



BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İKTİSAT ANABİLİM DALI

**BURSA'DA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İLE
ELEKTRİK ÜRETİM POTANSİYELİNİN EKONOMİK ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Onur TUNUS

Bursa 2019



BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İKTİSAT ANABİLİM DALI

**BURSA'DA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İLE
ELEKTRİK ÜRETİM POTANSİYELİNİN EKONOMİK ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Onur TUNUS

Danışman:

Prof. Dr. Mehmet ARSLANOĞLU

Bursa 2019

T. C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

..... İktisat Anabilim / ~~Ana~~ sanat
Dalı, İktisadi Gelişme ve Uluslararası İktisat Bilim Dalı'nda
..... numaralı Onur Turus'un
.....'nın hazırladığı
"Bursa'da Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Elektrik Üretim
Potansiyelinin Ekonomik Analizi"
..... konulu Yüksek Lisans / ~~Doktora~~ / ~~Sanatta~~
Yeterlik Tezi / Çalışması ile ilgili tez savunma sınavı, 15/03/ 2013 günü 16-18-
..... saatleri arasında yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın
tezinin/çalışmasının BAŞARILI (başarılı / ~~başarısız~~) olduğuna
..... oy birliği (oy birliği / ~~oy çokluğu~~) ile karar verilmiştir.

Üye (Tez Danışmanı ve Sınav Komisyonu Başkanı)

Akademik Unvanı, Adı Soyadı Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet Arslanoğlu
Bursa Uludağ Üniversitesi
M. Arslanoğlu

Üye

Akademik Unvanı, Adı Soyadı Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Meryem FİLİZ BASTIRIK / BURSA ULUDAĞ
ÜNİVERSİTESİ
M. Bastirik

Üye

Akademik Unvanı, Adı Soyadı Üniversitesi

Dr. Emine Zeytinli / İstanbul Aydın
Üniversitesi
E. Zeytinli

15.03.2013



SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA İNTİHAL YAZILIM RAPORU

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İKTİSAT

ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: .../.../.....

Tez Başlığı / Konusu: Bursa'da Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Elektrik Üretim Potansiyelinin Ekonomik Analizi

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam ix+150 sayfalık kısmına ilişkin **18/01/2019** tarihinde şahsım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından (Turnitin)* aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %8 'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dahil
- 3- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Bursa Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Özgünlük Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Onur TUNUS
Onur TUNUS

Tarih ve İmza

19.02.2019

Adı Soyadı:	Onur TUNUS
Öğrenci No:	701511054
Anabilim Dalı:	İktisat Anabilim Dalı
Programı:	İktisat
Statüsü:	☒ Y.Lisans ☐ Doktora

Danışman
(Adı, Soyad, Tarih)
Prof. Dr. Mehmet Arslanoğlu 19.02.2019
M. Arslanoğlu

* Turnitin programına Bursa Uludağ Üniversitesi Kütüphane web sayfasından ulaşılabilir.

Yemin Metni

Yüksek Lisans / Doktora tezi olarak sunduğum “Bursa’da Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Elektrik Üretim Potansiyelinin Ekonomik Analizi.” başlıklı çalışmanın bilimsel araştırma, yazma ve etik kurallarına uygun olarak tarafımdan yazıldığına ve tezde yapılan bütün alıntıların kaynaklarının usulüne uygun olarak gösterildiğine, tezimde intihal ürünü cümle veya paragraflar bulunmadığına şerefim üzerine yemin ederim.



Onur TUNUS

Tarih ve İmza

19.02.2019

Adı Soyadı:	Onur TUNUS
Öğrenci No:	701511054
Anabilim Dalı:	İktisat Anabilim Dalı
Programı:	İktisat
Statüsü:	☒ Y.Lisans ☐ Doktora

ÖZET

Yazar Adı ve Soyadı : Onur TUNUS

Üniversite : Bursa Uludağ Üniversitesi

Enstitü : Sosyal Bilimler Enstitüsü

Anabilim Dalı : İktisat

Bilim Dalı : İktisat

Tezin Niteliği : Yüksek Lisans Tezi

Sayfa Sayısı : xi+141

Mezuniyet Tarihi : / / 20.....

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mehmet ARSLANOĞLU

BURSA'DA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İLE ELEKTRİK ÜRETİM POTANSİYELİNİN EKONOMİK ANALİZİ

Yenilenebilir enerji, doğal süreçlerde ki var olan enerji akışından elde edilen enerji diye tanımlanmaktadır. Fosil kaynaklara göre çok büyük üstünlüğü olan yenilenebilir enerjinin 1973 petrol krizinden sonra önemi artmıştır. Bursa'nın yenilenebilir enerji kaynaklarıyla elektrik üretim potansiyelleri ve mevcut yenilenebilir enerji yatırımlarının üretim verileri araştırılmıştır. Bursa'da yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en yüksek potansiyelin SWOT analizi yöntemiyle, rüzgâr enerjisi olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen rüzgâr enerji kaynağının, yatırım projeleri değerlendirme yöntemlerinden geri ödeme süresi, indirgenmiş geri ödeme süresi ve net bugünkü değer yöntemlerinden faydalanarak analiz yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Yenilenebilir Enerji, Rüzgâr Enerjisi, Bursa'da Yenilenebilir Enerji, Ekonomik Analiz

ABSTRACT

Name and Surname : Onur TUNUS

University : Bursa Uludag University

Institution : Social Science Institution

Field : Economics

Branch :Economics

Degree Awarded : Master

Page Number : vi + 141

Degree Date : / / 20.....

