
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

TÜRK YENİLENEBİLİR ENERJİ SEKTÖRÜNÜN ANALİZİ: BİR BOOTSRAP-VERİ ZARFLAMA ANALİZİ YAKLAŞIMI

Esra Betül KINACI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İSTATİSTİK ANABİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZİRAN 2017

Esra Betül KINACI tarafından hazırlanan "TÜRK YENİLENEBİLİR ENERJİ SEKTÖRÜNÜN ANALİZİ: BİR BOOTSRAP-VERİ ZARFLAMA ANALİZİ YAKLAŞIMI" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi İstatistik Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. H. Hasan ÖRKÇÜ
İstatistik, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum .....

Başkan: Prof. Dr. Özgür YENİAY
İstatistik, Hacettepe Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum .....

Üye: Prof. Dr. Hasan BAL
İstatistik, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum .....

Tez Savunma Tarihi: 14/06/2017

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Esra Betül KINACI

14/06/2017

TÜRK YENİLENEBİLİR ENERJİ SEKTÖRÜNÜN ANALİZİ: BİR BOOTSTRAP VERİ ZARFLAMA ANALİZİ YAKLAŞIMI

(Yüksek Lisans Tezi)

Esra Betül KINACI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2017

ÖZET

Veri Zarflama Analizi(VZA) doğrusal programlama tabanlı bir yöntemdir ve benzer girdiler kullanarak çıktı ya da çıktılar ortaya koymakla sorumlu karar verme birimlerinin(KVB) göreceli etkinliklerini değerlendirmek için kullanılır. VZA, girdi-çıktılar arasında fonksiyonel bir ilişki istememesinden dolayı en çok tercih edilen yöntemlerden biridir. VZA ile elde edilen etkinlik skorlarının tahmini yanlıdır. Bu da VZA'nın dezavantajlarından biridir. Özellikle küçük boyutlu gözlemlerde bu yan daha büyük değerler alacaktır. Bu sorunu gidermek için Lönthgren ve Tambour (1997) ve Simar ve Wilson (1997,2000) bootstrap metoduyla VZA metodunu birleştirmiş ve yeni bir yaklaşım ileri sürmüşlerdir. Bu sayede etkinlik skorlarının yanı tahmin edilebilmiştir. Daha sonrasında ise etkinlik skorları yan değerinden arındırılmış ve yansız etkinlik skorları elde edilmiştir. Bu tez çalışmasında Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketimi bakımından enerji performansı VZA ile değerlendirilmiştir. Bu analiz birden fazla yenilenebilir enerji kaynağı çeşidi için uygulanmıştır ve Türkiye'nin yenilenebilir enerji sektörü analizi 2013 ve 2014 yılları için değerlendirilmiştir. KVB' leri Türkiye ve Rusya dahil 21 Avrupa ülkesinden oluşmaktadır. Çalışmada bootstrap metodunun farklı algoritma tipleri kullanılarak, VZA ile elde edilen etkinlik skorlarının deneysel dağılımı elde edilmiş ve bu deneysel dağılım aracılığı ile etkinlik skorlarının yanları tahmin edilmiştir. Yansız tahminler için güven aralıkları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar grafik ve tablolar ile verilmiştir.

Bilim Kodu : 20513
Anahtar Kelimeler : Karar Verme Birimi, Etkinlik, Veri Zarflama Analizi, Bootstrap
Sayfa Adedi : 107
Danışman : Doç. Dr. H. Hasan ÖRKÇÜ

TURKISH RENEWABLE ENERGY SECTOR ANALYSIS: A BOOTSTRAP DATA ENVELOPMENT ANALYSIS APPROACH

(M. Sc. Thesis)

Esra Betül KINACI

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2017

ABSTRACT

Data Envelopment Analysis (DEA) is a linear programming based method and is used to evaluate the relative efficiency of Decision-Making Units (DMU) responsible for output or outputs using similar inputs. DEA is one of the most preferred methods since it does not want a functional relation between input and outputs. Estimation of the efficiency scores obtained with DEA is a bias. This is one of the disadvantages of DEA. Especially in small-sized observations, this bias will get bigger values. To solve this problem, Lönthgren and Tambour (1997) and Simar and Wilson (1997,2000) combined the VZA method with a bootstrap method and proposed a new approach. In this way, the efficiency scores can be estimated. Later on, the efficiency scores were purged from of bias value and unbiased efficiency scores were estimated. In this thesis study, the energy performance of Turkey in terms of consumption of renewable energy sources was evaluated with the DEA. This analysis was applied to several types of renewable energy sources and Turkey's renewable energy sector analysis was evaluated for 2013 and 2014. DMUs are composed of 21 European countries including Turkey and Russia. In the study, the experimental distribution of the efficiency scores obtained by the DEA was obtained and the bias of the efficiency scores were estimated through this experimental distribution by using different algorithm types of bootstrap method. Confidence intervals for unbiased estimates are calculated. The obtained results are given in charts and tables.

Science Code : 20513
Key Words : Decision Making Unit, Efficiency, Data Envelopment Analysis, Bootstrap
Page Number : 107
Supervisor : Assoc.Prof. Dr. H. Hasan ÖRKÇÜ

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimim boyunca desteklerini esirgemeyen ve bana rahat bir çalışma imkanı sunan değerli hocam Doç. Dr. Hacı Hasan ÖRKÇÜ'ye, üzerimdeki haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim fedakar anne ve babama, sevgisi ve ilgisiyle her zaman yanımda olan sevgili eşim Harun KINACI'ya ve her umutsuzluğa düştüğümde sevgi dolu gözleriyle bana sıcacık bakıp beni yeniden motive eden canım kızlarıma en kalbî duygularımla teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ ix

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xii

SİMGELER VE KISALTMALAR xiv

1. GİRİŞ 1

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ 7

2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları 19

2.2. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli 21

2.2.1.Hidroelektirk enerji 24

2.2.2.Rüzgâr enerjisi 25

2.2.3.Güneş enerji 29

2.2.4.Jeotermal enerji 30

2.2.5.Biyokütle enerjisi 32

2.2.6.Diğer yenilenebilir enerjiler 35

3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ 37

3.1. Veri Zarflama Analizi Modelleri 40

3.1.1.CCR modeli 41

3.1.2.BCC modeli 44

4. BOOTSTRAP 47

5. BOOTSTRAP-VERİ ZARFLAMA ANALİZİ 51

Sayfa

5.1. Genel Prensipler 52

5.2. Güven Aralığı 54

5.3. Bootstrap Yan Düzeltmeleri 56

5.4. VZA-Bootstrap Algoritmaları 57

5.4.1. L-T algoritması 59

5.4.2 S-W algoritması 59

6. UYGULAMA 65

6.1. Bootstrap Veri Zarflama Modeli 75

7. SONUÇ VE ÖNERİLER 97

KAYNAKLAR. 101

ÖZGEÇMİŞ 107

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1. Bölgesel olarak birincil enerji tüketim miktarları. 8

Çizelge 2.2. Bölgesel olarak birincil enerji tüketim yüzdeleri..... 9

Çizelge 2.3. Türkiye'nin elektrik üretim ve tüketim değerleri..... 18

Çizelge 2.4. Dünya genelindeki yenilenebilir enerji tüketimi..... 20

Çizelge 2.5. 2014 ve 2015 yılı için Avrupa'nın rüzgar enerjisi kapasiteleri (MWh)..... 27

Çizelge 2.6. Jeotermal enerji üretimine sahip on ülke 31

Çizelge 2.7. 2013 yılı için kıtalara göre biyokütle kaynaklı enerji ve elektrik üretimi... 33

Çizelge 2.8. 2013 yılı için yenilebilir enerji kaynaklarından enerji ve elektrik üreten ilk on ülkenin biyokütleden enerji ve elektrik üretim değerleri 34

Çizelge 6.1. 2013 yılı için kullanılan enerji türlerinin tüketim değerleri için betimsel istatistikler 65

Çizelge 6.2. 2013 yılı için kullanılan ekonomik değişkenler için betimsel istatistikler.. 66

Çizelge 6.3. 2014 yılı için kullanılan enerji türlerinin tüketim değerleri için betimsel istatistikler 66

Çizelge 6.4. 2014 yılı için kullanılan ekonomik değişkenler için betimsel istatistikler.. 67

Çizelge 6.5. Kullanılan modellere ait girdi-çıktı değişkenleri 67

Çizelge 6.6. Model 1 için etkinlik skorları..... 68

Çizelge 6.7. Model 2 için etkinlik skorları..... 69

Çizelge 6.8. Model 3 için etkinlik skorları..... 70

Çizelge 6.9. Model 4 için etkinlik skorları..... 71

Çizelge 6.10. Model 5 için etkinlik skorları..... 72

Çizelge 6.11. Model 6 için etkinlik skorları..... 74

Çizelge 6.12. Türkiye'nin enerji türlerine göre etkinlik skorları 75

Çizelge 6.13. 2013 yılına ait model 1 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)..... 76

Çizelge
Sayfa1

Çizelge 6.14. 2013 yılına ait model 1 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW)..... 77

Çizelge 6.15. 2013 yılına ait model 2 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)..... 78

Çizelge 6.16. 2013 yılına ait model 2 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW). 78

Çizelge 6.17. 2013 yılına ait model 3 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)..... 79

Çizelge 6.18. 2013 yılına ait model 3 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW). 80

Çizelge 6.19. 2013 yılına ait model 4 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)..... 81

Çizelge 6.20. 2013 yılına ait model 4 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW). 81

Çizelge 6.21. 2013 yılına ait model 5 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)..... 82

Çizelge 6.22. 2013 yılına ait model 5 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW). 83

Çizelge 6.23. 2013 yılına ait model 6 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)..... 84

Çizelge 6.24. 2013 yılına ait model 6 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW). 84

Çizelge 6.25. 2014 yılına ait model 1 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)..... 85

Çizelge 6.26. 2014 yılına ait model 1 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW). 86

Çizelge 6.27. 2014 yılına ait model 2 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)..... 87

Çizelge 6.28. 2014 yılına ait model 2 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW). 87

Çizelge 6.29. 2014 yılına ait model 3 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT). 88

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 6.30. 2014 yılına ait model 3 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW). 89

Çizelge 6.31. 2014 yılına ait model 4 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT). 90

Çizelge 6.32. 2014 yılına ait model 4 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW). 90

Çizelge 6.33. 2014 yılına ait model 5 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT). 91

Çizelge 6.34. 2014 yılına ait model 5 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW). 92

Çizelge 6.35. 2014 yılına ait model 6 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT). 93

Çizelge 6.36. 2014 yılına ait model 6 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW). 93

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Dünya fosil yakıtlar üretim tarihleri. 7

Şekil 2.2. Bölgesel olarak birincil enerji tüketim yüzdeleri 9

Şekil 2.3. 1974 yılı içi dünya genelindeki enerji üretimi. 10

Şekil 2.4. 1994 yılı için dünya genelindeki enerji üretimi 10

Şekil 2.5. 2004 yılı için dünya genelindeki enerji üretimi 11

Şekil 2.6. 2014 yılı için dünya genelindeki enerji üretimi. 11

Şekil 2.7. 1974 yılı için dünya genelindeki enerji tüketimi 12

Şekil 2.8. 1994 yılı için dünya genelindeki enerji tüketimi. 12

Şekil 2.9. 2004 yılı için dünya genelindeki enerji tüketimi 13

Şekil 2.10. 2014 yılı için dünya genelindeki enerji tüketimi 13

Şekil 2.11. Türkiye'nin toplam birincil enerji arz oranı 15

Şekil 2.12. Türkiye'nin toplam elektrik üretimi 15

Şekil 2.13. Türkiye'nin kişi başına düşen elektrik tüketimi 16

Şekil 2.14. Türkiye'deki üretilen elektrikteki fosil yakıtların payı 17

Şekil 2.15. Türkiye'nin toplam enerji üretimindeki yenilenebilir enerjinin payı 22

Şekil 2.16. Türkiye'nin toplam elektrik üretimindeki yenilenebilir enerjinin payı 23

Şekil 2.17. Türkiye'nin toplam yenilenebilir enerji üretimi 24

Şekil 2.18. AB ülkelerine ait yıllara göre rüzgar enerjisi kapasite artış miktarı 26

Şekil 2.19. Ankara ili rüzgar haritası 28

Şekil 2.20. Türkiye'nin ortalama güneş enerji potansiyeli 29

Şekil 2.21. Jeotermal enerji üretimine sahip ilk on ülke 31

Şekil 2.22. 2013 yılı için kıtalara göre biyokütle kaynaklı enerji üretimi 33

Şekil 2.23. 2013 yılı için kıtalara göre biyokütle kaynaklı elektrik üretimi 33

Şekil **Sayfa**

Şekil 3.1. Verimlilik ve etkinlik gösterimi (Eroglu ve Candan n.d.) 39

Şekil 3.2. CCR model için etkinlik sınırı 43

Şekil 3.3. BCC model için etkinlik sınırı 46

Şekil 6.1. Model 1 için etkinlik skorlarının farkları 68

Şekil 6.2. Model 2 için etkinlik skorlarının farkları 69

Şekil 6.3. Model 3 için etkinlik skorlarının farkları 70

Şekil 6.4. Model 4 için etkinlik skorlarının farkları 72

Şekil 6.5. Model 5 için etkinlik skorlarının farkları 73

Şekil 6.6. Model 6 için etkinlik skorlarının farkları 74

Şekil 6.7. 2013 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 1 için yan değerleri 77

Şekil 6.8. 2013 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 2 için yan değerleri 79

Şekil 6.9. 2013 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 3 için yan değerleri…. 80

Şekil 6.10. 2013 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 4 için yan değerleri... 82

Şekil 6.11. 2013 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 5 için yan değerleri... 83

Şekil 6.12. 2013 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 6 için yan değerleri… 85

Şekil 6.13. 2014 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 1 için yan değerleri… 86

Şekil 6.14. 2014 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 2 için yan değerleri... 88

Şekil 6.15. 2014 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 3 için yan değerleri... 89

Şekil 6.16. 2014 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 4 için yan değerleri... 91

Şekil 6.17. 2014 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 5 için yan değerleri… 93

Şekil 6.18. 2014 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 6 için yan değerleri… 94

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
GSYH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
KVB	Karar Verme Birimi
MWh	Megawatt/saat
TWh	Terawatt/saat
VZA	Veri Zarflama Analizi

1. GİRİŞ

19. yüzyılın başlarından beri, sanayileşmenin de etkisiyle giderek artan enerji talebinin karşılanması için enerjiye, enerji kaynaklarına ve enerji yollarına erişim hayati önem kazanmıştır. Ülkelerin ekonomik gelişmelerinin omurgasını oluşturan endüstrinin ihtiyacı olan enerjinin sağlanması ya da enerji maliyetlerinin azaltılması o ülkenin, diğer ülkelere göre önemli derecede avantaj sağlamaktadır. Bu da küresel rekabette bir adım öne geçmesine olanak vermektedir. Enerji maliyetlerinin azaltılması enerji arzının fazlalığı veya enerjinin düşük maliyetle elde edilmesiyle ilişkilidir. Bazı ülkeler zengin enerji kaynaklarına sahipken, Venezuela, Kuveyt ve Sudi Arabistan'ın petrol kaynaklarının yanı sıra, İran ve Rusya'nın doğalgaz kaynakları gibi, bazı ülkelerde ise Amerika Birleşik Devletleri(ABD), İngiltere ve Fransa gibi enerji arzı eksikliği vardır. Bu tip ülkelerin enerji arzlarındaki eksikliğin nedeni, enerji taleplerinin yüksek olmasıdır. Başka bir ifade ile bu ülkelerin yüksek oranda sanayileşmiş ülkeler olduğu yorumu da yapılabilir. Sanayileşmiş ülkelerin petrol, doğal gaz ya da kömür gibi fosil yakıt kaynaklarının sınırlı olması, onları ya fosil yakıt kaynaklarına sahip olan ülkeler üzerine etkin veya hâkim olma politikaları üretmeye ya da alternatif enerji kaynaklarından yararlanmaya sevk etmiştir.

Yeterli teknolojik gelişmenin olmadığı dönemlerde enerji için akla gelen ilk ve belki de tek kaynak petroldü. Bu kaynağa sahip olmayan sanayileşmiş ülkeler ile bu kaynağa sahip olan sanayileşememiş ülkeler arasında sayısız anlaşma ve çatışma gerçekleşmiştir. Bunlar bazen aleni bir şekilde ordu vasıtasıyla olduğu gibi bazen de gayri nizami harp olarak ordu dışı etmenler ile gerçekleştirilmiştir ve bu durum hala günümüzde de devam etmektedir.

Ancak, artan kamuoyu bilinci ile, fosil yakıt kaynaklı enerji temininin çevreye verdiği zararların herkes tarafından bilinmesi ve gelişen teknolojik gelişmeler ile temiz enerji sağlayan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artmıştır. Bunlardan başlıcaları güneş, rüzgar, biokütle ve jeotermal enerjidir. Güneş ve rüzgar hem hammadde içermemeleri hem de hemen hemen her ülkenin sahip olmasından dolayı son yıllarda kullanımı oldukça artmıştır. Hatta kullanımının teşvik edilmesi için ülke yönetimleri vergi indirimi, üretilen enerjinin alım garantisi gibi birtakım yasal düzenlemelerle teşvikler de getirmişlerdir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ülkeler için önemli hale gelmesi ile aynı oranda akademik camia için de son yıllarda kendine önemli bir pay edinmiştir. Yapılan çalışmalar, ülkelerin yenilebilir enerji kaynaklarını kullanmaktaki başarılarının ölçülmesi ya da

değerlendirilmesi olabileceği gibi, bu enerjinin elde edilmesinde kullanılan teknolojinin geliştirilmesi yaygınlaştırılması için yapılan çalışmalardan oluşmaktadır. Bu konu ile ilgili olarak, 2016 yılı için TÜBİTAK' ait UBYT (Ulusal Bilimsel Yayın Teşvik) programı kapsamında temel konusu yenilenebilir enerji olan dört adet (IET Renewable Power Generation, Journal of Renewable and Suistainable Energy, Renewable&Suistainable Energy Rewiews ve Renewable Energy) SCI (Science Citation İndex) kapsamında taranan akademik dergi bulunmaktadır.

Günümüz dünyasında enerjideki yüksek talep artışları, enerji kaynaklarını bu ihtiyacı karşılamada yetersiz duruma düşürmüştür. Bu iki değişken arasındaki orantısız ilişki, enerji kaynaklarının verimli kullanılması gerekliliğini gündeme getirmiş ve tüm dünya ekonomilerinde ortak bir problem haline gelmiştir. Ekonomik gelişim ve enerji tüketimi arasındaki bu dengenin nasıl sağlanması gerektiği, hükümetlerin ve uzmanların bu konuda üreteceği politikalarla cevap bulacaktır. Enerji verimliliği politikaları, bir taraftan ekonomik büyüme ve sosyal kalkınma hedeflerinin sürdürülebilirliği ile doğrudan ilişkili olması, diğer taraftan ise toplam sera gazı salınımlarının azaltılmasında oynadığı kilit rol nedeniyle, hassasiyetle ele alınması gereken alanların başında gelmektedir. Bu bağlamda enerji tüketimi, sürdürülebilir enerji kaynakları ve enerji verimliliği hakkında son yıllarda birçok çalışma yapılmaktadır. Bunlara örnek olarak aşağıdaki çalışmalar gösterilebilir. Henryson ve diğerleri (2000) çalışması, enerji etkinliği ve enerji yapısı arasındaki bağı analiz etmiştir ve kömür ile petrol arasındaki değişim oranları arasında dikkate değer bir ilişki bulmuştur. Yine Hepbasli ve Utlu (2004) Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları, bu kaynakların verimli kullanımı ve bu konu hakkında geliştirilebilecek politikalar hakkında çalışma yapmıştır. Ülkemizde enerji verimliliği hakkında yapılan çalışmalar arasında Türkiye'deki barajların ve termik santrallerin verimliliğini konu alan Sözen ve arkadaş (2012) , Sözen ve diğerleri (2010) çalışmaları da sayılabilir. Aynı şekilde de Alegría Mancisidor ve diğerleri (2009) benzer bir çalışmayı kendi ülkesi İspanya için geliştirmiştir. Bunlara benzer bir çok çalışma arasına, Mulder ve diğerleri (2003), Manan ve diğerleri (2010), Markovic ve diğerleri (2011) eklenebilir. Bahsi gecen çalışmalarda, enerji verimlilikleri parametrik ve parametrik olmayan birçok farklı yöntemle elde edilmiş ve değerlendirilmiştir. Bunların yanı sıra bu tez çalışmasının konusu olan Veri Zarflama Analizi (VZA)-Bootstrap modeli ile enerji verimliliğini konu alan çalışmalarda yok değildir. Song ve diğerleri. (2013) bu model yardımıyla BRICS ülkelerinin enerji verimliliğini araştırmıştır. Bu çalışmada girdi vektör olarak ekonomik faal popülasyonu,

sermaye oluşum oranını ve enerji tüketim verilerini kullanırken çıktı vektörü olarak da Gayri Safi Yurt İçi Hasılayı kullanmıştır. Benzer bir çalışma ise yine Song ve diğerleri (2013) tarafından yapılmış fakat bu sefer BRICS'in enerji verimliliği analiz edilmiştir. Bir başka çalışma ise Barros ve Assaf (2009) petrol blokları üzerindeki araştırmalarıdır. Çalışmada, belirli yıllara göre dokuz adet petrol bloğunun etkinliğini elde etmek için çıktı değişken olarak, üretilen petrol varillerinin adedi, girdi değişken olarak da operasyonel maliyet, yatırım primleri ve vergiler kullanılmıştır. Tüm bu çalışmalarda VZA yardımıyla etkinlik değerleri elde edilmiştir.

Enerji tasarrufu ve verimliliği enerji arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılık risklerinin azaltılması, çevrenin korunması ve iklim değişikline karşı mücadele konularının ciddiyeti bakımından oldukça önemlidir. Bu alandaki bir diğer önemli konu da yenilenebilir yani doğada hali hazırda bulunan, tükenmeyen enerji kaynaklarının kullanımıdır. Çünkü yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemli özelliklerinden bir tanesi hammadde maliyetinin olmamasıdır. Bu tip enerji kaynaklarını hepsi doğada serbest olarak bulunmaktadır. Bu teknolojiler nispeten daha yeni olduğu için ilk yatırım maliyetleri ürettikleri enerji ile oranlandığında yatırım açısından uygun olmayabilir. Ancak, teknolojik gelişmeler sayesinde yenilenebilir enerji tesisleri daha uygun maliyetle ve daha yüksek verimle kurulabilmektedir. Bunun yanında merkezi yönetimler de, özel sektör yatırımcılarına bu alanda çeşitli teşvikler sunarak bu alanı geliştirmeyi hedeflemektedirler. Ülkemizde ise başta Rüzgar Enerji Santrali(RES) ve Güneş Enerji Santrali(GES) yapımı için gerekli olan makine ekipman alımı için KDV ve gümrük muafiyeti sunmaktadır. Ayrıca diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik için alım garantisi de vermektedir. Son yıllarda ülke genelinde uygun yerlere RES ve GES kurulumu giderek artmaktadır. Buna bağlı olarak ülke içerisinde üretilen toplam enerji içerisindeki payı da giderek artmaktadır.

Bu tez çalışmasında, 2013 ve 2014 yılları verileri dikkate alınarak, Türkiye, Karar Verme Birimleri(KVB)'lerini oluşturan diğer ülkeler ile birlikte değerlendirilerek, yenilenebilir enerji sektörünün analizi yapılmıştır. KVB, Rusya Federasyonu ile birlikte 19 Avrupa Birliği(AB) ülkelesi ile Türkiye'den oluşmaktadır. Böylece Türkiye için yenilenebilir enerji performansının hangi yenilenebilir enerji türünde daha iyi olduğu, irdelenen yenilenebilir enerjinin tüketim miktarına göre belirlenmiştir. Bunun için VZA'dan yararlanılmıştır.

VZA, tamamı gözlenen verilere dayalı olarak etkinlik değerlendirmesi yapan bir yaklaşımdır. Bu etkinlikler, özel olarak belirlenen girdi ve çıktılar tarafından etkilenen KVB'ne aittir. Bu metodoloji seçilen örnekleme, bir Doğrusal Programlama tekniği uygulayarak en iyi örneğe dayalı olarak bir etkin üretim sınırı oluşturur. İlk olarak Farrell (1957) tarafından ortaya atılmış Charnes ve diğerleri (1978)'nın çalışmasıyla teknik etkinliğin değerlendirilmesiyle geliştirilmiştir. Bahsedilen model literatürde modeli ortaya koyanların baş harflerinden oluşturulan CCR ya da ölçeğe göre sabit getiri modeli olarak adlandırılır. Bu model hala güncelliğini korumakta ve performans değerlendirmesi veya etkinlik analizi alanlarında yapılan birçok çalışmanın temelini oluşturmaktadır. VZA metodolojisinin bir diğer temel modeli Banker, Charnes ve Cooper tarafında önerilen BCC ya da ölçeğe göre değişken getiri modelidir.

VZA çalışmalarının sayısı son yıllarda giderek artmakta ve hemen hemen her alanda kullanılabilir sonuçlar veren çalışmalar yapılmaktadır. Sağlık, finans, ulaşım, güvenlik v.b. alanlarda içerisinde girdi ve çıktı içeren her durum için bu tip çalışmalar yapılabilmektedir. Sağlık konusunda yapılan çalışmalara Pina ve Torres (1992), Grigoroudis ve diğerleri. (2012) ve Ajlouni ve diğerleri (2013), finans konusundaki yapılan çalışmalara, Bruce Ho ve Dash Wu (2009) ve Chen ve diğerleri. (2005), ulaşım konusundaki çalışmalara Odeck ve Alkadi (2001), De Borger ve diğerleri. (2006), Boame (2004) ve Cowie (2002), güvenlik konusundaki çalışmalara ise Wu ve diğerleri (2010), Thanassoulis (1995) ve Drake ve Simper (2003) örnek gösterilebilir.

Yukarıda bahsedilen uygulama çalışmalarının yanı sıra VZA'ya ait birçok teorik çalışma da yapılmıştır. Bu çalışmalar bazen bilinen bir başka yöntem ile VZA'nın harmanlanmasından elde edilen yöntemler olmakla beraber, genelde tahmin edilen etkinlik skorunun daha güvenilir olması için geliştirilen modelleri ve VZA'nın yapısından kaynaklı bazı sorunların giderilmesine yönelik çalışmaları kapsamaktadır. Bu tip çalışmalara örnek olarak, Bal ve diğerleri. (2008), Bal ve diğerleri. (2010) ve Kritikos (2017) gösterilebilir.
Bu tez çalışmasında Türkiye'nin yenilenebilir enerji sektörünün analizi 2013 ve 2014 yılları için değerlendirilmiştir. Burada Türkiye'nin de dahil olduğu yirmi bir ülke KVB olarak ele alınmıştır. VZA, özellikle KVB sayısının az olduğu durumlarda her bir KVB için etkinlik skorlarını yanlı olarak tahmin eder (Simar ve Wilson ,1998). Bu da istatistiksel olarak istenmeyen bir durumdur. Bu durumun giderilmesi için Bootstrap-VZA yöntemi önerilmiştir. Bu yöntemle KVB'lerine ait etkinlik skorları yanlarından

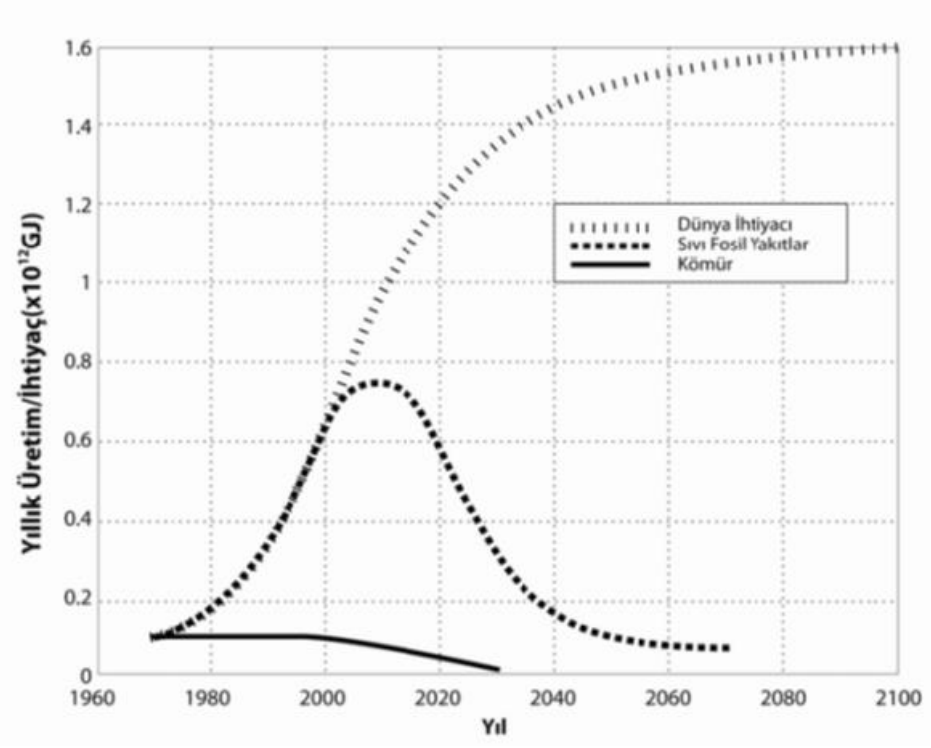
arındırılarak yansız bir biçimde tahmin edilmesine olanak verir. Bootstrap, deneysel veriye dayalı bir metottur ve örneklemin tekrar edilmesiyle güven aralığı ve kritik değer hesaplanmasında kullanılmıştır (Efron, 1979). Simar, Bootstrap yöntemini ilk olarak sınır modellerinde, yine Simar ve Wilson 'da parametrik olmayan VZA modelinde uygulamıştır. Bootstrap-VZA modelinin temel prensibi, örnek veri setinden simülasyon yardımıyla yeni veri seti oluşturmak ve elde edilen yeni veri setiyle her bir KVB için tekrar ve tekrar yeni etkinlik değerleri bulmaktır (Simar ve Wilson ,1998). Bootstrap-VZA birçok farklı alanda çalışmalara konu olmuştur. Kneip ve diğerleri (2011) VZA tahmin edicileri için asimptotik bir dağılım sunmuş ardından iki farklı Bootstrap metodunun tutarlılığını kanıtlamak için kullanmış ve anlamlı sonuçlar elde etmiştir. Tsolas (2011) bazı madenlerin performanslarını belirlemek için VZA ile Bootstrap yöntemini birleştirmiş ve sonuçta etkin olmayan madenleri belirlemiştir. De Nicola ve diğerleri (2012), Ülkesinde ki sağlık hizmetlerinin verimliliğinin tahmini yapısını öngörmek için öncelikle Bootstrap-VZA, sonrasında ise CART (Classification And Regression Tree) analizini kullanmıştır. Barros ve Assaf (2009), Angola'daki petrol bloklarının verimliliğini incelemiş ve Simar ve Wilson (2000) iki aşamalı olan VZA Bootstrap ve kesikli regresyon analizi yöntemini uygulamıştır. Lee ve Worthington (2014) ise aynı çalışmayı ana hava yolları ve düşük maliyetli taşıyıcıların teknik etkinliğini değerlendirmek için kullanmıştır. Benzer şekilde Wijesiri ve diğerleri (2015), Sirilanka 'nın mikro finans kurumlarının, Barros ve Dieke (2008) ise havaalanlarının ekonomik etkinliğini ölçebilmek için Simar ve Wilson'ın ilgili metodolojisini kullanmışlardır. Farklı bir çalışma olarak ise yarı sabit girdi ile Tunus'un eğitimde ki verimliliğini değerlendirmek isteyen Essid ve diğerleri (2010)'nin çalışması örnek gösterilebilir. Bootsrap-VZA yaklaşımdan, Hawdon (2003), gaz endüstrisi için faydalanırken, See (2015) ise Güneydoğu Asya ülkelerinin su kaynaklarının etkinliğini analiz etmekte yararlanmıştır.

Bu tez çalışmasında literatürde yer alan Bootstrap-VZA yöntemlerinden ikisi ile Türkiye'nin yenilenebilir enerji etkinliğinin incelenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla çalışmanın ikinci bölümünde yenilenebilir enerji hakkında genel bilgiler verilmiştir. VZA'nın temel modelleri CCR ve BCC üçüncü bölümde verilerek VZA genel hatları ile anlatılmıştır. Dördüncü bölümde Bootstrap yöntemi yer almaktadır. Beşinci bölümde ise Bootstrap-VZA modeli detayları ile verilmiştir. Altıncı bölümde Türkiye'nin yenilenebilir enerji için sektörel analizi gerçek bir veri seti ile irdelenmiş ve elde edilen sonuçlar çizelge

ve grafikler ile verilerek yorumlanmıştır. Tezin genel yapısı ile elde edilen bulgular hakkında sonuçlar ve daha sonrası için yapılan öneriler bölüm yedide verilmiştir.

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ

Dünya nüfusunun sürekli olarak artması, gelişmiş ülkelerin konumlarını korumaları ve gelişmekte olan ülkelerin bir üst kategoriye geçmek için yapmış oldukları yatırım ve uyguladıkları politikalar nedeniyle enerjide talep fazlalığı ortaya çıkmaktadır. Günümüzde bu talebin karşılanması için kullanılan en önemli enerji kaynağı fosil yakıt türevlerinden karşılanmaktadır. Fosil yakıtlar, doğada kendi kendine yenilenemediği için ya da yenilenmesi çok uzun süreler aldığı için literatürde yenilenemez enerji kaynakları olarak adlandırılırlar. Bu durumda bu tip enerji kaynaklarının zamanla tükenecek olması kaçınılamaz bir gerçekliktir. Ayrıca fosil yakıt kaynaklı enerji kaynaklarının kullanılmasının çevreye de, doğaya salınan karbon gazları, sera etkisi oluşturma ve diğer zararlı gazların salınımı bunun yanında toprağı ve suyu çok ciddi ölçüde kirletebilecek durumda olması gibi olumsuz bazı etkileri vardır. Veziroğlu ve Şahin (2008)'de görüldüğü gibi dünyanın fosil yakıtlar üretiminin kısa süre içinde en yüksek seviyeye ulaşacağı fakat bundan sonra azalmaya başlayacağı araştırmalarla ortaya konmuştur. Şekil 2.1, fosil yakıtların üretim oranını ve dünya talebinin değerlendirmesini göstermektedir.



Şekil 2.1. Dünya fosil yakıtlar üretim tarihleri

2015 yılı sonu itibariyle dünya genelindeki toplam birincil enerji tüketim miktarı yaklaşık 13.147 Mtoe (Milyon Tona Eşit) olarak belirlenmiştir. Bu tüketimin yaklaşık 5.498 Mtoe ile Asya-Pasifik bölgesinde yer alan ülkelerde gerçekleştirilmiştir. Bölgesel olarak en az tüketimi ise Afrika bölgesi gerçekleştirmiştir. Bunun nedeni Afrika kıtasında yer alan ülkelerin az gelişmiş ülkeler arasında yer alması olarak düşünülebilir. Asya-Pasifik bölgesinin birincil enerji tüketiminde ilk sırada yer almasının sebebi ise burada Çin başta olmak üzere Japonya, Güney Kore gibi sanayileşmiş ve nüfus yoğunluğunun daha fazla olduğu ülkelerin yer alması olabilir. Türkiye'deki toplam birincil enerji kullanımı ise yaklaşık 131 Mtoe olarak gerçekleşmiştir. Yenilebilir enerjide ise en yüksek miktarın Avrupa ve Avrasya bölgesinde olduğu görülmektedir. Bu da çevreci politikaların daha gelişmiş olması veya diğer kaynaklarının daha kısıtlı olması nedeniyle yönetimlerin bu alana yönelmesinin bir göstergesi olarak yorumlanabilir. Bu bilgilere ilişkin daha detaylı gösterimler Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Bölgesel olarak birincil enerji tüketim miktarları

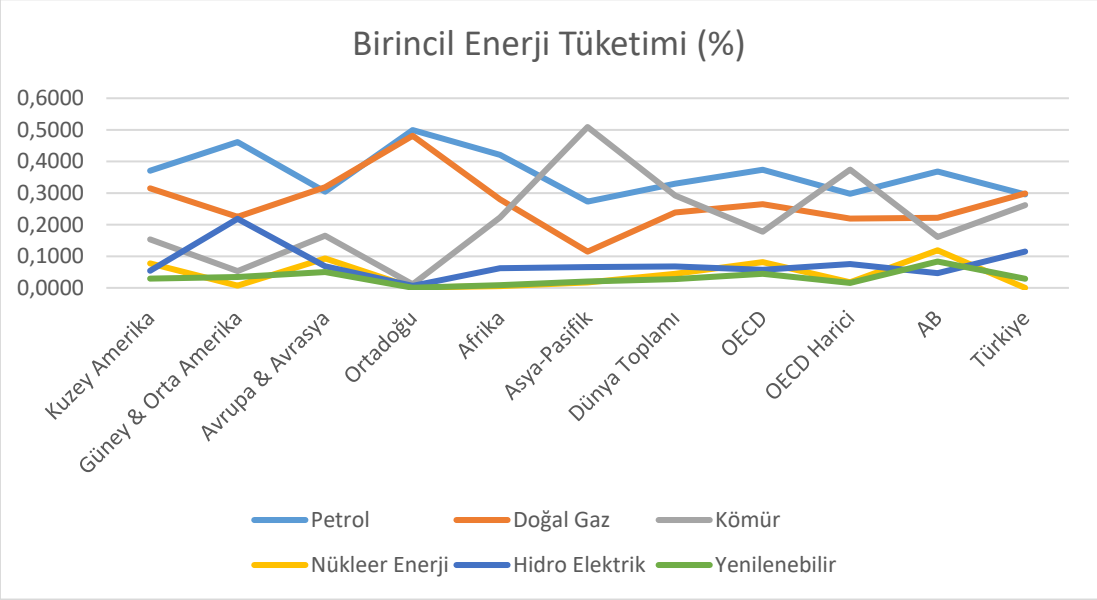
	Birincil Enerji Tüketim (Mtoe)						
	Petrol	Doğal Gaz	Kömür	Nükleer Enerji	Hidro Elektrik	Yenilenebilir	Toplam
Kuzey Amerika	1.036,3	880,7	429,0	216,1	150,9	82,6	2.796
Güney ve Orta Amerika	322,7	157,3	37,1	5,0	152,9	24,2	699
Avrupa ve Avrasya	862,2	903,1	467,9	264,0	194,4	142,8	2.834
Ortadoğu	457,7	441,2	10,5	0,8	5,9	0,5	917
Afrika	183,0	121,9	96,9	2,4	27,0	3,8	435
Asya-Pasifik	1.501,4	631,0	2.798,5	94,9	361,9	110,9	5.499
Dünya Toplamı	4.331,3	3.135,2	3.839,9	583,1	892,9	364,9	13.147
OECD	2.056,4	1.458,9	979,2	447,6	314,6	246,3	5.503
OECD Harici	2.274,9	1.676,3	2.860,7	135,5	578,3	118,5	7.644
AB	600,2	361,9	262,4	194,1	76,4	136,0	1.631
Türkiye	38,8	39,2	34,4	-	15,1	3,8	131

Çizelge 2.2'de bölgesel olarak birincil enerji tüketimleri yüzdesel olarak verilmiştir. Çizelgeye göre Asya-Pasifik bölgesi haricindeki diğer bölgelerde petrol kaynaklı enerji tüketimi il sıradadır. Asya-Pasifik bölgesi için ise tüketilen birincil enerjinin yarısı kömürden elde edilen enerji türüne aittir. Bu da o bölgelerde özellikle Çin'de çok ciddi hava kirliliğine yol açmaktadır. Hatta Çin'deki bazı kentlerde bazı saatlerde sokağa maske ile çıkılması tavsiye edilmektedir. Türkiye ise tükettiği birincil enerjinin yaklaşık %90'ı

petrol, doğal gaz ve kömür kaynaklıdır ve bunların yüzdesel payları birbirine çok yakındır. Burada birincil enerji tüketim oranında yenilebilir enerji kaynağı için en yüksek orana sahip bölge Avrupa ve Avrasya bölgesi olarak gözlemlenmektedir. Ancak bu oran %5 gibi düşük bir orana karşılık gelmektedir. Şekil 2.2'de, Çizelge 2.2.'de yer alan bilgilerin görseli verilmiştir. Burada kömürün Ortadoğu bölgesinde çok az kullanılırken Asya-Pasifik bölgesinde en yüksek düzeyde olduğu görülmektedir.

