_Turkiye\\_Ruzgar\\_Santralleri\\_Atlasii\\_Ocak.pdf](http://www.tureb.com.tr/attachments/article/173/TURSAT_2014_1_Turkiye_Ruzgar_Santralleri_Atlasii_Ocak.pdf)),
- TÜREB, Ocak 2014, Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu, 4 s. ([http://www.tureb.com.tr/attachments/article/169/Turkiye\\_Ruzgar\\_Enerjisi\\_istatistikk\\_Raporu\\_Ocak\\_2014.pdf](http://www.tureb.com.tr/attachments/article/169/Turkiye_Ruzgar_Enerjisi_istatistikk_Raporu_Ocak_2014.pdf)),
- Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) Elektrik Piyasaları İşletme Dairesi Başkanlığı (PMUM), resmi web sitesi (<https://dgpys.pmum.gov.tr/dgpys/>)
- Ültanır M.Ö. (1996-Mayıs). Şimdi Rüzgar Çiftliği Zamanı, *Enerji Dergisi*, Sayı:5.
- Ulucan A. (2000). Şirket performanslarının ölçülmesinde veri zarflama analizi yaklaşımı: Genel ve sektörel bazda değerlendirmeler, *Hacettepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, Cilt:18, Sayı:1, 405-418.
- Ulucan A. (2002). İSO500 Şirketlerinin etkinliklerinin ölçülmesinde veri zarflama analizi yaklaşımı: farklı girdi çıktı bileşenleri ve ölçeğe göre getiri yaklaşımları ile değerlendirmeler, *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, Cilt:57, Sayı:2, 185-202.
- Ulucan A. (2011). Ölçüt Odaklı VZA kullanılarak Türk Üniversitelerinin Etkinlik Ölçümü, *Sosyoekonomi*, (2011, Ocak-Haziran). Cilt:2011, Sayı:1,182-196.
- Ulucan A. & Atıcı K. (2009). Enerji Projelerinin Değerlendirilmesi Sürecinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları ve Türkiye Uygulamaları, *HÜ. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:27, Sayı:1, 161-186.

- Ulucan A. & Atıcı K. (2010). Enerji ve Çevre Konularında Parametrik Olmayan Etkinlik Analizi ve Türkiye Elektrik Sanayi Uygulaması, *HÜ. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:28, Sayı:1, 173-203.
- Vestergaard J. & Brandstrup L. (2004-Kasım). A Brief History of the Wind Turbine Industries in Denmark and the United States, Academy of International Business (Southeast USA Chapter) Conference Proceedings, 322-327.
- Wang J., Ruiliang Y., Kimberly h., Dan Z. (2008). *A Historic Review of Management Science Research in China*, Omega, Sayı:36, 919-932.
- WWEA-World Wind Energy Report, Shangai 7th april 2014 (<http://www.wwindea.org/home/index.php>, [http://www.wwindea.org/webimages/WWEA\\_WorldWindReportKeyFigures\\_2013.pdf](http://www.wwindea.org/webimages/WWEA_WorldWindReportKeyFigures_2013.pdf)),
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelenmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik, 21 Temmuz 2011, Resmi Gazete Sayı 28001.
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin kanun, Kanun no:5346, 18/05/2005 tarihli ve 25819 sayılı Resmi Gazete, I Sayılı cetvel (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı kanun hükmü),
- Yolalan R. (1993). *İşletmeler arası göreceli etkinlik ölçümü*, MPM Yayınları, Ankara, Sayı:483.
- Zhu J. & Seiford L.M (2003). *Context-dependent data envelopment analysis:measuring attractiveness and progress*. Omega, Sayı:36 , Cilt:5, 397-480.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Tamer EMRE  
Doğum Yeri ve Tarihi : Ankara, 1978

### Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık  
Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği  
Bölümü  
Yüksek Lisans Öğrenimi : Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü,  
Güç Sistemleri  
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce (Çok İyi)  
Rusça (Çok İyi)  
Japonca (Orta)  
İspanyolca (Başlangıç)

### İş Deneyimi

- PwC Türkiye, Kıdemli Müdür, (2014-)
- Volt Enerji ve Bilişim Teknolojileri A.Ş.,  
Genel Müdür Yardımcısı, (2014 Şubat-Haziran)
- TEİAŞ Genel Müdürlüğü,  
Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi,  
Müdür Yardımcısı, (2006-2014)
- TEDAŞ Genel Müdürlüğü,  
Elektrik Piyasaları İzleme Dairesi Başkanlığı,  
Mühendis, (2005-2006)
- GAMA Holding, GAMA Ticaret ve Turizm A.Ş.  
Dış Ticaret ve Mümessillik Bölümü,  
Dış Ticaret ve Satın Alma Uzmanı, (2004-2005)

### İletişim

E-Posta Adresi : [evretameremre@yahoo.com](mailto:evretameremre@yahoo.com)