Supervisor : Prof. Dr. Mehmet ARSLANOĞLU

ECONOMIC ANALYSIS OF RENEWABLE ENERGY SOURCES AND ELECTRICITY PRODUCTION POTENTIAL IN BURSA

Renewable energy is defined as the energy obtained from the energy flow in natural processes. Renewable energy, which has a great advantage over fossil resources, has increased after the oil crisis of 1973. The production potentials of renewable energy sources of Bursa and the production of renewable energy investments have been investigated. The highest potential of renewable energy sources in Bursa was determined by the method of SWOT analysis. The analysis of the wind energy source, investment project evaluation methods, reimbursement period, discounted repayment period and net present value methods were analyzed.

Keywords: Renewable Energy, Wind Energy, Renewable Energy in Bursa, Economic Analysis

İçindekiler

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar	vi
ŞEKİLLER	ix
GRAFİKLER	x
KISALTMALAR	xi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

1.1. Rüzgâr Enerjisi	3
1.2. Güneş Enerjisi	8
1.3. Hidroelektrik Enerji	9
1.4. Jeotermal Enerji	11
1.5. Biyokütle Enerji ve Diğer Yenilenebilir Enerji Kaynakları	12

İKİNCİ BÖLÜM

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ DURUMU

2.1. Dünya da Rüzgâr Enerji Potansiyeli ve Genel Durumu	15
2.1.1. Türkiye de Rüzgâr Enerji Potansiyeli ve Genel Durumu	20
2.2. Dünyada Güneş Enerji Potansiyeli ve Genel Durumu	28
2.2.1. Türkiye de Güneş Enerji Potansiyeli ve Genel Durumu	34
2.3. Dünyada Jeotermal Enerji ve Genel Durumu	41
2.3.1. Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Genel Durumu	45
2.4. Dünyada Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Genel Durumu	49
2.4.1. Türkiye'nin Hidrolik Enerji Potansiyeli ve Genel Durumu	52
2.5. Dünyada Biyoenerji Sistemlerine Genel Bakış	56
2.5.1. Türkiye de Biyoenerji Sistemlerine Genel Bakış	58

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BURSA'DA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARIYLA ELEKTRİK ENERJİ ÜRETİMİ

3.1. Bursa'da Rüzgâr Enerji Santralleriyle Elektrik Enerjisi Üretimi	62
3.2. Bursa'da Güneş Enerji Santralleriyle Elektrik Enerjisi Üretimi	72
3.3. Bursa'da Hidroelektrik Enerji Santralleriyle Elektrik Enerjisi Üretimi	81
3.4. Bursa'da Jeotermal Enerji Santralleriyle Elektrik Enerjisi Üretimi	88
3.5. Bursa'da Biyokütle Enerji Santralleriyle Elektrik Enerjisi Üretimi	97
3.6. Bursa'nın, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarıyla Elektrik İhtiyacını Karşılamaı ...	108
3.7. SWOT Analizi Kavramı	113

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BURSA’DA RÜZGÂR ENERJİSİNİN EKONOMİK ANALİZİ

4.1.Yöntem	117
4.2. Ekonomik Analiz	119
4.2.1. Proje Ön Verileri	119
4.2.2. Maliyetler	120
4.2.3. Gelirler	122
4.2.4. Yatırım Projesinin Değerlendirilmesi	123
 SONUÇ	 133
KAYNAKÇA	136

TABLÖLER

Tablo 1. Türkiye ve Avrupa Ülkeleri Rüzgâr Enerji Potansiyelleri	18
Tablo 2. Dünyada Rüzgâr Enerjisiyle Elektrik Üreten İlk 15 Ülke	25
Tablo 3. Türkiye’de 60 MW Üzeri Kurulu Güce Sahip Başlıca RES’leri	26
Tablo 4. Türkiye’de Rüzgâr Enerji Santralleri	28
Tablo 5. Bazı Ülkelerin Güneşlenme Süreleri ve Işınım Değerleri	31
Tablo 6. Avrupa Kıtası Bölgelerinin ve Karayiplerin Güneş Işınım Şiddeti	32
Tablo 7. Bazı Ülkelerin GES Kurulu Güçleri	33
Tablo 8. Türkiye’de 10 MW ve Üzeri GES’leri	39
Tablo 9. Türkiye Güneş Enerji Santralleri	40
Tablo 10. Ülkelerin Jeotermal Enerji Kurulu Güçleri	44
Tablo 11. Türkiye’de 25 MW Üzeri Üretim Yapan JES’leri	47
Tablo 12. Türkiye’de Jeotermal Enerji Santralleri	48
Tablo 13. Kıtaların ve Dünyanın Hidroelektrik Enerji Potansiyelleri	50
Tablo 14. Ülkelerin Hidroelektrik Enerji Kurulu Güç Listesi	51
Tablo 15. Türkiye’de Hidroelektrik Santraller	53
Tablo 16. Türkiye’de 500 MW ve Üzeri Hidroelektrik Santraller	55
Tablo 17. Türkiye’de Yapımı Devam Eden 500 MW ve Üzeri HES’ler	56
Tablo 18. Türkiye’de Başlıca Biyogaz Santralleri	60
Tablo 19. Bursa’da Üretim Yapan Rüzgâr Enerji Santralleri	62
Tablo 20. Bursa’da Yapımı Devam Eden Rüzgâr Enerji Santralleri	63
Tablo 21. Ön Lisans Sürecindeki RES’leri	63
Tablo 22. Bursa RES’lerinin Ürettiği Elektrik Enerjisi	64
Tablo 23. Bursa’da Kurulabilecek Rüzgâr Güç Potansiyeli	71
Tablo 24. Bursa’da Üretim Yapan GES’ler	73