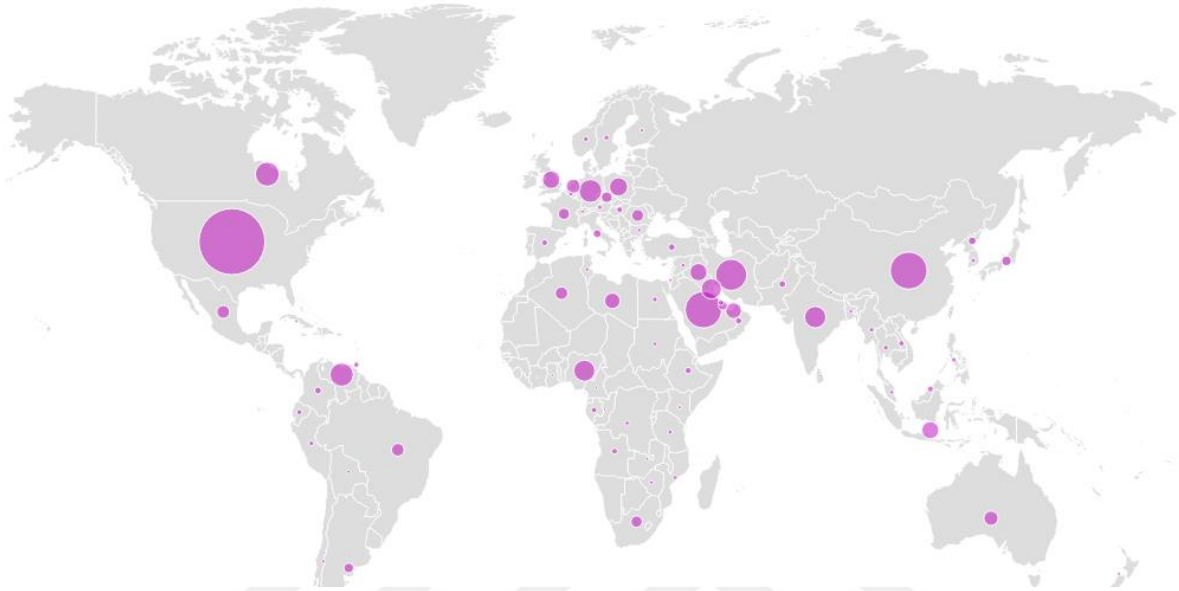
Çizelge 2.2. Bölgesel olarak birincil enerji tüketim yüzdeleri

	Birincil Enerji Tüketimi (%)					
	Petrol	Doğal Gaz	Kömür	Nükleer Enerji	Hidro Elektrik	Yenilenebilir
Kuzey Amerika	0,3707	0,3150	0,1535	0,0773	0,0540	0,0295
Güney & Orta Amerika	0,4615	0,2250	0,0531	0,0072	0,2187	0,0346
Avrupa & Avrasya	0,3042	0,3186	0,1651	0,0931	0,0686	0,0504
Ortadoğu	0,4993	0,4813	0,0115	0,0009	0,0064	0,0005
Afrika	0,4207	0,2802	0,2228	0,0055	0,0621	0,0087
Asya-Pasifik	0,2731	0,1148	0,5089	0,0173	0,0658	0,0202
Dünya Toplamı	0,3294	0,2385	0,2921	0,0444	0,0679	0,0278
OECD	0,3737	0,2651	0,1779	0,0813	0,0572	0,0448
OECD Harici	0,2976	0,2193	0,3742	0,0177	0,0757	0,0155
AB	0,3680	0,2219	0,1609	0,1190	0,0468	0,0834
Türkiye	0,2955	0,2986	0,2620		0,1150	0,0289

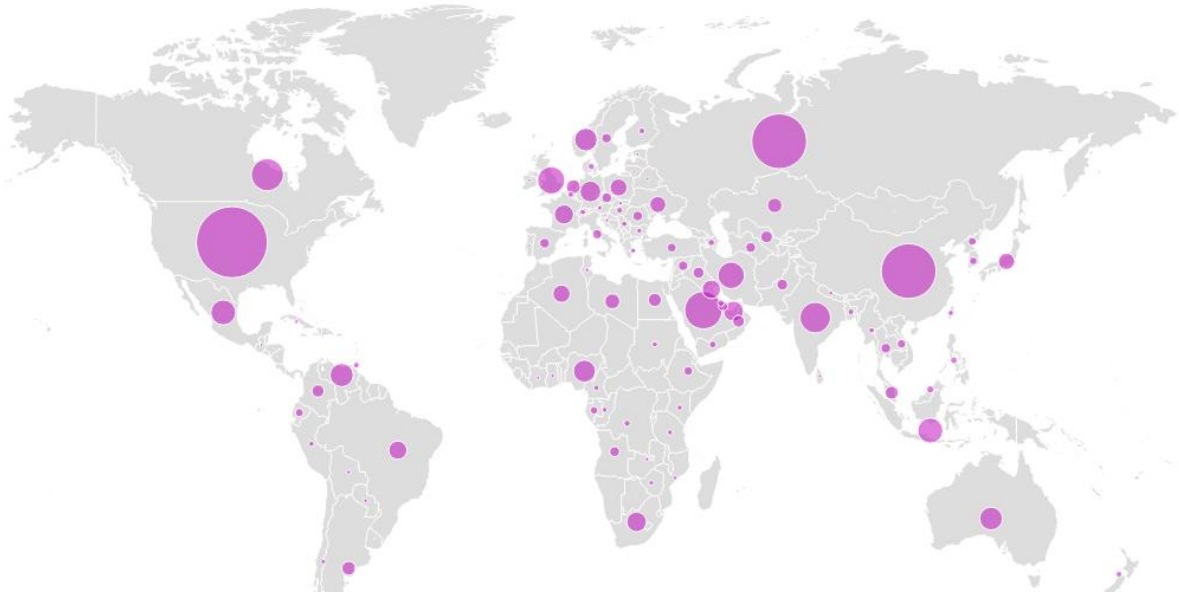


Şekil 2.2. Bölgesel olarak birincil enerji tüketim yüzdeleri

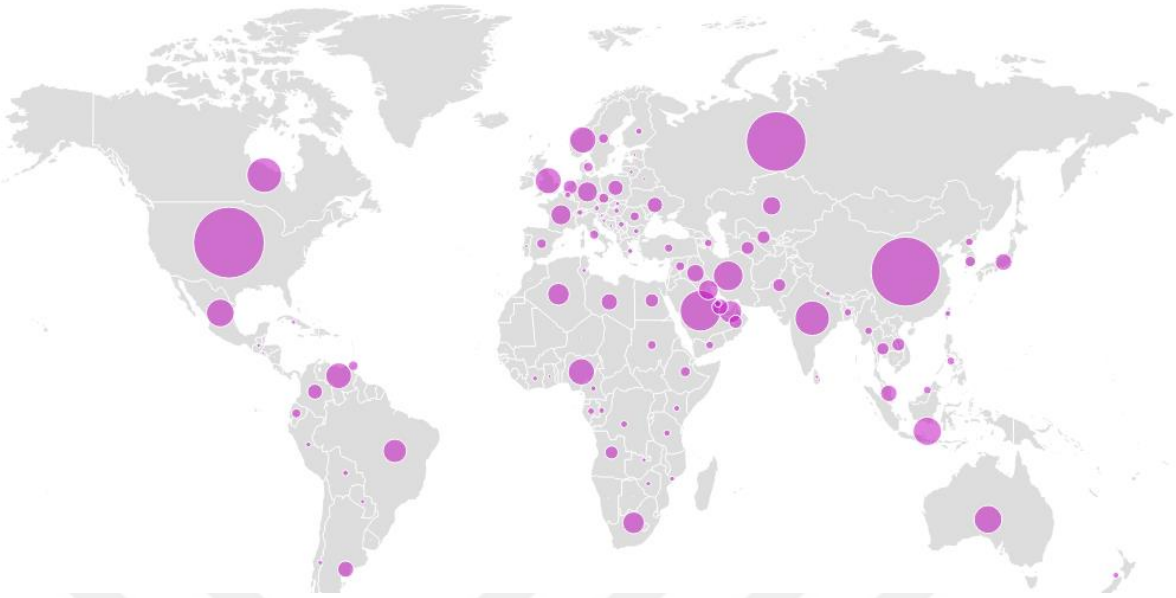
1974, 1994, 2004 ve 2014 yılları için dünya üzerindeki toplam enerji üretimi ve tüketimine ait grafikler, sırasıyla şekil 2.3 ila şekil 2.10'da verilmiştir. Bahsi geçen şekiller http://energyatlas.iea.org kaynağından türetilmiştir.



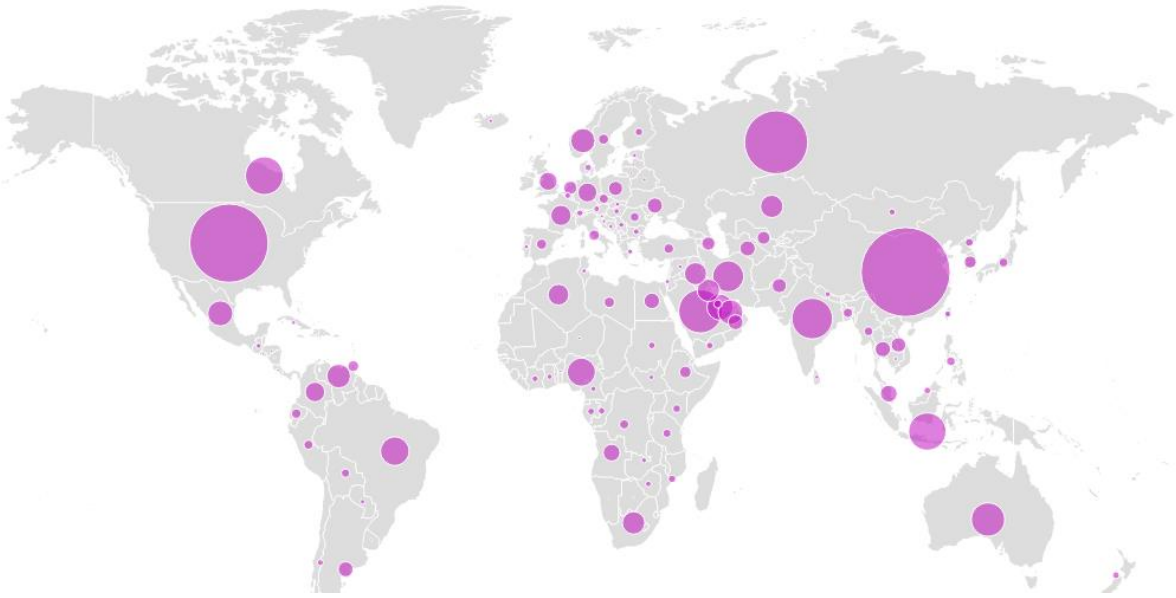
Şekil 2.3. 1974 yılı içi dünya genelindeki enerji üretimi



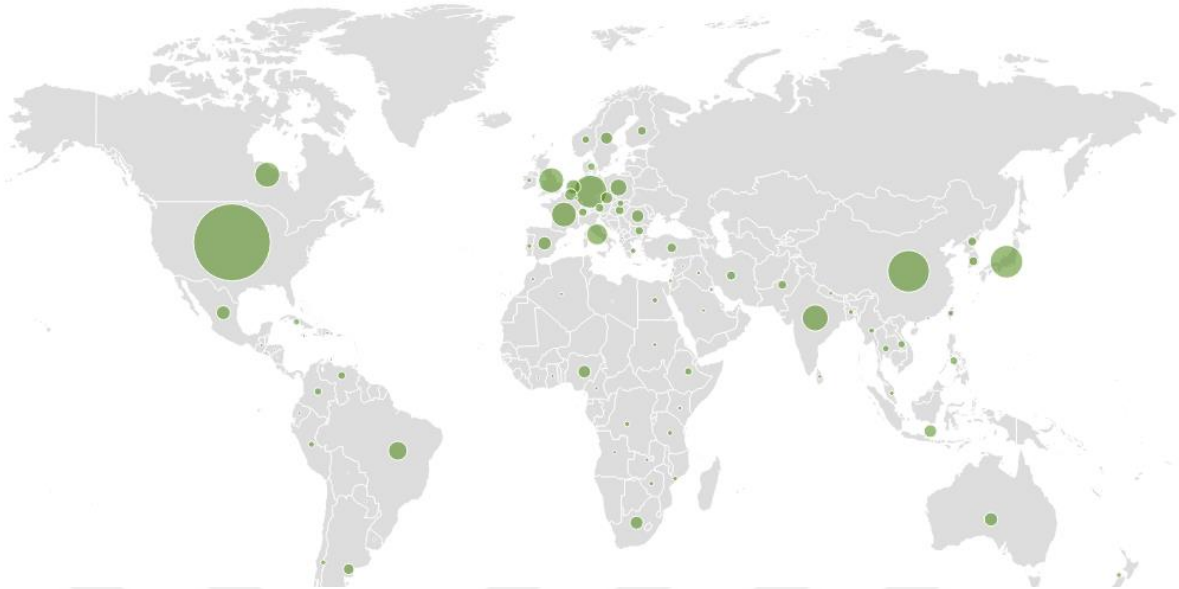
Şekil 2.4. 1994 yılı için dünya genelindeki enerji üretimi



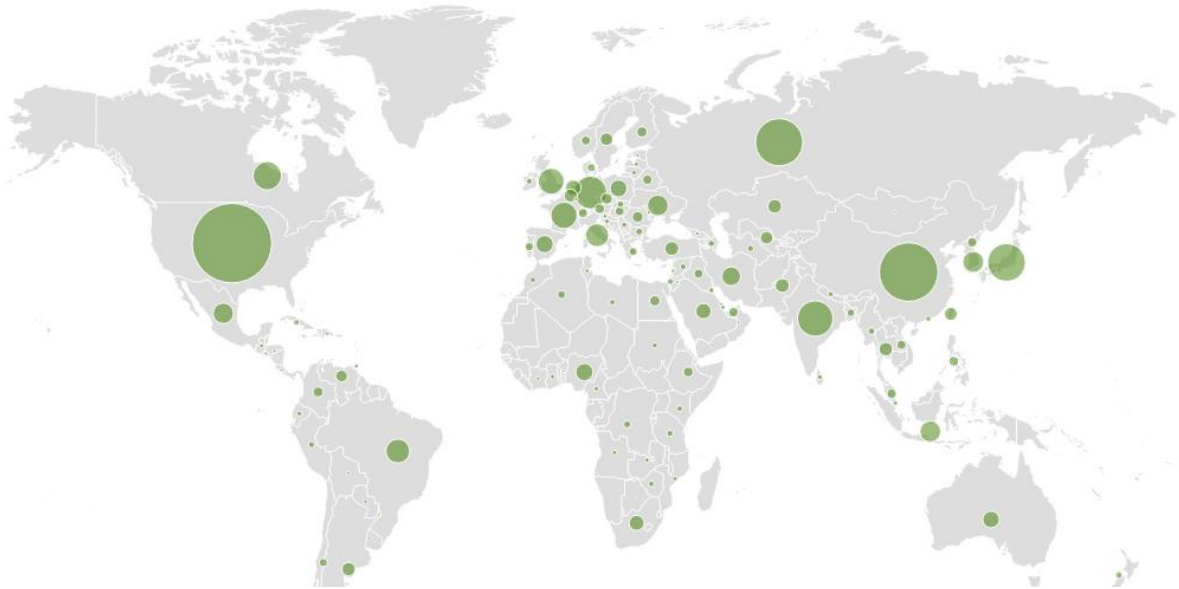
Şekil 2.5. 2004 yılı için dünya genelindeki enerji üretimi



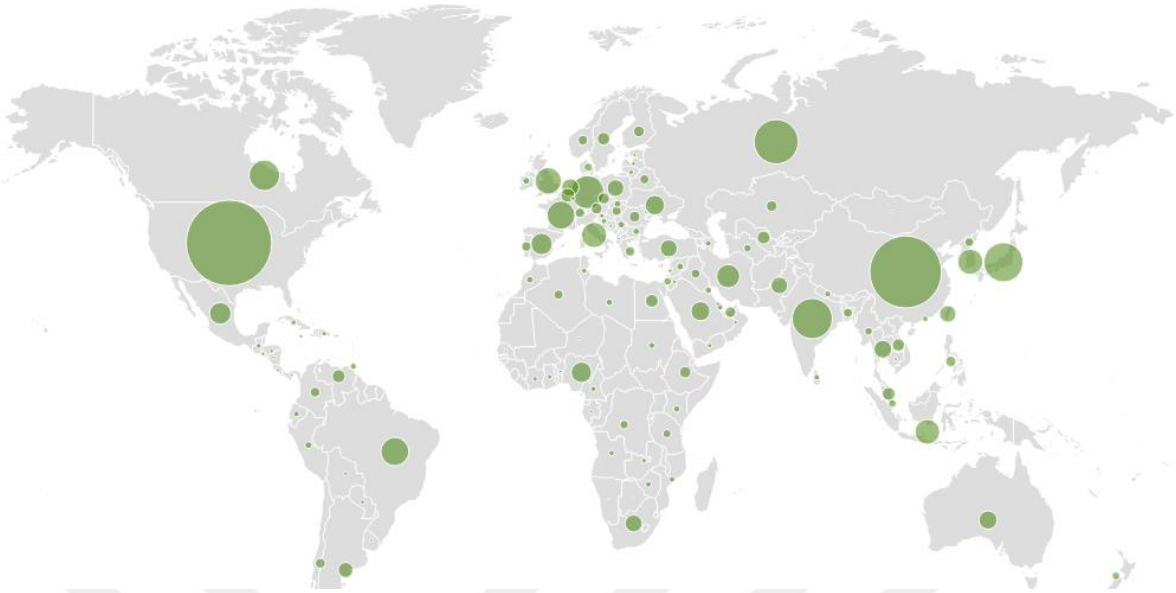
Şekil 2.6. 2014 yılı için dünya genelindeki enerji üretimi



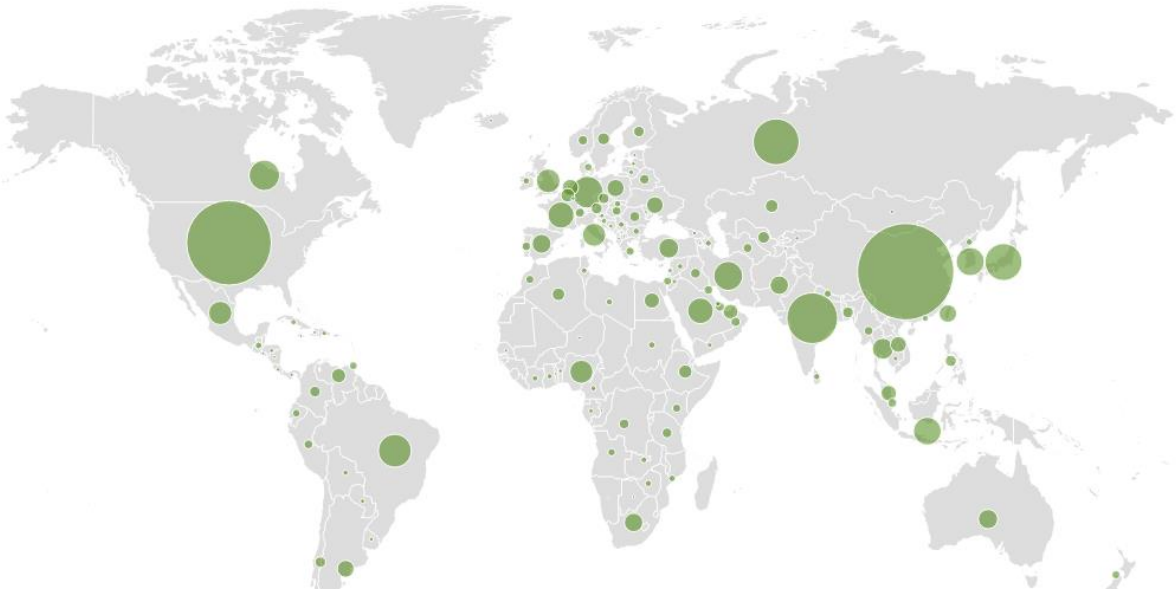
Şekil 2.7. 1974 yılı için dünya genelindeki enerji tüketimi



Şekil 2.8. 1994 yılı için dünya genelindeki enerji tüketimi



Şekil 2.9. 2004 yılı için dünya genelindeki enerji tüketimi



Şekil 2.10. 2014 yılı için dünya genelindeki enerji tüketimi

Verilen şekillerde en dikkat çekici detay, Çin'in belirlenen dönemler içerisinde hem enerji tüketimi hem de enerji üretiminde girerek dikkat çekici oranda büyümesi ve Rusya'nın 1974 sonrası hem üretim hem de tüketimde ciddi bir artış göstermiş olması söylenebilir. Türkiye'nin hem enerji üretimi hem de enerji tüketiminde kendi kapasitesi oranında artışlar

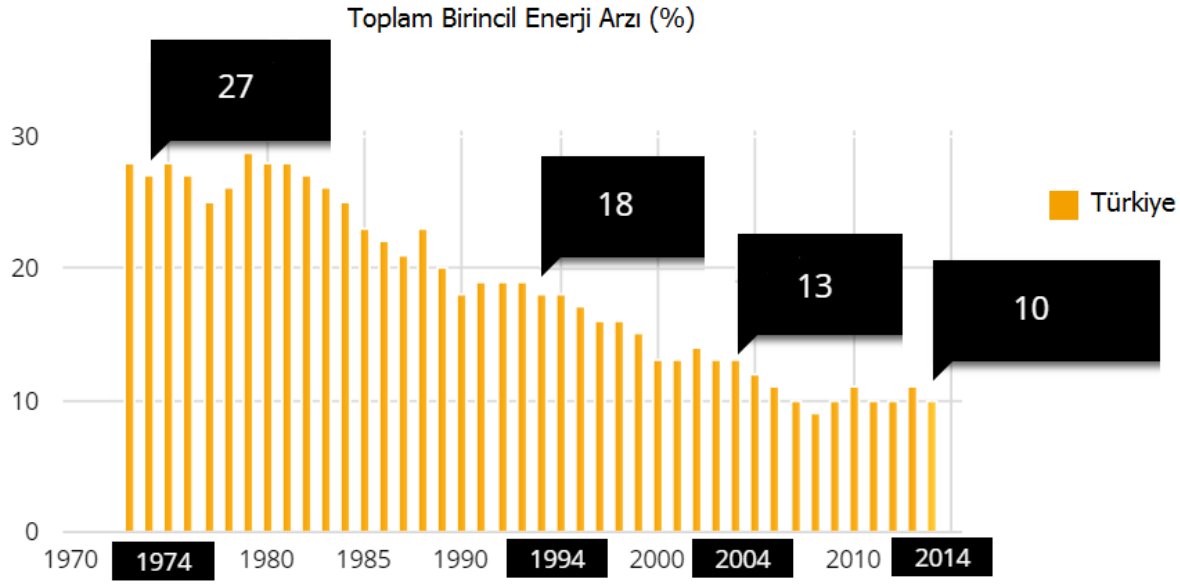
yaşadığı gözlemlenmiştir. Ancak mevcut kapasitesini doğal artışından daha fazla oranda arttırmak durumundadır.

Türkiye, dünyanın en önemli petrol ve doğalgaz üreticilerinden olan Rusya, Azerbaycan, İran ve Irak'a çok yakın bir konumda olması nedeniyle, bu ülkelerin ürünlerinin Avrupa'ya taşınması konusunda doğal bir köprü konumundadır. Bunun Kerkük-Yumurtalık, Bakü-Tiflis-Ceyhan, Mavi Akım, Türk Akımı gibi yapılan ve yapılması planlanan önemli enerji nakil projeleri mevcuttur. Ülkemizin deniz taşımacılığına elverişli birden fazla noktasının olmasının da avantajıyla özellikle CNG (Compress Natural Gas) ithali için çeşitli girişimlerde bulunulmuştur. Bu tip projeler ve yatırımların hepsi de Türkiye'nin artan nüfus ve gelişen ekonomisiyle ihtiyaç duyulan enerjinin tedariki hususunda alınan bir dizi önlemlerdir. Türkiye bir takım enerji kaynaklarına sahip olsa bile enerji konusunda büyük oranda dışa bağımlıdır. Bu durum enerjinin kullanıldığı ulaşım ve özellikle sanayide maliyeti arttırmakta, dış ticaret açığına sebep olmakta en önemlisi de stratejik açıdan güvenlik zafiyeti oluşturmaktadır. Bu durumun giderilmesi için, ülkemiz mevcut kullanılan enerji üretim yöntemlerine alternatif hatta ikame oluşturacak farklı enerji üretim yollarına yönelmiştir. Nükleer enerji bunlardan en önemlisidir. Ancak nükleer enerji santrallerinin kurulumu önemli bir ilk yatırım maliyetine ve ciddi manada gelişmiş teknoloji, alt yapı ve yetişmiş insan kaynağına ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca nükleer enerji santrallerinin çevreye olan zararı ya da potansiyel zararları konusunda kamuoyunun ikna edilmesi de oldukça zorlu bir süreçtir.

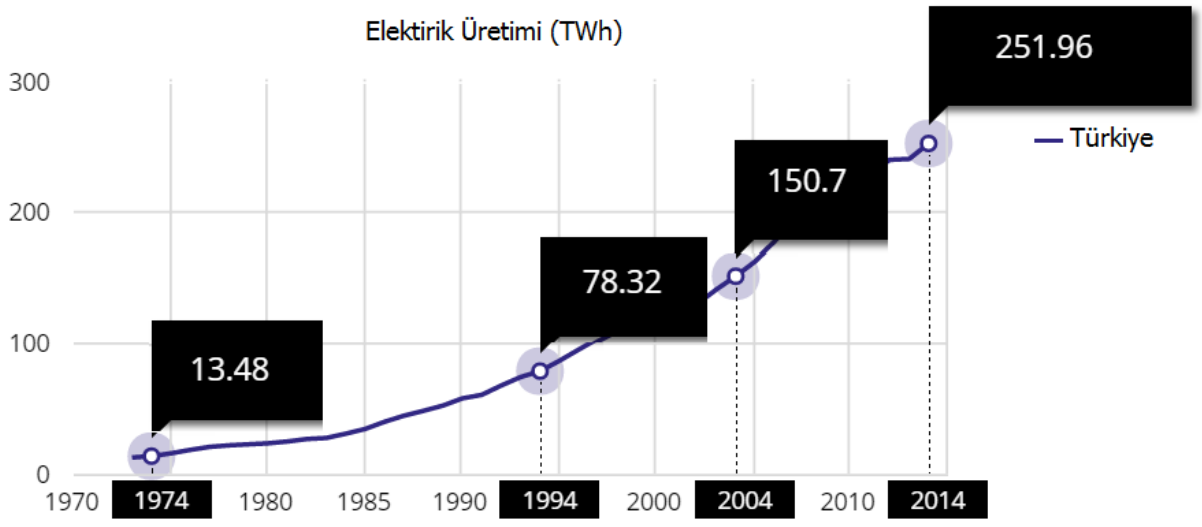
Büyüyen ekonomi, artan teknoloji ile birlikte üretilen elektrik miktarında bir artış olsa bile birincil enerji arzında azalma söz konusudur. Bu durumda bir takım kalıcı çözümler ciddi enerji tasarrufu tedbirleri alınmalıdır. Şekil 2.11'de Türkiye'nin toplam birincil enerji arzına ilişkin bir grafik verilmiştir. Verilen bu grafiğe göre, Türkiye'de toplam birincil enerji arzı 1974 yılında %27 iken bu oran 2014 yılında %10'a gerilemiştir. Burada birincil enerjinin tanımı, enerji üretiminde veya taşımacılıkta kullanılan ticareti yapılan yakıtları kapsamaktadır.

Şekil 2.12'de Türkiye'nin toplam elektrik üretimi verilmiştir. Burada görüldüğü gibi, 1974 yılında üretilen elektrik miktarı 13,48 TWh (Terawatt) iken 2014 yılında bu miktar 251,96 TWh'ye çıkmıştır. Ancak bununla beraber kişi başına düşen elektrik tüketimi de yıllar içerisinde çok ciddi bir artış göstermiştir. Buna ilişkin grafik Şekil 2.13'de verilmiştir.

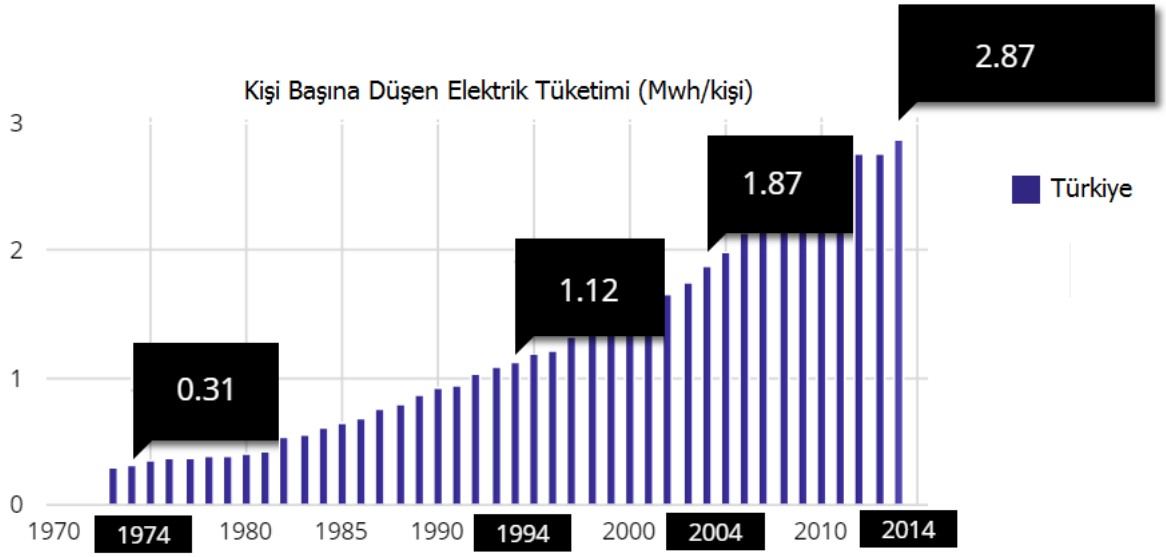
Grafiğe göre 1974 yılında kişi başına elektrik tüketimi 0,31 MWh (Megawatt) iken 2014 yılında bu değer 2,87 MWh'a yükselmiştir.



Şekil 2.11. Türkiye'nin toplam birincil enerji arz oranı

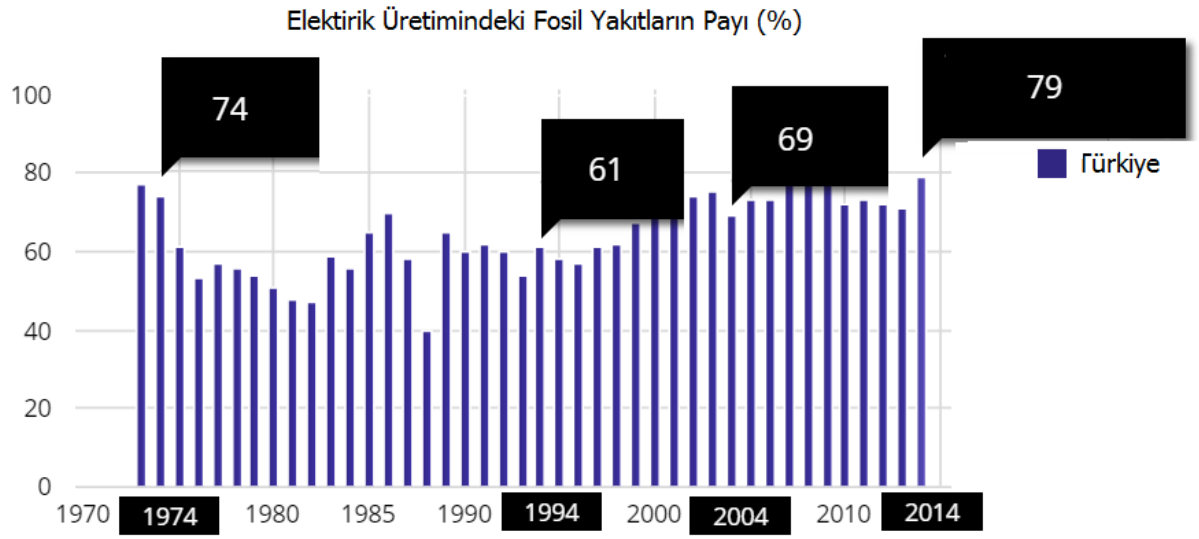


Şekil 2.12. Türkiye'nin toplam elektrik üretimi



Şekil 2.13. Türkiye'nin kişi başına düşen elektrik tüketimi

Şekil 2.12 ve 2.13'e göre hem elektrik üretimi artmakta hem de tüketimi artmaktadır ve süreç bu şekilde devam etme eğilimindedir. Artan enerji tüketimi ve bu talebi karşılama için arzı oluşturan enerji kaynaklarının kıtlığı Türkiye'yi farklı kaynaklara sevk etmiştir. Günümüz dünyasında enerji üretmek kadar temiz enerji üretmek de önemli bir olgudur. Ülkemizde ise üretilen elektriğin ciddi bir oranı fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Bu da hem çevresel bazı tahribatlar hem de cari açıkta bir artış yaratmaktadır. Ülkemizde sadece ham maddesi yerli olan fosil yakıt olarak kömür kullanılmaktadır. Bu yöntemde ise ciddi hava kirliliği ve atık oluşmaktadır. Bu durumun ortadan kaldırılması için ise yeni teknolojik yatırımların yapılmasına gerek duyulmaktadır. Böylece hem hava salınan zararlı gazların azaltılması hem de yakılan kömürden açığa çıkan artığın azaltılması ya da değerlendirilmesi sağlanacaktır. Kömür dışında ürettiğimiz elektriğin büyük bir payı doğal gaz dönüşüm santralleri vasıtasıyla elde edilmektedir. Ancak bilindiği üzere ülkemiz %100 oranında doğal gazda dışa bağlı konumdadır. Bu da üretilen elektriği maliyetini yükselesinde temel etkendir. Yüksek maliyetle üretilen elektrik hem hane giderlerini arttırmakta hem de sanayide üretim maliyetlerini arttırmaktadır, bu durum ise dolaylı olarak bir çok kalemde yüksek fiyatın ana etkenlerinden birini oluşturmaktadır. Hatta ülkemize sanayi alanında yatırım yapma potansiyeli bulunan dış yatırımcıların fizibilite etütlerindeki en ciddi gider kalemini yine enerji maliyeti oluşturmaktadır. Şekil 2.14'de Türkiye'deki üretilen elektrikteki fosil yakıtların payı verilmiştir.



Şekil 2.14. Türkiye'deki üretilen elektrikteki fosil yakıtların payı

Burada da görüldüğü gibi Türkiye uzun yıllardan beri elektrik üretiminin çok ciddi bir kısmını fosil yakıt ile elde etmektedir. Türkiye'de birincil enerji kaynaklarının sınırlı olması ve bunların kullanılmasıyla ortaya çıkan çevresel etmenler, enerji tüketiminde tasarrufa ve çevreye zararı olmayan farklı tip enerji kaynaklarının kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Tasarruf anlamında 5627 sayılı enerji verimliliği kanunu ve yönetmeliği ile bu konu hakkında bir çerçeve çizilmiştir. Çevreye zararı olmayan, enerji kaynakları hidrolik, biyokütle, rüzgar, güneş ve jeotermal olarak sayılabilir. Bu tip enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandırılır. Şekil 2.11 ila 2.14'de verilen bilgileri içeren genel bir tablo Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Türkiye'nin elektrik üretim ve tüketim değerleri

Yıllar	Elektrik Üretimi (TWh)	Kişi Başına Düşen Elektrik Tüketimi (MWh/Kişi)	Elektrik Üretiminde Fosil Yakıtların Payı (%)	Elektrik Üretiminde Yenilebilir Enerjinin Payı (%)
1973	12,43	0,29	77	23
1974	13,48	0,31	74	26
1975	15,62	0,35	61	39
1976	18,28	0,41	53	47
1977	20,57	0,45	57	43
1978	21,73	0,47	56	44
1979	22,52	0,48	54	46
1980	23,28	0,49	51	49
1981	24,67	0,51	48	52
1982	26,55	0,54	47	53
1983	27,35	0,55	59	41
1984	30,61	0,60	56	44
1985	34,22	0,64	65	35
1986	39,70	0,68	70	30
1987	44,35	0,75	58	42
1988	48,05	0,79	40	60
1989	52,04	0,86	65	35
1990	57,54	0,91	60	40
1991	60,25	0,94	62	38
1992	67,34	1,02	60	40
1993	73,81	1,09	54	46
1994	78,32	1,12	61	39
1995	86,25	1,20	58	42
1996	94,86	1,30	57	43
1997	103,30	1,41	61	39
1998	111,02	1,49	62	38
1999	116,44	1,53	70	30
2000	124,92	1,63	75	25
2001	122,73	1,59	80	20
2002	129,40	1,65	74	26
2003	140,58	1,75	75	25
2004	150,70	1,87	69	31
2005	161,96	1,99	75	25
2006	176,30	2,16	75	25
2007	191,56	2,33	81	19
2008	198,42	2,40	83	17
2009	194,81	2,29	80	20
2010	211,21	2,47	74	26
2011	229,39	2,68	75	25
2012	239,50	2,76	73	27
2013	240,15	2,76	71	29
2014	251,96	2,87	79	21

2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilebilir enerji, enerji kaynağının kullanımının ardından yeniden kullanılabilir hale gelen kaynaklardan elde edilen enerji türlerinin genel adıdır. Bir diğer tanımı, fosil yakıtlar ve uranyum gibi tükenebilir kaynakların kullanımını içermeyen doğal işlemlerden elde edilen enerjiyi kapsar, biçiminde verilebilir. Yenilebilir enerji kaynaklarının ortak özelliği çevreye zararı olmamasıdır. Ayrıca her coğrafi bölge için kullanılabilir en az bir yenilebilir enerji kaynağı mevcuttur. Güneş ve rüzgar buna en iyi iki örnektir.