Tablo 25. Bursa’da GES’lerin Ürettiği Elektrik Enerjisi	75
Tablo 26. Bölgelere Göre Güneşlenme Süreleri ve Güneş Işınım Miktarları	76
Tablo 27. Bursa HES’leri	84
Tablo 28.Ön İnceleme, Planlama ve Proje Aşamasındaki HES’ler	86
Tablo 29.Bursa’da HES’lerin Ürettiği Elektrik Enerjisi	87
Tablo 30.Çekirge Grubu Sıcak Su Kaynakları	89
Tablo 31.Kaynarca Grubu Sıcak Su Kaynakları	91
Tablo 32. Bursa Çevresi Sıcak Su Kaynakları	93
Tablo 33. Jeotermal Kaynakların Sıcaklık Sınıflandırılması	94
Tablo 34. Kaynak Sıcaklıkları ve Değerlendirme Şekilleri	95
Tablo 35. Orman Bölge Müdürlüklerinin Toplam Odun Üretimleri	98
Tablo 36. Bursa’da Hayvan Türleri ve Oluşturdukları Üretim, Atık ve Enerji Potansiyelleri	100
Tablo 37. Bursa İlçelerinin Hayvansal Biyoenerjiden Elde Edilen Enerji Miktarları .	102
Tablo 38.Hayvansal Atıkların Toplam Enerji Değerleri	103
Tablo 39.Atık Miktarları	105
Tablo 40.Bursa’da Biyoenerji ve Atık Isı Üretim Tesisleri	106
Tablo 41.Bursa’da Biyogaz Elektrik Santrallerinin Elektrik Enerjisi Üretim Miktarları	107
Tablo 42.Bursa’nın Elektrik Tüketimi	108
Tablo 43.Bursa Elektrik Tüketimi ve Yenilenebilir Enerji Üretimi	109
Tablo 44.Yenilenebilir Enerji Üretiminin Tüketimi Karşılama Oranı	113
Tablo 45.Rüzgâr Enerji Santrali Güç ve Kapasite Proje Verileri	119
Tablo 46. Maliyet Kalemleri	120
Tablo 47.İşletme Giderleri	121
Tablo 48.Yıllık Geliri	122
Tablo 49.Teşvikli ve Teşviksiz Yıllık Geliri	123

Tablo 50. Geri Ödeme Süresi	124
Tablo 51.Net Nakit Girişleri	126
Tablo 52.Net Nakit Girişlerinin Kümülatif Toplamı	126
Tablo 53.İndirgenmiş Net Nakit Girişleri	127
Tablo 54.İndirgenmiş Net Nakit Girişlerinin Kümülatif Toplamı	127
Tablo 55. Net Nakit Girişi	130
Tablo 56. Net Bugünkü Değer	131

ŞEKİLLER

Şekil 1. Modern Rüzgâr Tribünü	3
Şekil 2. Dikey Eksenli Yel Değirmeni ve Su Pompası	4
Şekil 3. Yatay Eksenli Yel Değirmeni ve Su Pompası	5
Şekil 4. Dünya Rüzgâr Hız Haritası	17
Şekil 5. Türkiye Rüzgâr Hız Haritası	21
Şekil 6. Türkiye Rüzgâr Güç Yoğunluk Haritası	23
Şekil 7. Dünya Güneş Enerji Haritası	30
Şekil 8. Türkiye Güneşleme Haritası	35
Şekil 9. Türkiye Yıllık Güneş Enerji Potansiyel Haritası	36
Şekil 10. dünya Jeotermal Enerji Haritası	42
Şekil 11. Türkiye Jeotermal Enerji Haritası	46
Şekil 12. Türkiye Orman Atıkları Haritası	58
Şekil 13. Bursa'nın Rüzgâr Enerji Kapasitesi	68
Şekil 14. Bursa'nın Rüzgâr Hız Haritası	69
Şekil 15. Rüzgâr Enerji Santrali Kurulabilecek Alan Haritası	71
Şekil 16. Bursa Güneş Enerji Potansiyel Haritası	80

GRAFİKLER

Grafik 1. Rüzgâr Enerji Potansiyelinin Kıtalarla Göre Dağılımı	15
Grafik 2. Dünya’da Rüzgâr Enerjisinden Yararlanan İlk 10 Ülke	19
Grafik 3. Türkiye Güneşlenme Süresi	37
Grafik 4. Türkiye Işınım Enerji Miktarı	38
Grafik 5. İllere Göre Rüzgâr Enerji Santralleri Kurulu Güçleri	65
Grafik 6. Bölgelere Göre Rüzgâr Enerji Kurulu Güçleri	66
Grafik 7. Bölgelere Göre Rüzgâr Enerji Kurulu Güç Oranları	67
Grafik 8. Bursa’nın Güneşlenme Süresi	77
Grafik 9. Bursa’nın Güneş Işınım Değerleri	78
Grafik 10. Bursa Nüfus Atık Grafiği	103
Grafik 11. Bursa’da Atıkların Sınıflandırılması	104
Grafik 12. 2014-2015 Yılları Yenilenebilir Enerji Üretim Oranları	110
Grafik 13. 2016-2017 Yılları Yenilenebilir Enerji Üretim Oranları	111
Grafik 14. 2018 Yılı Yenilenebilir Enerji Üretim Oranları	112

KISALTMALAR

YY	Yüzyıl
MS	Milattan sonra
MÖ	Milattan önce
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
KCAL	Kalori
W	Watt
KW	Kilowat
MW	Megawat
GW	Gigawat
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirme
MTA	Maden Teknik Arama
RES	Rüzgâr Enerji Santrali
GES	Güneş Enerji Santrali
HES	Hidroelektrik Santral
JES	Jeotermal Enerji Santrali
BES	Biyokütle Enerji Santrali
GÖS	Geri Ödeme Süresi
NBD	Net Bugünkü Değer

GİRİŞ

Yenilenebilir enerji, doğal süreçlerde ki var olan enerji akışından elde edilen enerji olarak tanımlanmaktadır. Bu enerji doğrudan veya dönüştürülerek kazanılmaktadır. Doğadaki suyun, havanın ve güneş ışınlarının doğrudan veya dolaylı olarak enerjiye dönüştürülerek kullanılmasıyla tükenmediğinden yenilenebilir enerji olarak adlandırılmaktadır. Hidroelektrik enerji, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji gibi kaynaklar yenilenebilir enerji kaynaklarıdır.

Enerjinin üretim ve tüketiminde fosil kaynaklara göre büyük üstünlüğü olan yenilenebilir enerjinin, 1973 petrol krizinden sonra önemi artmıştır. Kriz ile beraber güvensizlik ortamı ekonomileri alternatif arayışına itmiş ve yenilenebilir kaynaklara yöneltmiştir.

Topraktan çıkarılan her bir fosil kaynak petrol, doğalgaz veya kömür ardında çıkarılması daha zor bir kaynak bırakmaktadır. Sınırlı fosil kaynaklara ulaşmak zor ve maliyetlidir. Sınırsız olan yenilenebilir enerji kaynaklarına ulaşmak daha kolaydır ve maliyetleri zaman içerisinde düşerek ekonomik boyutlara ulaşmıştır.

Ekonomik sebeplerin yanında son yıllarda oluşan çevre bilinciyle doğanın korunması, küresel ısınmanın olumsuz etkileri, sera gazı salınımları, yenilenebilir enerjinin önemini bir kez daha gözler önüne sermiştir.

Çevre dostu olması, doğaya fosil yakıtlar gibi zarar vermemesi, yenilenebilir bir kaynak olmaları ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kurulan tesislerin, bakım ve işletme giderlerinin az olması, bu kaynakların fosil enerji kaynaklarına göre çekici bir alternatifi olduğunu göstermektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları olarak, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, hidroelektrik enerji, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi ele alınacaktır. Bu enerjilerin üretimlerini gerçekleştirmek için kullandığı rüzgâr, güneş, su, yeraltı sıcak suyu ve organik canlı kütlelerinin potansiyelleri üzerinde durulacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının dünyadaki ve Türkiye'deki potansiyelleri ve kurulum miktarları üzerine karşılaştırmalar yapılacaktır. Bu enerji kaynaklarının kapsamı ve potansiyelleri anlatılacaktır.

Üçüncü bölümünde yenilenebilir enerji kaynaklarının Bursa'daki mevcut durumu ele alınacaktır. Bursa'da yenilenebilir enerji kaynaklarının mevcut kurulu potansiyelleri, mevcut kurulu güçleriyle reel üretim verileri gösterilecektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarıyla üretilen toplam elektrik enerjisinin, Bursa'daki elektrik enerji ihtiyacının ne kadarını karşılamakta olduğu araştırılacaktır.

Mevcut üretim verileriyle birlikte, Bursa'nın sahip olduğu yenilenebilir enerji potansiyeli de araştırılacaktır. Bu boylamda Bursa'nın sahip olduğu mevcut potansiyelle gerçekleştirilen üretim karşılaştırılacaktır.