Enerji talebinin giderek artması, artan enerji talebinin karşılanmasında önceliğin doğaya değil arza verilmesine yol açmaktadır. Ancak gelişmiş ülkeler bu işin arzının yanında doğaya zarar vermemenin da yolları aranmaktadır. Bunun için yeni teknolojiler ve yeni yenilebilir enerji kaynakları aramaktadırlar. Yeni teknolojiler hali hazırda kullanılan enerji türlerinden elektrik üretimini verimli ve daha düşük maliyeti getirmeyi amaçlamaktadır. Yeni yenilebilir enerji kaynaklarına örnek olarak, şu anda kullanımda olmasa da teorik olarak enerji üretilebileceği kanıtlanmış olan su yosunu kaynaklı enerji verilebilir. www.enerjienstitusu.com internet sitesinin haberine göre, “Fosil yakıt kullanımını, hem doğaya verdiği büyük zarar yüzünden azaltmak isteyen hem de eninde sonunda bitecek olan bu kaynağın yerine yenilenebilir bir alternatif sunmayı amaçlayan bir grup bilim insanı, Avrupa Birliği projesi kapsamında, biyo-yakıt teknolojileri geliştiriyor. Enerji üretmen için yosunları kullanıyorlar.” Burada yosunların kullanılmasının sebebi, bu tip bitkilerin gübrelemeye dolayısıyla toprağa gereksinim duymamalarıdır. Ayrıca, yosunlar, diğer biyo-yakıt temininde kullanılan bitkilerden çok daha fazla miktarda yağ içermektedirler. Buna ek olarak yosunlar, yeterli güneş, su ve karbondioksitin bulunduğu her yerde büyüyebilmektedir. Ancak unutulmamalıdır ki bu teknoloji henüz gelişmeye muhtaç bir teknolojidir. Bu yöntemde yosunları makro ve mikro ölçekte büyütmenin kolay ancak yağ elde edilme aşamasının karışık ve zor olduğu uzmanlar tarafından vurgulanmaktadır. Bunun için de en düşük maliyetli ve en az kaynak kullanan yöntemi bulmaları gerekmektedir. Bu teknolojin gelişmesiyle, bir binanın tüm ısıtma ve elektrik ihtiyacının yosun kaynaklı enerjiden sağlanması mümkün olabilecektir. Ayrıca üretilen biyo-yakıt benzinin yerini alabilecek bir alternatif olabilecektir.

Çizelge 2.4’de dünya genelindeki yenilenebilir enerji tüketimi bölgesel olarak verilmiştir. Buna göre dünya genelinde 364,9 Mtoe enerji, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde

edilerek tüketilmiştir. Bölgesel olarak Avrupa ve Avrasya %39,2 iki ile en fazla tüketim değerine sahiptir. Türkiye ise 2015 yılında 3,8 Mtoe enerji tüketiminde bulunmuştur bu ise o yıldaki dünya genelindeki toplam tüketimin %1'ine karşılık gelmektedir. Çizelge 2.4'den elde edilebilecek bir başka sonuç ise tüm bölgelerin ve Türkiye'nin yenilebilir enerjiden elde edilen tüketilen enerji paylarını arttırdığıdır. Artış oranı bakımından bu konuda Afrika kıtası %37,9 ile ilk sırada yer almaktadır.

Çizelge 2.4. Dünya genelindeki yenilenebilir enerji tüketimi

Yenilebilir Enerji Tüketim			
	2015 (Mtoe)	Toplamdaki Payı (%)	2014'den 2015'e değişim (%)
Kuzey Amerika	82,6	22,6	8,6
Güney & Orta Amerika	24,4	6,6	21,6
Avrupa & Avrasya	142,8	39,2	15,1
Ortadoğu	0,5	0,1	36,3
Afrika	3,8	1,0	37,9
Asya-Pasifik	110,9	30,4	18,7
Dünya Toplamı	364,9	100	15,2
OECD	246,3	67,5	13,1
OECD Harici	118,5	32,5	20,1
AB	136,0	37,5	14,9
Türkiye	3,8	1,0	34,4

Enerji üretiminde kullanılan yenilebilir enerjinin payı on yıllık ortalama artış miktarı olan %15,9'un biraz altında kalarak %15,2 olarak gerçekleşmiştir. Ancak bu artış oranı neredeyse küresel artış oranına denk olan rekor bir artış düzeyidir (+213 TWh). Yenilenebilir enerji, küresel enerji üretiminin %6,7'sini oluşturmaktadır. Yüksek büyüme hızına rağmen yenilenebilir enerji bugünkü küresel enerji tüketiminin yalnızca küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. Yenilenebilir elektrik üretimi (hidroelektrik hariç), küresel elektrik üretiminin %7'sini oluşturduğu tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, yenilenebilir enerji 2015 yılında küresel enerji üretimindeki büyümenin %97'sine katkıda bulunarak elektrik üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. Çin (+%20,9) ve Almanya (+%23,5) enerji üretimindeki, yenilenebilir enerji payındaki en büyük artış değerine sahip iki ülkedir. Dünya genelinde yenilenebilir enerjinin en büyük kaynağı (%+17,4) rüzgar enerjisidir. Bu alandaki en büyük artış değerine sahip ülke %53,4'lük bir artış ile Almanya'dır. Güneş enerjisi ile bir önceki yıla göre dünya genelinde %32,6 artarken bu

alanda en fazla artış değerine sahip ülkeler sırasıyla Çin (+%69,7), Japonya (+%58,8) ve ABD (+%42,8) olarak kayıtlara geçmiştir. Bu değerler ile Çin, Almanya ve ABD'yi sollayarak dünyanın en büyük güneş enerjisi üreticisi olmuştur. Bu artışların yanı sıra ülke düzeyinde bu kaynaklar bazı ülkelerde hali hazırda önemli bir rol oynamaktadır. Danimarka, yenilebilir enerjiden elde ettikleri oran %66, ardından Portekiz %30 ile ilk iki sırayı oluşturmaktadır. Büyük AB ekonomileri arasında yenilenebilir enerjinin pazar payı Almanya'da %27, İspanya'da %24 ve İtalya ile İngiltere'de %23'tür. Su ile ilgili olmayan yenilenebilir enerji ile ilgili verilerin kapsamı ve kalitesi, özellikle yenilebilir enerji kaynakları için politika hedeflerinin benimsendiği yerlerde istikrarlı bir şekilde gelişmektedir. Günümüzde yenilebilir kaynaklardan elde edilen toplam enerji için makul bir tahmin sağlamak mümkündür. Bu Eurostat, The US Energy Information Administiration, BP ve The International Energy Agency gibi ikincil kaynaklardan gelen verilerle gerektiğinde tamamlanan birincil ulasal kaynaklara mümkün olduğunca dayanmaktadır. Bu tez çalışmasında bu konu hakkındaki sayısal bilgiler de bahsi geçen kurumların resmi yayınlarından derlenerek yer verilmiştir.

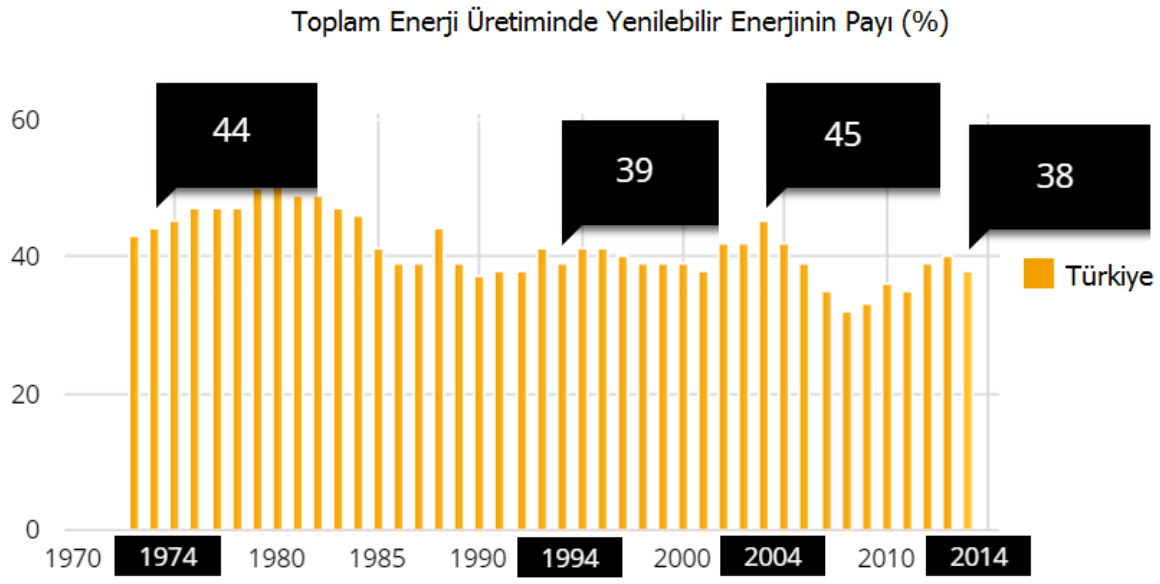
2.2. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli

Türkiye ihtiyacı olan enerjinin büyük bir miktarını ithal etmektedir. Bu miktar ihtiyaç duyduğu enerjinin yarısından fazlasına karşılık gelmektedir. Birincil enerji tüketimindeki en büyük pay petrol ve doğal gaz başta olmak üzere fosil kaynaklı enerji türleridir. Doğal gaz ülkemize ev ve sanayide ısınma amaçlı kullanımının başlaması çok eski olmamasına rağmen hükümet politikası gereği çok hızlı bir yayılma sürecine sahiptir. Ülke genelindeki doğal gaz kullanımı ve doğalgazın bölgelere ulaştırılması oranı her geçen yıl artmakta ve hatta hükümet bu artışı bir propaganda olarak kullanmaktadır. Merkezi yönetimin doğal gaz kullanımının arttırılmasını istemesindeki en önemli etken doğal gazın, ikamesi olan kömüre oranla çevreyi ve havayı çok daha az oranda kirletmesidir. Bu da hava ve çevre kirliliğinden oluşacak sağlık başta olmak üzere ikincil sorunlardan kaynaklanacak maliyetlerin azaltılmasına ya da tamamen ortadan kaldırılmasına imkan vermektedir.

Türkiye bunun dışında zengin kömür rezervlerine sahiptir. Ancak bu rezervlerin üretime kazandırılması ve buradan elde edilecek enerjinin getirmiş olduğu çevresel sorunlar nedeniyle olması gerekenden daha az bir ilgi görmektedir. Bunun yanında gelişen teknoloji ile ileri filtreleme sistemleri kullanılarak bu etki minimum düzeye indirgenebilir. Türkiye

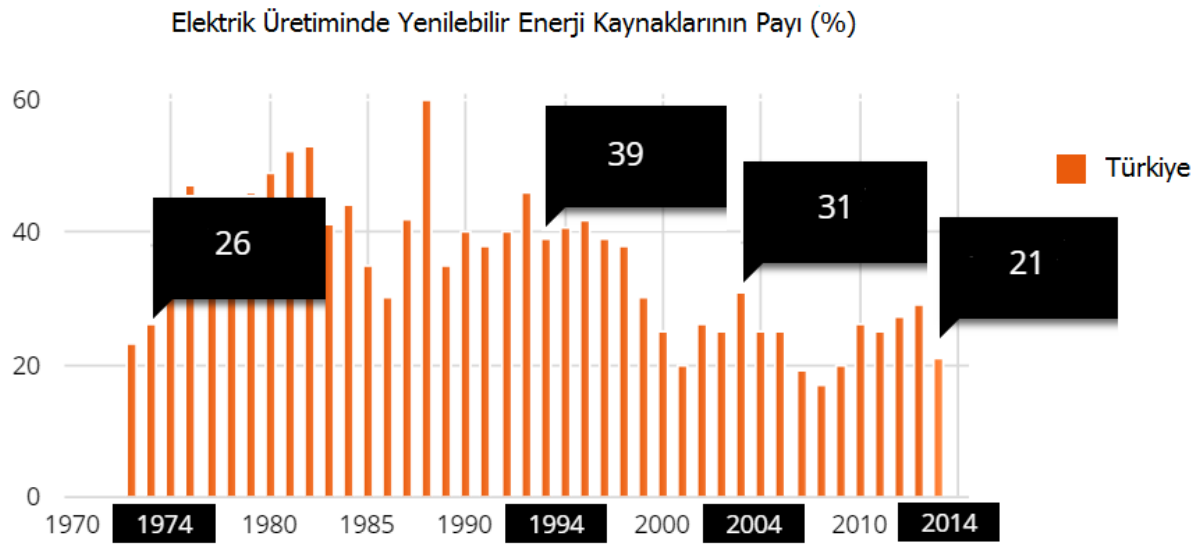
2014 yılı itibariyle 16,2 Mtoe kömür üretmiştir buna karşılık 19,3 Mtoe kömür ithal etmiştir. 2014 yılında ise toplam kömür arzı 32,99 Mtoe olarak gerçekleşmiştir. Burada elektrik üretimi ve diğer dönüşümler için kullanılan kömür hariç olmak üzere, nihai kömür tüketimi 10,57 olarak gerçekleşmiştir. Toplam kömür tüketimindeki elektrik üretiminin payı ise %57 olarak kaydedilmiştir.

Türkiye'nin artan nüfusu ve gelişmekte olan ekonomisiyle enerji ihtiyacının artma eğilimi göstermesi beklenmektedir. Artan talebin karşılanması için alınması gereken tasarruf önlemlerinin yanında enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi de oldukça önemli stratejik bir husustur. Türkiye'de 1980'li yıların sonundan itibaren hidroelektrik, jeotermal ve güneş enerjisi kullanımı artış olmasına rağmen genel enerji kullanımındaki payı, doğal gaz gibi fosil kaynaklarının daha hızlı artması sebebiyle olması gereken nispi artışı gösterememiştir. Ancak son yıllarda KYOTO protokolü gibi zararlı gaz salınımlarının kabul edilebilir düzeylere indirilmesini yasal bir anlaşmaya bağlayan uluslararası sözleşmeler ile ülkelerin kullandıkları enerjinin çevreye zararlarını en aza indirmesi bir taahhüt altına alınmıştır. Bu sebeple son yılarda hem teknolojik hem de akademik alandaki en popüler konuların başında yenilenebilir enerji kaynakları gelmektedir. Mevcut kullanılan teknolojinin geliştirilmesi bir başka ifade ile daha verimli hale getirilmesi veya tamamen yeni teknolojiler ile yenilenebilir enerji kaynaklarında çeşitlilik meydana gelmektedir.



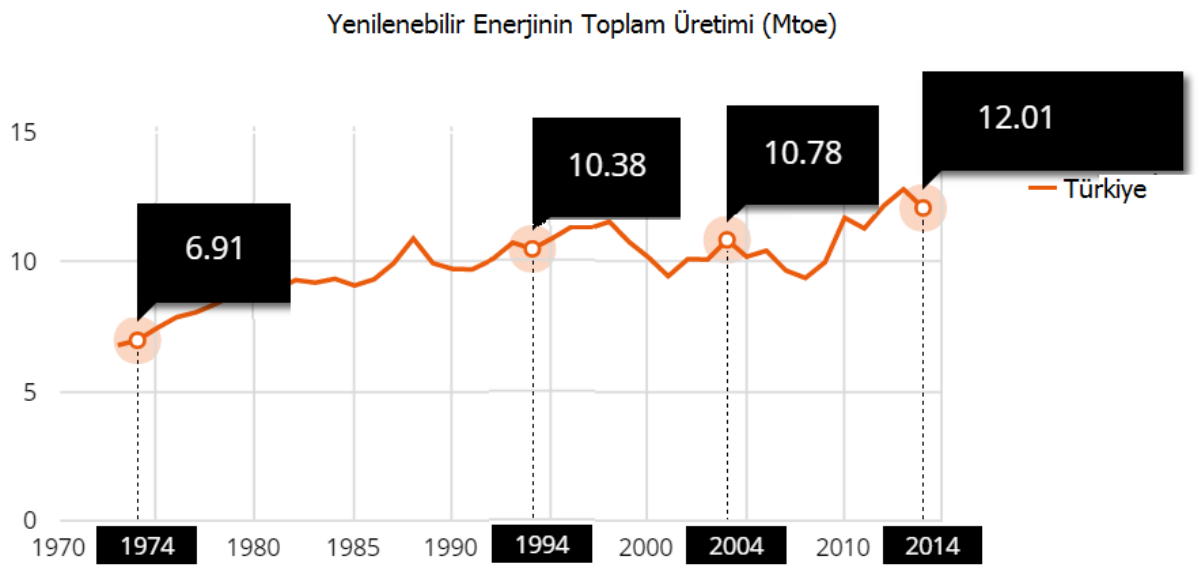
Şekil 2.15. Türkiye'nin toplam enerji üretimindeki yenilenebilir enerjinin payı

Şekil 2.15'e göre Türkiye'nin enerji üretimindeki yenilebilir enerjinin payı dalgalı bir trend izlemektedir. Bazı yılarda artış bazı yılar da ise bir düşüş görülmektedir. Şekil 2.17'ye bakıldığında yıl bazı yenilebilir enerjiden elde edilen enerji miktarı bir artış gösterse de bu artış genel enerji üretim artışının altında kaldığı durumlarda Şekil 2.15'deki gibi dalgalanmalara sebep olmaktadır. Benzer bir durum elektrik üretimindeki yenilebilir enerjinin payında da görülmektedir. Buna ilişkin görsel şekil 2.16.'da verilmiştir.



Şekil 2.16. Türkiye'nin toplam elektrik üretimindeki yenilenebilir enerjinin payı

Burada elektrik üretimindeki payının genel olarak bir azalma eğilimde olduğu görülmektedir. Bu da diğer elektrik üretim kaynaklarının payının arttığı anlamına gelmektedir. Ülkemizin diğer elektrik elde etme kaynakları için, kömür kaynaklı üretilen enerjinin bir kısmı hariç, dışa bağımlı olduğu bilinmektedir ve bu, neden olduğu dış ticaret açığı ve stratejik bir konuda dışa bağımlı olma durumundan dolayı yönetsel bir problem olarak görülmektedir. Bahsi geçen problemin çözümü için alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesi gerekmektedir. Bunun için en önemli kaynak yenilebilir enerji kaynaklarının daha verimli bir şekilde kullanılmasıdır.



Şekil 2.17. Türkiye'nin toplam yenilenebilir enerji üretimi

Devam eden bölümlerde başlıca yenilebilir enerji kaynakları tanıtılmış ve Türkiye'nin ilgili enerji türündeki konumu sayısal bilgilerle desteklenmiştir.

2.2.1. Hidroelektrik Enerji

Dünyadaki en eski yenilebilir enerji kaynağıdır. Üretim gücü ve maliyet oranı ile yatırım olarak hala en uygun yenilenebilir enerji kaynağı olarak halen önemini korumaktadır. Ancak büyük ölçekli uygulamalarında çevresel birtakım etkilere neden olmadığı söylenemez. Kurulduğu yerdeki demografik değişiklilerin yanında biyolojik canlılığın azalmasına veya değişmesine neden olabilmektedir. Ayrıca yoğun miktarda su tutması sebebiyle bölgedeki nem oranında da değişikliklere neden olabilmektedir. Bu rağmen hidroelektrik santralleri(HES) doğrudan sera gazı salınımı yapmaz ve dünyanın hemen hemen her yerinde kullanılan yegane elektrik üretim yöntemlerindendir.

Ülkemizde 2016 yılı sonu itibariyle üretim kapasitesi 0,062 MWh olan Kars Arapça Telek HES'den, üretim kapasitesi 2.405 MWh olan Şanlıurfa Atatürk HES'e kadar 595 adet HES faaliyettedir. Bunların toplam kurulu gücü 26.770 MWh'tır. Bu da diğer enerji türleri içerisindeki kurulu gücün %34'üne karşılık gelmektedir. 595 HES'den elde edilen yıllık elektrik miktarı yaklaşık 70.493 GWh'tır. Mevcut HES'lerin yanı sıra Türkiye hem enerji

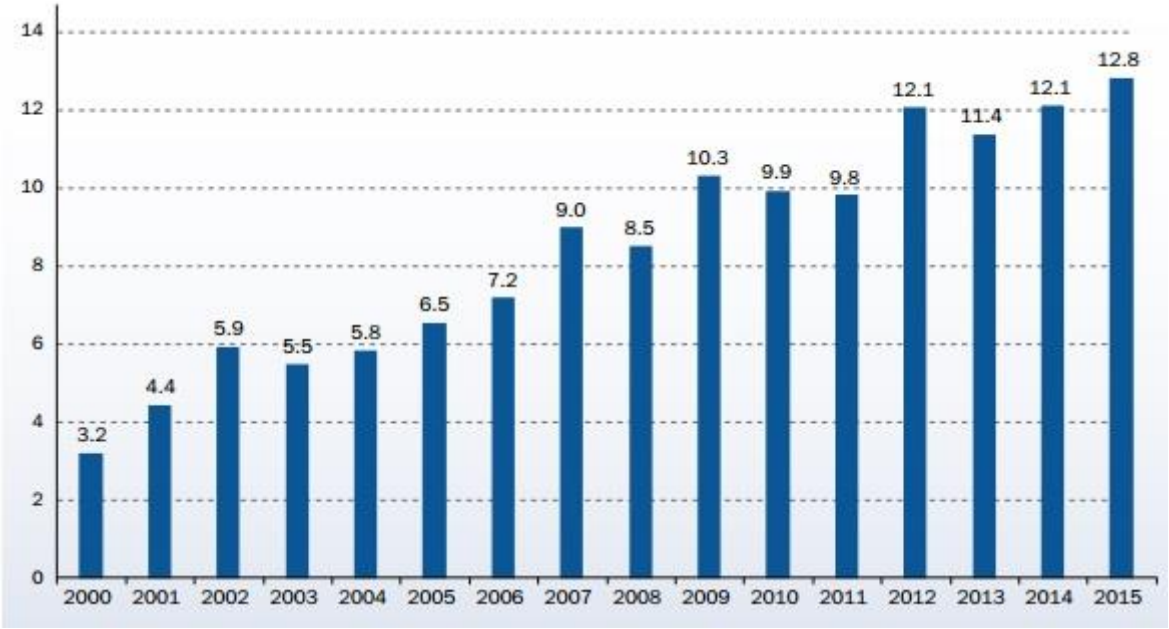
arzının arttırılması hem de özellikle doğu ve güney doğu illerinde güvenlik gerekçesi ile bir çok HES projesini sürdürmektedir. Onlarca HES projesi arasında, kurulu gücü 250 MWh'ın üzerinde olan 12 büyük HES projesi vardır. Bunların içerisinde en büyüğü 1.200 MWh kurulu gücü olması planlanan Mardin Ilısu HES'tir. Ilısu HES'i nerdeyse Atatürk HES'nin yarısı büyüklüğündedir. Hali hazırda devrede olan 26.695 MWh'lık bir kurulu gücün yanında 6.916 MWh'lık kurulumu devam eden, 3.446 MWh'lık üretim lisansı alınan, 3.748 MWh'lık ön lisans alınan ve 2.522 MWh'lık proje aşamasında olan HES vardır. Hepsinin toplamı ise 43.404 MWh'a karşılık gelmektedir.

2.2.2. Rüzgâr Enerjisi

İnsanlık tarihi için, kullanılan en eski enerjilerden bir tanesidir. Dünyanın çeşitli bölgelerinde yel değirmeni adı verilen yapılar ile açılan bir su kuyusundan su pompalamak ya da yel değirmeninin çarkının dönmesi ile buğday gibi tahılların öğütülmesinde kullanılmıştır. Rüzgar kendi başına bir enerji kaynağı olmasına rağmen, rüzgarın kaynağı da güneştir. Rüzgar, güneşin dünyayı heterojen olarak yani farklı sıcaklıklarda ısıtmasından kaynaklanan basınç ve sıcaklık farklılıklarından meydana gelen bir doğa olayıdır. Rüzgar, başka bir ifade ile sıcak ve soğuk hava kütlelerinin yer değişimi olarak da tanımlanabilir.

Rüzgar enerjisinin ilk yatırım maliyetlerini yüksek olması ve kapasite faktörlerinin düşük olması gibi bazı dezavantajlarının olmasının yanı sıra, temiz bir enerji kaynağı olması, doğada bol olması, kaynağının zamanla azalmayan ve fiyatlama bedelinin olmaması ve bakım işletme maliyetlerinin düşük olması gibi avantajları da mevcuttur. Ayrıca son yıllarda yatırım maliyetlerini düşürecek malzeme tasarımları ve verimliliği arttıracak kanat ve motor tasarımlarına yönelik çok sayıda akademik çalışma yapılmaktadır. Bunun yansıması olarak son yıllarda ülkelerin rüzgar enerjisine yaptıkları yatırımlar artmaktadır. Çizelge 2.5'de EWEA (The European Wind Energy Association)'dan alınan bilgiler neticesinde oluşturulmuş bir tablo verilmektedir. Burada Avrupa'daki ülkelerin 2014 ve 2015 yıları için rüzgar enerjisinden ürettikleri enerji miktarları yer almaktadır. Ayrıca Çizelge 2.5'de Avrupa ülkelerinin 2014 ve 2015 yılı için mevcut kapasiteye eklenen enerji miktarları da verilmiştir. Ülkelerin birçoğunda mevcut kapasitenin arttığı görülmektedir. En yüksek artış 6.012,4 MWh ile Almanya'ya aittir. Almanya'yı 1.266,2 MWh ile Polonya ve 1.073,1 MWh ile Fransa izlemektedir. Türkiye ise 2015 yılında üretim kapasitesini 956

MWh arttırmıştır. Bu değerle Türkiye, Avrupa'da 2015 yılı içerinde en çok kapasite arttıran sırasıyla Almanya, Polonya, Fransa ve Birleşik Krallığ'ın ardından beşinci sırada yer almaktadır. 2015 yılı sonu itibariyle Avrupa kıtasında rüzgar enerjisinden en yüksek miktarda elektrik üreten ülke 44.946,1 MWh ile Almanya'dır. Ayrıca Almanya bu değeri ile ikinci sırada olan İspanya'nın kapasitesinin neredeyse iki katı bir kapasiteye sahiptir. Çıkarılabilecek bir başka sonuç ise rüzgar enerji miktarının yüksek olduğu ülkelerin gelişmiş ülkeler kategorisinde yer alan ülkeler olduğudur. Türkiye ise 2015 yılı sonu itibariyle 4.694 MWh'lik bir üretime sahiptir.



Şekil 2.18. AB ülkelerine ait yıllara göre rüzgar enerjisi kapasite artış miktarı

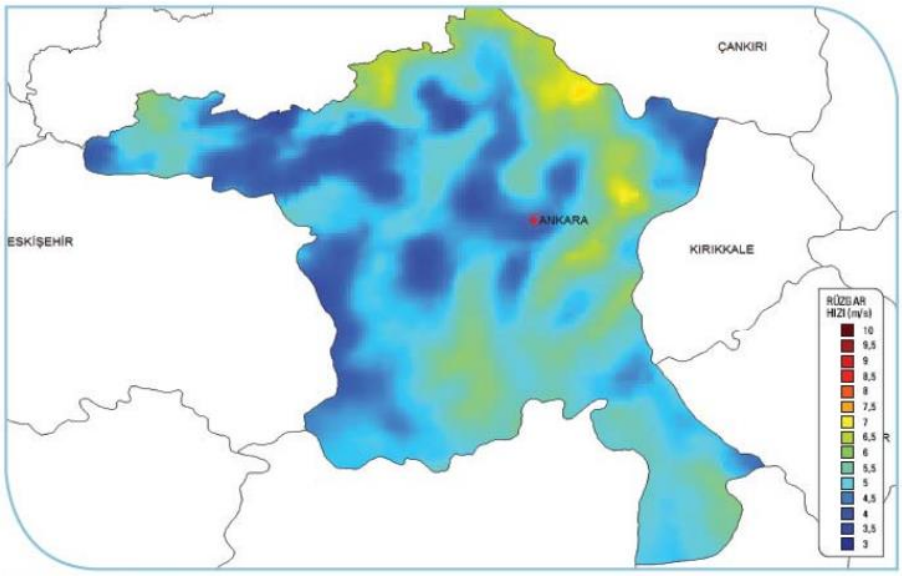
Şekil 2.18'de AB ülkelerinin yıllık kapasite artış miktarı GWh olarak verilmiştir. Görüldüğü gibi 2000 ila 2015 yılları arasındaki artış neredeyse dört kat artmıştır ve 2015 yılı sonu itibariyle 12,8 GWh olmuştur.

Çizelge 2.5. 2014 ve 2015 yılı için Avrupa'nın rüzgar enerjisi kapasiteleri (MWh)

	2014 Yılında Eklenen	2014 Sonu	2015 Yılında Eklenen	2015 Sonu
Avusturya	405,0	2.089,2	323,0	2.411,5
Belçika	293,5	1.958,7	274,2	2.228,7
Bulgaristan	10,1	691,2	-	691,2
Hırvatistan	85,7	346,5	76,2	422,7
Kıbrıs R.K.	-	146,8	10,8	157,5
Çek Cmh..	14,0	281,5	-	281,5
Danimarka	104,9	4.881,7	216,8	5.063,8
Estonya	22,8	302,7	0,7	303,4
Finlandiya	184,3	626,7	379,4	1.000,5
Fransa	1.042,1	9.285,1	1.073,1	10.358,2
Almanya	5.242,5	39.127,9	6.012,4	44.946,1
Yunanistan	113,9	1.979,9	172,2	2.151,7
Macaristan	-	328,9	-	328,9
İrlanda	213,0	2.262,3	224,0	2.486,3
İtalya	107,5	8.662,8	295,0	8.957,8
Letonya	0,4	61,7	-	61,7
Litvanya	0,5	279,6	144,7	424,3
Lüksemburg	-	58,3	-	58,3
Malta	-	-	-	-
Hollanda	175,0	2.865,0	586,0	3.431,0
Polonya	444,3	3.833,8	1.266,2	5.100,0
Portekiz	222,0	4.947,0	132,0	5.079,0
Romanya	354,0	2.952,9	23,0	2.975,9
Slovakya	-	3,1	-	3,1
Slovenya	0,9	3,4	-	3,4
İspanya	27,5	23.025,3	-	23.025,3
İsveç	1.050,2	5.424,8	614,5	6.024,8
Birleşik K.	1.923,4	12.633,4	975,1	13.602,5
Aday Ülkeler ve Avrupa Serbest Ticaret Birliği(MWh)				
Makedonya	37,0	37,0	-	37,0
Sırbistan	-	-	9,9	9,9
Türkiye	804,0	3.738,0	956,0	4.694,0
İzlanda	1,2	3,0	-	3,0
Lihtenştayn	-	-	-	-
Norveç	48,0	819,3	22,5	837,6
İsviçre	-	61,4	-	60,4
Diğer Ülkeler(MWh)				
Beyaz Rusya	-	3,4	-	3,4
Faroe Adaları	11,7	18,3	-	18,3
Rusya	-	15,4	-	15,4
Ukrayna	126,3	497,5	16,6	514,1
Avrupa	13.065,6	134.252,7	13.805,2	147.772,0

Türkiye ise rüzgar enerjisine giderek daha fazla yatırım yapmakta ve rüzgarın enerji kaynağı olarak payının arttırılmasına yönelik bir strateji geliştirmektedir. Türkiye 2015 yılı sonunda 4.694 MWh'lık rüzgar kaynaklı enerji üretilmiştir. Bu üretim ülkenin özellikle coğrafi yapısı gereği özellikle Ege kıyıları ve Marmara bölgesinde yoğunlaşan toplam 126 RES'ten elde edilmektedir. Santrallerden en büyüğü Kırşehir ili Mucur ilçesine kurulu 75 ünitelik Al-Yel Elektrik Üretim Anonim Şirketi'ne ait Geycek RES tesisidir. Buradaki her bir ünitenin gücü 2 MWh'tır ve toplam kapasitesi 150 MWh'tır. Tesisteki her bir ünitenin türbin kanat çapı 80m ve türbin motor göbek yüksekliği de 78m'dir. Buna karşın en düşük üretim kapasitesine sahip santral İstanbul ili Silivri ilçesi Kurşuntepe mevkiinde kurulu olan 1 ünitelik Teperes Elektrik Üretim Anonim Şirketi'ne ait Tepe RES tesisidir. Bu tesisin toplam kapasitesi 0,85 MWh'tır. Bu tesiste yer alan ünitenin türbin kanat çapı 44m ve türbin motor göbek yüksekliği de 40m'dir.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın kriterine göre herhangi bir bölge için rüzgar enerji santrali yatırımının ekonomik olabilmesi için rüzgar hızının 7 m/s olması gerekmektedir. şekil 2.19'da örnek olarak Ankara ilinin yılık ortalama rüzgar haritası verilmiştir. verilen haritaya Ankara'nın kuzeyinden güneyine ters bir hilal şeklinde uzanan bölge rüzgar enerji santralinin kurulumu için uygun olarak gözükmektedir. Ancak buraya yapılacak yatırım, öncelikle ülke genelindeki enerji ihtiyacına, daha verimli rüzgar alanlarının daha önce değerlendirilmesi ve bir de belirlenen bölgenin enerji nakil hatlarına olan konumuna göre daha öne ya da öteye alınabilir.

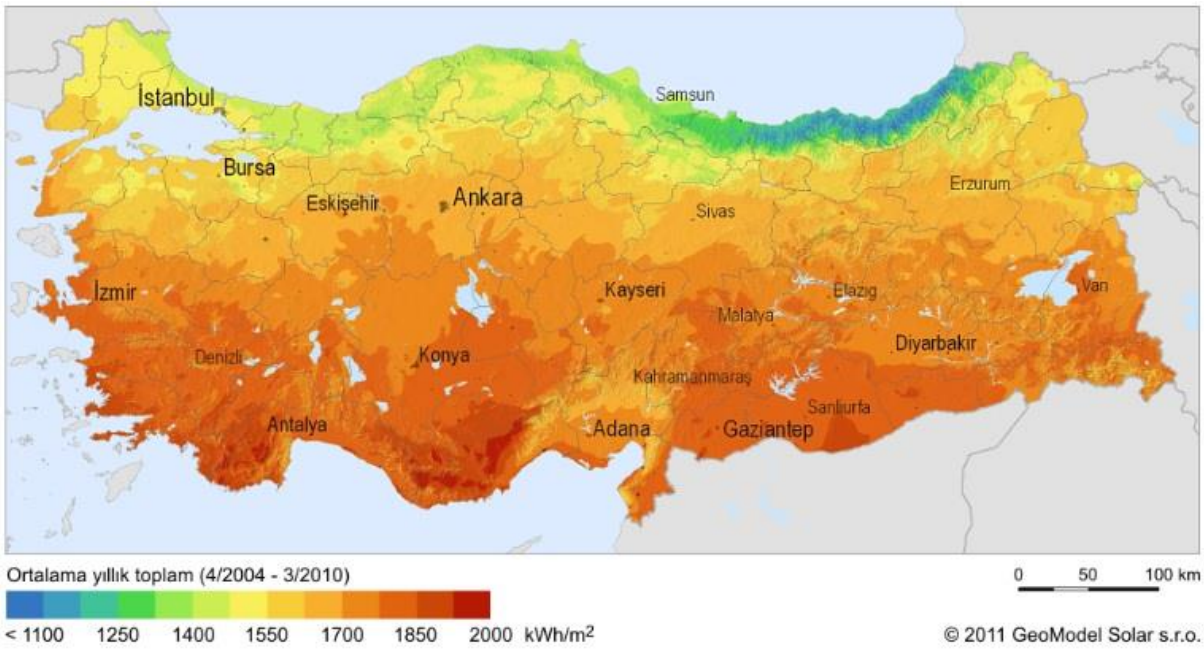


Şekil 2.19. Ankara ili rüzgar haritası

2.2.3. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, doğrudan güneş kaynaklı elde edilen bir enerji türüdür. Bu tanımın yanında bilimsel olarak, güneşin merkezinde gerçekleşen bir dizi süreç neticesinde ortaya çıkan ışıma enerjisidir. Bu süreç, füzyon süreci olarak nitelendirilir ve neticesinde hidrojen gazı helyum gazına dönüşür. Güneş ışımasının şiddeti yeryüzüne bir miktar azalama ile gelir. Bunun yaklaşık %30'u atmosfer tarafından yeniden uzaya yansıtılır, bir kısmı da atmosfer tarafından hapsedilir ve yeryüzüne yaklaşık yarısı gelir. Bu da dünyada hayatı var eden yegane enerjidir.

Güneş enerjisi, esasen Dünya yüzeyindeki konum, tarih ve gün içindeki zaman ile belirlenir. Bu faktörler ışınımın maksimum seviyesini belirleyebilir. Deniz seviyesinden yükseklik, atmosferdeki su buharı ya da kirleticiler ve bulut örtüsü gibi diğer faktörler olası maksimum ışınım seviyesini düşürür. Solar ışınım rüzgârın yarattığı aynı türbülansa maruz kalmaz; kısa sürede değişkenlik gösterebilir. Genelde bunlar, bulutların akışı ile ilgilidir (Cleveland, 2004). Şekil 2.20'da Türkiye'nin güneş enerji potansiyeline ilişkin harita yer almaktadır. Görüleceği üzere ülkemizin güneyi güneş enerjisi bakımından oldukça verimli bir konumdadır.



Şekil 2.20. Türkiye'nin ortalama güneş enerji potansiyeli

Şu an itibariyle Türkiye'deki en büyük güneş enerji santrali Konya Karatay Kızılören' de kuruludur. Kurulu gücü de 23 MWh'dir. Bunun yanında, Türkiye'de yapılan ilk güneş enerji kulesi Mersin'de 30 dönümlük bir arazide kurulmuştur. Burada araziye yerleştirilen 510 adet çukur ayna yer almaktadır. Aynalar 50 metre yüksekliğindeki bir kuleye güneş ışınlarını yansıtmaktadır. Aynalar aynı zamanda güneşin konumuna göre kendi konumlarını ayarlayabilmektedir. Böyle kule içerisindeki ısınan suyun buharlaşmasıyla tribünler döndürülerek elektrik enerjisi elde edilmektedir. Konya ve Mersin'deki santraller aynı zamanda şu anda mevcut iki ana güneş enerjisini kullanmaya yönelik yöntemdir. Konya'da yer alan tesis, fotovolkanik güç teknolojisine örnek verilebilir. Bu teknolojide fotovolkanik hücre adı verilen yarı iletken birimlerden oluşur ve bu malzemeler maruz kaldığı güneş ışınını doğrudan elektriğe çevirebilmektedir. Mersin'de yer alan tesisi de ısıl güneş teknolojilerine örnek olarak verilebilir. Bu teknolojide, öncelikli amaç güneş ışınından elektrik değil ısı elde etmektir ama elde edilen ısı yardımıyla Mersin örneğinde olduğu gibi dolaylı olarak elektrik üretilebilir. Teknolojik gelişmeler bu iki yöntemden elde edilen faydanın arttırılması ve maliyetinin azaltılmasına yöneliktir.

T.C. Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı'nın 2023 planlarına göre en az 300 MWh lisanslı kurulu güce ulaşılması hedeflenmektedir. Bunun ülkemizin özellikle iç Anadolu bölgesinde yapımına devam eden ya da planlanan güneş enerji santralleri mevcuttur. Örnek olarak Konya ili Karapınar ilçesine yapılması planlanan 600.000 hanenin elektrik ihtiyacı karşılayabilecek olan ve yıllık 1 milyar KWh elektrik üretimi beklenen güneş enerji santrali verilebilir.

2.2.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yerkürenin barındırdığı ve belli bölgelerden yer yüzüne yayılan bir iç ısıdır. Jeotermal enerji rüzgar ve güneş gibi her bölge için sınırlı da olsa var olan bir enerji kaynadı değildir. Petrol ve doğal gaz gibi yer altında bulunan ve yine sondaj çalışması neticesinde çıkarılan bir enerji türüdür. Bazı bölgelerde jeotermal kaynak kendine yer kürede bir yol bularak doğrudan yer yüzüne de çıkabilir. Jeotermal enerji kaynakları için üç ana etmen vardır.