Bursa'daki yenilenebilir enerji kaynakları üzerine swot analizi yapılarak potansiyeli en yüksek olan yenilenebilir enerji bulunmaya çalışılacaktır.

Ele alınan yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde Bursa'da rüzgâr enerji potansiyelinin diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre üretilme koşullarının daha elverişli olup olmadığı araştırılacaktır. Bu tez yatırım projeleri değerlendirme yöntemlerinden, geri ödeme süresi ve enflasyonu dâhil ederek hesaplanan net bugünkü değer yöntemleri kullanılarak, Bursa'da rüzgâr enerji yatırım projesi üzerine ekonomik analizi gerçekleştirilecektir.

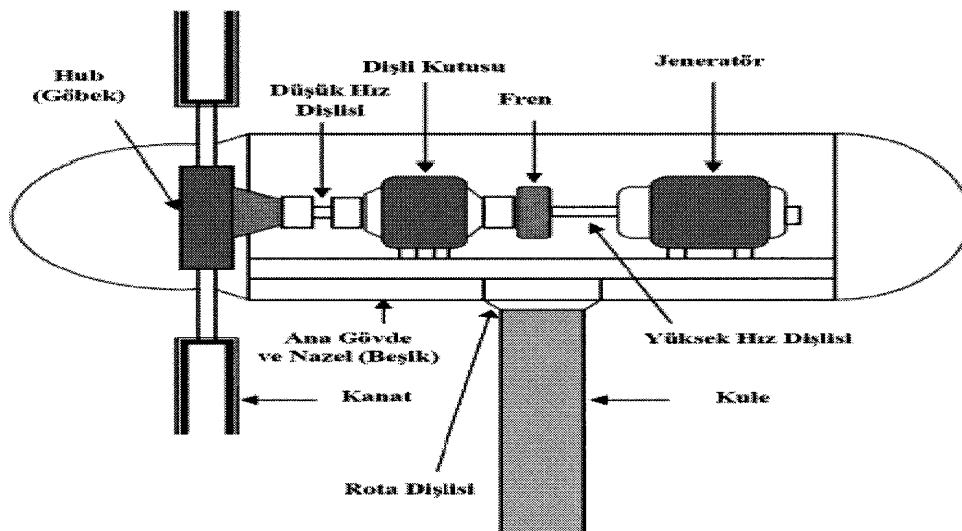
YENİLENEBİLİR ENERJİ

1.1.Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr, güneş ışınlarının dünyanın yüzeyini ısıtması sonucu meydana gelen, ısınma, soğuma, yoğunluk ve basınç farklılıklarının sonucunda oluşmaktadır. Rüzgâr; yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru hareket eden hava akımı olarak tanımlanmaktadır. Rüzgârlar dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesinden, arazinin engebeli yapısından, arazinin ısınma farkından, yüzey sürtünmelerinden etkilenmektedir (Türkiye Çevre Vakfı, 2008: 67).

Oluşan hava akımlarından rüzgâr tribünü ile elektrik üretebilmek için, tribünü yerden belli bir mesafe yüksekliğe kurarak, gelen rüzgârın doğrudan kanatlara çarpması sağlanır. Kanatlara çarpan rüzgâr, kanatları harekete geçirir, dönmeye başlayan kanatlar, shaft vasıtasıyla, dönme hareketini jeneratöre(üretece) iletir, bu iletimin daha hızlı olabilmesi adına dişli kutusu aracılığı ile üretece daha hızlı hareket iletiminde bulunulur, sonunda rüzgârın bu kinetik enerjisi, mekanik enerjiye ve sonunda da elektrik enerjisine dönüştürülür.

Şekil 1. Modern Rüzgâr Tribünü

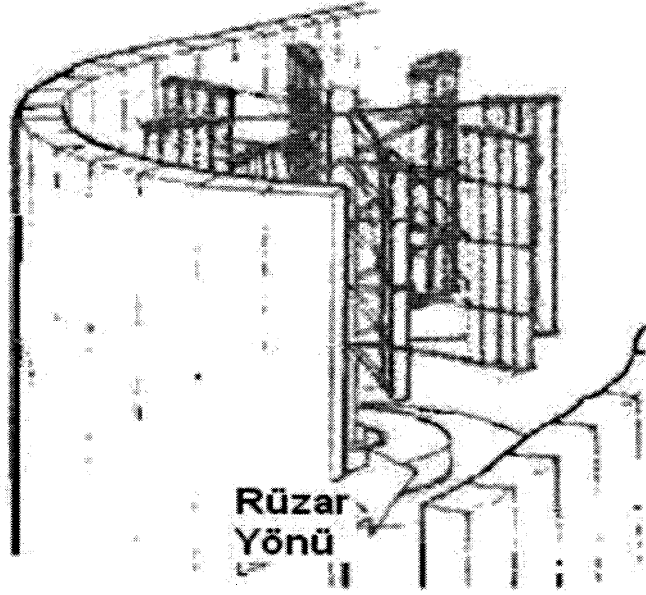


Kaynak:<https://Wind-Energy-Fundamentals-Resource-Economics/dp/3540309055> (erişim tarihi 08.09.2018)

Yukarıdaki Şekil 1’de, rüzgârın hareket enerjisinden elektrik enerjisinin nasıl üretildiğini görsel olarak teknik bir çizim vasıtasıyla gösterilmektedir.

Rüzgâr enerjisinin tarihçesine bakacak olursak, rüzgâr enerjisinden çok eski çağlardan beri yararlanıldığı görülmektedir. En eski yararlanma türleri yel değirmenleri ve yelkenli gemilerdir. Yelkenli gemilerin 5500 yıldan beri kullanıldığı bilinmektedir. İlk yel değirmenleri M.Ö. 2800 yıllarında Orta Doğuda ortaya çıkmıştır. M.Ö. 17.yy’da Babil Krallığı zamanında Mezopotamya’da, yel değirmenleri sulama amacıyla kullanılmıştır. Su kuyularında ki suyu çıkarmak için kullanmışlardır.

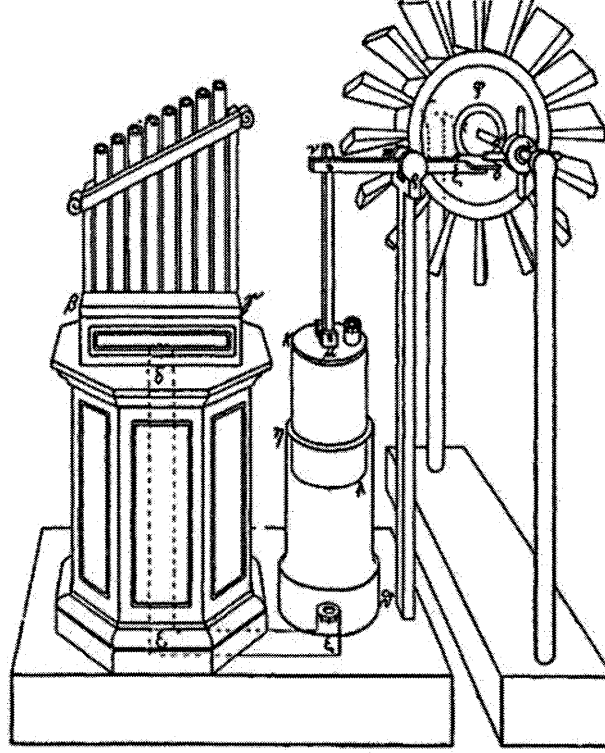
Şekil 2. Dikey Eksenli Yel Değirmeni ve Su Pompası



Kaynak: <https://www.wiley.com/en-us/Wind+Energy+Explained%3A+Theory%2C+Design+and+Application+%2C+2nd+Edition-p-9780470015001> (Erişim tarihi 08.09.2018)

Yukarıdaki Şekil 2’yi yorumlayacak olursak, rüzgârın gücünden yararlanarak, pervanelerin dönmesiyle, yer altındaki suyu tahliye etme işi gerçekleştirebilmektedirler. Pers döneminden kalma bu yel değirmeni dikey eksenli bir yapıya sahiptir. Pervane kanatlarının merkezi noktasından bir doğru çizdiğiniz de, dik bir açığa sahip olduğu anlaşılacaktır. Kullanım açısından verimsizdir. Şiddetli rüzgârlara karşı da dayanıksız bir yapıya sahiptir.

Şekil 3. Yatay Eksenli Yel Değirmeni ve Su Pompası



Kaynak: <http://www.moment-expo.com/geleneksel-bilimin-oucusu-iskenderiyeli-heron> (Erişim tarihi: 11.12.2018)

Yukarıdaki şekle bakacak olursak, ilerleyen zamanlarda çok kanatlı ve yatay eksenli yel değirmenlerine geçildiğini görmekteyiz. Yatay eksenli pervanesi ile rüzgârı karşıdan ve belirli bir yüksekliğe kurularak, hiçbir engele çarpmadan doğrudan almaktadır. Hareket eden pervaneler sol yanındaki pompalama mekanizmasını harekete geçirmektedir. Suyun önemli bir gereksinim olması ve rüzgârın ise ne zaman eseceği belli olmadığı için, çıkan suyu bir yerde muhafaza edebilmek adına şeklin sol kısmında bir su haznesi gösterilmektedir.

Yel değirmenlerinin mucidi olarak anılan Heron, İskenderiye kentinde yaşamış ve M.S 1 yy'da yukarıdaki su pompasını tasarlamış olduğu düşünülmektedir. Bu bilgiyle, İskenderiye kenti yakınlarında ilk yel değirmeninin kurulduğu düşünülmektedir. Yel

değirmenleri ve su pompalarının geliştirilmesiyle M.S 7.yy'da Türkler ve İranlılar tarafından da kullanılmıştır.