Çok eski yıllardan yakın bir döneme jeotermal enerji yalnızca sağlık amacıyla kullanılmaktaydı. Ancak günümüzde doğrudan ısınma ya da başka tip enerjilere

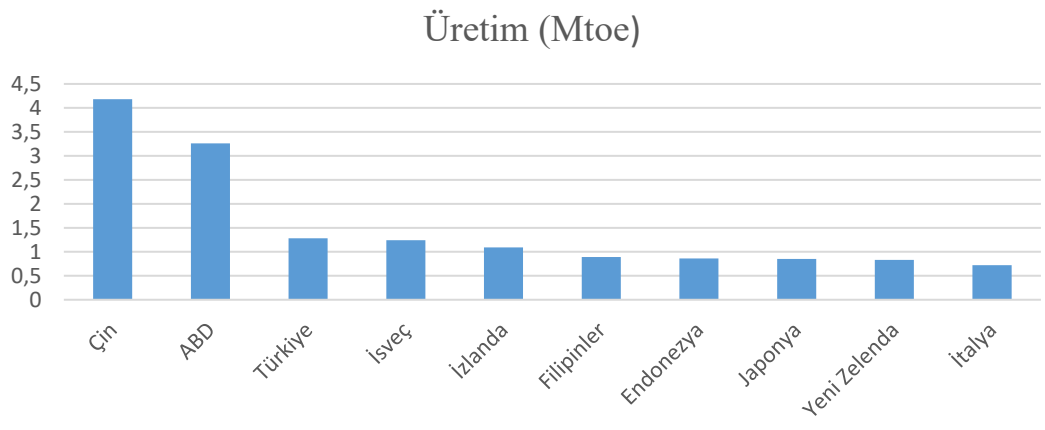
dönüştürülerek kullanılmaktadır. Aynı zaman da jeotermal enerji ile o bölgedeki iklim ne kadar soğuk olursa olun sera tipi zirai üretim de yapılabilmektedir ve bu tip yatırımların sayısı da giderek artmaktadır.

Son yıllarda jeotermal enerji kaynaklı elektrik üretimi artmaktadır. Bunun sebeplerinde en önemlisi teknolojik gelişmelerin olduğu söylenebilir. Önceleri elektrik üretimi yapabilmek için gerekli olan sıcaklık miktarı 200 °C iken bu değeri bu günlerde 100 °C'ye kadar düşürülmüştür. Yeni geliştirilen ve adına ikili çevrim denen bir yöntem ile buharlaşma noktaları düşük gazlar kullanılarak bu sıcaklık değeri 70 °C seviyelerine kadar indirilmiştir.

Dünyada bir çok ülkede jeotermal kaynak mevcuttur. Küresel olarak kullanımda olan jeotermal enerji kapasitesi 83.4 GWh'dır(www.worldenergy.org). Çizelge 2.6 ve şekil 2.21'de en yüksek miktarda jeotermal enerji kullanımına sahip on ülkenin değerleri erilmektedir.

Çizelge 2.6. Jeotermal enerji üretimine sahip on ülke

Ülkeler	Üretim (Mtoe)	Ülkeler	Üretim (Mtoe)
Çin	4,18	Filipinler	0,89
ABD	3,26	Endonezya	0,86
Türkiye	1,28	Japonya	0,85
İsveç	1,24	Y. Zelenda	0,83
İzlanda	1,09	İtalya	0,72



Şekil 2.21. Jeotermal enerji üretimine sahip ilk on ülke

Çizelge 2.6 ve Şekil 2.21'de görüldüğü gibi Türkiye jeotermal enerji üretiminde dünya genelinde iyi bir konumdadır. Ancak bu kullanımın çok az bir miktarı elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Üretilen büyük bir miktarı doğrudan sıcak su kullanımı ve ısınmaya yöneliktir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerine göre Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli 31.500 MWh'tır. 2010 yılı Uluslararası Jeotermal Derneği'nin verilerine göre ise Türkiye'de direk ısı enerjisi olarak kullanım durumu, bireysel ısınma 219 MWh, merkezi ısınma 792 MWh, sera ısıtması 483 MWh, havuz ısıtması 552 MWh, ısı pompası kaynağı olarak kullanım değeri 38 MWh ve toplamda 2084Mw olarak kaydedilmiştir. Jeotermal enerjinin elektrik üretimi durumu ise, elektrik üretimi lisansı alan yirmi firma ile 465,69 MWh, hali hazırda işletmede bulunan yedi santral ile 114,2 MWh ve değerlendirmeye alınan on altı lisans başvurusu ile 327,95 MWh olarak kaydedilmiştir

2.2.5. Biyokütle Enerjisi

Biyokütke enerji kaynakları kendi içerisinde farklılık gösterse bile hepsinin kaynağı doğadır. Doğada yer alan her bir ağaç, zirai ürün ve bitki, her bir evsel atık ve her bir hayvan atıkları biyokütle kaynağı olarak kullanılabilir. Bu özelliğinden dolayı biyokütle, tükenmez bir enerji kaynağıdır ve her yerde elde edilebilir. Ancak her bir bileşenden elde edilebilecek enerji miktarı değişkenlik gösterir. Bu sebeple, biyokütle enerjisi için daha verimli olan zirai dikimler yapılır.

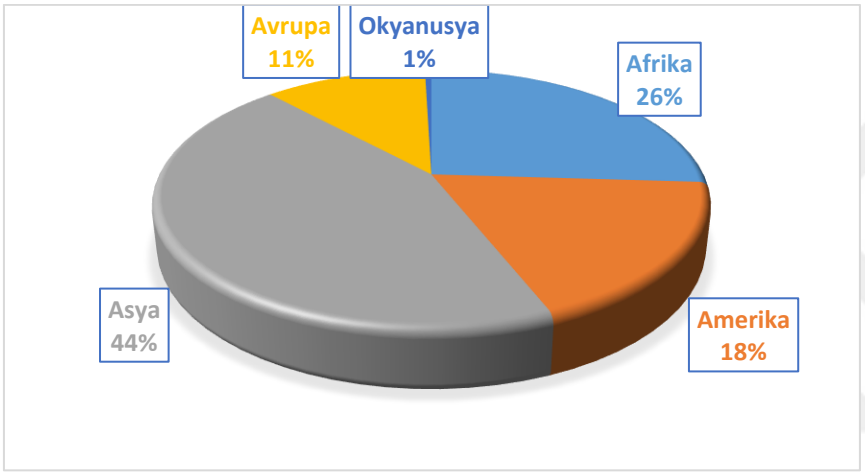
Biyokütleden elde edilen enerjilerde farklılık gösterir. Örneğin evsel atıkların yakılarak elektrik enerjisi elde edilmesi yöntemi, kesilen ağaçların ısınmada kullanılması ve bazı özel bitkilerden elde edilen biyoyakıtların kullanılması, bunların her biri ayrı ayrı biyokütle enerjisi olarak kabul edilir.

Dünya genelinde biyokütle enerjisinin toplam birincil enerji arzı 2000 yılında 42,9 Mtoe olurken 2005 yılında 47,2 Mtoe'ya ve nihayetinde 2013 yılında 57,7 Mtoe'na çıkmıştır. Buna karşın aynı yıllar için biyokütle kaynaklı elektrik üretimi sırasıyla 2000 yılı için 170 TWh, 2005 yılı için 237 TWh ve 2013 yılı için 462 TWh olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca, 2013 yılı için ise tüketim miktarı 49,5 Mtoe olup bunun 1,38 Mtoe'luk kısmı elektrik, 0,75 Mtoe'luk kısmı dolaylı ısınma, 44,6 Mtoe'luk kısmı doğrudan ısınma, 2,7 Mtoe'luk kısmı ise ulaşımda kullanılmıştır. Çizelge 2.7'de 2013 yılı için kıtalar baz alınarak üretilen enerji ve elektrik miktarı verilmiştir.

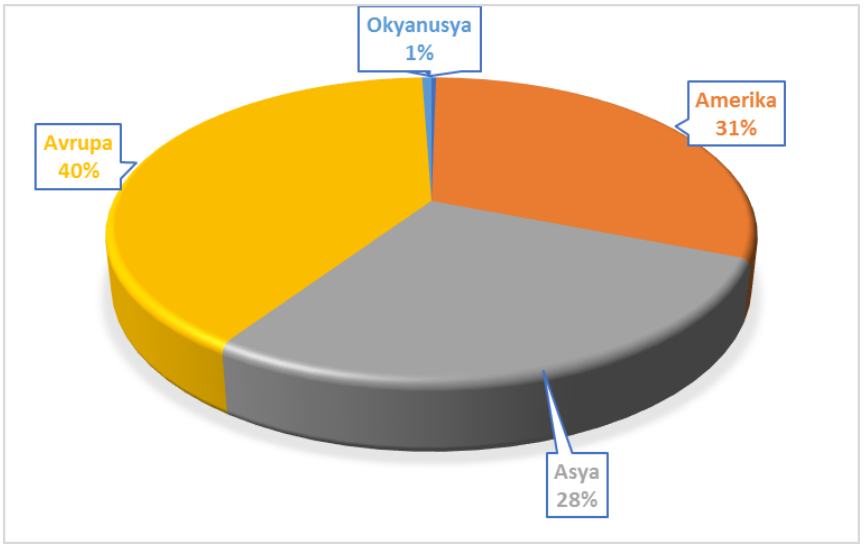
Çizelge 2.7. 2013 yılı için kıtalara göre biyokütle kaynaklı enerji ve elektrik üretimi

Kıtalar	Üretilen Enerji Miktarı (Mtoe)	Üretilen Elektrik Miktarı (TWh)
Afrika	15	1,27
Amerika	10,4	142
Asya	25,5	131
Avrupa	6,61	185
Okyanusya	0,26	2,58
Dünya	57,7	462

Çizelge 2.7'de verilen bilgileri içeren grafikler sırası ile Şekil 2.22 ve 2.23'de verilmiştir



Şekil 2.22. 2013 yılı için kıtalara göre biyokütle kaynaklı enerji üretimi



Şekil 2.23. 2013 yılı için kıtalara göre biyokütle kaynaklı elektrik üretimi

Verilen çizelge ve şekillerde ortaya çıkan en dikkat çekici sonuç Afrika kıtasının biyokütle kaynaklı enerji üretimi 15 Mtoe (%26) olmasına rağmen ürettiği elektrik enerjisi miktarı 1.27 TWh (~%0,003) olarak gerçekleşmesidir. Bunun sebebi gelişmekte olan ülkeler ya da altı ülkelerde ısınma için odun önemli bir yakıttır. Ayrıca yemek pişirmede de yine yoğun olarak kullanılmaktadır. Ancak biyokütle kaynaklı elektrik üretimi teknoloji isteyen bir işlem olduğunda bu oran ürettiği orana göre oldukça düşüktür. Avrupa kıtası için ise tam tersi bir durum vardır. 6,61 Mtoe (%11) kadar enerji üretmişken, buradan 185 TWh (%40) kadarlık elektrik üretimi gerçekleştir. Sonraki çizelgede ise 2013 yılı için yenilebilir enerji kaynaklarından enerji üreten ilk on ülke için, biyokütle kaynaklı enerji üretim değerleri ve yenilebilir enerji kaynaklarından elektrik üreten ilk on ülke için, biyokütle kaynaklı elektrik üretim değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.8. 2013 yılı için yenilebilir enerji kaynaklarından enerji ve elektrik üreten ilk on ülkenin biyokütleden enerji ve elektrik üretim değerleri

Enerji Üretim Değerleri		Elektrik Üretim Değerleri	
Ülkeler	Mtoe	Ülkeler	TWh
Çin	9,03	Çin	50,6
Hindistan	7,89	ABD	48,2
ABD	4,08	Brezilya	40,4
Brezilya	3,40	Kanada	5,45
Nijerya	4,38	Hindistan	23,1
Endonezya	2,30	Rusya	2,93
Kanada	0,55	Japonya	40,7
Etiyopya	1,87	Norveç	0,55
Pakistan	1,27	Venezüella	0,00
Türkiye	1,03	Türkiye	0,98

Burada yenilebilir enerji kaynaklarından enerji ve elektrik üretiminde birinci sırada olan Çin'in biyokütle kaynaklı enerji (9,03 Mtoe) ve elektrik (50,6 TWh) üretiminde de ilk sıra olduğu görülmektedir. Türkiye ise yenilebilir enerji kaynaklı enerji ve elektrik üretimde onuncu sırada yer almaktadır. Ancak biyokütle kaynaklı enerji (1,03 Mtoe) üretiminde Kanada (0,55 Mtoe)'nın üzerinde dokuzuncu sıradadır. Elektrik (0,98 TWh) üretiminde ise Venezüella (0,00 TWh) ve Norveç (0,55 TWh)'in önünde sekizinci sırada yer almaktadır (WBA, 2016).

1980'de %20 iken 2005'de %8'e düşmesine karşın, biyokütle Türkiye'nin toplam enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. Hububat tozu, saman ve fındık kabuğu gibi tarımsal artıklar, odun ve hayvan dışkısı biyokütle enerjisinin temel kaynaklarıdır. Bugün ülkenin

bazı köylerinde ısınma ve yemek pişirme amacı ile yukarıda bahsi geçen türde biyokütle yakılmaktadır (Özgür, 2008).

Ülkemizde son yıllarda sayısı artan çöpten enerji üretimi de bu tipteki enerjilere örnek verilebilir. Devletin özellikle elektrik üreticilerinin ürettikleri elektriğin satın alma garantisi özel sektör için önemli teşviklerin başında gelmektedir. Ayrıca belediyeler de bu tip çöp kaynaklı enerji üretimini desteklemektedirler. Çünkü bu sayede hem katı olarak depolanan çöpten bir şekilde kurtulmaktadırlar ve bununla beraber çöpün vahşi depolanmasıyla doğacak çevresel problemler de en az seviye indirilmektedir. Aynı zamanda evsel atıkların oluşturduğu çöpün yakılmasıyla elde edilen enerjinin dolaylı faydaları da vardır. Örneğin yakılan evsel atıkların kalıntılarından gübre yapılmakta, ortaya çıkan ısıdan elde edilen sıcak su ile çevredeki tesislerin ya da yerleşim yerlerinin ısınma ihtiyacının karşılanması hem de yine eldeki sıcak su ile sera uygulamaları da yapılmaktadır ve tabi ki evsel atıklardan arındırılan diğer çöplerin de geri dönüşüme sokulmaktadır. Bu tipte çalışan tesise bir örnek olarak Ankara, Mamak'ta faaliyet gösteren ITCKA Enerji tesisi verilebilir.

Öncelikle Büyükşehir belediyeleri çöp atıklarının çözümüne yönelik olarak atık yakma ve enerji üretim tesisleri kurmaya başlamışlardır. Türkiye'de 2007 yılı itibariyle otoprodüktör statüde gerçekleştirilen ve yapımı tamamlanan biyokütle ve atık yakıt kaynaklı kojenerasyon tesisleri; 4 MW gücünde (7 GWh/yıl kapasiteli) Kemerburgaz (İstanbul) çöp gazı santrali, 5,2 MW gücünde (37 GWh/yıl kapasiteli) Köseköy (İzmit) çöp gazı santrali, 0,8 MW gücünde (6 GWh/yıl kapasiteli) Adana çöp gazı santrali ve 3,2 MW gücünde (22 GWh/yıl kapasiteli) Belka (Ankara) çöp gazı santralidir. Serbest üretim şirketleri tarafından yapılan biyokütle ve atık yakıt kaynaklı kojenerasyon tesisleri ise; 1 MW gücünde (8 GWh) Ekolojik Enerji (Kemerburgaz) çöp gazı santrali, 5.7 MW gücünde (45 GWh) ITCKA Enerji Mamak (Ankara) çöp gazı santrali ve 1,4 MW gücünde (10 GWh) Aksa Çöp Gazı Santralidir. Sonuç olarak genel toplamda Türkiye'de 21,3 MW gücünde 134 GWh'lık kapasiteye sahip biyokütle enerjisinden elektrik üretimi söz konusudur (Akpinar ve diğerleri 2008).

2.2.6. Diğer Yenilenebilir Enerjiler

Yukarıdaki beş alt başlıkta verilen yenilebilir enerji kaynaklarının dışında, başka yenilebilir enerji kaynakları da mevcuttur. Bunlar ya bugün için kullanılabilir değil ya da kullanılmasının elverişli olmayan türleridir. Bu tipteki enerji türlerinin başlıcası deniz kökenli yenilebilir enerji türüdür. Burada adından da anlaşılacağı gibi deniz suyunun hareketlerinden faydalanılarak elde edilen enerjidir. Bu yolla, denizdeki akıntılar, dalgalar ve gel-git hareketlerinden faydalanılır. Türkiye için gel-git enerjisinin kullanılmamasın coğrafi olarak mümkün değildir. Ancak İstanbul ve Çanakkale boğazlarındaki akıntılardan ve tüm kıyı şeridindeki deniz dalgalanmalarından yararlanılabilir. Bugün itibariyle ülkemizde bu enerji kaynağı kullanılmamaktadır.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın kaynaklarına göre dalga enerjisi ile ilgili; "Temiz, sınırsız ve ucuz enerji üretir. İlk yatırımından başka hiçbir girdisi yoktur. Nüfus yoğunluğu kıyılarda toplanmış olan ülkemizde enerji, üretilen yerde tüketileceğinden uzun iletim hattına gerek yoktur. Öngörülen enerji ihtiyacına göre boyutlandırılır. Büyük dalga boyutu maliyeti düşürür. Dalyan görevi görerek, denizlerdeki balık neslinin çoğalmasına yardım eder, ekolojik dengeye katkıda bulunur. Deniz üzerinde kurulduğu için tarım arazilerini yok etmez. İleri teknoloji gerektiren, politik baskı ve ambargo malzemesi olabilecek, hiçbir girdisi yok. Her zaman kesintisiz ve kaliteli enerji üretir. Dalgalardan elde edilen ucuz elektrik enerjisi, yoğun nüfuslu büyük şehirlerimizde ısınma amaçlı kullanılacağından, soluduğumuz havanın kalitesini yükseltecektir. Dalga elektrik santrallerinin üzeri otel, sosyal tesis, disko, gazino, restoran vs. olarak kullanılabilecektir. Sistemde gürültü dâhil, hiçbir kirletici yoktur. Dalga elektrik santralleri, adalar için ideal enerji santralleridir." İfadeleri yer almaktadır. Buradan da devletin bu enerji kaynakları hakkında bilgi sahibi olduğu ve enerji politikalarında bir alternatif olarak düşündükleri yorumu yapılabilir.

Deniz suyu hareketinden enerji üretiminde birden fazla yöntem(kıyı şeridi, salınımlı su kolonu, daralan kanal sistemi, pendula, osprey v.b.) vardır. Bunlar tesisin kurulacağı yere, deniz suyunun derinliğine ve ihtiyaca göre farklılık göstermektedir.

3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Etkinlik genel anlamda bir faaliyet, hareket ya da davranışın, kendi olanakları doğrultusunda, yönlendirilmiş olduğu hedefe ulaşma derecesidir. Başka bir ifadeyle hedefine ulaşmada yeterli olup olmadığını belirleyen bir ölçüttür. Bu ölçümü elde edebilmek için faaliyet alanına dair girdi ve çıktı bilgilerine ulaşmak yeterli olacaktır. Dolayısıyla bu bilgelere sahip her sistem etkinlik analizinin konusu olacaktır. Bu analize konu olan organizasyona ait ve performans etkinlikleri saptanacak olan her bir birime, terminolojide Karar Verme Birimi adı verilmektedir. Bir karar verme birimi için çok sayıda karar noktası varsa, bu karar noktalarının etkinlik skorlarını tahmin etmek ve kararını bu etkinlik skorları üzerinden değerlendirmek önem taşımaktadır. Çünkü karar verici diğerlerine nazaran daha az etkin olan birimlerin etkinliklerini arttırmak için ortaya sunacağı senaryoları bu analiz üzerinden geliştirecek bu çabanın genel üzerindeki etkisini görmek isteyecektir. Tüm bu ihtiyaçlar doğrultusunda karar verme birimlerinin kaynaklarının verimli kullanmadaki performanslarını sayısal yöntemlerle incelememize olanak sağlayan birçok parametrik ve parametrik olmayan yöntem geliştirilmiştir.

Etkinliğin ölçülmesinde kullanılan parametrik olmayan metodolojik yaklaşımlar 70'li yıllardan bu yana önem kazanmaya başlamıştır. Bu yaklaşımlardan biri Veri Zarflama Analizidir. İlk olarak 1957'de Farrel tarafından "Sınır Üretim Fonksiyonu" olarak ortaya atılan Veri Zarflama Analizi doğrusal programlama tabanlı bir yöntemdir. Yöntem Charnes, Cooper, Banker ve Rhodes tarafından daha sonraları geliştirilmiştir.

VZA birbirinden farklı ölçülerle ölçülmüş başka bir ifadeyle farklı ölçü birimleri olan girdileri kullanarak çıktı ya da çıktılar ortaya koymakla sorumlu, karar noktalarının göreceli etkinliklerini değerlendirmek için kullanılan ve doğrusal programlama tabanlı bir yöntem olarak tanımlanabilir. Analize konu olan karar verme birimlerinin benzer türden olmaları, aynı hedefe yönelik benzer işlevlere sahip olması gerekmektedir. VZA, modele adını veren 'zarflama' yani kuşatma işlemi üzerine kurulmuştur. VZA temel olarak, birimlerin göreli etkinliklerini değerlendirebilecek bir sınırı belirleyebilmek için gözlemleri kuşatır ve bir sınır oluşturur. Oluşan sınıra da 'etkinlik sınırı' adı verilir.

Veri Zarflama Analizini benzer amaçlı diğer yöntemlerden ayıran temel özellik, çok sayıda girdi ve çıktının olduğu durumlarda değerlendirme yapılabilmesini sağlamasıdır. Analiz sonucunda, her karar noktasının etkinlik değeri, etkin olmayan karar noktalarının hangi girdi/çıktı oranlarında etkinliklerinin nasıl arttırılabileceği senaryolar ve referans olarak kullanılabilecek karar noktalarına ilişkin bilgiler elde edilir (Karakoç, 2003).

Yöntemin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Çok sayıda girdi ve çıktı değişkeni kullanabilmektedir.
- VZA, statik bir analizdir. Zamanda tek bir nokta üzerindeki verilere kullanarak çözümleme yapar. Zaman içindeki değişikliği analiz edebilmek için zaman boyutunu da dikkate alan Malmquist toplam faktör verimlilik indeksi ile birlikte kullanılabilir.
- VZA parametrik olmayan bir yöntem olduğundan herhangi bir varsayıma ihtiyaç duymaz, fakat yine aynı sebepten elde edilen istatistiğin gücü parametrik yöntemlere nazaran daha düşük olmaktır.
- VZA'da etkinlik skorları en iyi uç değere göre hesaplanmaktadır. Bu yüzden uç değerlerden etkilemektedir. Bu sebeple elde edilen VZA skorları mutlak değil göreceli olarak değerlendirilmelidir.
- Girdi ve çıktı değişkenlerinin birimlerinin aynı olması gerekmemektedir. Farklı birimlerden rahatlıkla kullanılabilmektedir. (ağırlık, parasal, adet veya oransal büyüklük gibi.)
- Deterministik bir yöntem olmasından dolayı stokastik bir terimi yoktur. Bu da modelde rasgele hataya yer olmadığını gösterir. Dolayısıyla verilerden kaynaklı hatalar analiz sonuçlarını olumsuz olarak etkileyecektir.

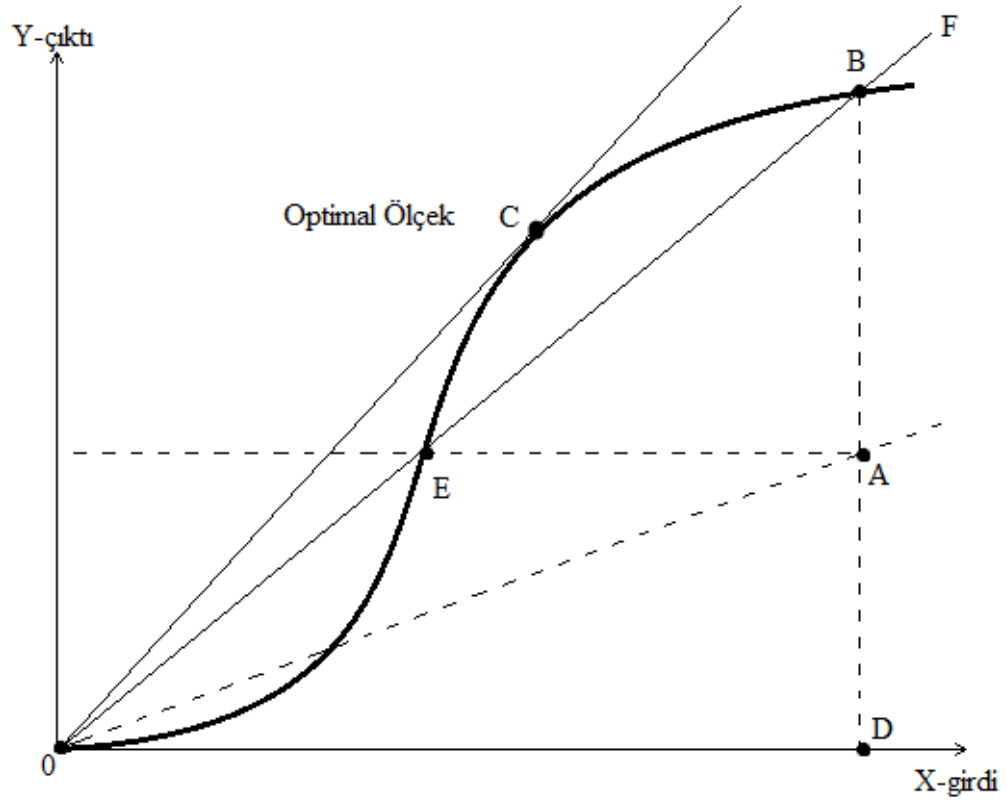
VZA'nın çalışma alanına oldukça geniştir. Finans ve sağlık ve enerji sektörü, adli yargılama sistemi, üniversiteler gibi kurumların yanında makineler, bir yarışmadaki oyuncular, ülkeler, bölgeler bir ülkenin yıllara göre durumu olabilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus karar noktalarının birbirine benzer yani homojen olarak belirlenmesidir.

Bu tezin çalışma alanı yenilenebilir enerji sektörüdür. Günümüzde ülkeler yaygın olarak fosil yakıt olarak adlandırılan petrol, kömür ve doğal gaz kullanmaktadır. Bu enerji kaynakları sınırlı rezervlere sahip olmalarından dolayı tükenmeleri durumunda alternatif kaynaklara ihtiyaç duyulacaktır. Bunun aksine yenilenebilir enerji kaynakları ise

kendilerini sürekli yenileyebildiklerinden tükenme durumları söz konusu değildir. Fakat mevcut yenilebilir enerji kaynaklarının elde edim maliyeti fosil kaynakları nispeten fazladır. Böyle bir durumda kaynakların tüketimi bakımından performanslarının ölçülmesi önem arz etmektedir. Literatürde VZA ile enerji sektörü üzerinde birçok uygulama yapılmıştır. Bunlardan bir kısmı Henryson ve diğerleri (2000),(Hepbasli ve Utlu (2004), de Alegría Mancisidor ve diğerleri (2009), Manan ve diğerleri (2010). Sözen ve diğerleri (2012) ve son olarak da Sözen ve diğerleri (2010), çalışmaları örnek gösterilebilir.

Literatürde oldukça karıştırılan etkinlik ve verimlilik kavramları arasındaki farkı bir şekil yardımıyla gösterilmelidir. A, B ve C üç farklı üreticiyi ifade etmektedir. *x* ekseni girdi miktarlarını *y* ekseni ise çıktı miktarlarını göstermektedir. A noktası verimliliği DA/OD oranıyla hesaplanır. Yani A'nın verimliliği, bu noktadan orijine çizilen doğrunun eğimidir. Bu durumda A noktasının verimlilik değeri B noktasına kaydırılarak arttırılabilir. Yeni noktanın verimliliğe ise BD/OD oranıyla hesaplanır. A noktasının etkinliği ise; A noktasına ait verimliliğin, B noktasına ait verimliliğe oranıdır.

O halde etkinlik=AD/BD'dir.



Şekil 3.1. Verimlilik ve etkinlik gösterimi (Eroglu ve Candan n.d.)

Yukarıda verilen ekinlik tanımı üzerinden, aynı girdi düzeyi ile çıktı miktarını arttırırsa çıktı odaklı, aynı çıktı düzeyi için girdileri azaltırsa girdi odaklı model kullanılmış olur. Etkinlik sınırı olarak ifade edilen OF eğrisi üzerindeki her bir nokta etkindir. Bu sınırın altında veya sağında kalan noktalar etkin değildir.

VZA, geleneksel istatistik yaklaşımlarının çoklu girdi ve çıktı durumunda etkinliğin ölçülmesi konusundaki yaşadığı probleme cevap olacak düzeyde bir matematiksel modeldir. VZA, analiz içerisinde yer alan tüm KVB'nin etkinlik sınırında veya bunun altında kalacağı varsayımı ışığında, incelenen KVB'nin diğer KVB'leri ile karşılaştırmalı olarak etkinliğini irdelemektedir. (Thomas ve diğerleri. 1998)

VZA karar verme birimlerinin etkinlik skorlarını hesaplarken lineer programlamaya dayalı bir model kullanır. Bu analiz ile bir KVB diğerleriyle karşılaştırma olanağı bulunur. Analizde sınır üzerinde ki her KVB etkin olarak adlandırılır. Yöntem, en küçük kareler yönteminde olduğu gibi, merkezi eğilimlerden ziyade, etkin sınırlar üzerinde odaklanır ve etkin gözlemleri kapsayan (zarflayan) kesikli bir düzlem oluşturur. Bu nedenle VZA, her bir gözlemi ayrı ayrı değerlendirerek, mevcut gözlemi yalnızca en yakın etkin birimlerle karşılaştırır. (Thomas ve diğerleri, 1998). Etkinsizliğin ölçümü sınırı olan uzaklığa göre belirlenir. VZA'nın önemli üstünlüklerinden biride, etkin olmayan birimlerin sınır etkinlik düzeyine ulaşabilmeleri için nasıl bir yol izlenmesi hakkında bilgi vermesidir (Sowlati ve Paradi ,2004).

3.1. Veri Zarflama Analizi Modelleri

VZA metodolojisinde kullanılan iki temel model sonraki iki bölümde ana hatları ile verilmiştir.

3.1.1. CCR Modeli

1978' de Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından ileri sürülen model literatürde yaratıcılarının ilk harfleri ile anılır.

m adet girdi, *s* adet çıktısı olan bir analiz için, $x_{ij} > 0$ parametresi, *j* karar birimi tarafından kullanılan *i* girdi miktarını, benzer şekilde $y_{jr} > 0$ parametresi, *j* karar birimi tarafından

üretilen *r* çıktı miktarını temsil etmektedir. *u* ve *v, o*. karar biriminin *i*. girdi ve *r*. çıktıları için vereceği ağırlıklar modelin değişkenleridir. Model bu aşamada *n* tane karar birimi için *n* adet kesirli programlama formülasyonudur. Kesirli doğrusal programlama modelinin amaç fonksiyonu, verimlilik tanımından hareketle, o karar birimi için toplam ağırlıklandırılmış girdilere oranının maksimizasyonudur (Cingi ve Tarım, 2000).

Doğrusal programlama modelinin çözümü, kesirli programlama modeline nazaran uygulamada avantaj sağlayacağından Charnes ve diğerleri (1978) modeli gerekli şekilde dönüştürmüşlerdir. Yeni modeli de Simplex algoritmasıyla çözmüşlerdir. Modelde maksimum etkinlik 1 ile sınırlandırılır. CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanmaktadır. Bu durumda amaç fonksiyonun girdi odaklılık varsayımı altında kurulduğu durumda model aşağıda ki gibidir.

$$Max\, h_0 = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}}$$

Kısıtlar (3.1)

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \le 1\ ;\ j = 1,...,n,$$

$$v_i \ge 0;\quad u_r \ge 0\ ;\quad i = 1,...,m \quad r = 1,...,s$$

Burada;

u_r : *k* KVB tarafından *r* inci çıktıya verilen ağırlık,

v_i : *k* KVB tarafında *i* inci girdiye verilen ağırlık,

y_{rk} : *k* KVB tarafından üretilen *r* inci çıktı,

x_{ik} : *k* KVB tarafından kullanılan *i* inci girdi,

y_{rj} : *j* inci KVB tarafından üretilen *r* inci çıktı,

x_{ij} : *j* inci KVB tarafından kullanılan *i* inci girdi,

ε : Pozitif çok küçük bir değere karşılık gelmektedir.

Bu kesirli modeli çözüme ulaştırmak matematiksel açıdan zor olacağından programlama setinin çözümü 3.2'deki gibi doğrusal modele dönüştürülür.

$$Max \quad h_0 = \sum_{r=1}^{s} u_r y_r$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_i = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_r - \sum_{i=1}^{m} v_i x_i \geq 0 \qquad (3.2)$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

Tüm doğrusal programlama modelleri gibi VZA modelleri de primal ve dual olmak üzere iki ayrı şekilde ifade edilebilir. Dual model, primal modele göre daha az işlem gerektirdiğinden ve modele göre en iyi çözüme ulaşmak için önemli yönetsel bilgiler sağladığında daha çok kullanılmaktadır. Dual modelin amaç fonksiyonu ile primal modelin amaç fonksiyon değerleri birbirine eşit çıkacaktır. (3.2) ile ifade edilen girdi yönlü CCR modelinin duali aşağıda verilmiştir.

$$Min \quad \theta_k$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jk} x_{ij} \leq \theta_k x_{ik} \qquad (3.3)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jk} y_{rj} \geq y_{rk}$$

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

Eğer CCR modelimizi çıktı odaklılık varsayımı altında kurulmasını istiyorsak model (3.4)'deki gibi elde edilir.

$$Min \quad g_j = \sum_{i=1}^{m} v_i x_i$$

Kısıtlar

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_r = 1$$

$$-\sum_{r=1}^{s} u_r y_r + \sum_{i=1}^{m} v_i x_i \geq 0 \qquad (3.4)$$

$u_r, v_i \geq 0$

Çıktı yönlü modelin duali ise (3.5)'deki gibidir.

$Max \quad Z_k$

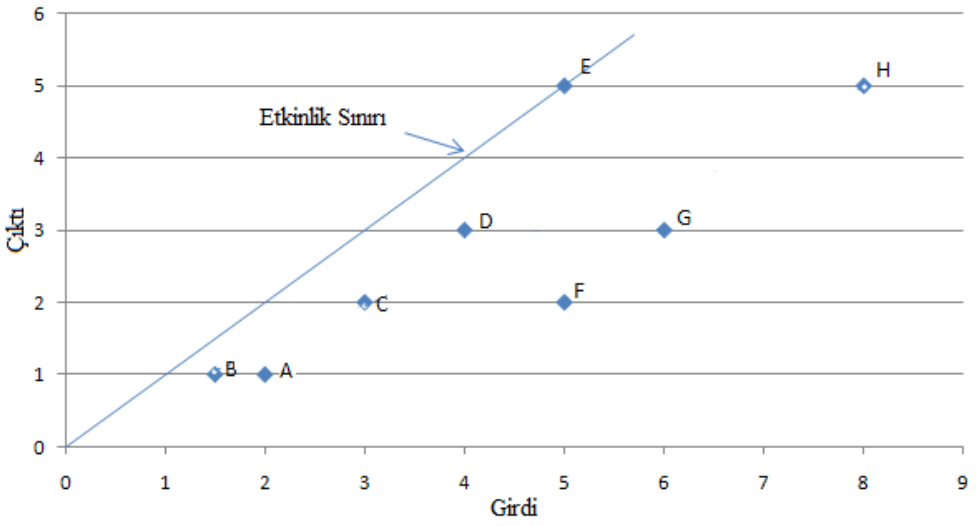
Kısıtlar;

$$\sum_{j=1}^{n} \eta_{jk} x_{ij} \leq x_{ik}$$

$$Z_k y_{rk} - \sum_{j=1}^{n} \eta_{jk} y_{rj} \leq 0 \qquad (3.5)$$

$$\eta_{jk} \geq 0$$

Yukarıdaki modeller kullanılarak girdi ve çıktı odaklı problemler çözülebilir. Analiz sonucu her bir KVB için birer etkinlik skoru elde edilecektir. Bu etkinlik skoruna göre her bir KVB bir ya oluşturulan etkinlik sınırı üzerinde yer alacak ve bunlara etkindir denilecek ya da sınırın dışında, modelin yönüne göre altında ya da üzerinde, kalarak etkin değildir denilecektir. Şekil 3.2'de CCR model için elde edilebilecek bir etkinlik sınırı verilmiştir. Burada modelde yer alan KVB'nden E, KVB etkinlik sınırı üzerinde yer aldığı için etkinidir ve etkinlik skoru1'e eşit olarak elde edilir. Diğer KVB ise etkinlik sınırı üzerinde olmadığında etkin değillerdir ve 1'den daha küçük etkinlik skorlarına sahiptirler.



Şekil 3.2. CCR model için etkinlik sınırı

3.1.2. BCC Modeli

Banker, Charnes, Cooper (1984) tarafından önerilen modelde, CCR modelinin varsayımlarında değişikliğe gidilmiştir. Ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında KVB'nin toplam etkinliğini belirlemek için kullanılır.

Girdiye yönelik BCC modeli, girdilerin oransal azalması boyunca, sınır doğrultusunda maksimum hareketi, çıktıya yönelik BCC modelleri ise çıktıların oransal artırımı ile sınır doğrultusunda maksimum hareketi amaçlamaktadır. (Behdioğlu ve Özcan, 2009).
BCC modeli kullanılarak oluşturulan etkinlik sınırı daima CCR ile oluşturulan etkinlik sınırının altında kalacaktır. Başka bir ifade ile CCR ile etkin olarak belirlenen birimler BCC mutlak suretle etkin çıkacaktır. Fakat bunun tersi doğru değildir. Yani BCC de etkin olarak belirlenen bir birim CCR da etkin olmayan birim olarak belirlenebilir. CCR modelinin dualine konvekslik kısıtı olarak $\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jk} = 1$ ifadesi eklenir. Bu kısıt KVB!nin ölçeğe göre getiri türleri belirlenebilmektedir. Buna göre bir KVB için hesaplanan ağırlıkların toplamı birden büyük ise KVB ölçeğe göre azalan getiriye; birden küçük ise artan getiriye ve bire eşit ise sabit getiriye göre faaliyet gösteriyor anlamına gelmektedir. (Yıldız,2006)

Girdi yönlü BCC modeli aşağıdaki gibidir.

$Min \quad \theta_k$

Kısıtlar

$$\theta_k x_{ik} - \sum_{j=1}^{n} \lambda_{jk} x_{ij} \geq 0$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jk} y_{rj} \geq y_{rk} \qquad (3.6)$$

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

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

Girdi yönlü BCC modelinin duali aşağıdaki gibidir.

$$
\begin{aligned}
&Max \ \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rk} - u_k \\
&\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} - u_k \le 0 \\
&\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ik} = 1 \\
&u_r, v_i \ge \varepsilon > 0, u_k \ \text{ serbest}
\end{aligned}
\tag{3.7}
$$

Çıktı yönlü BCC modeli aşağıdaki gibidir.

$$
\begin{aligned}
&Max \ Z_k \\
&Z_k y_{rk} - \sum_{j=1}^{n} n_{jk} y_{rj} \le 0 \\
&\sum_{j=1}^{n} n_{jk} x_{ij} \le x_{ik} \\
&\sum_{j=1}^{n} n_{jk} = 1 \\
&n_{jk} \ge 0
\end{aligned}
\tag{3.8}
$$

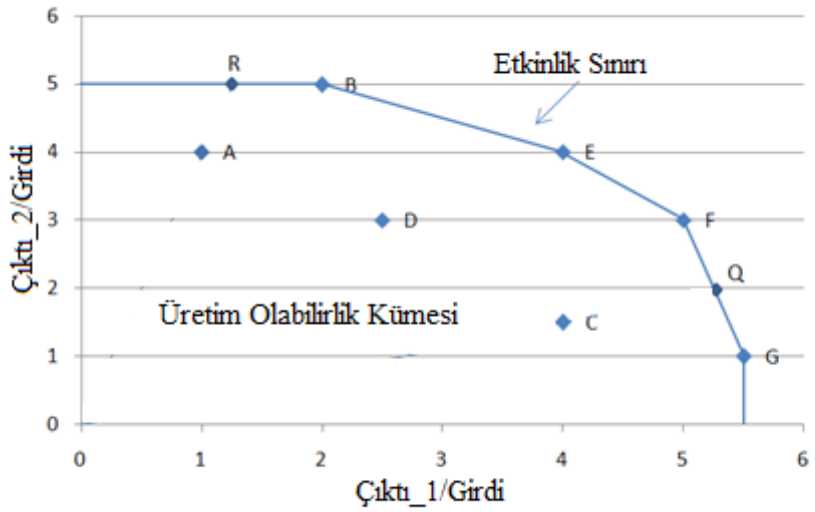
Çıktı yönlü BCC modelinin duali aşağıdaki gibidir.

$$
Min \ \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ik} - v_k
$$

Kısıtlar

$$
\begin{aligned}
&\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} + \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} - v_k \\
&\sum_{i=1}^{m} u_r y_{rk} = 1 \\
&u_r, v_i \ge \varepsilon > 0, v_k \ \text{ serbest.}
\end{aligned}
\tag{3.9}
$$

Verilen BCC modellerinden elde edilebilecek etkinlik sınırı ve üretim olabilirlik kümesi şekil 3.3'de verilmiştir. Buna göre etkinlik sınırı üzerinde yer alan R, B, E, F, Q ve G KVB etkinlik sınırı üzerinde etkindir. A, D ve C KVB ise etkinlik sınırının altında kaldığı için etkin olarak değerlendirilmez.



Şekil 3.3. BCC model için etkinlik sınırı

4. BOOTSTRAP

İstatistik, rastgelelik içeren olaylar, süreçler, sistemler hakkında modeller kurmada, gözlemlere dayanarak bu modellerin geçerliliğini sınamada ve bu modellerden sonuç çıkarmada gerekli bazı bilgi ve yöntemleri sağlayan bir bilim dalıdır. Kısaca, "istatistik; rastgelelik ortamında hesap yapmaktır da diyebiliriz". (Öztürk, 2011)

İstatistik teorisi üç sorunun cevabını arar. İlki veriyi nasıl toplamalıyım, diğeri topladığım veriyi nasıl betimlemeliyim ve son olarak da elde ettiğim verinin betimlemesi ne kadar doğrudur. Üçüncü soru istatistiksel sonuç çıkarımı olarak bilinen bölümü oluşturmaktadır. Bootstrap, istatistiksel sonuç çıkarımının belirli bir kısmının yapılması için geliştirilen bir yöntemdir. Bootstrabın kullanımı modern bilgisayarların gelişimi ve kullanımın yaygınlaşması ile orantılı olarak artmıştır. Çünkü Bootstrap geleneksel istatistik teorisinin hesaplamalarına göre daha karmaşık hesaplamalar gerektirmektedir.

Bootstrap metodu, yoğun matematik formüllerden uzak, sınırlı varsayımlara sahip, anlaşılması ve kullanılması oldukça kolay bir metottur (Simon ve Bruce, 1991). Bu yöntem, özellikle bilinen istatistiksel metotların ve varsayımların yetersiz kaldığı durumlarda güvenilir sonuçlar vermektedir. Bootstrap metodu, olasılıkta olduğu gibi güven aralıkları, hipotez testi ve regresyon analizinde de kullanılmaktadır (Efron ve Tibshirani 1993)

Bootstrap, parametrik olmayan istatiksel sonuç çıkarımlarının elde edilmesi konusundaki problemlere cevap oluşturacak yeniden örnekleme yöntemlerinden biridir. Aslında yeniden örnekleme tekniği bootstraptan eskilere dayanmaktadır. Fisher (1935) ve Pitman (1937)'ın permutasyonu, Quenouille (1956) nin jacknife yöntemi yeniden örnekleme tekniklerine örnek olarak verilebilirler. Bootstrap ise Monte Carlo yaklaşımının kullanımını daha pratik hala getirmesine rağmen, yöntemin yaygınlaşması bilgisayar kullanıma bağlı olarak takip eden yılarda olmuştur. 1979 yılı ise yöntem için son derece önemli bir yıl olmuştur. Brad Efron, "Annals of Statistics" de yayımlanan çalışmasında bootstrabı, yan ve varyans tahmini elde etmede kullanılan Jackknife tekniği üzerine tekrar inşa etmiş ve bu iki deneysel yöntemi birleştirmiştir. Böylelikle Bootstrap özellikle asimtotik dağlımlar için daha kullanışlı uygulanabilir bir hal almıştır.

Öncelikle, tamamıyla belirsiz, tek değişkenli *F* olasılık dağılımından *n* boyutlu gözlem elde ediyoruz.

$$X = x_i, \qquad X_i \sim F_{ind} \qquad i = 1,2,.....,n.$$

Tüm örneklerde, *F* gerçek hat veya düzlem üzerinde bir dağılım olacaktır. Fakat bunun teoride bir rolü yoktur. $X = (X_1, X_2, \ldots, X_n)$, burada rastgele örneklemeyi, $x = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$ ise gözlenen gerçekliği temsil etmektedir. Çözmeyi amaçladığımız problem; $R(X, F)$ spesifik olarak rastgele bir değişken olmak üzere, gözlenen *x* veri seti üzerinden *R*'nin örneklem dağılımının tahmini, *X* ve *F*'e bağlı olacaktır. Geleneksel jackknife teorisi *R*'nin iki farklı seçimine bağlıdır.

$\theta(F)$, ortalama, korelasyon veya standart sapma gibi *F*'in bir parametresini temsil etsin. $t(x)$ise örneklem ortalaması veya örneklem korelasyonu gibi $\theta(F)$'in tahmini olsun.

$$R(X, F) = t(x) - \theta(F) \tag{4.1}$$

örneklem dağılımı veya daha kesin olarak örneklem dağılımının ortalaması ve varyansı geleneksel jackknife teorisi ile tahmin edilir. Yan ve varyansın tahmini $\hat{Yan}(t)$ ve $\hat{Var}(t)$ ile gösterilsin. Bunlar, $t(\bullet)$'nın, *n* kez hesaplanmasıyla elde edilen *X*'in bir fonksiyonu niteliğindedir. *R*'nin diğer geleneksel seçimi ise;

$$R(X, F) = \frac{t(x) - \hat{Bias}(t) - \theta(F)}{\sqrt{\hat{Var}(t)}} \tag{4.2}$$

Olarak elde edilir. Eşitlik 4.2'de verilen ifade, standart Student's dağılımının *n-1* serbestlik dereceli dağılımı ile çözülebilir. Bootstrap teorisi için yukarıdaki ifade önemli bir rol oynamamaktadır. Bu sebeple yöntem diğer seçimle ilgilenir. Bootstrap yöntemi tek örnekli problemler için en azından aşağıdaki ilkeleri içermelidir. Her bir $x_1, x_2, \ldots, x_n$ için $1/n$ ağırlıklı örnek olasılık dağılımı $\hat{F}$ oluşturulmalıdır. Oluşturulan $\hat{F}$'dan *n* boyutlu bir rastgele örnek çekilir.

$$\begin{aligned} X_i^* &= x_i^* \\ X_i^* &\sim ind\ F \quad i = 1,2,\ldots,n \end{aligned} \tag{4.3}$$

Eşitlik 4.3 ile verilen bu ifade "bootstrap örneklemi" olarak isimlendirilir. Dikkat edilmesi gereken, $x_1, x_2, \ldots, x_n$ kümesinden yerine koyarak seçilen X^*'ların değerlerinden dolayı bir permütasyon dağılımı kullanamayacağımızdır. Buna karşın jackknife, yerine koymadan $(n-1)$ boyutlu örnek çekimi olarak düşünülebilir. $R^* = R(X^*, F^*)$'ın bootstrap dağılımı $R(X, F)$'in dağılımına yaklaşacaktır.

Eğer $F = \hat{F}$ ise R^*'ın dağılımı, R'nin dağılımına eşit olacaktır. Teoride R^*, eğer X daha önce bir kez gözlemlendiyse kesin olarak hesaplanabilir. R'nin dağılımının herhangi bir parametrik olamayan tahmin edicisi, F'in üzerinde önceden uygulanmış bir kısıtlama olmaksızın iyi bir tahmin edici olarak çalışması durumunda ve $F = \hat{F}$'nın doğruluğu altında bize doğru cevaba yakın bir sonuç vermek zorundadır. Çünkü $\hat{F}$, F'in mümkün sınıfları arasında ortak noktadır. $F = \hat{F}$, ifadesinin doğruluğunu ispatlayabilmek için tahmin problemine Fisher Tutarlılığı uygulanır.

R'nin tahmini olan R^*'nin dağılımının ne kadar iyi olduğu yine R'nin formlarına bağlıdır. Örneğin, $R(X, F) = t(x)$'in, $R(X, F) = ([t(x) - E_F(t)])/[Var_F(t)]^{0,5}$'e göre bootstrap açısından daha az başarılı olması beklenir.

Bootstrap metodunun en basit örneği olarak 0 veya 1 değerlerini alan bir F gibi olasılık dağılımı düşünülür. Burada ilgilenilen parametre $\theta(F) = \Pr ob_F\{X = 1\}$ olacaktır. İlgilenilen en belirgin rastgele değişken $R(X, F) = \overline{X} - \theta(F)$'dir. $X = x$ gözlenen ve $X^* = (X_1^*, X_2^*, \ldots, X_n^*)$ ise bootstrap örneklemi olmak üzere, bunların her bir bileşeni bağımsız olarak $(1 - \overline{X})$ olasılığı ile sıfıra, $\overline{X} = \theta(\hat{F})$ olasılığı ile bire eşittir. Standart binom sonuçlar gösterir ki,

$R^* = R(X^*, \hat{F}) = \overline{X}^* - \overline{X}$'dir ve ortalama ile varyans değerleri ile sırasıyla eşitlik 4.4. ve 4.5'de verilmiştir.

$$E_*(\overline{X}^* - \overline{X}) = 0 \tag{4.4}$$

$$Var_{*}\left(\overline{X}^{*}-\overline{X}\right)=\frac{\overline{X}\left(1-\overline{X}\right)}{n} \tag{4.5}$$

Burada, $\overline{X}$, θ için yansızdır ve varyansı yaklaşık olarak $\bar{x}(1-\bar{x})/n$ ' e eşittir.

Bootstrap metodunun zor kısmı bootstrap dağılımının doğru olarak hesaplanmasıdır. Bu tez çalışmasında kullanılan yöntem bootstrap dağılımına, Monte Carlo yaklaşımının uyarlanması. $\hat{F}$ 'dan n boyutlu rastgele örnekler alınarak X^{*}'ın tekrar eden gerçekleşmeleri üretilmesine dayanmaktadır.

5. BOOTSTRAP–VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Bölüm 3'de VZA, bölüm 4'de ise Bootstrap yöntemi ana hatları ile verilmiştir. Bu bölümde VZA'nın yapısı gereği aşağıda verilmiş olan karşılaşılması muhtemel sorunların çözülmesi için önerilen Bootstrap-VZA yöntemi verilmiştir.

- ✓ En önemlilerinden biri, ölçümün asimptotik örneklem dağılımını elde etmesi zordur ve bu yüzden etkinlik değerlerinin aralık ölçüsü ve standart istatistiksel sonuç çıkarımı yapmak da olanak dışı olur (Simar ve Wilson, 2008).
- ✓ Örneklemdeki en iyi denemeden gözlemle ilişkili olarak ölçülen tahmin edici yanlıdır. Bilinir ki yanlılık istatistiksel parametre tahmininde istenmeyen bir durumdur. Bu yan örnekleme boyutu küçüldükçe artacaktır(Hawdon 2003)
- ✓ VZA ile oluşturulan sınır, gerçek sınırın altında kalabilirken, tam tersi örnek noktası dışında daha etkin bölgeler olduğu zaman gerçek sınırın üstüne de çıkabilir. Bu ölçülen etkinlik değeri de yanları büyütebilir.
- ✓ VZA tahminleri tutarlı tahmin edicilerdir (Simar ve Wilson, 2008). Fakat model üzerindeki kısıt sayısının artması ölçülen etkinlik değerlerinin yükselmesine sebep olur.
- ✓ Daha önce belirttiğimiz gibi VZA tahmin edicileri yanlıdır. Şöyle ki VZA bazı birimleri %100 etkin olarak belirler. Fakat bir birimin %100 etkin olması olasılığı sıfırdır. Bu durumda yanı oluşturur. Yanın matematiksel olarak büyümesi örneklemin boyutuna göre değişiklik arz edecektir. Bu sebeple küçük boyutlu gözlemler için bu durum önem arz edecektir.
- ✓ VZA ile elde edilen etkinlik skorlarının tahminleri bağımlıdır. Çünkü VZA'nın doğası gereği onlar veri setindeki en etkin birime göre hesaplanırlar. Bu durum bağımsız bir şekilde dağıtılan birimlerin tahmininin tatminkar olmasını zorlaştırır ki, bir çok istatistiksel test bu durumda anlamlı sonuçlar veremeyecektir.

Yukarıda bahsettiğimiz VZA'nın zayıf yönlerini telafi edebilmek için geliştirilen yöntemlerden biri Bootstrap-VZA yaklaşımıdır. Yaklaşımın temeli istatistiksel sonuç çıkarımı yapabilmek için Bootstrap-VZA ölçüsü elde etmeye dayanır. Bu sayede örneklem dağılımına yaklaşılmış olacaktır. Bootstrap metodu 1979'da Efron tarafından kurulmuş daha sonra birçok çalışmacı tarafından geliştirilmiştir. Bunlara örnek olarak, Efron ve

Tbrishirani (1993), Gstach (1995), Ferrier ve Hirshberg (1997), Löthgren ve Mickael (1998) ile Simar ve Wilson (1998) verilebilir.

İlk olarak Efron (1979), (1982), Efron ve Tbrishani 1993 tarafından öne sürülen bu fikir en basit ifadeyle veri üretim sürecine dayanmaktadır. Amaç Veri Üretme Süreci(VÜS) için örneklem dağılımı elde etmektir. Bootstrap yaklaşımını, sınır modellerinde Simar (1992) ve VZA'da ise Simar ve Wilson (1998, 2000)'de kullanılmıştır.

Bu tez için kullanılan VZA yöntemi girdi yönlü olmakla birlikte, çıktı yönlü modele de kolaylıkla adapte edilebilir. Bootstrapta yapılmak istenen;

$\hat{\theta}(x,y)-\theta(x,y)$ veya $\dfrac{\hat{\theta}(x,y)}{\theta(x,y)}$ ifadelerinin örneklem dağılımına yaklaşmaktır.

5.1. Genel Prensipler

$\psi=\left\{(x,y)\in R_{+}^{N+M}\right\}$ olmak üzere, burada, $x\in R_{+}^{N}$ girdi vektörüne, $y\in R_{+}^{M}$ ise çıktı vektörüne karşılık gelmektedir. Bu durumda X_n orijinal verisi VÜS'den üretilmiştir. Ayrıca X_n, $f(x,y)$ olasılık yoğunluk fonksiyonu ve ψ 'nin tüm karakteristik özelliklerini taşımaktadır.

P, veri üretim sürecini (VÜS)temsil etsin. $P=P(\psi, f(.,.))$'dir.

$\hat{P}(X_n)$, P'nin tutarlı bir tahmin edicisi olmak üzere, $\hat{P}(X_n)=P\left(\hat{\psi}, \hat{f}(.,.)\right)$ olarak ifade edilebilir.Gerçek dünyada $P,\psi \text{ ve } \theta(x,y)$ bilinemez. Sadece X_n verisi gözlenebilir. Bu gözlemler P'nin tahminin de kullanılmaktadır. Bootstrap dünyası gerçek dünyaya paraleldir. Fakat bootstrap dünyası içinde, $\hat{P}, \hat{\psi}$ ve $\hat{\theta}(x,y)$ ifadeleri gerçek dünyada ki $P,\psi \text{ ve } \theta(x,y)$'nin yerini alır. Bootstrap dünyasında yapay veri seti $\chi_n^{*}=\{(x_i^{*}, y_i^{*}),\ i=1,...,n\}$ $\hat{P}$'dan türetilir.

$$\hat{\psi}^{*}=\hat{\psi}(X_n^{*})=\left\{(x,y)\in R^{N+M}\ \middle|\ y\le\sum_{i=1}^{n}\gamma_i y_i^{*},\ x\ge\sum_{i=1}^{n}\gamma_i x_i^{*},\ \sum_{i=1}^{n}\gamma_i=1,\ \gamma_i\ge 0\forall i=1,...,n\right\}$$

Burada VZA modeli olarak ölçeğe göre değişken getiri yöntemi kullanılmıştır.

$\hat{\theta}^*_{BCC}(x,y) = \inf\{\theta | \theta(x,y) \in \hat{\psi}_*\}$ ifadesi $\hat{\theta}_{BCC}(x,y)$'nin tahmin edicisi olarak ifade edilebilir ve bir lineer program yardımıyla çözülebilir.

$$\hat{\theta}^*_{BCC}(x,y) = \min\left\{\theta > 0 \middle| y \le \sum_{i=1}^{n} \gamma_i y_i^*, \theta x \ge \sum_{i=1}^{n} \gamma_i x_i^*, \sum_{i=1}^{n} \gamma_i = 1,\ \gamma_i \ge 0 \forall i = 1,...,n\right\}$$

Gerçek dünyada $\hat{\theta}_{BCC}(x,y)$, $\theta(x,y)$'nin tahmin edicisidir ve P'den üretilen X_n örneklemine dayanmaktadır. Bootstrap dünyasında ise $\hat{\theta}^*_{BCC}(x,y)$, $\hat{\theta}_{BCC}(x,y)$'nin bir tahminidir ve $\hat{P}$'dan üretilen yapay veri seti (X_n^*) yardımıyla elde edilir. Eğer bootstrap tutarlı ise,

$$\left(\hat{\theta}^*_{BCC}(x,y) - \hat{\theta}_{BCC}(x,y)\right) \left| \hat{P}(x_n) \sim \left(\hat{\theta}_{BCC}(x,y) - \theta(x,y)\right) \right| P, \tag{5.1}$$

veya

$$\left(\frac{\hat{\theta}^*_{BCC}(x,y)}{\hat{\theta}_{BCC}(x,y)}\right) \left| \hat{P}(x_n) \sim \left(\frac{\hat{\theta}_{BCC}(x,y)}{\theta(x,y)}\right) \right| P, \tag{5.2}$$

olacaktır. Bootstrap dünyasında ve gözlenen X_n şartı üzerinden $\hat{P}(X_n)$ bilindiğinden $\hat{\theta}^*_{BCC}(x,y)$'nin örneklem dağılımı tamamıyla bilinebilmektedir. Fakat pratikte analitik olarak bunu hesaplamak mümkün değildir. Bu yüzden eşitlik 5.1 veya 5.2'nin sol taraflarına Monte Carlo similasyonu uygulamak gerekmektedir.

$\hat{P}(X_n)$ kullanılarak X^*_{nb} n, b=1,…,B, boyutlu yapay veri türetilir. Devam eden süreçte bu yapay veri seti kullanılarak n, b=1,…,B, boyutlu $\hat{\theta}^*_{BCC}(x,y)$ veri seti oluşturulur. Bootstrap değerlerinin deneysel dağılımı, $\hat{\theta}^*_{BCC}(x,y)$'nın örneklem dağılımının bir Monte Carlo

yaklaşımını verir. Bu yaklaşımın doğruluğu B sayısının değerine bağlıdır. Çünkü yaklaşımın hatası $B \to \infty$ iken 0 değerini alacaktır. Bootstrap asimptotik bir prosedür olduğundan eşitlik 5.1'deki ifadenin doğruluğu altında kıymetlidir. Bu sebeple $B \to \infty$ iken $n \to \infty$ olmalıdır. Uygulamada genel kanı görmüş bootstrap sayısı en az 2.000 olarak kabul görmüştür.

5.2. Güven Aralığı

Bootstrap-VZA yaklaşımı ile etkinlik tahminleri için bir deneysel dağılım elde edilmektedir. Mevcut örneklem dağılımı ile etkinlik tahminleri için güven aralığı tespiti yapılabilir. En basit ve anlaşılır güven aralığı elde etme yöntemi yüzdelik metottur. Efron ve Tibshirani (1993) de sunduğu bu yöntemi Simar ve Wilson (1998) da geliştirmiştir.

Güven aralığı elde etme yöntemi VZA etkinlik tahminleri için elde edilen yan değerleri ile bu yan değerlerinden arındırılan düzeltilmiş skorlara dayanmaktadır. Aşağıda güven aralığı elde etme süreci tarif edilmeye çalışılmıştır. $\hat{\theta}_{BCC}(x,y) - \theta(x,y)$ ifadesindeki fark, oran olarak gösterilmek istenirse,

$\frac{\hat{\theta}_{BCC}(x,y)}{\theta(x,y)}$ şeklinde yazılmalıdır. Bu dönüşüm, etkinlik skorlarını fark fonksiyonu açısından parametrelerle açıklamak için avantaj sağlamaktadır. Girdi yönlü bu fonksiyon

$$\delta(x,y) \equiv \frac{1}{\theta(x,y)}$$

Olarak yazılabilir. Ölçeğe göre değişken getiri modeli için eş tahmin ediciyi de

$\hat{\delta}_{BCC}(x,y) \equiv \frac{1}{\hat{\theta}_{BCC}(x,y)}$ biçiminde yazılabilir.

Eğer $\hat{\delta}_{BCC}(x,y)-\delta(x,y)$ biliniyorsa, $c_{\alpha/2}$ ve $c_{1-\alpha/2}$ değerleri aşağıdaki olasılık yardımıyla kolaylıkla bulunabilir.

$\text{Prob}\left(c_{\alpha/2} \le \hat{\delta}_{BCC}(x,y)-\delta(x,y) \le c_{1-\alpha/2}\right)=1-\alpha$

Burada c_a, $\hat{\delta}_{BCC}(x,y)-\delta(x,y)$'nın örneklem dağılımının a. çeyrekliğini göstermektedir. Bu durum her $a\in[0,1]$ için, $c_a \ge 0$ dır. Devamında ifade aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\hat{\delta}_{BCC}(x,y)-c_{1-\alpha/2} \le \delta(x,y) \le \hat{\delta}_{BCC}(x,y)-c_{\alpha/2}$$

$a(1-\alpha)*100$ yüzdesi $\theta(x,y)$ için güven aralığını vermektedir.

Burada c_a bilinmemektedir. Fakat, yapay tahminlerin $\hat{\theta}^*_{BCC}, b=1,2,\ldots,B$ deneysel bootstrap dağılımı tarafından herhangi bir $a\in[0,1]$ için elde edilebilir. Örnek olarak eğer $\hat{c}_a$, $\hat{\delta}^*_{BCC}(x,y)-\hat{\delta}_{BCC}(x,y)$ deneysel dağılımının a. çeyrekliği ise;

$\Pr ob\left(\hat{c}_{\alpha/2} \le \hat{\delta}^*_{BCC}(x,y)-\hat{\delta}_{BCC}(x,y) \le \hat{c}_{1-\alpha/2}\middle|\hat{P}(X_n)\right)=1-\alpha$ olarak elde edilir.

Pratik olarak, $\hat{c}_{\alpha/2}$ ve $\hat{c}_{1-\alpha/2}$ elde etmek için $\left(\hat{\delta}^*_{BCC}(x,y)-\hat{\delta}_{BCC}(x,y)\right), b=1,...,B$ artan sıraya göre sıralanır. Sıralı listenin iki ucundan elementlerin $\frac{\alpha}{2}*100$ oranın da silme yapılır. $\hat{c}_{\alpha/2}$ ve $\hat{c}_{1-\alpha/2}$ kesilen sıralı listenin son noktalarına eşit olur ve

$\Pr ob\left(\hat{c}_{\alpha/2} \le \delta^*_{BCC}(x,y)-\delta_{BCC}(x,y) \le \hat{c}_{1-\alpha/2}\right)=1-\alpha$ olarak elde edilir. Buradan;

$\delta_{BCC}(x,y)$ için, $(1-\alpha)*100$ güven aralığı;

$$\hat{\delta}_{BCC}(x,y)-c_{1-\alpha/2} \le \theta(x,y) \le \hat{\delta}_{BCC}(x,y)-c_{\alpha/2}$$

veya

$\frac{1}{\hat{\delta}_{BCC}(x,y)-\hat{c}_{\alpha/2}} \le \theta(x,y) \le \frac{1}{\hat{\delta}_{BCC}(x,y)-\hat{c}_{1-\alpha/2}}$ olarak elde edilir.

5.3. Bootstrap Yan Düzeltmeleri

Veri zarflama analizi ile elde edilen tahminler yanlıdır. $\hat{\theta}_{BCC}$ için yan aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$yan\left(\hat{\theta}_{BCC}(x,y)\right) = E\left(\hat{\theta}_{BCC}(x,y)\right) - \theta(x,y) \tag{5.3}$$

Buradan hareketle, orijinal tahmin edici için, bootstrap yan tahminleri, deneysel olarak;

$$\hat{yan}\left(\hat{\theta}_{BCC}(x,y)\right) = B^{-1}\sum_{b=1}^{B}\hat{\theta}^{*}_{BCC}(x,y) - \hat{\theta}_{BCC}(x,y) \tag{5.4}$$

şeklinde yazılır. Eşitlik 5.4'deki yapıdan, yanlarından arındırılmış $\theta(x,y)$'nin düzeltilmiş tahminleri şöyledir;

$$\hat{\theta}_{D}(x,y) = \hat{\theta}_{BCC}(x,y) - \hat{yan}\left(\hat{\theta}_{BCC}(x,y)\right) \tag{5.5}$$

Buradan da,

$$\hat{\theta}_{D}(x,y) = 2\hat{\theta}_{BCC}(x,y) - B^{-1}\sum_{b=1}^{B}\hat{\theta}^{*}_{BCC}(x,y) \tag{5.6}$$

Olarak elde edilir. Fakat, $\hat{\theta}_{D}(x,y)$'nin hata kareler ortalaması $\hat{\theta}_{BCC}(x,y)$'nin hata kareler ortalamasından büyük olabilir.

$\hat{\theta}^*_{BCC}(x,y)$ bootstrap değerlerinin örneklem varyansı;,

$$\hat{\sigma}^2 = B^{-1}\sum_{b=1}^{B}\left[\theta^*_{BCC}(x,y) - B^{-1}\sum_{b=1}^{B}\theta^*_{BCC}(x,y)\right]^2 \tag{5.7}$$

Dolayısıyla düzeltilmiş tahminlerin $\hat{\theta}_D(x,y)$'nın varyansı, $4\hat{\sigma}^2$'ye yakınsamaktadır. Bu sebeple yan düzeltmeleri $\left[y\hat{a}n_B\left(\hat{\theta}(x,y)\right)\right]$ değeri, $4\hat{\sigma}^2$'den büyük değil ise kullanılmamalıdır.

Bu konuda genel kabul görmüş kural, yan düzeltmelerin,

$$\frac{y\hat{a}n_B\left(\hat{\theta}(x,y)\right)}{\sigma} \geq \frac{1}{\sqrt{3}} \tag{5.8}$$

şartını sağlamıyorsa kullanılmamasıdır. Buna alternatif olarak Efron ve Tbrishani (1993) daha az tutucu bir kural olarak eşitsizlik 5.9'u öne sürmüşlerdir.

$$\frac{y\hat{a}n_B\left(\hat{\theta}(x,y)\right)}{\sigma} \geq \frac{1}{4} \tag{5.9}$$

5.4. VZA-Bootstrap Algoritmaları

Deneysel dağılımı elde edebilmek için ilk aşaması X^*_n yapay veri setinin türetmektir. Standart, basit parametrik olmayan bootstrap tekniği "yalın" olarak isimlendirilir. Orijinal gözlemlerin X_n veri setinden bağımsız şekilde yer değiştirmesiyle yapay gözlem seti oluşturulur. $\left(x^*, y^*\right)$

Löthgren ve Tambour (1997) geliştirdikleri model yukarıda bahsi geçtiği üzere yalın bootstrap tekniği üzerine kurulmuştur. Tekniğin detayları takip eden bölümde verilmektedir. İlerleyen süreç de yalın bootstrap tekniğini ile elde edilen tahmin edicilerin

tutarsız olduğu ileri sürülmüştür. $B \to \infty$ ve $n \to \infty$ olsa dahi, $\hat{\theta}^*(x,y)$'nin Monte Carlo deneysel dağılımı $\hat{\theta}(x,y)$'nin örneklem dağılımına yakınsamayacaktır. Literatürde bu problem ile Bickel ve diğerleri (1981), Efron ve Tibrishani (1993), Simar ve Wilson (1999) ilgilenmişlerdir.

Bu tez çalışmasında Simar ve Wilson'ın çalışmaları dikkate alınmıştır. İlerleyen bölümlerde bu iki yaklaşımın algoritmaları daha detaylı bir şekilde anlatılacaktır. İlk olarak Löthgren ve Tambour (LT) daha sonra Simar ve Wilson (SW) algoritmaları konu edinilmiştir.

Bu iki algoritmanın benzer adımları olmakla beraber bazı farklılıkları da mevcuttur. İlk olarak, LT algoritması etkinlik değerlerini yalın halde kullanırken SW algoritması bu değerlere düzleştirme işlemi uygular. Diğer temel fark ise, LT algoritmasında bootstrap etkinlik tahminleri, yapay veri seti ile bootstrap sınır tahminleri arasındaki farka dayanırken, SW algoritmasında ise bu tahminler orijinal gözlemle, bootstrapla yapılan üretim sınırı tahminleri arasındaki farka dayanır.

Bootstrap da dikkat edilmesi gereken adım veri üretim sürecidir. En basit anlatımıyla, Monte Carlo yaklaşımı ile orijinal tahminlerin yeniden örneklemesi ile deneysel bir dağılım elde edilir. Burada amaç deneysel dağılım sayesinde örneklem dağılımına yaklaşmaktadır. LT ve SW modelleri veri üretim sürecine dayanmaktadır. Modelde girdilerin, orijinal girdi kümesinden rastgele radyal sapmalar tarafından oluşturulduğu varsayılır.

$X_n = \{(x_i, y_i);\ i = 1,\ldots,n\}$ eşitlik 5.10'da verilmiştir.

$$(x_i, y_i) = \left(x_i^f / \theta_i, y_i\right) \tag{5.10}$$

Burada x_i^f, her birim için gözlemlenmiş girdi sınırını temsil eder. Gerçek etkinlik skorlarının bu dağılımdan geldiği varsayılır ve aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$\theta_i \sim F_\theta, \qquad i = 1,\ldots,n$$

5.4.1. L-T Algoritması

Lönthgren ve Tambour tarafından önerilen algoritma için aşağıda ki adımlar izlenir.

1. Girdi ve çıktı vektörlerini orijinal etkinlik tahminlerini kullanılarak aşağıdaki gibi dönüştürülür.

   $\left\{\hat{\theta}_{in}, i = 1,\ldots,n\right\}$

   $\left(\hat{x}_i^f, y_i\right) = \left(x_i.\hat{\theta}_{in}, y_i\right)$

2. Yerine koyarak rassal çekim yöntemiyle $\hat{\theta}_{in}$ 'den *n* birimlik yeni bir set oluşturulur.

   $\delta_i^*,\ i = 1,\ldots,n$

3. Bootstrap pseudo-veri seti oluşturulur.

   $\left(x_i^*, y_i^*\right) = \left(x_i^f / \hat{\delta}_i^*, y_i\right)$

4. Oluşturulan pseudo-veri seti kullanılarak bootstrap etkinlik tahminleri lineer programlama yöntemi kullanılarak elde edilir.

   $$\hat{\theta}_{in}^{LT*} = \min\left\{\theta : y_i \le Yz,\ \theta x_i^* \ge X^* z, \quad \sum_{i=1}^{n} z_i = 1,\ \ z \in R_+^n\right\}$$

5. 2. ila 4. adımlar *B* kez tekrar edilerek, $\hat{\theta}_{in}^{LT*b},\ \ b = 1,\ldots,B$ ifadesi elde edilir.

Bu algoritma, etkinliğin orijinal tahminlerinin deneysel dağılımından teknik etkinliklerinin yeniden örneklenmesi yöntemiyle bootstrap etkinlik sınırını ve bootstrap etkinlik tahminlerini elde etmektedir.

5.4.2. S-W Algoritması

Yalın bootstrap tekniğinin tutarsız tahmin ediciler üretmesi yeni bir yöntem geliştirme zorunluluğu doğurmuştur. Simar ve Wilson (1999) çalışmaları doğrultusunda bu probleme çözüm üretilmeye çalışılmıştır. Çözüm için iki öneride bulunulmuştur. İlk alt örnekleme diğeri ise düzleştirme işlemidir. Alt örnekleme $k < 1$ olacak şekilde $m = n^k$ boyutun yapay örneklemini çizmeyi amaçlamaktadır. Bu tez konusunda ikinci teknik kullanıldığından alt örneklemenin ayrıntıları çalışmanın içerisinde yer almamaktadır.

Düzleştirme işlemi

Bu çalışmada düzleştirme işlemi uygulanarak yapay gözlem oluşturulmuştur. Teknik, yapay değişken oluşturmak için yoğunluk tahmin edicisine ihtiyaç duymaktadır. Bu teknikte önemli olan bat aralığı parametresi olarak isimlendirilen *h* değerinin uygun seçimidir. Şöyle ki, bu parametrenin gereğinden küçük seçilmesi yoğunluk tahminin yüksek varyanslı , fakat tahmin edicinin küçük yanlı, gereğinden büyük seçilmesi ise düşük varyanslı fakat büyük yan değerlerine sahip olmasına neden olacaktır.

Pratikte bant aralığı seçiminde Silverman (1986) ın elde ettiği *h* değeri kullanılabilir.

$$h = 1.06\hat{\sigma} n^{-1/5} \tag{5.11}$$

Burada $\hat{\sigma}$ yoğunluk tahmini yapmak için kullanılan gözlemlerin standart sapmasıdır. Yukarıda ki ifadeye nazaran daha sağlam bir bant aralığı olarak aşağıdaki hesaplama kullanılabilir.

$$h = 1{,}06 \min\left(\hat{\sigma}, R/1{,}34\right) n^{-1/5} \tag{5.12}$$

Burada *R* deneysel dağılımın çeyrekliğini temsil etmektedir.

$f(\delta)$ 'ın tahmini

Standart kernel yoğunluk fonksiyonunun tahmin edicisi için aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır.

$$\hat{f}_h(\delta) = n(h)^{-1} \sum_{i=1}^{n} K\left(\frac{\delta - \hat{\delta}_i}{h}\right) \tag{5.13}$$

Burada $K(\bullet)$ ortalaması 0 olan herhangi simetrik bir dağılım fonksiyonunu temsil etmektedir. Standart kernel yoğunluk fonksiyonunun tahmin edicisi $\delta \geq 1$ koşulunu dikkate almaz ve bu durum yanlı ve tutarsızlığı gösterebilir. Silverman (1986).ve diğerleri bu zorluğun üstesinden gelmek için basit bir yol geliştirmişlerdir. Bu yüzden aşağıdaki dönüşüm geliştirilmiştir.

$$\hat{g}_h(t) = (2nh)^{-1} \sum_{i=1}^{n} \left[K\left(\frac{t - \hat{\delta}_i}{h} \right) + K\left(\frac{t - \left(2 - \hat{\delta}_i\right)}{h} \right) \right]. \tag{5.14}$$

$$\hat{f}_h(t) = \begin{cases} 2\hat{g}_h(t) & , \quad \forall t \geq 1 \\ 0 & , \quad d.d. \end{cases} \tag{5.15}$$

$\hat{f}_h(.)$ tahmin edicisi sadece δ^* rassal örneklemini oluşturmak için kullanılmaktadır.

δ^*'nın türetilmesi

$\delta_1^*, ..., \delta_n^*$ rassal örnekleminin $\hat{f}_h(.)$ 'den elde elde edilmesi oldukça kolaydır ve kernel yoğunluk fonksiyonu tahmin edicinin kullanılmasına gerek yoktur. Burada sadece bant aralığı paremetresine kernel fonksiyonuna gerek duyulacaktır.

$$D_{2n} = \left\{ \hat{\delta}_1, ..., \hat{\delta}_n, (2 - \hat{\delta}_1), ..., (2 - \hat{\delta}_n) \right\} \tag{5.16}$$

$\beta_i^*, ..., \beta_n^*$ kümesi D_{2n}'den n gözlemin rastgele seçimiyle elde edilen yalın bootstrap kümesidir. Daha önce bahsedildiği üzere yalın bootstrap değerlerini kullanmak sakıncalıdır. Her i. birim için β_i^{**} elde edilmelidir.

$$\beta_i^{**} = \beta_i^* + h\varepsilon_i^* \tag{5.17}$$

Burada h bant aralığı parametresi ε_i^* ise kernel fonksiyonundan elde edilen n birimlik rastgele değişkendir. Bu tez çalışmasında kernel fonksiyonu olarak $N(0,1)$ dağılımı tercih edilmiştir.

β_i^{**} , $\hat{g}_h(\delta)$ fonksiyonunda n boyutlu rassal bir örneklemdir. (e.g., Silverman,1986;Efron ve Tibshirini,1993) . Fakat sonlu örneklemlerde β_i^{**} kümesi D_{2n} ile aynı ortalama ve varyansa sahip olmayabilir. Bu yüzden β_i^{**} için bir düzeltme uygulanır.

$$\beta_i^{***} = \overline{\beta}^* + \frac{\beta_i^{**} - \overline{\beta}^*}{\left(1 + h^2 \sigma_K^2 \sigma_\beta^{-2}\right)^{1/2}} \tag{5.18}$$

Burada $\overline{\beta}^* = n^{-1}\sum_{i=1}^{n} \beta_i^*$, β_i^*'nin ortalaması, $\sigma_\beta^2 = n^{-1}\sum_{i=1}^{n}\left(\beta_i^* - \overline{\beta}^*\right)^2$, β_i^*'nin varyansıdır. σ_K^2 ise Kernel fonksiyonunun varyansıdır. Son olarak (5.15)' dan δ_i^* hesaplanır.

$$\delta_i^* = \begin{Bmatrix} 2 - \beta_i^{***} & \forall\ \beta_i^{***} < 1, \\ \beta_i^{***} & d.d \end{Bmatrix}$$

<u>Bootstrap algoritması</u>

Bootstrap algoritması verilen (x, y) ile elde edilen $\left\{\hat{\delta}_b^*(x,y) | b = 1,...,B\right\}$ bootstrap tahminleri ile oluşturulmaktadır. Algoritmanın özeti aşağıda verilmiştir.

$[1]$ orijinal veri seti X_n ile, $\hat{\delta}_i = \hat{\delta}(x_i, y_i)\ \forall\ i = 1,...,n$ hesaplanır.

$[2]$ h bant aralığı parametresi seçilir.

$[3]$ D_{2n}' den elde edilen $\beta_i^*,...,\beta_n^*$ kümesi türetilir.

$[4]$ $\varepsilon_i^*, i = 1,...,n$ rastgele sayıları elde edildikten sonra her $i = 1,...,n$ için

$$\beta_i^{**} = \beta_i^* + h\varepsilon_i^*$$

hesaplanır.