Avrupalıların yel değirmenleriyle tanışması Haçlı seferleri sırasında olmuştur. İngiltere ve Fransa'da yel değirmenlerinin kullanılması 12.yy'a denk gelmektedir. 17.ve 18.yy'da yel değirmenleri Avrupa'nın diğer kentlerinde görülmeye başlamıştır. 18. yy'da Hollanda'da 10.000 yel değirmeni bulunmaktaydı. 19.yy'a kadar yel değirmenlerinin amaçları tahıl ürünlerini öğütmek ve su kuyularında ki suyu tahliye etmek amacıyla kullanılmaktaydı.

Rüzgâr tribünleriyle elektrik üretmek 19.yy sonlarında 1890'larda Danimarka'da yapılmıştır. 1961 yılına gelindiğinde, Roma'da Birleşmiş Milletler tarafından düzenlenen "Enerjinin Yeni Kaynakları" konferansında ele alınan üç kaynaktan biri rüzgâr enerjisi idi. Rüzgâr enerjisi, yeni ve yenilenebilir bir kaynak olarak teknolojinin desteği ile ele alınmaktaydı. 1970'li yıllarda yapay petrol sıkıntısının ardından rüzgâr enerjisi üzerinde daha çok araştırma ve geliştirme faaliyetleri yapılmaya başlanmıştır. 1980'li yıllara gelindiğinde modern ve çağdaş teknolojilerle rüzgârı enerjiye dönüştüren çevrim sistemleri kurulmaktaydı. 1990'lı yıllarda gelişen çevre bilinciyle rüzgâr enerjisi konvansiyonel enerji santralleriyle boy ölçüşecek seviyeye gelmişti.

Tarihsel süreç içerisinde gelişmelere bağlı olarak rüzgâr enerjisi hem enerji sektörü için hem de ekolojik denge için önemli avantajlar sağladığı söylenebilmektedir. Rüzgâr enerjisinin sağladığı avantajlar ise;

- i) Hammaddeye ihtiyaç duymadığından sabit maliyetlerin düşmesine olanak sağlamaktadır.
- ii) Rüzgâr enerjisi için gerekli olan tesis kolay ve hızlı kurulabilmektedir.
- iii) Temiz bir enerji kaynağı olduğu için çevreye ve doğaya zarar vermemektedir.
- iv) Enerjide ithalatı ortadan kaldırmaktadır.
- v) Rüzgâr türbinlerinin kurulduğu arazi aynı zamanda tarım alanı olarak kullanılabilir, rüzgâr tribünlerinin alt kısımlarında tarım faaliyeti gerçekleştirilebilmektedir.

İster fosil yakıt isterse de yenilenebilir enerji olsun çevre ve doğaya olumsuz etkisi bulunmayan hiçbir enerji türü mevcut değildir. Her türlü enerji üretiminin doğaya, çevreye belirli oranlarda etkisi vardır. Rüzgâr enerjisinin fosil yakıtlarla kömür, petrol, doğalgaz gibi çevreye ve doğaya olumsuz etkileri ve küresel ısınmaya ciddi şekilde yol açan bu enerjilerle kıyaslandığında temiz olarak kabul edilmektedir lakin rüzgâr enerjisinin de birtakım olumsuz etkileri bulunmaktadır.

i) Enerji arz-talep uyumsuzluğu (dengesizliği): Rüzgâr enerji santrallerinin en büyük olumsuzluklarından biri, zaman uyumsuzluğu olarak ifade edilebilir. Zaman uyumsuzluğu, enerjiye ihtiyaç duyulan zamanda enerji üretiminin yapılamamasıdır. Rüzgârın hangi gün ve saatte eseceği belli olmadığı gibi, enerjiye ihtiyaç duyulan zamanda da esmesinin sağlanması mümkün olmamaktadır. Enerjiye ihtiyaç duyulan bir zamanda rüzgâr esmez ise, tribünler elektrik üretimini gerçekleştiremez. Fakat enerjiye olan talebin az olduğu zamanda da güçlü olarak esen rüzgârlar, üretimin yüksek seviyede gerçekleşmesine neden olabilir. Bu durumda enerji, arz ve talep uyumsuzluğuna veya dengesizliğine neden olmaktadır.

ii) Gürültü: Rüzgâr türbinlerinin çalışma esnasında gürültü ürettikleri bilinen bir gerçektir. Yüksek rüzgâr hızlarında da ortaya çıkan gürültünün fazlaştığı görülmektedir. Ortaya çıkan bu gürültü o çevrede yaşayan insanları negatif bir biçimde etkilemektedir. Yapılan araştırmalar 400-500 KW gücündeki türbinlerden oluşan rüzgâr enerji santrallerinin yerleşimlerden 300-400 m uzakta bulunması halinde gürültü etkisinin ortadan kalkacağını ortaya koymaktadır.

iii) Fauna: Fauna ile kastedilen canlı yaşamıdır. Oluşan gürültüden etkilenen canlılar tribünlerin olduğu sahaya gelmemeye başlamışlardır. Göçmen kuşların göç yolları üzerine kurulan rüzgâr tribünleri ise kuş ölümlerine neden olmaktadır. Göçmen kuşlarda rotalarını değiştirerek rüzgâr tribünlerinin olduğu bölgeden geçmemeye başlamışlardır.

iv) Elektromanyetik etki: Rüzgâr türbinlerinin yaydığı elektro manyetik dalgalar radyo, televizyon, havaalanı sinyalizasyonu gibi elektronik cihazların düzenli sinyal almalarını engellemektedir. Çevrede yaşayan insanları olumsuz bir şekilde etkilemektedir. (Savrul, 2010: 19).