$[5]$ $i = 1,...,n$ için β_i^{***} hesaplanır ve ardından δ_i^* elde edilir.

[6] Bootstrap örneklemi aşağıda $\chi_n^* = \{(x_i^*, y_i^*) | i = 1,..., n\}$ ki gibi oluşturulur.

$x_i^* = \delta_i^* \hat{x}^{\partial}(y_i) = \delta_i^* \hat{\delta}_i^{-1} x_i$

[7] χ_n^* kullanılarak $\hat{\delta}^*(x, y)$ VZA tahmin edicileri hesaplanır.

[8] [3]-[7] adımlar *B* kez tekrar edilerek bootstrap tahmin seti oluşturulur.

$\{\hat{\delta}_b^*(x, y) | b = 1,..., B\}$

Yukarıda tarif edilen algoritma ile $\delta_i = \delta(x_i y_i)$ için yan ve/veya güven aralığı oluşturulabilir. Adım [7] ile VZA tahmin edicileri $\hat{\delta}^*(x_i, y_i)$ elde edilmiş olur.

Bu çalışmada 2.000 tekrar sayısı uygulanmıştır.

6. UYGULAMA

Bu bölümde, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kullanımındaki göreceli etkinliği değerlendirilmiştir. Bu amaçla Türkiye, Rusya ve Avrupa Birliği(AB) üye ülkeleri ile birlikte ele alınarak incelenmiştir. Burada etkinlik analizinin yapılmasında Bölüm 3 ve 5'de verilen VZA ve Bootstrap-VZA modellerinden yararlanılmıştır. Kullanılan VZA ve Bootstrap-VZA modelleri dört girdi ve bir çıktı değişkeninden oluşturulmuştur. Girdi değişkenleri sırasıyla, iş gücü, sermaye oluşumu, birincil enerji tüketimi ve yenilebilir enerji tüketimidir. Çıktı değişkeni ise Gayri Safi Yurtiçi Hasıla(GSYH)'dır. Modellerde yer alan girdi ve çıktı değişkenlerinin bu şekilde belirlenmesinin sebebi, bir ülkenin üretimini belirleyen en önemli faktörlerin başında emek ve sermaye gelmesidir. Ayrıca birçok çalışmada, enerji girdisinin de üretim analizlerinde dikkate alınması gerektiği ifade edilmektedir. Bu sebeple Enerji emek ve sermaye, bir ülkenin ekonomik çıktısı GSYH'yı üretmek için temel girdiler olarak düşünülebilir. Bu amaçla, emek kavramına karşılık olarak sermaye oluşumu, sermaye kavramına karşılık sermaye oluşumu değeri, enerji tüketimi için ise birincil enerji tüketimi ve yenilebilir enerji türlerine ilişiklin tüketim değerleri alınmıştır. Birincil enerji tüketimi petrol, doğal gaz, kömür, nükleer enerjiyi içermektedir. Ülkemizde nükleer enerji tüketimi olmadığından modele bu enerji türü dahil edilmemiştir. Çalışmanın konusu olan yenilenebilir enerji tüketimleri ise hangi enerji türünün etkinsiz kullanıldığının görülmesi açısından ayrı ayrı modele dahil edilmiştir. Burada kullanılan ve 2013 ve 2014 yıllarını kapsayan veri setleri Dünya Bankası ve British Petrol (BP)'nin yayınladıkları yıllık bültenlerden derlenmiştir. Çizelge 6.1'den Çizelge 6.4'e kadar olan çizelgelerde uygulamada kullanılan değişkelere ilişkin betimsel istatistikler verilmiştir.

Çizelge 6.1.2013 yılı için kullanılan enerji türlerinin tüketim değerleri için betimsel istatistikler

Enerji Türü	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
Petrol	36,00	39,25	2,6	146,80
Kömür	18,99	26,23	0,3	90,50
Doğal Gaz	41,95	88,73	1,1	413,50
Hidroelektrik	6,32	9,57	0,04	41,30
Güneş	4,60	8,24	0,04	31,00
Rüzgar	11,23	15,40	0,04	53,90
Jeotermal ve Biyokütle	7,85	10,72	0,1	46,70
Diğer Yenilenebilir.	5,23	7,02	90	29,30

*Değerler Mtoe cinsiden verilmiştir.

Verilen Çizelgede görüldüğü gibi, ortalama olarak en yüksek miktarda tüketilen enerji türü, doğal gazdır. Özellikle gelişmiş AB ülkeleri tarafından ısınma kaynağı olarak bu enerji kaynağını tercih etmektedirler. Türkiye ise ülke genelinde doğal gaz kullanım oranının arttırılması için yeni yatırım ve politikalar geliştirmektedir. Ayrıca Çizelge 6.1'den çıkarılacak bir başka sonu olarak güneş enerjinin kullanımının göreceli olarak daha az olduğudur. Ancak bu durumun artan bir eğriye sahip olduğu unutulmamalıdır. Gelişen teknoloji ile güneş enerjisinden elektrik üretimi için gerekli olan tesisin hem kurulum maliyeti azalmakta hem de güneşten enerji üretiminde yeni yöntemler geliştirilmektedir. Çizelge 6.2'de ise analizde kullanılan ekonomik değişkenlere ilişkin betimsel istatistikler verilmiştir.

Çizelge 6.2. 2013 yılı için kullanılan ekonomik değişkenler için betimsel istatistikler

Değişkenler	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
Sermaye Oluşumu	189,35	211,52	8,57	739,71
İş Gücü	162,42	185,13	15,43	768,86
GSYH	974,57	1.088,74	46,41	3.752,51

*Sermaye oluşumu ve GSYH için milyar dola , İş gücü ise yüz bin kişi cinsiden verilmiştir.

Burada en dikkat çekice değerlerinden biri GSYH için minimum ve maksimum değer arasındaki farktır. GSYH için açıklık değerinin bu denli fazla olmasının sebebi KVB olarak hem Almanya gibi hem de Litvanya gibi ülkelerin aynı anda değerlendirilmesidir. Çizelge 6.2 ve 6.2'de verilen değerlerin 2014 yılı için gerçekleşmiş değerlerini içeren tablolar sırasıyla Çizelge 6.3 ve 6.4'de verilmiştir. Çizelge 6.3'den anlaşılacağı üzere güneş, rüzgar ve jeotermal ile biyokütle tüketim değerleri artış göstermiştir.

Çizelge 6.3. 2014 yılı için kullanılan enerji türlerinin tüketim değerleri için betimsel istatistikler

Enerji Türü	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
Petrol	35,64	38,03	2,5	148,1
Kömür	18,01	24,20	0,2	85,20
Doğal Gaz	39,58	85,49	0,9	409,20
Hidroelektrik	4,23	4,87	0,04	14,6
Güneş	4,67	8,73	0,04	34,90
Rüzgar	11,98	15,50	0,04	56,00
Jeotermal ve Biyokütle	8,47	11,37	0,2	49,20
Diğer Yenilenebilir.	5,05	7,02	0,04	31,70

*Değerler Mtoe cinsiden verilmiştir.

Çizelge 6.4. 2014 yılı için kullanılan ekonomik değişkenler için betimsel istatistikler

Değişkenler	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
Sermaye Oluşumu	194,06	213,30	9,15	776,33
İş Gücü	162,42	180,47	15,38	764,33
GSYH	990,73	1.094,53	48,35	3.879,28

*Sermaye oluşumu ve GSYH için milyar dolar, İş gücü ise yüz bin kişi cinsiden verilmiştir.

Çizelge 6.4'de yer alan GSYH ve sermaye oluşumu değerleri, Çizelge 6.2'de verilen değerlerine göre artış gösterdiği görülmektedir. Ancak iş gücü değeri doğrudan nüfusa bağlı olduğundan ciddi bir değişiklik gözlemlenmemiştir.

Belirtilen ülkelerin 2013 ve 2014 yılları için etkinlik değerleri VZA modeli ile her bir yenilebilir enerji türü için hesaplanmıştır. Aşağıdaki Çizelgeler, etkinlik değerlerini ve iki yıl arasındaki değişimi içermektedir. Ayrıca her iki yıl arasında ki farkın rahatça görülebilmesi için ayrıca grafikler de çizilmiştir. Uygulamanın amacı yenilenebilir enerji türlerinin verimliliğinin analiz edilmesidir. Bu sebeple modele ilk etapta yenilenebilir enerji türleri dahil edilmemiş, daha sonra sırasıyla hidroelektrik, güneş, rüzgar, jeotermal ve biyokütle ve diğer yenilenebilir enerji türleri modele eklenerek bu değişkenlerin ülkenin ürettiği GSYH üzerindeki etkisi görülmeye çalışılmıştır. Bu amaçla kullanılan modeller aşağıdaki Çizelge 6.5'de verilmiştir.

Çizelge 6.5. Kullanılan modellere ait girdi-çıktı değişkenleri

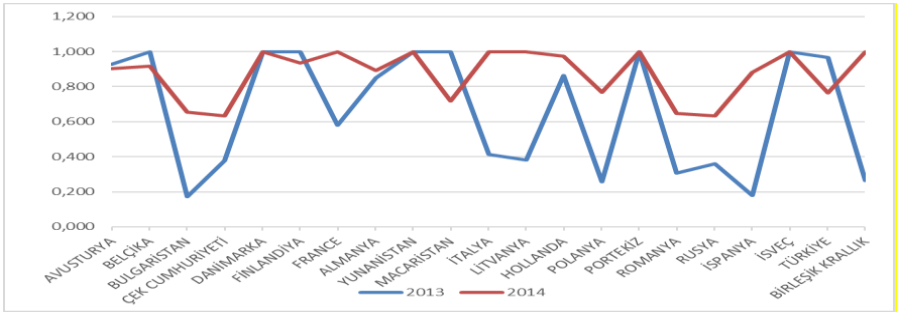
Modeller	Girdi	Çıktı
Model 1	Sermaye oluşumu, İş gücü, Petrol, Doğal gaz, Kömür	GSYH
Model 2	Sermaye oluşumu, İş gücü, Petrol, Doğal gaz, Kömür, Hidroelektrik	GSYH
Model 3	Sermaye oluşumu, İş gücü, Petrol, Doğal gaz, Kömür, Güneş	GSYH
Model 4	Sermaye oluşumu, İş gücü, Petrol, Doğal gaz, Kömür, Rüzgar	GSYH
Model 5	Sermaye oluşumu, İş gücü, Petrol, Doğal gaz, Kömür, Jeotermal ve Biyokütle	GSYH
Model 6	Sermaye oluşumu, İş gücü, Petrol, Doğal gaz, Kömür, Diğer yenilebilir enerji türleri	GSYH

Bundan sonra verilen Çizelge 6.6 ila Çizelge 6.11 ile şekil 6.1 ila şekil 6.6 sırasıyla modellerden elde edilen etkinlik skorlarını ve iki yıl için elde edilen etkinlik skor farkını içermektedir.

Çizelge 6.6. Model 1 için etkinlik skorları

KVB	2013	2014	Değişim
Avusturya	0,927	0,901	-0,026
Belçika	1,000	0,915	-0,085
Bulgaristan	0,173	0,654	0,481
Çek Cumhuriyeti	0,379	0,634	0,255
Danimarka	1,000	1,000	0,000
Finlandiya	1,000	0,934	-0,066
Fransa	0,579	1,000	0,421
Almanya	0,850	0,892	0,043
Yunanistan	1,000	1,000	0,000
Macaristan	1,000	0,720	-0,280
İtalya	0,412	1,000	0,588
Litvanya	0,380	1,000	0,620
Hollanda	0,863	0,975	0,112
Polonya	0,257	0,769	0,512
Portekiz	1,000	1,000	0,000
Romanya	0,308	0,649	0,341
Rusya	0,359	0,634	0,275
İspanya	0,179	0,883	0,703
İsveç	1,000	1,000	0,000
Türkiye	0,968	0,763	-0,205
Birleşik Krallık	0,265	1,000	0,735
Ortalama	0,662	0,872	0,211

Verilen Çizelge 6.6 ‘ya göre 2013 yılında Birleşik Krallık oldukça düşük bir etkinlik skoruna sahip iken 2014 yılında etkin konuma gelmiştir. Bu durumu benzer şekilde İtalya ve Fransa da takip etmiştir. Her iki yılın ortalama etkinlik skorları dikkate alındığında 2014 yılı için genel olarak gözlemlenmektedir. Fakat Türkiye’nin etkinlik skorunda bu durumun aksine 2014 yılında 2013 yılına göre 0,205 puanlık bir azalma görünmektedir. Danimarka, Yunanistan, Portekiz ve İsveç‘in etkinlik skorlarında bir değişiklik olmamış her iki yıl için de etkin konumda yer almışlardır. Çizelge 6.6 ile verilen değerlerin görseli şekil 6.2’de verilmiştir.

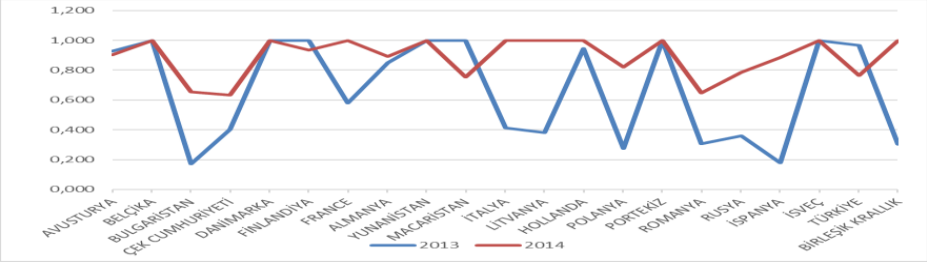


Şekil 6.1. Model 1 için etkinlik skorlarının farkları

Çizelge 6.7. Model 2 için etkinlik skorları

KVB	2013	2014	Değişim
Avusturya	0,927	0,901	-0,026
Belçika	1,000	1,000	0,000
Bulgaristan	0,173	0,654	0,481
Çek Cumhuriyeti	0,403	0,634	0,231
Danimarka	1,000	1,000	0,000
Finlandiya	1,000	0,934	-0,066
Fransa	0,579	1,000	0,421
Almanya	0,850	0,892	0,043
Yunanistan	1,000	1,000	0,000
Macaristan	1,000	0,755	-0,245
İtalya	0,412	1,000	0,588
Litvanya	0,380	1,000	0,620
Hollanda	0,947	1,000	0,053
Polonya	0,275	0,820	0,545
Portekiz	1,000	1,000	0,000
Romanya	0,308	0,649	0,341
Rusya	0,359	0,786	0,427
İspanya	0,179	0,886	0,707
İsveç	1,000	1,000	0,000
Türkiye	0,968	0,763	-0,205
Birleşik Krallık	0,303	1,000	0,697
Ortalama	0,670	0,889	0,219

Verilen Çizelge 6.7'ye göre İspanya'nın etkinlik skoru 2013 yılı için oldukça düşük iken 2014 yılı içerisinde etkin konuma gelmiştir. Benzer bir durum Litvanya, Birleşik Krallık içinde gözlemlenmiştir. Bu durumun tam aksi ise Macaristan için gerçekleşmiştir. 2013 yılında etkin olan Macaristan 2014 yılı için 0,755'lik bir etkin skoruna sahip olmuştur. Türkiye'nin ise etkinlik skoru 2013 yılında 0,968 olarak elde edilmişken 2014 yılında 0,205 birim azalarak, 0,5763 olarak elde edilmiştir. Buradan sonuç olarak, Türkiye'nin hidroelektrik kullanımı kendisini etkin konuma getirecek düzeyde olmadığı yorumu yapılabilir. Çizelge 6.7 ile verilen değerlerin görseli şekil 6.2'de verilmiştir.

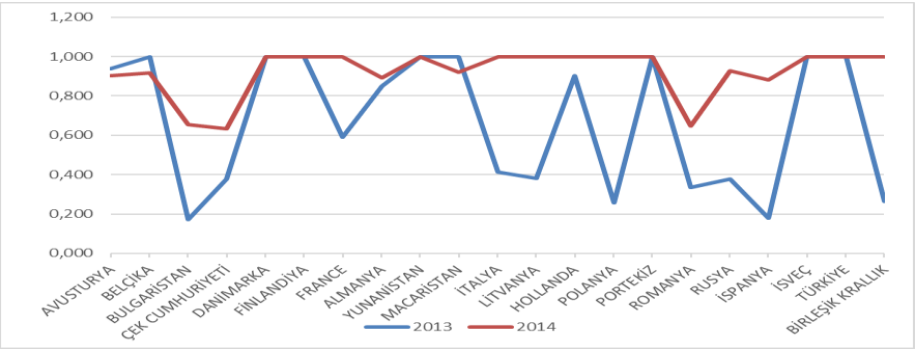


Şekil 6.2. Model 2 için etkinlik skorlarının farkları

Model 3 için etkinlik skorları Çizelge 6.8'de verilmiştir. Çizelge 6.8'e göre Belçika, Danimarka, Finlandiya, İtalya, Rusya,İsveç ve Türkiye her iki yılda da etkin çıkmışlardır. Buradan model 2 ile bir kıyaslama yapılacak olursa, güneş enerjisini göreceli olarak hidroelektrik enerjisinden daha etkin bir biçimde kullandığı yorumu yapılabilir. Çizelge 6.8'e ait grafik şekil 6.3'de verilmiştir.

Çizelge 6.8. Model 3 için etkinlik skorları

KVB	2013	2014	Değişim
Avusturya	0,938	0,902	-0,036
Belçika	1,000	0,915	-0,085
Bulgaristan	0,173	0,654	0,481
Çek Cumhuriyeti	0,379	0,634	0,255
Danimarka	1,000	1,000	0,000
Finlandiya	1,000	1,000	0,000
Fransa	0,589	1,000	0,411
Almanya	0,850	0,892	0,043
Yunanistan	1,000	1,000	0,000
Macaristan	1,000	0,922	-0,078
İtalya	0,412	1,000	0,588
Litvanya	0,380	1,000	0,620
Hollanda	0,901	1,000	0,099
Polonya	0,257	1,000	0,743
Portekiz	1,000	1,000	0,000
Romanya	0,334	0,649	0,315
Rusya	0,377	0,928	0,552
İspanya	0,179	0,883	0,703
İsveç	1,000	1,000	0,000
Türkiye	1,000	1,000	0,000
Birleşik Krallık	0,265	1,000	0,735
Ortalama	0,668	0,923	0,254



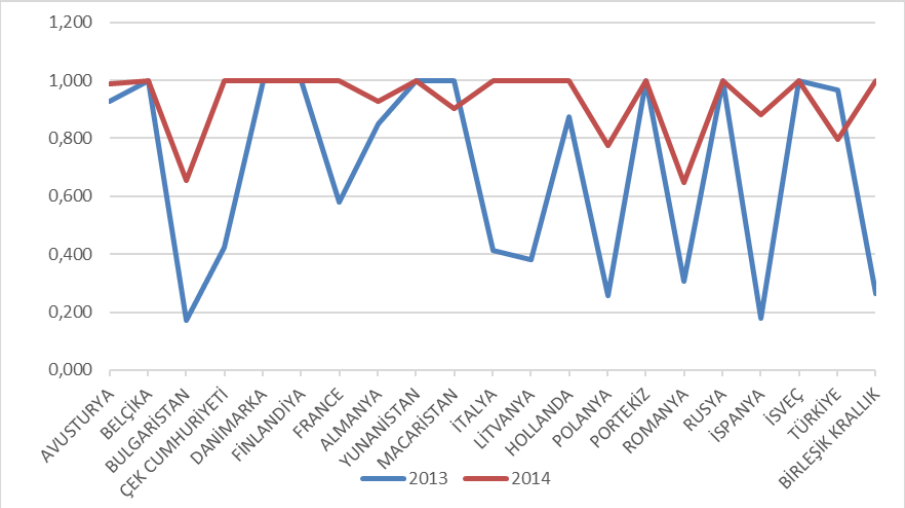
Şekil 6.3. Model 3 için etkinlik skorlarının farkları

Çizelge 6.9'da rüzgar enerjisinin incelendiği model 4'ten elde edilen etkinlik skorları verilmiştir

Çizelge 6.9. Model 4 için etkinlik skorları

KVB	2013	2014	Değişim
Avusturya	0,929	0,987	0,058
Belçika	1,000	1,000	0,000
Bulgaristan	0,173	0,654	0,481
Çek Cumhuriyeti	0,424	1,000	0,576
Danimarka	1,000	1,000	0,000
Finlandiya	1,000	1,000	0,000
Fransa	0,582	1,000	0,418
Almanya	0,850	0,929	0,079
Yunanistan	1,000	1,000	0,000
Macaristan	1,000	0,903	-0,097
İtalya	0,412	1,000	0,588
Litvanya	0,380	1,000	0,620
Hollanda	0,875	1,000	0,125
Polonya	0,257	0,777	0,519
Portekiz	1,000	1,000	0,000
Romanya	0,308	0,649	0,341
Rusya	1,000	1,000	0,000
İspanya	0,179	0,883	0,703
İsveç	1,000	1,000	0,000
Türkiye	0,968	0,795	-0,173
Birleşik Krallık	0,265	1,000	0,735
Ortalama	0,695	0,932	0,237

Çizelge 6.9'e göre rüzgar enerjisi kullanımları karşılaştırıldığında, iki yıl için en büyük artış 0,735 Birleşik Krallık' a ait olurken bunu çok yakın bir şeklide İspanya takip etmiştir. Çek Cumhuriyeti, Fransa İtalya ve Litvanya 2013 de etkin değil iken 2014 yılında etkin konuma gelmişlerdir. En büyük azalış -0,173 ile Türkiye' ye ait olmuştur. Türkiye için rüzgar enerjisi ile güneş enerjisini kıyaslayacak olursak, Türkiye'nin güneş enerjisini, rüzgar enerjisi daha yoğun kullandığı sonucuna ulaşılmaktadır. Çizelge 6.9'a ait etkinlik skorları şekil 6.4'de verilmiştir.



Şekil 6.4. Model 4 için etkinlik skorlarının farkları

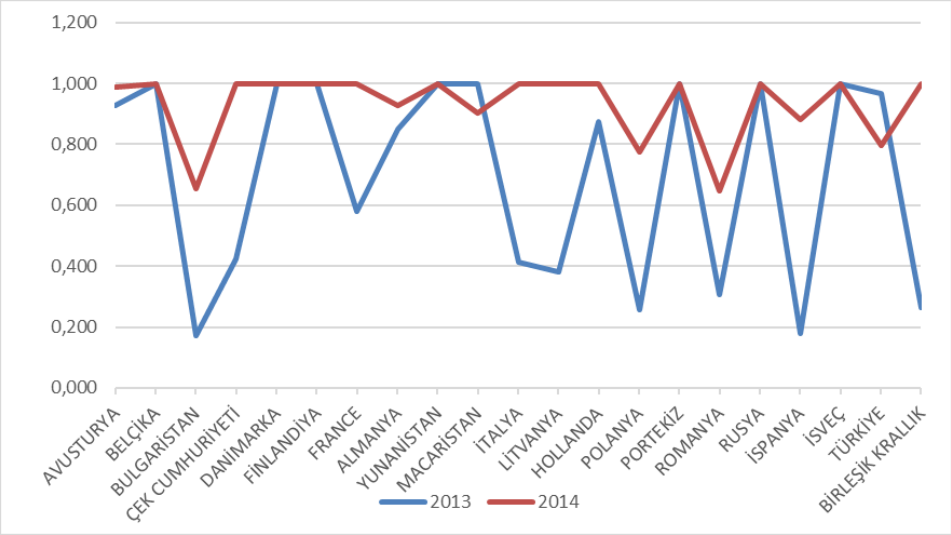
Çizelge 6.10'da jeotermal ve biyokütle enerjilerinin incelendiği model 5'den elde edilen etkinlik skorları verilmiştir.

Çizelge 6.10. Model 5 için etkinlik skorları

KVB	2013	2014	Değişim
Avusturya	0,951	0,908	-0,044
Belçika	1,000	0,951	-0,049
Bulgaristan	0,177	0,692	0,515
Çek Cumhuriyeti	0,394	0,634	0,240
Danimarka	1,000	1,000	0,000
Finlandiya	1,000	0,934	-0,066
Fransa	0,606	1,000	0,394
Almanya	0,850	0,892	0,043
Yunanistan	1,000	1,000	0,000
Macaristan	1,000	0,720	-0,280
İtalya	0,412	1,000	0,588
Litvanya	0,380	1,000	0,620
Hollanda	0,874	1,000	0,126
Polonya	0,257	0,769	0,512
Portekiz	1,000	1,000	0,000
Romanya	0,308	1,000	0,692
Rusya	0,432	1,000	0,568
İspanya	0,200	0,962	0,762
İsveç	1,000	1,000	0,000
Türkiye	1,000	0,830	-0,170
Birleşik Krallık	0,294	1,000	0,706
Ortalama	0,673	0,919	0,246

Çizelge 6.10'a göre iki yıllık ortalama olarak en küçük değere sahip ülkeler Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti ve Polonya'dır. Birleşik Krallık ve Rusya ise ciddi bir değer artışı ile 2013 de alt sıralarda yer alırken 2014 yılında etkin konuma geçmişlerdir. Türkiye ise 2013 yılı için etkin ancak 2014 yılı için kısmen düşük bir etkinlik skoruna sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 6.10'a ait etkinlik skorları şekil 6.5'de verilmiştir.

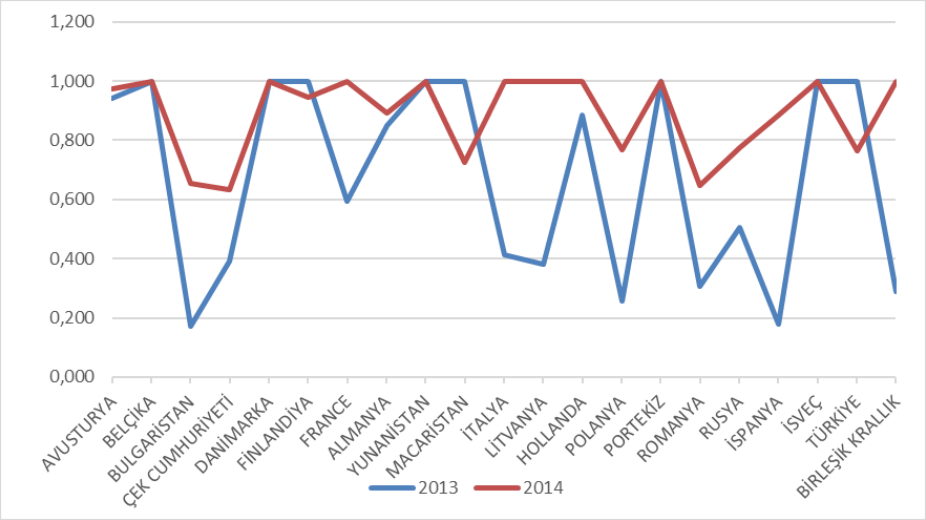


Şekil 6.5. Model 5 için etkinlik skorlarının farkları

Çizelge 6.11'de diğer yenilebilir enerji kaynaklarının incelendiği model 6'dan elde edilen etkinlik skorları verilmiştir. Çizelge 6.11'e göre İtalya, Litvanya, Hollanda ve Birleşik Krallık 2013 yılında etkin değil iken 2014 yılında etkin ülkeler konuma gelmiştir. En büyük düşüş ise 0,275 puanla Macaristan da yaşanmıştır. Macaristan'ı 0,237 puanla Türkiye takip etmektedir. Her iki ülkede 2013 yılında etkin iken 2014 yılında etkin ülkeler arasında yer alamamıştır. Çizelge 6.11'a ait etkinlik skorları şekil 6.6'de verilmiştir.

Çizelge 6.11. Model 6 için etkinlik skorları

KVB	2013	2014	Değişim
Avusturya	0,942	0,973	0,031
Belçika	1,000	1,000	0,000
Bulgaristan	0,173	0,654	0,481
Çek Cumhuriyeti	0,393	0,634	0,241
Danimarka	1,000	1,000	0,000
Finlandiya	1,000	0,947	-0,053
Fransa	0,595	1,000	0,405
Almanya	0,850	0,892	0,043
Yunanistan	1,000	1,000	0,000
Macaristan	1,000	0,725	-0,275
İtalya	0,412	1,000	0,588
Litvanya	0,380	1,000	0,620
Hollanda	0,884	1,000	0,116
Polonya	0,257	0,769	0,512
Portekiz	1,000	1,000	0,000
Romanya	0,308	0,649	0,341
Rusya	0,504	0,774	0,270
İspanya	0,179	0,886	0,706
İsveç	1,000	1,000	0,000
Türkiye	1,000	0,763	-0,237
Birleşik Krallık	0,287	1,000	0,713
Ortalama	0,675	0,889	0,214



Şekil 6.6. Model 6 için etkinlik skorlarının farkları

Çizelge 6.12'de Türkiye'nin 2013 ve 2014 yılına ait enerji türlerine göre elde ettiği etkinlik skorlarının yer aldığı bir tablo verilmiştir. Bu tabloya göre Türkiye, 2013 yılında güneş, jeotermal ile biyokütle ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre etkin çıkmıştır.

Ayrıca 2014 yılındaki güneş hariç tüm değerlerin 2013 yılındaki değerlerden daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 6.12. Türkiye'nin enerji türlerine göre etkinlik skorları

Modeller	2013	2014	Ortalama
Model 1	0,968	0,763	0,866
Model 2	0,968	0,763	0,866
Model 3	1,000	1,000	1,000
Model 4	0,968	0,795	0,882
Model 5	1,000	0,830	0,915
Model 6	1,000	0,763	0,882

Yapılan VZA sonucunda görmekteyiz ki genel olarak Türkiye 2014 yılında bir önceki yıla göre etkinlik skorunda kayıp yaşamış ve sıralamada geriye düşmüştür. Bu kaybın sebebinin GSYH oluşturmak için kullandığı iş gücü değişkenini oldukça verimsiz kullanımından olduğu söylenebilir. Kullanılan enerji türleri arasında güneş, jeotermal ve biokütle ve diğer enerji türlerinin modele eklenmesiyle Türkiye'nin 2013 yılında etkin konumuna geçtiği görülmektedir.

Sonraki bölümde aynı modellere Bootstrap-VZA yöntemi uygulanarak elde edilen etkinlik skorlarının yansız tahminlerinin elde edilmesi amaçlanmıştır.

6.1. Bootstrap Veri Zarflama Modeli

Bootstrap-VZA modeli ile daha önce elde edilen etkinlik skorları için deneysel bir dağılım elde edilir. Bu deneysel dağılım yardımıyla etkinlik skorları için çeşitli istatistikler hesaplanabilir ve güven aralıları oluşturulabilmektedir. Uygulamada, KVB'leri için oluşturulacak güven aralıkları için 0,01 güven düzeyi seçilmiştir. Ayrıca, yanlı etkinlik tahminleri için ise yan değerlerinden arındırılmış düzeltilmiş etkinlik skorları bu deneysel dağılımdan elde edilmiştir.

Çizelge 6.13 ila 6.32 arasındaki verilen tablolarda KVB'lerinin etkinlik skorları ve Bootstrap-VZA ile elde edilen yanlarından arındırılmış etkinlik skorları verilmiştir. Bu çizelgeler, Bootstrap-VZA yöntemlerinden olan LT ve SW algoritmalarının da birbirleri ile karşılaştırılabilmesi için LT ve SW algoritmasından elde edilen sonuçlar peş peşe verilmiştir. Bahsi geçen çizelgeler, her bir yenilenebilir enerji türü için sırasıyla 2013 ve

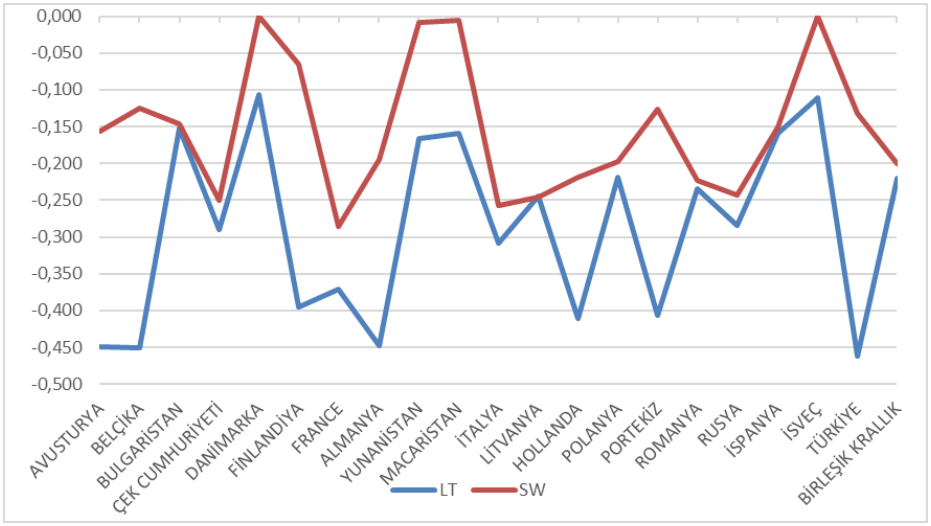
2014 yılları için elde edilmiştir. Ayrıca LT ve SW algoritmalarının daha kolay karşılaştırılması yapılabilmesi için her bir tablo çiftinin devamında grafikleri ile verilmiştir. İlgili analiz sonuçları, Matlab 2013 programında yazılan kodlar ile elde edilmiştir.

Çizelge 6.13. 2013 yılı model 1 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	K1ontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,927	-0,449	1,376	1,519	0,295	1,051	1,897
Belçika	1,000	-0,451	1,451	1,520	0,296	1,084	1,901
Bulgaristan	0,173	-0,153	0,326	8,779	0,017	0,311	0,413
Çek Cumhuriyeti	0,379	-0,289	0,668	3,986	0,073	0,604	1,011
Danimarka	1,000	-0,106	1,106	0,600	0,177	0,595	1,213
Finlandiya	1,000	-0,395	1,395	1,322	0,298	0,999	1,789
Fransa	0,579	-0,371	0,950	2,251	0,165	0,801	1,662
Almanya	0,850	-0,448	1,298	1,659	0,270	1,022	1,897
Yunanistan	1,000	-0,166	1,166	0,722	0,230	0,616	1,332
Macaristan	1,000	-0,160	1,160	0,688	0,232	0,599	1,320
İtalya	0,412	-0,309	0,721	3,806	0,081	0,647	1,028
Litvanya	0,380	-0,244	0,624	1,902	0,128	0,513	1,249
Hollanda	0,863	-0,411	1,275	1,413	0,291	0,952	1,822
Polonya	0,257	-0,219	0,476	7,370		0,449	0,594
Portekiz	1,000	-0,407	1,407	1,340	0,304	0,992	1,814
Romanya	0,308	-0,235	0,543	3,525	0,067	0,487	0,899
Rusya	0,359	-0,285	0,643	4,998	0,057	0,592	0,859
İspanya	0,179	-0,160	0,339	10,490	0,015	0,325	0,399
İsveç	1,000	-0,111	1,111	0,578	0,193	0,569	1,223
Türkiye	0,968	-0,462	1,430	1,568	0,295	1,087	1,924
Birleşik Krallık	0,265	-0,221	0,486	6,391	0,035	0,454	0,622

Çizelge 6.14. 2013 yılı model 1 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,927	-0,156	1,083	1,025	0,152	0,768	1,312
Belçika	1,000	-0,126	1,126	0,917	0,137	0,788	1,251
Bulgaristan	0,173	-0,146	0,319	25,611	0,006	0,308	0,335
Çek Cumhuriyeti	0,379	-0,249	0,629	9,472	0,026	0,576	0,696
Danimarka	1,000	0,000	1,000	0,042	0,002	1,000	1,000
Finlandiya	1,000	-0,065	1,065	0,643	0,101	0,733	1,130
Fransa	0,579	-0,285	0,865	4,689	0,061	0,745	1,010
Almanya	0,850	-0,195	1,045	1,406	0,139	0,765	1,391
Yunanistan	1,000	-0,008	1,008	0,244	0,033	0,806	1,016
Macaristan	1,000	-0,005	1,005	0,204	0,027	0,818	1,011
İtalya	0,412	-0,258	0,670	7,942	0,032	0,604	0,751
Litvanya	0,380	-0,246	0,626	7,312	0,034	0,563	0,725
Hollanda	0,863	-0,219	1,082	1,592	0,137	0,816	1,437
Polonya	0,257	-0,198	0,455	15,726	0,013	0,429	0,489
Portekiz	1,000	-0,127	1,127	0,923	0,137	0,771	1,253
Romanya	0,308	-0,223	0,531	11,798	0,019	0,494	0,584
Rusya	0,359	-0,243	0,601	9,821	0,025	0,550	0,663
İspanya	0,179	-0,150	0,330	24,390	0,006	0,317	0,345
İsveç	1,000	0,000	1,000	0,047	0,003	1,000	1,000
Türkiye	0,968	-0,133	1,101	0,898	0,148	0,753	1,265
Birleşik Krallık	0,265	-0,201	0,466	14,501	0,014	0,439	0,501



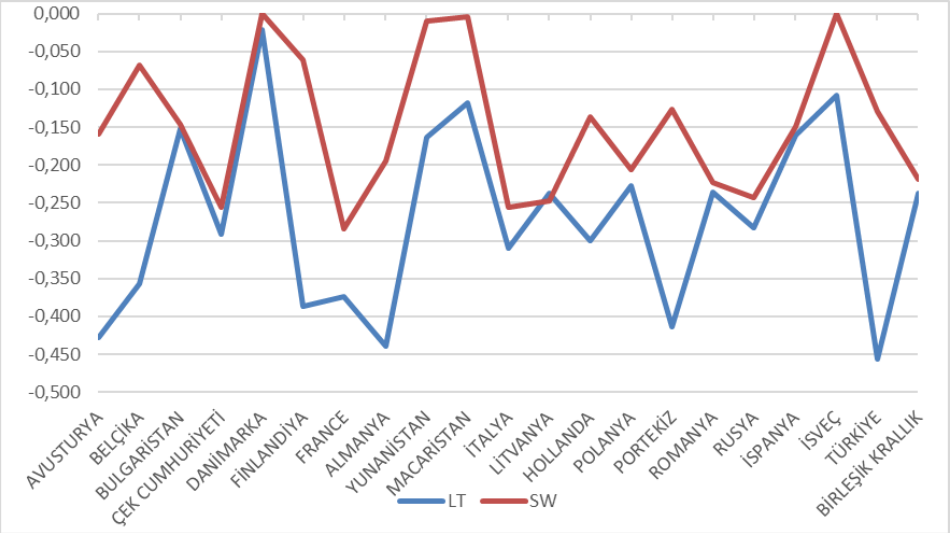
Şekil 6.7. 2013 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 1 için yan değerleri

Çizelge 6.15. 2013 yılı model 2 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,927	-0,428	1,356	1,425	0,301	1,013	1,857
Belçika	1,000	-0,357	1,357	1,196	0,298	0,919	1,713
Bulgaristan	0,173	-0,153	0,326	8,978	0,017	0,311	0,401
Çek Cumhuriyeti	0,403	-0,292	0,695	3,248	0,090	0,612	1,040
Danimarka	1,000	-0,021	1,021	0,252	0,085	0,634	1,043
Finlandiya	1,000	-0,387	1,387	1,303	0,297	0,984	1,774
Fransa	0,579	-0,373	0,953	2,369	0,158	0,806	1,540
Almanya	0,850	-0,440	1,289	1,636	0,269	1,004	1,879
Yunanistan	1,000	-0,163	1,163	0,719	0,226	0,610	1,326
Macaristan	1,000	-0,118	1,118	0,558	0,211	0,521	1,236
İtalya	0,412	-0,309	0,722	3,724	0,083	0,648	1,054
Litvanya	0,380	-0,238	0,617	1,708	0,139	0,500	1,279
Hollanda	0,947	-0,300	1,247	0,972	0,308	0,756	1,600
Polonya	0,275	-0,227	0,502	5,983	0,038	0,467	0,651
Portekiz	1,000	-0,414	1,414	1,369	0,302	1,005	1,827
Romanya	0,308	-0,236	0,544	3,718	0,064	0,489	0,862
Rusya	0,359	-0,282	0,641	4,654	0,061	0,587	0,868
İspanya	0,179	-0,160	0,339	10,693	0,015	0,326	0,401
İsveç	1,000	-0,108	1,108	0,580	0,186	0,562	1,215
Türkiye	0,968	-0,457	1,425	1,549	0,295	1,076	1,914
Birleşik Krallık	0,303	-0,238	0,541	4,358	0,055	0,493	0,782

Çizelge 6.16. 2013 yılı model 2 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,927	-0,159	1,087	1,087	0,147	0,780	1,319
Belçika	1,000	-0,068	1,068	0,652	0,104	0,740	1,136
Bulgaristan	0,173	-0,146	0,319	26,093	0,006	0,308	0,335
Çek Cumhuriyeti	0,403	-0,256	0,659	8,315	0,031	0,596	0,734
Danimarka	1,000	0,000	1,000	0,857	0,000	1,000	1,000
Finlandiya	1,000	-0,062	1,062	0,625	0,099	0,736	1,123
Fransa	0,579	-0,284	0,864	4,815	0,059	0,744	1,005
Almanya	0,850	-0,194	1,044	1,418	0,137	0,769	1,388
Yunanistan	1,000	-0,009	1,009	0,260	0,035	0,787	1,018
Macaristan	1,000	-0,004	1,004	0,163	0,022	0,824	1,007
İtalya	0,412	-0,256	0,669	7,761	0,033	0,601	0,751
Litvanya	0,380	-0,248	0,627	7,979	0,031	0,569	0,719
Hollanda	0,947	-0,136	1,083	0,881	0,154	0,729	1,272
Polonya	0,275	-0,206	0,481	14,526	0,014	0,451	0,517
Portekiz	1,000	-0,126	1,126	0,929	0,136	0,784	1,253
Romanya	0,308	-0,222	0,531	12,139	0,018	0,493	0,582
Rusya	0,359	-0,243	0,602	9,858	0,025	0,551	0,665
İspanya	0,179	-0,150	0,329	24,681	0,006	0,317	0,344
İsveç	1,000	0,000	1,000	0,041	0,002	1,000	1,000
Türkiye	0,968	-0,129	1,097	0,891	0,145	0,755	1,258
Birleşik Krallık	0,303	-0,219	0,523	12,663	0,017	0,489	0,569



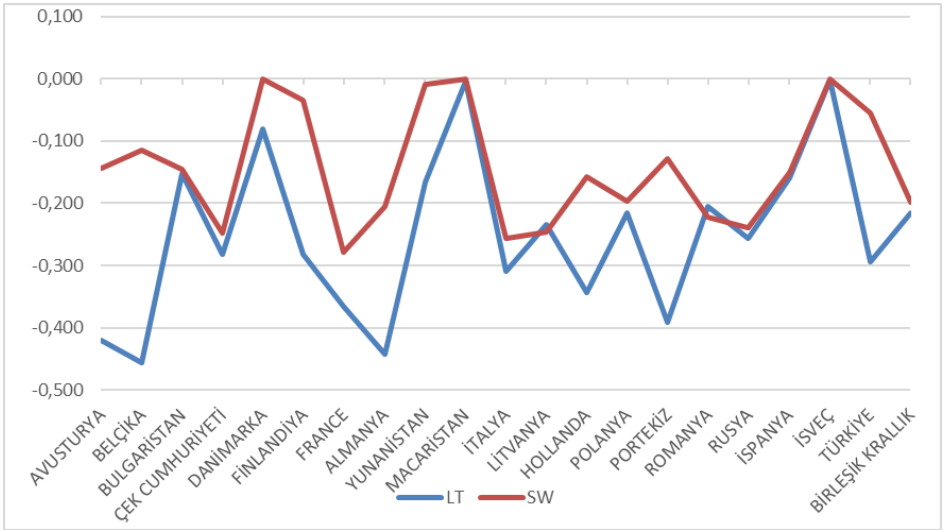
Şekil 6.8. 2013 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 2 için yan değerleri

Çizelge 6.17. 2013 yılı model 3 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,938	-0,420	1,358	1,404	0,299	0,998	1,840
Belçika	1,000	-0,456	1,456	1,551	0,294	1,096	1,913
Bulgaristan	0,173	-0,152	0,325	8,690	0,018	0,310	0,406
Çek Cumhuriyeti	0,379	-0,282	0,661	3,593	0,078	0,589	0,968
Danimarka	1,000	-0,081	1,081	0,517	0,156	0,585	1,162
Finlandiya	1,000	-0,283	1,283	1,005	0,281	0,795	1,565
Fransa	0,589	-0,365	0,954	2,018	0,181	0,793	1,730
Almanya	0,850	-0,443	1,293	1,630	0,272	1,011	1,886
Yunanistan	1,000	-0,165	1,165	0,714	0,232	0,607	1,331
Macaristan	1,000	-0,004	1,004	0,162	0,024	0,820	1,008
İtalya	0,412	-0,310	0,722	3,755	0,083	0,649	1,069
Litvanya	0,380	-0,234	0,613	1,623	0,144	0,492	1,271
Hollanda	0,901	-0,344	1,245	1,134	0,304	0,835	1,689
Polonya	0,257	-0,215	0,472	6,155	0,035	0,441	0,617
Portekiz	1,000	-0,390	1,390	1,254	0,311	0,959	1,781
Romanya	0,334	-0,206	0,540	1,836	0,112	0,432	0,994
Rusya	0,377	-0,256	0,632	2,280	0,112	0,536	1,266
İspanya	0,179	-0,159	0,338	9,756	0,016	0,324	0,401
İsveç	1,000	-0,002	1,002	0,108	0,020	0,776	1,004
Türkiye	1,000	-0,294	1,294	1,040	0,283	0,809	1,589
Birleşik Krallık	0,265	-0,215	0,480	5,416	0,040	0,442	0,638

Çizelge 6.18. 2013 yılı model 3 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,938	-0,143	1,081	0,940	0,152	0,753	1,286
Belçika	1,000	-0,115	1,115	0,868	0,133	0,776	1,231
Bulgaristan	0,173	-0,146	0,319	25,114	0,006	0,307	0,335
Çek Cumhuriyeti	0,379	-0,248	0,627	9,165	0,027	0,571	0,697
Danimarka	1,000	0,000	1,000	0,022	0,001	1,000	1,000
Finlandiya	1,000	-0,034	1,034	0,463	0,073	0,730	1,068
Fransa	0,589	-0,278	0,868	4,539	0,061	0,736	1,005
Almanya	0,850	-0,206	1,055	1,528	0,135	0,778	1,386
Yunanistan	1,000	-0,010	1,010	0,260	0,037	0,791	1,019
Macaristan	1,000	0,000	1,000	0,330	0,000	1,000	1,000
İtalya	0,412	-0,257	0,669	7,693	0,033	0,601	0,750
Litvanya	0,380	-0,246	0,626	7,869	0,031	0,566	0,722
Hollanda	0,901	-0,157	1,058	1,016	0,154	0,736	1,314
Polonya	0,257	-0,197	0,454	15,084	0,013	0,430	0,487
Portekiz	1,000	-0,129	1,129	0,942	0,137	0,784	1,257
Romanya	0,334	-0,222	0,556	7,536	0,029	0,502	0,640
Rusya	0,377	-0,239	0,616	7,520	0,032	0,554	0,711
İspanya	0,179	-0,150	0,330	25,152	0,006	0,318	0,344
İsveç	1,000	0,000	1,000	0,350	0,000	1,000	1,000
Türkiye	1,000	-0,055	1,055	0,579	0,095	0,733	1,110
Birleşik Krallık	0,265	-0,198	0,463	13,257	0,015	0,434	0,501



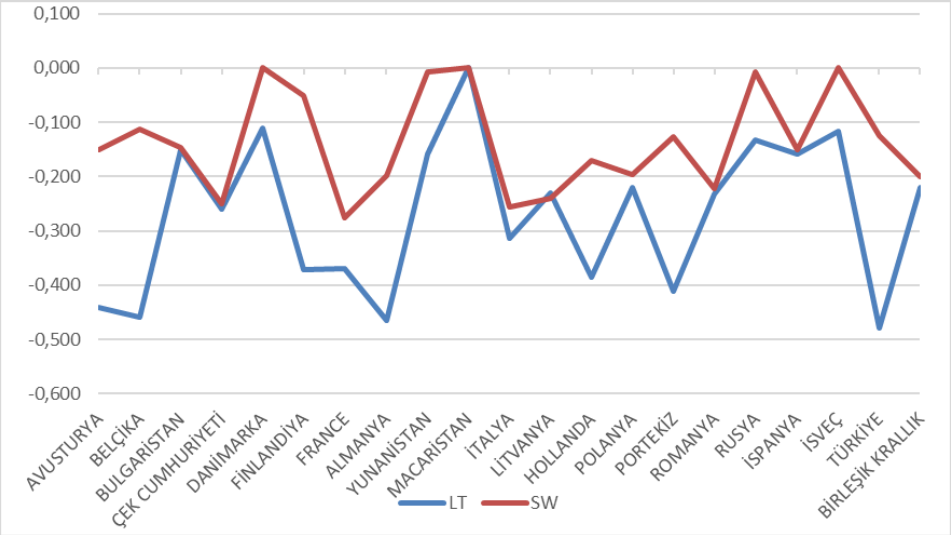
Şekil 6.9. 2013 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 3 için yan değerleri

Çizelge 6.19. 2013 yılı model 4 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,929	-0,441	1,370	1,482	0,298	1,039	1,882
Belçika	1,000	-0,459	1,459	1,530	0,300	1,106	1,919
Bulgaristan	0,173	-0,151	0,324	7,839	0,019	0,307	0,409
Çek Cumhuriyeti	0,424	-0,261	0,685	1,853	0,141	0,554	1,269
Danimarka	1,000	-0,111	1,111	0,614	0,181	0,582	1,222
Finlandiya	1,000	-0,371	1,371	1,286	0,289	0,959	1,742
Fransa	0,582	-0,370	0,952	2,109	0,175	0,801	1,712
Almanya	0,850	-0,465	1,314	1,709	0,272	1,054	1,929
Yunanistan	1,000	-0,159	1,159	0,694	0,229	0,602	1,317
Macaristan	1,000	0,000	1,000	0,115	0,002	0,980	1,001
İtalya	0,412	-0,314	0,727	3,773	0,083	0,658	1,064
Litvanya	0,380	-0,230	0,610	1,628	0,141	0,486	1,252
Hollanda	0,875	-0,385	1,260	1,301	0,296	0,905	1,770
Polonya	0,257	-0,220	0,477	6,807	0,032	0,451	0,629
Portekiz	1,000	-0,411	1,411	1,340	0,306	1,000	1,822
Romanya	0,308	-0,232	0,540	3,375	0,069	0,481	0,865
Rusya	1,000	-0,132	1,132	0,561	0,236	0,516	1,264
İspanya	0,179	-0,160	0,339	9,581	0,017	0,325	0,406
İsveç	1,000	-0,116	1,116	0,588	0,198	0,579	1,233
Türkiye	0,968	-0,479	1,447	1,626	0,295	1,120	1,958
Birleşik Krallık	0,265	-0,221	0,486	5,646	0,039	0,454	0,655

Çizelge 6.20 2013 yılı model 4 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,929	-0,150	1,079	1,015	0,148	0,752	1,301
Belçika	1,000	-0,112	1,112	0,866	0,130	0,771	1,225
Bulgaristan	0,173	-0,146	0,319	25,809	0,006	0,307	0,333
Çek Cumhuriyeti	0,424	-0,250	0,673	6,687	0,037	0,597	0,777
Danimarka	1,000	0,000	1,000	0,029	0,000	1,000	1,000
Finlandiya	1,000	-0,050	1,050	0,562	0,089	0,735	1,100
Fransa	0,582	-0,277	0,858	4,726	0,059	0,733	0,998
Almanya	0,850	-0,198	1,048	1,468	0,135	0,772	1,387
Yunanistan	1,000	-0,008	1,008	0,233	0,035	0,772	1,016
Macaristan	1,000	0,000	1,000	0,241	0,000	1,000	1,000
İtalya	0,412	-0,255	0,668	7,881	0,032	0,599	0,742
Litvanya	0,380	-0,239	0,619	7,144	0,034	0,557	0,719
Hollanda	0,875	-0,171	1,045	1,178	0,145	0,739	1,341
Polonya	0,257	-0,197	0,455	15,927	0,012	0,429	0,483
Portekiz	1,000	-0,127	1,127	0,932	0,137	0,788	1,255
Romanya	0,308	-0,221	0,529	11,892	0,019	0,493	0,584
Rusya	1,000	-0,008	1,008	0,233	0,034	0,782	1,016
İspanya	0,179	-0,150	0,329	25,123	0,006	0,317	0,343
İsveç	1,000	0,000	1,000	0,023	0,001	1,000	1,000
Türkiye	0,968	-0,125	1,093	0,863	0,145	0,732	1,250
Birleşik Krallık	0,265	-0,199	0,465	15,034	0,013	0,437	0,495



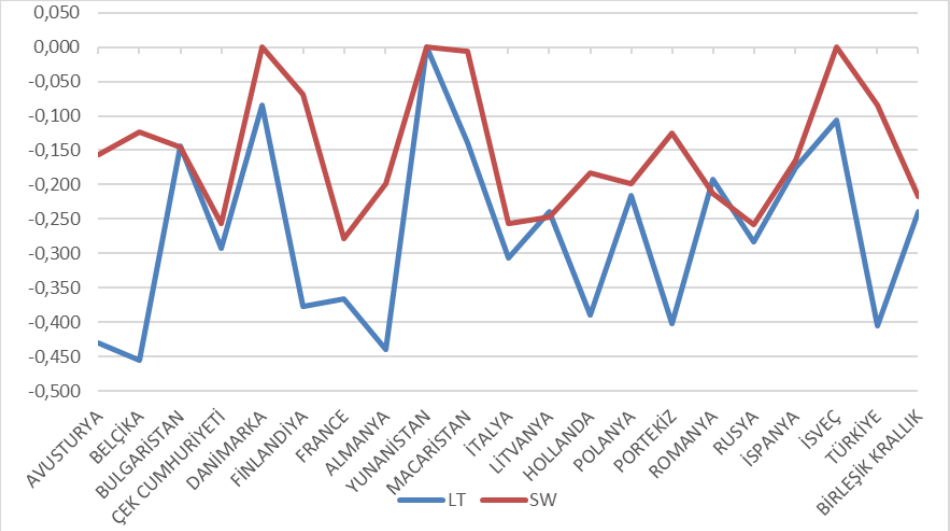
Şekil 6.10. 2013 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 4 için yan değerleri

Çizelge 6.21. 2013 yılı model 5 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,951	-0,430	1,382	1,456	0,295	1,029	1,860
Belçika	1,000	-0,454	1,454	1,564	0,291	1,102	1,909
Bulgaristan	0,177	-0,144	0,321	5,094	0,028	0,293	0,441
Çek Cumhuriyeti	0,394	-0,293	0,687	3,825	0,077	0,614	0,964
Danimarka	1,000	-0,084	1,084	0,548	0,154	0,579	1,168
Finlandiya	1,000	-0,377	1,377	1,281	0,294	0,968	1,753
Fransa	0,606	-0,365	0,972	1,996	0,183	0,798	1,730
Almanya	0,850	-0,439	1,288	1,627	0,270	1,006	1,878
Yunanistan	1,000	0,000	1,000	0,314	0,000	1,000	1,000
Macaristan	1,000	-0,139	1,139	0,650	0,213	0,574	1,278
İtalya	0,412	-0,307	0,720	3,760	0,082	0,645	1,056
Litvanya	0,380	-0,239	0,619	1,798	0,133	0,504	1,197
Hollanda	0,874	-0,390	1,264	1,340	0,291	0,918	1,780
Polonya	0,257	-0,216	0,473	6,644	0,033	0,444	0,599
Portekiz	1,000	-0,402	1,402	1,351	0,298	0,987	1,804
Romanya	0,308	-0,192	0,500	1,932	0,099	0,402	0,889
Rusya	0,432	-0,283	0,715	2,243	0,126	0,601	1,269
İspanya	0,200	-0,175	0,374	9,140	0,019	0,357	0,452
İsveç	1,000	-0,106	1,106	0,573	0,185	0,566	1,212
Türkiye	1,000	-0,405	1,405	1,373	0,295	1,019	1,811
Birleşik Krallık	0,294	-0,240	0,534	5,786	0,041	0,495	0,696

Çizelge 6.22. 2013 yılı model 5 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,951	-0,156	1,108	1,058	0,148	0,792	1,313
Belçika	1,000	-0,124	1,124	0,924	0,134	0,790	1,248
Bulgaristan	0,177	-0,146	0,323	18,884	0,008	0,308	0,345
Çek Cumhuriyeti	0,394	-0,257	0,651	9,038	0,028	0,595	0,724
Danimarka	1,000	0,000	1,000	0,038	0,001	1,000	1,000
Finlandiya	1,000	-0,068	1,068	0,660	0,103	0,754	1,136
Fransa	0,606	-0,278	0,885	4,045	0,069	0,742	1,060
Almanya	0,850	-0,198	1,048	1,434	0,138	0,769	1,397
Yunanistan	1,000	0,000	1,000	0,284	0,000	1,000	1,000
Macaristan	1,000	-0,005	1,005	0,209	0,026	0,800	1,011
İtalya	0,412	-0,257	0,669	7,826	0,033	0,603	0,750
Litvanya	0,380	-0,247	0,626	7,369	0,033	0,568	0,733
Hollanda	0,874	-0,182	1,056	1,311	0,139	0,773	1,365
Polonya	0,257	-0,198	0,455	15,795	0,013	0,430	0,487
Portekiz	1,000	-0,124	1,124	0,928	0,134	0,774	1,249
Romanya	0,308	-0,212	0,520	8,657	0,025	0,474	0,589
Rusya	0,432	-0,258	0,690	6,827	0,038	0,617	0,792
İspanya	0,200	-0,164	0,364	22,744	0,007	0,349	0,380
İsveç	1,000	0,000	1,000	0,049	0,002	1,000	1,000
Türkiye	1,000	-0,085	1,085	0,744	0,114	0,738	1,170
Birleşik Krallık	0,294	-0,218	0,512	14,327	0,015	0,480	0,549



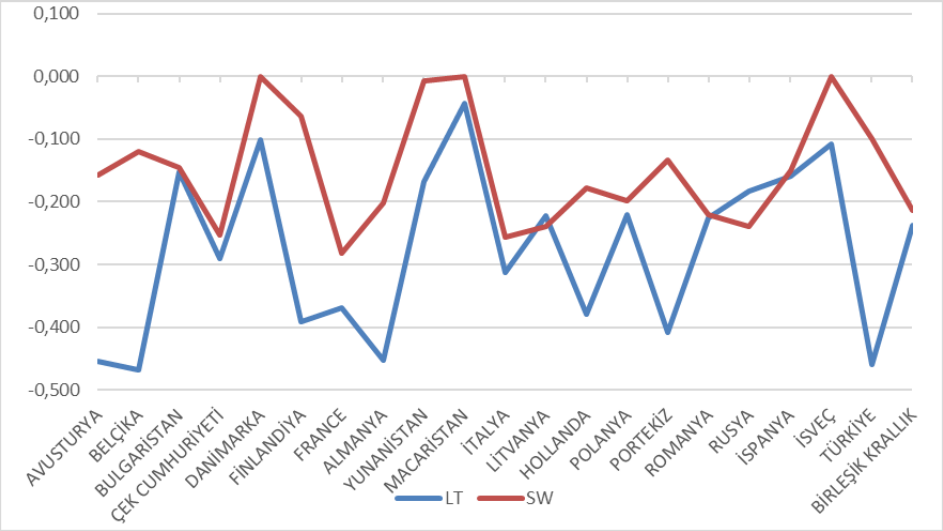
Şekil 6.11. 2013 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 5 için yan değerleri

Çizelge 6.23. 2013 yılı model 6 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,942	-0,454	1,397	1,544	0,294	1,069	1,909
Belçika	1,000	-0,467	1,467	1,583	0,295	1,115	1,935
Bulgaristan	0,173	-0,152	0,325	8,161	0,019	0,309	0,411
Çek Cumhuriyeti	0,393	-0,291	0,683	3,406	0,085	0,610	1,051
Danimarka	1,000	-0,102	1,102	0,578	0,176	0,581	1,204
Finlandiya	1,000	-0,392	1,392	1,324	0,296	0,994	1,784
Fransa	0,595	-0,370	0,965	2,004	0,184	0,802	1,739
Almanya	0,850	-0,453	1,303	1,670	0,271	1,032	1,907
Yunanistan	1,000	-0,167	1,167	0,710	0,235	0,612	1,334
Macaristan	1,000	-0,044	1,044	0,370	0,118	0,596	1,087
İtalya	0,412	-0,314	0,726	4,013	0,078	0,657	1,053
Litvanya	0,380	-0,223	0,602	1,585	0,140	0,470	1,232
Hollanda	0,884	-0,380	1,263	1,276	0,298	0,896	1,759
Polonya	0,257	-0,220	0,478	7,362	0,030	0,452	0,609
Portekiz	1,000	-0,409	1,409	1,345	0,304	0,995	1,818
Romanya	0,308	-0,225	0,534	2,949	0,076	0,468	0,900
Rusya	0,504	-0,182	0,687	0,701	0,260	0,409	1,365
İspanya	0,179	-0,160	0,339	9,674	0,017	0,325	0,406
İsveç	1,000	-0,108	1,108	0,567	0,191	0,563	1,217
Türkiye	1,000	-0,459	1,459	1,570	0,292	1,110	1,917
Birleşik Krallık	0,287	-0,238	0,525	5,766	0,041	0,491	0,690

Çizelge 6.24. 2013 yılı model 6 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,942	-0,157	1,099	1,066	0,147	0,777	1,314
Belçika	1,000	-0,120	1,120	0,895	0,134	0,777	1,240
Bulgaristan	0,173	-0,146	0,319	25,721	0,006	0,308	0,335
Çek Cumhuriyeti	0,393	-0,253	0,646	9,219	0,027	0,589	0,711
Danimarka	1,000	0,000	1,000	0,022	0,001	1,000	1,000
Finlandiya	1,000	-0,063	1,063	0,639	0,099	0,749	1,126
Fransa	0,595	-0,282	0,877	4,430	0,064	0,748	1,037
Almanya	0,850	-0,202	1,052	1,490	0,136	0,776	1,404
Yunanistan	1,000	-0,007	1,007	0,235	0,031	0,804	1,014
Macaristan	1,000	0,000	1,000	0,202	0,000	1,000	1,000
İtalya	0,412	-0,257	0,669	7,943	0,032	0,603	0,752
Litvanya	0,380	-0,239	0,619	6,912	0,035	0,555	0,713
Hollanda	0,884	-0,179	1,062	1,196	0,149	0,764	1,358
Polonya	0,257	-0,198	0,455	15,943	0,012	0,430	0,485
Portekiz	1,000	-0,133	1,133	0,965	0,138	0,790	1,266
Romanya	0,308	-0,220	0,528	11,460	0,019	0,489	0,580
Rusya	0,504	-0,239	0,744	3,306	0,072	0,613	0,951
İspanya	0,179	-0,150	0,329	25,064	0,006	0,317	0,344
İsveç	1,000	0,000	1,000	0,041	0,001	1,000	1,000
Türkiye	1,000	-0,100	1,100	0,808	0,123	0,757	1,199
Birleşik Krallık	0,287	-0,214	0,501	14,431	0,015	0,471	0,535



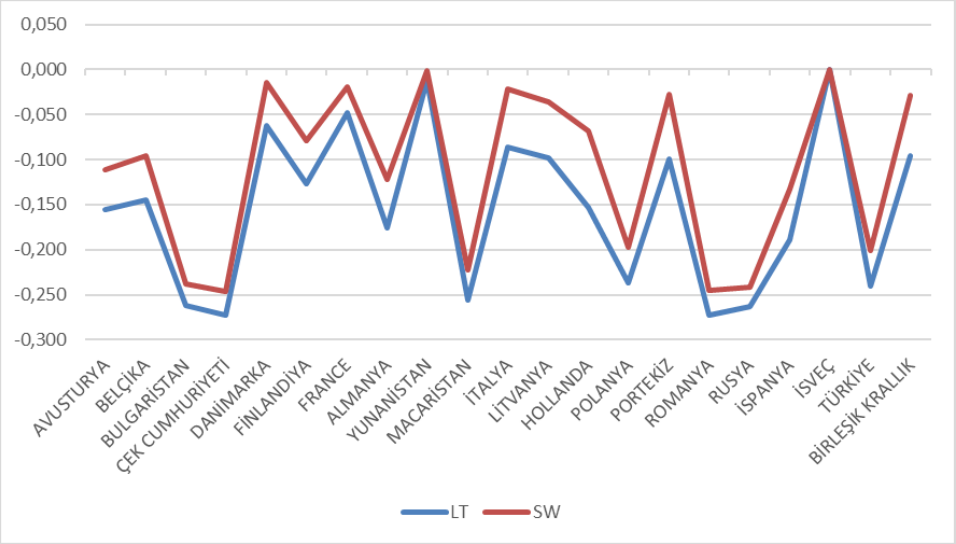
Şekil 6.12. 2013 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 6 için yan değerleri

Çizelge 6.25. 2014 yılı model 1 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,901	-0,156	1,057	1,100	0,142	0,835	1,311
Belçika	0,915	-0,145	1,061	1,019	0,142	0,824	1,290
Bulgaristan	0,654	-0,262	0,916	3,102	0,084	0,797	1,152
Çek Cumhuriyeti	0,634	-0,273	0,907	3,595	0,076	0,801	1,131
Danimarka	1,000	-0,062	1,062	0,737	0,084	0,837	1,124
Finlandiya	0,934	-0,126	1,060	0,919	0,137	0,816	1,252
Fransa	1,000	-0,048	1,048	0,516	0,093	0,793	1,096
Almanya	0,892	-0,176	1,068	1,215	0,145	0,863	1,352
Yunanistan	1,000	-0,012	1,012	0,358	0,034	0,875	1,025
Macaristan	0,720	-0,255	0,975	2,528	0,101	0,843	1,265
İtalya	1,000	-0,086	1,086	0,911	0,094	0,888	1,172
Litvanya	1,000	-0,098	1,098	0,908	0,108	0,868	1,195
Hollanda	0,975	-0,153	1,128	1,182	0,129	0,914	1,306
Polonya	0,769	-0,236	1,006	2,220	0,107	0,855	1,321
Portekiz	1,000	-0,099	1,099	1,050	0,095	0,896	1,199
Romanya	0,649	-0,273	0,921	3,445	0,079	0,813	1,145
Rusya	0,634	-0,263	0,897	3,380	0,078	0,784	1,119
İspanya	0,883	-0,189	1,071	1,379	0,137	0,884	1,377
İsveç	1,000	0,000	1,000	0,464	0,000	1,000	1,000
Türkiye	0,763	-0,240	1,003	2,146	0,112	0,851	1,317
Birleşik Krallık	1,000	-0,096	1,096	0,930	0,103	0,875	1,192

Çizelge 6.26. 2014 yılı model 1 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,901	-0,111	1,012	1,252	0,089	0,800	1,223
Belçika	0,915	-0,096	1,011	1,036	0,092	0,795	1,192
Bulgaristan	0,654	-0,238	0,892	5,176	0,046	0,782	1,000
Çek Cumhuriyeti	0,634	-0,247	0,880	5,770	0,043	0,778	0,986
Danimarka	1,000	-0,015	1,015	0,389	0,038	0,843	1,030
Finlandiya	0,934	-0,079	1,012	0,849	0,093	0,784	1,157
Fransa	1,000	-0,020	1,020	0,432	0,046	0,828	1,040
Almanya	0,892	-0,122	1,014	1,455	0,084	0,809	1,200
Yunanistan	1,000	-0,001	1,001	0,126	0,007	0,932	1,002
Macaristan	0,720	-0,223	0,943	4,255	0,052	0,810	1,068
İtalya	1,000	-0,022	1,022	0,475	0,046	0,831	1,044
Litvanya	1,000	-0,036	1,036	0,603	0,060	0,840	1,072
Hollanda	0,975	-0,068	1,043	0,771	0,088	0,816	1,136
Polonya	0,769	-0,197	0,967	3,278	0,060	0,818	1,104
Portekiz	1,000	-0,027	1,027	0,530	0,051	0,821	1,054
Romanya	0,649	-0,245	0,894	5,521	0,044	0,790	1,004
Rusya	0,634	-0,242	0,876	5,626	0,043	0,777	0,988
İspanya	0,883	-0,133	1,016	1,755	0,076	0,828	1,166
İsveç	1,000	0,000	1,000	0,548	0,000	1,000	1,000
Türkiye	0,763	-0,201	0,964	3,398	0,059	0,817	1,098
Birleşik Krallık	1,000	-0,029	1,029	0,538	0,053	0,823	1,057



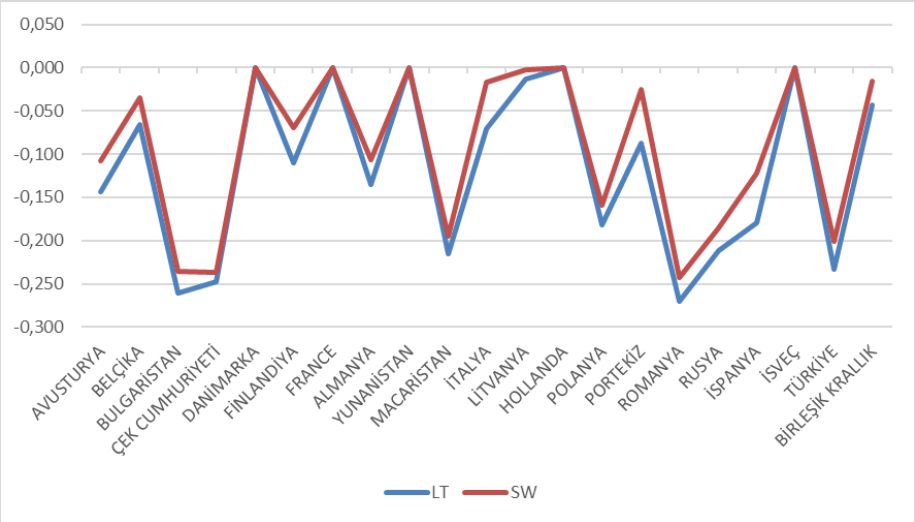
Şekil 6.13. 2014 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 1 için yan değerleri

Çizelge 6.27. 2014 yılı model 2 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,901	-0,143	1,044	1,072	0,134	0,817	1,287
Belçika	1,000	-0,066	1,066	0,644	0,103	0,792	1,133
Bulgaristan	0,654	-0,261	0,915	3,356	0,078	0,796	1,151
Çek Cumhuriyeti	0,634	-0,247	0,881	3,039	0,081	0,754	1,107
Danimarka	1,000	0,000	1,000	0,225	0,000	1,000	1,000
Finlandiya	0,934	-0,110	1,044	0,856	0,129	0,789	1,220
Fransa	1,000	0,000	1,000	2,361	0,000	1,000	1,000
Almanya	0,892	-0,135	1,027	0,982	0,137	0,782	1,269
Yunanistan	1,000	-0,001	1,001	0,157	0,004	0,966	1,001
Macaristan	0,755	-0,216	0,970	1,917	0,112	0,794	1,303
İtalya	1,000	-0,071	1,071	0,817	0,087	0,860	1,142
Litvanya	1,000	-0,014	1,014	0,386	0,036	0,836	1,028
Hollanda	1,000	0,000	1,000	0,070	0,000	1,000	1,000
Polonya	0,820	-0,181	1,001	1,375	0,132	0,795	1,362
Portekiz	1,000	-0,087	1,087	0,970	0,090	0,879	1,174
Romanya	0,649	-0,270	0,919	3,471	0,078	0,813	1,170
Rusya	0,786	-0,212	0,997	1,668	0,127	0,820	1,375
İspanya	0,886	-0,179	1,065	1,421	0,126	0,878	1,358
İsveç	1,000	0,000	1,000	0,632	0,000	1,000	1,000
Türkiye	0,763	-0,233	0,996	2,220	0,105	0,844	1,316
Birleşik Krallık	1,000	-0,043	1,043	0,529	0,081	0,791	1,086

Çizelge 6.28. 2014 yılı model 2 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,901	-0,107	1,008	1,343	0,080	0,806	1,198
Belçika	1,000	-0,035	1,035	0,582	0,060	0,822	1,069
Bulgaristan	0,654	-0,236	0,890	5,444	0,043	0,782	0,997
Çek Cumhuriyeti	0,634	-0,237	0,870	5,498	0,043	0,766	0,982
Danimarka	1,000	0,000	1,000	0,528	0,000	1,000	1,000
Finlandiya	0,934	-0,069	1,003	0,791	0,088	0,772	1,139
Fransa	1,000	0,000	1,000	3,535	0,000	1,000	1,000
Almanya	0,892	-0,107	0,999	1,259	0,085	0,792	1,207
Yunanistan	1,000	0,000	1,000	0,221	0,000	1,000	1,000
Macaristan	0,755	-0,195	0,950	3,232	0,060	0,798	1,095
İtalya	1,000	-0,017	1,017	0,433	0,040	0,843	1,034
Litvanya	1,000	-0,002	1,002	0,175	0,012	0,913	1,004
Hollanda	1,000	0,000	1,000	0,048	0,000	1,000	1,000
Polonya	0,820	-0,159	0,979	2,257	0,070	0,801	1,148
Portekiz	1,000	-0,026	1,026	0,513	0,050	0,833	1,052
Romanya	0,649	-0,243	0,891	5,921	0,041	0,789	0,986
Rusya	0,786	-0,185	0,971	2,978	0,062	0,816	1,132
İspanya	0,886	-0,123	1,009	1,678	0,073	0,830	1,166
İsveç	1,000	0,000	1,000	0,628	0,000	1,000	1,000
Türkiye	0,763	-0,201	0,964	3,517	0,057	0,823	1,095
Birleşik Krallık	1,000	-0,015	1,015	0,393	0,039	0,826	1,030



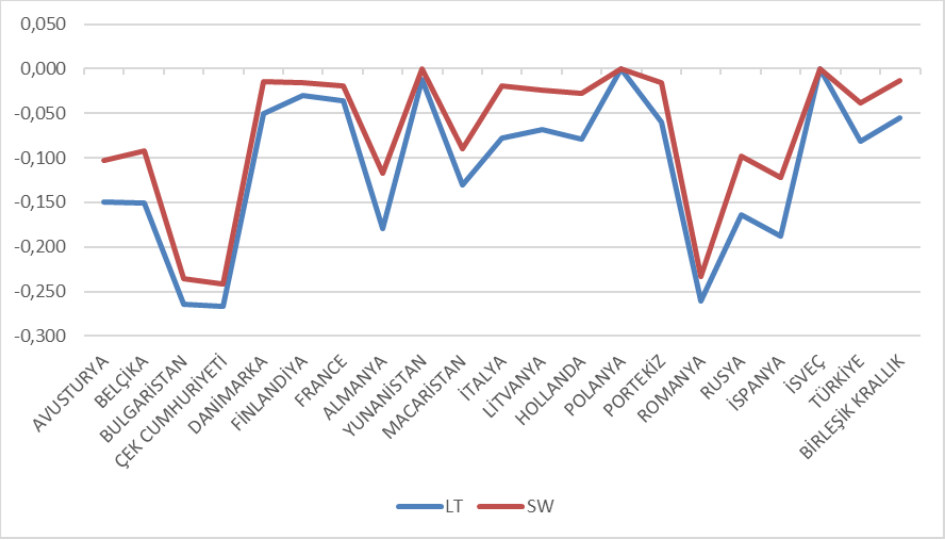
Şekil 6.14. 2014 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 2 için yan değerleri

Çizelge 6.29. 2014 yılı model 3 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,902	-0,149	1,051	1,213	0,123	0,836	1,298
Belçika	0,915	-0,151	1,066	1,180	0,128	0,845	1,302
Bulgaristan	0,654	-0,265	0,918	3,364	0,079	0,804	1,168
Çek Cumhuriyeti	0,634	-0,266	0,900	3,433	0,078	0,789	1,147
Danimarka	1,000	-0,050	1,050	0,629	0,079	0,829	1,100
Finlandiya	1,000	-0,030	1,030	0,389	0,078	0,776	1,061
Fransa	1,000	-0,036	1,036	0,405	0,089	0,769	1,072
Almanya	0,892	-0,179	1,071	1,380	0,130	0,869	1,358
Yunanistan	1,000	-0,012	1,012	0,349	0,035	0,875	1,024
Macaristan	0,922	-0,130	1,052	1,032	0,126	0,802	1,261
İtalya	1,000	-0,078	1,078	0,862	0,091	0,881	1,157
Litvanya	1,000	-0,068	1,068	0,703	0,097	0,830	1,137
Hollanda	1,000	-0,080	1,080	0,848	0,094	0,842	1,159
Polonya	1,000	0,000	1,000	0,338	0,000	1,000	1,000
Portekiz	1,000	-0,060	1,060	0,753	0,080	0,856	1,120
Romanya	0,649	-0,260	0,909	3,191	0,082	0,789	1,166
Rusya	0,928	-0,164	1,093	1,223	0,134	0,882	1,329
İspanya	0,883	-0,188	1,070	1,452	0,129	0,891	1,375
İsveç	1,000	0,000	1,000	0,235	0,000	1,000	1,000
Türkiye	1,000	-0,082	1,082	0,808	0,101	0,811	1,163
Birleşik Krallık	1,000	-0,056	1,056	0,718	0,077	0,850	1,111

Çizelge 6.30. 2014 yılı model 3 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,902	-0,103	1,006	1,426	0,072	0,808	1,171
Belçika	0,915	-0,093	1,008	1,148	0,081	0,799	1,185
Bulgaristan	0,654	-0,236	0,890	5,886	0,040	0,785	0,974
Çek Cumhuriyeti	0,634	-0,241	0,875	6,449	0,037	0,775	0,948
Danimarka	1,000	-0,015	1,015	0,363	0,041	0,846	1,030
Finlandiya	1,000	-0,015	1,015	0,365	0,042	0,852	1,031
Fransa	1,000	-0,020	1,020	0,393	0,050	0,827	1,040
Almanya	0,892	-0,117	1,009	1,642	0,071	0,816	1,137
Yunanistan	1,000	0,000	1,000	0,104	0,003	0,978	1,001
Macaristan	0,922	-0,090	1,012	1,161	0,077	0,797	1,179
İtalya	1,000	-0,019	1,019	0,407	0,048	0,848	1,039
Litvanya	1,000	-0,024	1,024	0,432	0,055	0,841	1,048
Hollanda	1,000	-0,028	1,028	0,456	0,061	0,820	1,056
Polonya	1,000	0,000	1,000	0,281	0,000	1,000	1,000
Portekiz	1,000	-0,016	1,016	0,378	0,041	0,858	1,031
Romanya	0,649	-0,233	0,882	5,877	0,040	0,773	0,965
Rusya	0,928	-0,098	1,027	1,317	0,075	0,819	1,167
İspanya	0,883	-0,122	1,004	1,898	0,064	0,816	1,103
İsveç	1,000	0,000	1,000	0,240	0,000	1,000	1,000
Türkiye	1,000	-0,038	1,038	0,550	0,069	0,811	1,076
Birleşik Krallık	1,000	-0,014	1,014	0,365	0,037	0,863	1,027



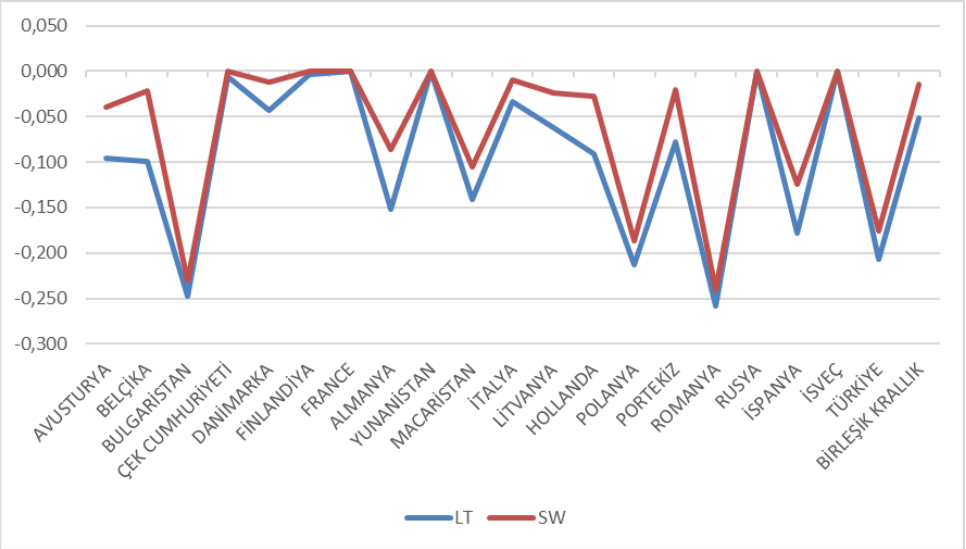
Şekil 6.15. 2014 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 3 için yan değerleri

Çizelge 6.31. 2014 yılı model 4 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,987	-0,095	1,082	0,975	0,098	0,839	1,191
Belçika	1,000	-0,099	1,099	0,987	0,101	0,908	1,198
Bulgaristan	0,654	-0,248	0,902	3,353	0,074	0,774	1,149
Çek Cumhuriyeti	1,000	-0,006	1,006	0,275	0,020	0,883	1,011
Danimarka	1,000	-0,044	1,044	0,604	0,072	0,821	1,087
Finlandiya	1,000	-0,004	1,004	0,249	0,016	0,936	1,008
Fransa	1,000	0,000	1,000	0,331	0,000	1,000	1,000
Almanya	0,929	-0,152	1,080	1,281	0,118	0,877	1,303
Yunanistan	1,000	0,000	1,000	0,094	0,002	0,985	1,000
Macaristan	0,903	-0,141	1,044	1,139	0,124	0,819	1,281
İtalya	1,000	-0,033	1,033	0,573	0,058	0,819	1,067
Litvanya	1,000	-0,062	1,062	0,752	0,083	0,808	1,125
Hollanda	1,000	-0,091	1,091	0,977	0,093	0,875	1,182
Polonya	0,777	-0,212	0,989	2,006	0,106	0,821	1,347
Portekiz	1,000	-0,078	1,078	0,982	0,079	0,892	1,156
Romanya	0,649	-0,258	0,906	3,392	0,076	0,790	1,161
Rusya	1,000	0,000	1,000	0,036	0,000	1,000	1,000
İspanya	0,883	-0,179	1,061	1,463	0,122	0,882	1,357
İsveç	1,000	0,000	1,000	0,612	0,000	1,000	1,000
Türkiye	0,795	-0,206	1,001	1,820	0,113	0,826	1,372
Birleşik Krallık	1,000	-0,051	1,051	0,684	0,075	0,829	1,102

Çizelge 6.32. 2014 yılı model 4 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,987	-0,040	1,027	0,553	0,073	0,804	1,080
Belçika	1,000	-0,022	1,022	0,438	0,051	0,835	1,044
Bulgaristan	0,654	-0,231	0,885	5,947	0,039	0,778	0,984
Çek Cumhuriyeti	1,000	0,000	1,000	0,078	0,003	0,981	1,000
Danimarka	1,000	-0,012	1,012	0,347	0,034	0,860	1,023
Finlandiya	1,000	0,000	1,000	0,418	0,000	1,000	1,000
Fransa	1,000	0,000	1,000	0,120	0,000	1,000	1,000
Almanya	0,929	-0,087	1,015	1,241	0,070	0,811	1,126
Yunanistan	1,000	0,000	1,000	0,215	0,000	1,000	1,000
Macaristan	0,903	-0,106	1,009	1,496	0,071	0,823	1,160
İtalya	1,000	-0,009	1,009	0,325	0,029	0,871	1,019
Litvanya	1,000	-0,025	1,025	0,448	0,055	0,820	1,049
Hollanda	1,000	-0,028	1,028	0,491	0,057	0,829	1,056
Polonya	0,777	-0,187	0,963	3,498	0,053	0,820	1,082
Portekiz	1,000	-0,021	1,021	0,426	0,049	0,840	1,042
Romanya	0,649	-0,241	0,889	6,328	0,038	0,791	0,978
Rusya	1,000	0,000	1,000	0,036	0,000	1,000	1,000
İspanya	0,883	-0,124	1,007	1,959	0,063	0,825	1,112
İsveç	1,000	0,000	1,000	0,458	0,000	1,000	1,000
Türkiye	0,795	-0,176	0,971	3,100	0,057	0,813	1,089
Birleşik Krallık	1,000	-0,015	1,015	0,378	0,040	0,843	1,030



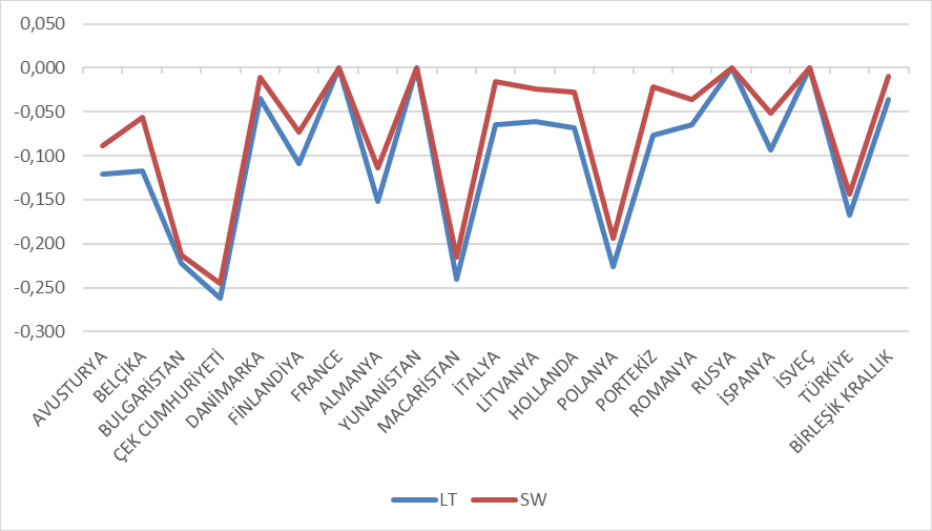
Şekil 6.16. 2014 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 4 için yan değerleri

Çizelge 6.33. 2014 yılı model 5 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,908	-0,121	1,029	1,068	0,114	0,792	1,243
Belçika	0,951	-0,117	1,067	1,041	0,112	0,821	1,233
Bulgaristan	0,692	-0,222	0,915	2,698	0,082	0,773	1,187
Çek Cumhuriyeti	0,634	-0,262	0,895	3,599	0,073	0,787	1,136
Danimarka	1,000	-0,034	1,034	0,578	0,060	0,828	1,069
Finlandiya	0,934	-0,109	1,042	0,912	0,119	0,787	1,217
Fransa	1,000	0,000	1,000	0,239	0,000	1,000	1,000
Almanya	0,892	-0,152	1,044	1,242	0,122	0,827	1,303
Yunanistan	1,000	0,000	1,000	0,213	0,000	1,000	1,000
Macaristan	0,720	-0,240	0,960	2,670	0,090	0,823	1,270
İtalya	1,000	-0,064	1,064	0,829	0,077	0,864	1,128
Litvanya	1,000	-0,061	1,061	0,770	0,080	0,824	1,122
Hollanda	1,000	-0,068	1,068	0,847	0,080	0,861	1,136
Polonya	0,769	-0,225	0,995	2,285	0,099	0,842	1,311
Portekiz	1,000	-0,077	1,077	0,976	0,078	0,879	1,153
Romanya	1,000	-0,064	1,064	0,785	0,082	0,822	1,128
Rusya	1,000	0,000	1,000	0,281	0,000	1,000	1,000
İspanya	0,962	-0,093	1,055	0,951	0,098	0,814	1,187
İsveç	1,000	0,000	1,000	0,404	0,000	1,000	1,000
Türkiye	0,830	-0,168	0,998	1,463	0,115	0,827	1,335
Birleşik Krallık	1,000	-0,036	1,036	0,625	0,058	0,848	1,073

Çizelge 6.34. 2014 yılı model 5 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,908	-0,089	0,997	1,163	0,076	0,795	1,158
Belçika	0,951	-0,057	1,007	0,706	0,080	0,791	1,113
Bulgaristan	0,692	-0,212	0,905	4,324	0,049	0,782	1,017
Çek Cumhuriyeti	0,634	-0,245	0,879	6,913	0,035	0,786	0,963
Danimarka	1,000	-0,010	1,010	0,342	0,030	0,856	1,021
Finlandiya	0,934	-0,073	1,007	0,903	0,081	0,795	1,146
Fransa	1,000	0,000	1,000	0,387	0,000	1,000	1,000
Almanya	0,892	-0,113	1,006	1,602	0,071	0,822	1,167
Yunanistan	1,000	0,000	1,000	0,347	0,000	1,000	1,000
Macaristan	0,720	-0,215	0,935	4,778	0,045	0,812	1,026
İtalya	1,000	-0,016	1,016	0,424	0,038	0,855	1,032
Litvanya	1,000	-0,025	1,025	0,483	0,051	0,822	1,049
Hollanda	1,000	-0,027	1,027	0,502	0,054	0,827	1,054
Polonya	0,769	-0,194	0,963	3,780	0,051	0,824	1,067
Portekiz	1,000	-0,022	1,022	0,464	0,048	0,845	1,044
Romanya	1,000	-0,036	1,036	0,575	0,062	0,823	1,072
Rusya	1,000	0,000	1,000	0,200	0,000	1,000	1,000
İspanya	0,962	-0,051	1,013	0,661	0,077	0,795	1,102
İsveç	1,000	0,000	1,000	0,356	0,000	1,000	1,000
Türkiye	0,830	-0,143	0,973	2,287	0,063	0,805	1,109
Birleşik Krallık	1,000	-0,010	1,010	0,344	0,029	0,873	1,020



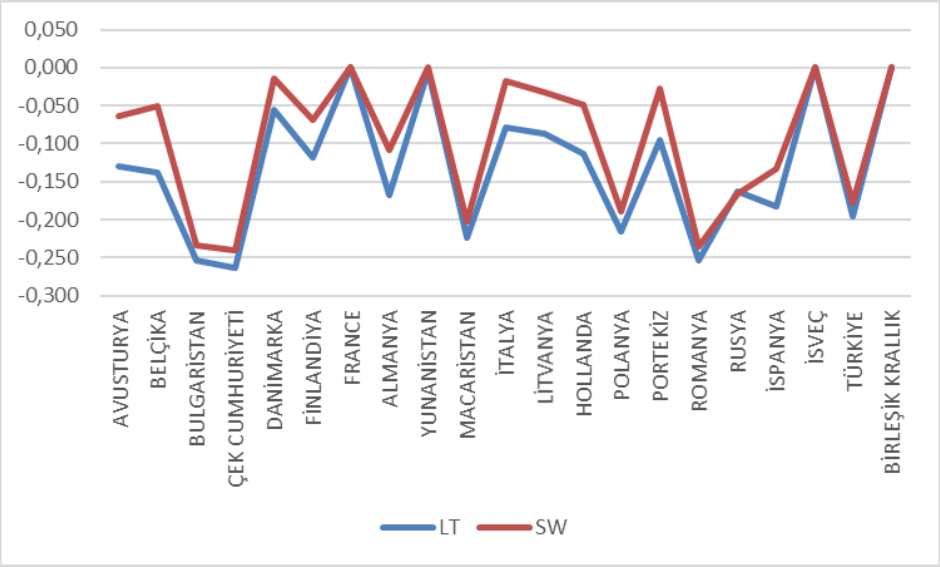
Şekil 6.17. 2014 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 5 için yan değerleri

Çizelge 6.35. 2014 yılı model 6 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (LT)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,973	-0,129	1,102	1,073	0,121	0,872	1,259
Belçika	1,000	-0,139	1,139	1,230	0,113	0,934	1,277
Bulgaristan	0,654	-0,254	0,908	3,198	0,079	0,785	1,140
Çek Cumhuriyeti	0,634	-0,263	0,897	3,447	0,076	0,787	1,128
Danimarka	1,000	-0,056	1,056	0,706	0,079	0,837	1,111
Finlandiya	0,947	-0,119	1,066	0,938	0,127	0,834	1,238
Fransa	1,000	0,000	1,000	0,356	0,000	1,000	1,000
Almanya	0,892	-0,167	1,059	1,264	0,132	0,847	1,334
Yunanistan	1,000	-0,004	1,004	0,254	0,014	0,917	1,007
Macaristan	0,725	-0,224	0,948	2,138	0,105	0,790	1,241
İtalya	1,000	-0,078	1,078	0,935	0,084	0,881	1,157
Litvanya	1,000	-0,087	1,087	0,893	0,097	0,852	1,174
Hollanda	1,000	-0,113	1,113	1,049	0,108	0,877	1,227
Polonya	0,769	-0,216	0,985	1,899	0,113	0,817	1,298
Portekiz	1,000	-0,094	1,094	1,051	0,090	0,907	1,189
Romanya	0,649	-0,254	0,903	3,141	0,081	0,782	1,138
Rusya	0,774	-0,163	0,937	1,173	0,139	0,707	1,272
İspanya	0,886	-0,183	1,069	1,370	0,134	0,881	1,366
İsveç	1,000	0,000	1,000	14,033	0,000	1,000	1,000
Türkiye	0,763	-0,196	0,959	1,696	0,116	0,771	1,279
Birleşik Krallık	1,000	0,000	1,000	0,789	0,000	1,000	1,000

Çizelge 6.36. 2014 yılı model 6 için düzeltilmiş etkinlik skorları ve güven aralıkları (SW)

KVB	VZA Etkinlik Skorları	Yan	Düzeltilmiş Etkinlik Skorları	Kontrol	Standart Sapma	Alt sınır	Üst Sınır
Avusturya	0,973	-0,064	1,037	0,798	0,080	0,816	1,128
Belçika	1,000	-0,051	1,051	0,740	0,069	0,838	1,102
Bulgaristan	0,654	-0,234	0,888	5,213	0,045	0,782	0,990
Çek Cumhuriyeti	0,634	-0,240	0,874	5,875	0,041	0,770	0,968
Danimarka	1,000	-0,014	1,014	0,385	0,037	0,830	1,029
Finlandiya	0,947	-0,068	1,015	0,763	0,090	0,783	1,137
Fransa	1,000	0,000	1,000	0,399	0,000	1,000	1,000
Almanya	0,892	-0,109	1,001	1,374	0,079	0,800	1,180
Yunanistan	1,000	0,000	1,000	0,041	0,002	1,000	1,000
Macaristan	0,725	-0,203	0,927	3,574	0,057	0,788	1,053
İtalya	1,000	-0,017	1,017	0,440	0,040	0,847	1,035
Litvanya	1,000	-0,032	1,032	0,568	0,057	0,825	1,065
Hollanda	1,000	-0,048	1,048	0,704	0,069	0,824	1,097
Polonya	0,769	-0,189	0,959	3,115	0,061	0,809	1,095
Portekiz	1,000	-0,027	1,027	0,530	0,052	0,831	1,055
Romanya	0,649	-0,235	0,884	5,256	0,045	0,778	0,994
Rusya	0,774	-0,167	0,941	2,004	0,083	0,763	1,166
İspanya	0,886	-0,133	1,019	1,806	0,074	0,835	1,167
İsveç	1,000	0,000	1,000	11,369	0,000	1,000	1,000
Türkiye	0,763	-0,178	0,941	2,718	0,066	0,786	1,103
Birleşik Krallık	1,000	0,000	1,000	0,686	0,000	1,000	1,000



Şekil 6.18. 2014 yılı için LT ve SW algoritmalarına göre model 6 için yan değerleri

Yapılan analiz sonucunda yukarıdaki çizelgeler elde edilmiştir. Çizelgelerin ilk sütunu girdi yönlü CCR modeli ile elde edilen orijinal etkinlik değerleridir. İkinci sütunda ise bölüm 5'de detayları ile verilen bootstrap-VZA yönteminden elde etmiş olduğumuz yan değerleridir. Takip eden sütun da ise yan değerlerinden arındırılmış etkinlik değerleri bulunmaktadır. Simar &Wilson (2006) ilgili çalışmasında düzeltilmiş yan değerlerinin kullanılabilir olması için belirli bir koşul öne sürmüşlerdir. Bu koşulun gerçekleşmesine kontrol edebilmek için dördüncü sütunda hesaplanmış kontrol değeri yer almaktadır. Takip eden sütunlarda ise sırasıyla deneysel dağılımdan elde edilen standart sapmalar ve etkinlik değerleri için elde edilen güven aralıklarının alt ve üst sınırları yer almaktadır.

Çizelgeler incelendiğinde birçok karar verme biriminin orijinal etkinlik değerlerinin oluşturulan güven aralığı sınırının dışında kaldığı görülmektedir. Bunun sebebi orijinal etkinlik değerlerinin yanlı sonuçlar vermesidir. Yapılan analiz sonucunda her iki algoritma için de tüm karar verme birimleri için negatif yönlü yan değerleri elde edildiği görülmektedir. LT ve SW algoritmalarının mukayese edilebilmesi için elde edilen yan değerlerini gösteren grafikler çizelgelerin devamında yer almaktadır. İlgili şekiller incelendiğinde SW algoritmasından elde edilen yan değerlerinin analizlerin tamamında LT algoritmasına göre daha küçük değerler aldığı görülmektedir. Bu, LT algoritmasına kıyasla daha küçük yan değerlerine sahip SW algoritmasından elde edilen güven aralıklarının daha dar olmasına sebep olmuştur. Çizelgelerde verilen kontrol değerleri göz önüne alındığında bazı KVB'leri için düzeltilmiş etkinlik değerlerinin kullanılamayacağı anlaşılmıştır. Bu

KVB'leri incelendiğinde oluşturulan deneysel dağılım için sürekli benzer etkinlik değerini aldıkları görülmektedir. Bu sebeple bu birimler için oluşturulan yan değerleri oldukça küçük değerler almıştır. Deneysel dağılım sayesinde elde ettiğimiz güven aralıkları çizelgelerin son iki sütununda yer almaktadır. Her birim için elde edilen güven aralıklarının düzeltilmiş etkinlik değerlerinin kapsadığı görülmektedir. Yapılan analiz girdi yönlü CCR modeli olması sebebiyle en büyük üst sınırın "1" değerinden den büyük olması anlam ifade etmemektedir. Fakat ilgili KVB için oluşan yan değerlerinin görülebilmesi açısından bu üst sınırlar düzeltilmeden bırakılmıştır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyamızda giderek artan global bir enerji sorunu görülmektedir. Bir birim çıktı oluşturmak için kullanılan enerjiye enerji yoğunluğu adı verilmektedir. Bu yoğunluk değerinin gelişmiş ülkelere kıyasla gelişmekte olan ülkelerde daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu duruma sebep olacak birçok etken olduğu düşünülmektedir. Başta ekonomik kalkınma hızı ile birlikte ekonomideki verimsizlik bunlara örnek gösterilebilir. Sanayileşme oranındaki yükseliş beraberinde daha fazla enerji tüketimini gündeme getirmektedir. Teknolojik yapılanmanın azlığı ve hizmet sektörünün gelişememesi ile birlikte birim başına üretilen enerji tüketimini arttırmaktadır. Enerji talebindeki bu artış enerjide dışa bağımlı ülkelerde enerji maliyetlerinde artışa sebep olurken üretilen ürünlerin dış ticaret açısından rekabet edilebilirliğini azaltmaktadır. Türkiye'nin oluşturduğu GSYH için harcadığı enerji birçok AB ülkesine göre oldukça fazladır. Ayrıca kullanılan enerji türünün büyük bir kısmı ise petrol ve doğal gaza bağlıdır. Kullanılan bu fosil yakıtları ayrıca CO_2 gazının salınımı değerlerini arttırmakta ve çevresel birçok sorunu peşinde getirmektedir. Ülkemizin ise petrol ve doğal gazdaki dışa bağımlılığı oldukça aşikardır. Bu bağımlılığın Türkiye'nin alacağı her türlü siyasi kararda ne kadar fazla etkilediği açıkça görülmektedir.

İthal ettiğimiz enerjiyi diğer üretim faktörleri ile birlikte verimsiz kullanmamız Türkiye'nin temel sorunlarından biridir. Türkiye'nin oluşturacağı politikalarla bu bağımlılığı azaltması ve yapabiliyorsa ortadan kaldırması gerekmektedir. Bu sebeple güvenilir ve kesintisiz enerji için yenilenebilir enerji türleri gündeme gelmektedir. İhtiyacımız olan enerjinin en az finansmanla ve en az çevresel zararla elde edilebilmesi için yenilenebilir enerji politikalarının geliştirilmesi elzemdir. Enerji politikaları birden fazla faktörü içine almalıdır. Bunlar yenilenebilir enerji türü kullanımı, enerji verimliliği ve çevresel etkilerdir. Bu faktörler ülkemizin kalkınmasında hayati önem taşımaktadır.

Yapılan analizler göstermiştir ki nükleer enerji türünün eksikliği ve niteliksiz işgücü Türkiye ekonomisinde önemli bir sorun arz etmektedir. Artan enerji ihtiyacı dikkate alındığında, ülkemiz koşullarına uygun, dünyadaki gelişmeleri takip eden uzun sürdürülebilir, sosyal ve çevresel değerleri göz önünde bulundurabilen aksiyomlar oluşturulmalıdır. Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça zengin bir

ülkedir. Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidroelektrik ve jeotermal enerji, biyokütle enerjisi gibi geniş bir enerji çeşitliliğine sahiptir. Bu sebeple uzun vadede kendi öz kaynaklarımızı kullanma üzerine oluşturacağımız politikalar ile enerjide dışa bağımlılığımız azalacak ve sürdürülebilir kalkınma hedefimizi gerçekleştirmiş olacağız.

Yapılan analiz sonuçları incelendiğinde 2014 yılı verileri ile Türkiye'nin etkin olmadığı görülmektedir. Bu durumun sebebinin büyük oranda işgücü faktöründen kaynaklandığı açıktır. Çalışmanın amacı ise yenilenebilir enerji sektörünün kalkınmadaki etkisini ölçmek ve konu hakkında değerlendirmede bulunmaktır. Bu sebeple enerji dışı değişkenlerden doğan sorunlar bu çalışmada irdelenmemektedir. İstenilen çıktıyı elde etmek için kullanılan enerji türleri üç ayrı başlık altında toplanmıştır. Bunlar fosil yakıt türlerinden petrol ve doğal gaz diğerleri ise yenilenebilir enerji türlerinden güneş, rüzgar, hidroelektrik, jeotermal ve biokütle ile diğer yenilenebilir enerji türleridir. Çıktıdaki etkisinin ayrı ayrı görülebilmesi açısından yenilenebilir enerji türleri modele ayrı ayrı eklenmiş ve her biri için ayrı ayrı VZA yapılmıştır. Analizleri yaparken 2013 ve 2014 yılı verileri kullanılmıştır. 2013 yılı için yapılan analizler dikkate alındığında Türkiye etkin değildir fakat elde edilen etkinlik değeri bire oldukça yakındır. Bu etkinsizliğin sebebinin enerji dışı değişkenlerden kaynaklandığı görülmektedir. Yenilenebilir enerji değişkenleri arasından güneş, jeotermal ve biyokütle ile diğer yenilenebilir enerji türleri modele eklendiğinde ise Türkiye'nin etkin olduğu görülür. 2014 yılı için yapılan analizler dikkate alındığında ise Türkiye'nin etkinlik değeri 2013 yılına göre oldukça düşük bir değer almıştır. Yenilenebilir enerji türlerine göre yapılan analizler sonucunda modele güneş değişkeni eklendiğinde etkinlik değerinde ciddi bir artış gözlenmektedir. Bu değişken ile diğer üretim faktörlerinin birlikte kullanımı etkinlik değerinde ciddi bir artışa sebep olmuştur. Her iki yılında analizleri dikkate alındığında yenilenebilir enerji türleri arasından güneş enerjisi her iki yılda da etkinlik değerini pozitif yönde etkileyen enerji türü olmuştur. Hidroelektrik ve rüzgar türlerinde ise bu etki yok denecek kadar azdır.

Çalışmada kullanılan veri zarflama analizi literatürde birden fazla karar verme birimi arasında etkin olan birimi belirlemede kullanılan oldukça yaygın bir analiz türüdür. Bu analiz sonucunda elde edilen etkinlik tahminin sonuçlarının yanlı olduğu Simar ve Wilson tarafından yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur. Bu çalışmada, yapılan analizler sonucunda elde edilen etkinlik tahminleri için Simar ve Wilson 'ın geliştirdiği Bootstrap-VZA modeli uygulanmıştır. Yaklaşım için önerilen iki algoritma da Matlab-2013

programında kodlanarak oluşturulmuştur. Bootstrap-VZA yaklaşımı sayesinde etkinlik tahminleri için yan değerleri tahmin edilmiş ve ayrıca güven aralıkları oluşturulmuştur. Ayrıca yan değerlerinden arındırılmış düzeltilmiş etkinlik değerleri de analiz sonuçlarına eklenmiştir.

Bu tez çalışmasında Türkiye için enerji bileşenlerine göre etkinlik analizi yapılmıştır. Bu benze çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Ancak, çalışmanın diğer çalışmalardan ayrılan tarafının yöntem olarak Bootstrap-VZA yöntemini kullanılmasıdır. Geleneksel VZA kullanılarak yapılan çalışmaların hemen hemen hepsinde hazır paket programlar kullanılarak sonuçlar elde edilmektedir. Bootstrap-VZA çalışmalarının, VZA çalışmalarına oranla daha az sayıda olmasını sebebi bu yöntemin yapılabildiği bir paket programının olmaması ya da varsa bile yaygın bir kullanımının olmamasıdır. Buradan elde edilen sonuçlar ise tamamen bu tez çalışması için yazılmış olan Matlab kodlarında elde edilmiştir. Bu sayede çalışma başka değişken grupları işle elde edilen modellerler geliştirilmeye müsait bir konumdadır. Ayrıca buradan yararlanarak başka çalışmalar yapılmak istendiğinde KVB birimleri değiştirilerek ya da KVB olarak yıl değişkeni alınarak Türkiye'nin yıllar içerisindeki etkinliği de incelenebilir.

KAYNAKLAR

Ajlouni, M.M., Zyoud, A., Jaber, B., Shaheen. H., Al-Natour. M., Anshasi. R.J. (2013). The Relative Efficiency of Jordanian Public Hospitals Using Data Envelopment Analysis and Pabon Lasso Diagram. *Global Journal of Business Research*, 7(2), 59.

Akpinar, A.A., Kömürcü, M.M., Filiz, M.H. (2008). *Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Çevre, Sürdürülebilir Kalkınma ve Temiz Enerji Kaynakları*. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Utes, Istanbul, 17–19.

Bal, H., Örkcü, H.H., Çelebioğlu, S. (2008). A New Method Based On The Dispersion Of Weights İn Data Envelopment Analysis. *Computers & Industrial Engineering*, 54(3), 502–512.

Bal, H., Örkcü, H.H., Çelebioğlu, S. (2010). Improving The Discrimination Power And Weights Dispersion In The Data Envelopment Analysis. *Computers & Operations Research*, 37(1), 99–107.

Barros, C.P. , Assaf, A. (2009). Bootstrapped Efficiency Measures Of Oil Blocks In Angola. *Energy Policy*, 37(10), 4098–4103.

Barros, C.P., Dieke, P.U.C. (2008). Measuring The Economic Efficiency Of Airports: A Simar–Wilson Methodology Analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(6), 1039–1051.

Bickel, P.J.,Freedman D.A. (1981). Some Asymptotic Theory for the Bootstrap. *The Annals of Statistics*, 9(6), 1196–1217.

Boame, A.K. (2004). The Technical Efficiency Of Canadian Urban Transit Systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 40(5), 401–416.

Bruce Ho, C.-T., Dash Wu, D. (2009). Online Banking Performance Evaluation Using Data Envelopment Analysis And Principal Component Analysis. *Computers & Operations Research*, 36(6),1835–1842.

Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. (1978). Measuring The Efficiency Of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444.

Chen, X., Skully, M., Brown, K. (2005). Banking Efficiency In China: Application Of DEA To Pre- And Post-Deregulation Eras: 1993–2000. *China Economic Review*, 16(3), 229–245.

Cleveland, C, J. (2004), Review: Encyclopedia of Energy, *The Energy Journal*, 26, (1), 120-132.

Cowie, J. (2002). Subsidy .,Productivity In The Privatised British Passenger Railway. *Economic Issues Journal Articles*, 7(1), 25–38.

Drake, L., Simper, R. (2003). The Measurement Of English And Welsh Police Force Efficiency: A Comparison Of Distance Function Models. *European Journal of Operational Research*, 147(1), 165–186.

De Alegría Mancisidor, I.M.A., de Basurto Uraga P.D., de Alegria Mancisidor I.M., de Arbulo Lopez P.R. (2009). European Union's Renewable Energy Sources And Energy Efficiency Policy Review: The Spanish Perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(1), 100–114.

De Borger, B., Dunkerley, F., Proost, S. (2006). The Interaction between Tolls and Capacity Investment in Serial and Parallel Transport Networks. *SSRN Electronic Journal*, 12(1),153-158.

Efron, B. (1979). Bootstrap Methods: Another Look At The Jackknife. *The Annals of Statistics*, 7(1), 1–26.

Efron, B., Tibshirani, R. J. (1993). *An Introduction To The Bootstrap*. New York: Chapman & Hall.

Eroglu, E., Candan, M. (2006). Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü ve Etkin Karar Birimlerinin Duyarlılık Analizi., *İ.Ü. İşletme Fakültesi Dergisi, 35(2),* 73–89.

Essid, H., Ouellette, P.,Vigeant, S. (2010). Measuring Efficiency Of Tunisian Schools In The Presence Of Quasi-Fixed Inputs: A Bootstrap Data Envelopment Analysis Approach. *Economics of Education Review*, 29(4), 589–596.

Farrell, M.J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-261.

Ferrier, G. D., J. G. Hirschberg. (1997). Bootstrapping Confidence Intervals for Linear Programming Efficiency Scores: With an Illustration Using Italian Bank Data. *Journal of Productivity Analysis*, 8, 19–33.

Fisher, R. A. F. (1935). *The Design of Experiments*, Edinburgh: Oliver and Boyd,.

Gstach, D. (1995). Comparing Structural Efficiency of Unbalanced Subsamples:A Resampling Adantation of Data Envelopment Analysis, *Empirical Economics*, 20, 531-542

Grigoroudis, E., Orfanoudaki, E., Zopounidis, C. (2012). Strategic Performance Measurement İn A Healthcare Organisation: A multiple criteria approach based on balanced scorecard. Omega, 40(1), 104–119.

Hawdon, D. (2003). Efficiency, Performance And Regulation Of The International Gas İndustry-A Bootstrap DEA Approach. *Energy Policy*, 31(11), 1167–1178.

Henryson, J., Håkansson, T. ,Pyrko, J. (2000). Energy Efficiency In Buildings Through İnformation. Swedish Perspective. *Energy Policy*, 28(3), 169–180.

Hepbasli, A., Utlu, Z. (2004). Evaluating The Energy Utilization Efficiency Of Turkey's Renewable Energy Sources During 2001. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8(3), 237–255.

İnternet: WBA Global Bioenergy Statistics 2016. *Cipec*.URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.worldbioenergy.org%2Fuploads%2FWBA%2520Global%2520Bioenergy%2520Statistics%25202016.pdf&date=2017-03-20, Son Erişim Tarihi: 20.03.2017.

İnternet:Alternatif Enerji Kaynağı: Yosun. *Cipec*.URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fenerjienstitusu.com%2F2013%2F09%2F13%2Falternatif-enerji-kaynagi-yosun&date=2017-03-21, Son Erişim Tarihi: 21.03.2017.

İnternet: T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. Dalga Enerjisinin sağladığı faydalar. *Cipec*.URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.eie.gov.tr%2Fteknoloji%2Fdalga_en_sag_faydalar.aspx&date=2017-02-10 Son Erişim Tarihi: 10.02.2017

Karakoç, N. (2003). Yönetim ve Organizasyon, *Ders Notları*, Balıkesir,

Kneip, A., Simar, L., Wilson, P.W. (2011). A Computationally Efficient, Consistent Bootstrap for Inference with Non-parametric DEA Estimators. *Computational Economics*, 38(4), 483–515.

Kritikos, M.N. (2017). A full Ranking Methodology In Data Envelopment Analysis Based On A Set Of Dummy Decision Making Units. *Expert Systems With Applications*, 77(2) ,.211–225.

Lee, B.L., Worthington, A.C. (2014). Technical Efficiency Of Mainstream Airlines And Low-Cost Carriers: New Evidence Using Bootstrap Data Envelopment Analysis Truncated Regression. *Journal of Air Transport Management*, 38(1),15–20.

Lönthgren, M., Tambour, M. (1997). Bootstrapping the Data Envelopment Analysis Malmquist Productivity Index, *Applied Econmics, forthcoming*, 24(7), 49-58.

Löthgren M (1998). How to Bootstrap DEA Estimators: A Monte Carlo Comparison. *SSE/EFI Working Paper Series in Economics and Finance*. 223.

Manan, Z.A., Shiun, L.J., Alwi, S.R.W., Hashim, H., Kannan, K.S., Mokhtar, N., Ismail, A.B. (2010). Energy Efficiency Award system in Malaysia for energy sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(8), 2279–2289.

Markovic, D., Cvetkovic, D., Masic, B. (2011). Survey Of Software Tools For Energy Efficiency İn A Community. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4897–4903.

Mulder, P., de Groot, H.L.F., Hofkes, M.W. (2003). Explaining slow diffusion of energy-saving technologies; a vintage model with returns to diversity and learning-by-using. *Resource and Energy Economics*, 25(1), 105–126.

De Nicola, A., Gitto, S., Mancuso, P. (2012). Uncover The Predictive Structure Of Healthcare Efficiency Applying A Bootstrapped Data Envelopment Analysis. *Expert Systems with Applications*, 39(12), 10495–10499.

Odeck, J.,Alkadi, A. (2001). Evaluating Efficiency İn The Norwegian Bus İndustry Using Data Envelopment Analysis. *Transportation*, 28(3), 211–232.

Özgür, M.A. (2008), Review of Turkey's Renewable Energy Potential, *Renewable Energy*, 33, 2345-2356.

Öztürk, F. (2011)., *Olasılık ve İstatistiğe Giriş I Ders Notları*, Ankara: Gazi Kitapevi

Pina, V., Torres, L. (1992). Evaluating The Efficiency Of Nonprofit Organizations: An Application Of Data Envelopment Analysis To The Public Health Service. *Financial Accountability and Management*, 8(3), 213–224.

Pitman, E. J. G. (1937). The Closest Estimates of Statistical Parameters, *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 33, 212–222.

Quenouille, M. H. (1956). Notes on Bias in Estimation. *Biometrika,* 43, 353–360.

See, K.F. (2015). Exploring And Analysing Sources Of Technical Efficiency In Water Supply Services: Some Evidence From Southeast Asian Public Water Utilities. *Water Resources and Economics*, 9, 23–44.

Silverman, B. W. (1986). *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. London: Chapman and Hall Ltd,

Simar, L., Wilson, P. (1998). Sensitivity Analysis of Efficiency Scores: How to Bootstrap in Nonparametric Frontier Models. *Management Science,* 44(1), 49–61.

Simar, L., P. W. Wilson (1998b). Estimating and Bootstrapping Malmquist Indices. *European Journal of Operational Research*, 115(1999), 459-471.

Simar, L., Wilson, P.W. (2000). A general Methodology For Bootstrapping In Non-Parametric Frontier Models. *Journal of Applied Statistics*, 27(6), 779–802..

Simar, L.,Wilson, P.W. (2008) Statistical Inference In Nonparametric Frontier Models: Recent Developments And Perspectives. *The Measurement of Productive Efficiency and Productivty Growth., OxfordUniversity Press.* 421-526.

Simon, J. L., P. Bruce. (1991). Resampling: A Tool For Everyday Statistical Work. *Chance*, 4(1), 22-32

Song, M.-L (2013). Bootstrap-DEA Analysis Of BRICS' Energy Efficiency Based On Small Sample Data. *Applied Energy*, 112, 1049–1055.

Sowlati, T., Paradi, J.C. (2004). Establishing The "Practical Frontier" In Data Envelopment Analysis. *Omega*, 32(4), 261–272.

Sözen, A., Alp, İ., Kilinc, C. (2012). Efficiency Assessment Of The Hydro-Power Plants In Turkey By Using Data Envelopment Analysis. *Renewable Energy*, 46, 192–202.

Sözen, A., Alp, İ., Özdemir, A. (2010). Assessment Of Operational And Environmental Performance Of The Thermal Power Plants In Turkey By Using Data Envelopment Analysis. *Energy Policy*, 38(10), 6194–6203.

Thanassoulis, E. (1995). Assessing Police Forces In England And Wales Using Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 87(3), 641–657.

Thomas, R.R. et al. (1998). A Process for Evaluating Retail Stare Efficiency: A Restricted DEA Approach. *International Journal of Research in Marketing*, 15,.487–503.

Tsolas, I.E. (2011). Performance Assessment Of Mining Operations Using Nonparametric Production Analysis: A Bootstrapping Approach In DEA. *Resources Policy*, 36(2), 159–167.

Veziroğlu, T.N., Şahin, S. (2008). 21st Century's Energy: Hydrogen Energy System. *Energy Conversion and Management*, 49(7), 1820–1831.

Wijesiri, M., Viganò, L., Meoli, M. (2015). Efficiency Of Microfinance İnstitutions In Sri Lanka: A Two-Stage Double Bootstrap DEA Approach. *Economic Modelling*, 47, 74–83.

Wu, T.-H., Chen, M.-S., Yeh, J.-Y. (2010). Measuring The Performance Of Police Forces In Taiwan Using Data Envelopment Analysis. *Evaluation and Program Planning*, 33(3), 246–254.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler



Soyadı, adı : KINACI, Esra Betül

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 07.01.1985, İzmir

Medeni hali : Evli

Telefon : 0 (507) 550 71 56

e-mail : esrabetulfidan@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / İstatistik Bölümü	Devam Ediyor
Lisans	Selçuk Üniversitesi /İstatistik Bölümü	2007
Lise	İzmir Buca Lisesi	2002

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2015-2016	Ulaştırma Bakanlığı	Eğitmen
2010-2013	Albaraka Türk Katılım Bankası A.Ş	Operasyon Yetkilisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Kinaci, E.B., Orkcu, H.H.,Kinaci, H. (2017). *Türkiye'nin Enerji Etkinliğinin Enerji Bileşenleri Bakımından Değerlendirilmesi*. 10st International Statistics Days Conference (ISDC'2016),Turkey: Giresun.

Hobiler

Yüzme



GAZİ GELECEKTİR...