1.2 Güneş Enerjisi

Güneş, dünyamıza 150 milyon km uzaklıkta ve 1.39 milyon km çapındadır. Sıcak gazlardan oluşmaktadır ve içerisinde %95 oranında hidrojen barındırmaktadır. Güneş enerjisi, bu hidrojenin helyuma dönüşmesi neticesinde ortaya çıkan çok güçlü bir enerjidir (Uçar, 2017: 25).

M.Ö. 212'de Yunan bilim insanı Arşimet Roma donanmasını güneşi yansıtan bronz kalkanlar ile ateşe vermiştir. Bu olayın doğru olup olmadığı hakkında kesin bir bilgi bulunmamaktadır. Ancak bu olay 1973 yılında bir deney ile ispatlanmıştır. 50 metre uzaklıktaki tahta, yansıtıcılar aracılığı ile ateşe verilmiştir. M.SIRA 4.yy'da Romalılar hamamlarını ısıtmakta güneş enerjisinden faydalanmışlardır. Bir dizi tarihsel ve bilimsel gelişmenin ardından 1950 yılında güneş enerjisinden su ısıtma amacıyla yaygın kullanımı başlamıştır (Karataş, 2009: 99).

Günümüzde güneş enerjisi teknolojileri ısı ve elektrik teknolojileri olmak üzere ikiye ayrılır. Isı teknolojilerinde önce ısı elde edilir. Elde edilen bu ısı ile doğrudan ya da dolaylı olarak elektrik üretilmektedir. Düzlemsel toplayıcı ile güneşten gelen ışınlardan ısı elde edilerek, bu ısı konut ısınmasında veya sıcak su temininde kullanılabilir. Başka alanlarda da; seraların ısıtılmasında, ürün kurutulma işlemlerinde de faydalanılmaktadır.

Bir diğeri ise doğrudan elektrik üreten güneş enerjisi elektrik sistemidir. 1954 yılında fotovoltaiik teknoloji doğmuş ve geliştirilmeye başlanmıştır. Bu doğan teknoloji doğrudan güneş ışınlarını yarı iletken metallere aracılığı ile elektrik enerjisine çeviren bir düzendir. İlk çıktığı zamanlarda ki verimlilikleri %4 olan bu sistemin günümüzde ki verimliliği %20-25 aralığındadır. Güneş enerjisiyle elektrik üretiminde istenilen verimlilik sağlanamamıştır.

Türkiye, coğrafi konumu açısından güneş ışınlarından yararlanma süresi ve güneş enerjisi kaynağı bakımından avantajlı bir ülke konumundadır. Türkiye, coğrafi konumu gereği, güneş enerji potansiyeli açısından birçok ülkeye kıyasla çok daha avantajlıdır. Ülkede yıllık toplam güneşlenme süresi ortalama 2.640 saat (günlük toplam 7,2 saat), metrekareye düşen yıllık toplam ışınlam şiddeti ortalama 1.311 KW (metrekareye düşen günlük ortalama 3,6 KW) olarak tespit edilmiştir. Türkiye güneşli

gün sayısı 110 gün gibi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeli değerine sahiptir (Uçar, 2017: 26).

Özellikle belli başlı bölgeler; Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin güneşlenme süreleri oldukça fazladır. Türkiye’de güneş enerjisinden faydalanma su ısıtma, sıcak su teminini sağlama amacıyla yaygın kullanımı bulunmaktadır. Elektrik üretmek için yaygın bir kullanıma sahip değildir.

Güneş enerji kaynağının dünyanın her yerinde mevcut olması, temiz ve yenilenebilir olması itibariyle, çevreye ve doğaya minimum düzeyde zararı bulunmaktadır. Elektrik hattı olmayan bölgelerde elektrik ihtiyacının giderilmesinde kullanılabilmektedir. Her evin kendi elektriğini üretmede, imkân tanınmaktadır (Naam, 2016: 211).

Güneş enerjisinin avantajları yanında dezavantajları da bulunmaktadır. Güneş enerji sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri oldukça yüksektir. Bunun yanında bulutlu günlerde üretimi büyük ölçüde düşmekte, geceleri üretim yapamamaktadır. Bu da beraberinde enerji arz-talep uyumsuzluğunu ortaya çıkarmaktadır. Enerjiyi depolama sorunu oluşmakta, üretilen enerjiyi depolamak için kullanılan akümülatörler maliyetleri arttırmaktadır. Buna rağmen teknolojik verimliliği ise oldukça düşüktür (Gezen, 2015:24-25).

Güneş enerjisinin üzerinde durulabilecek bir diğer dezavantaj ise, ekonomik ömürleri bittikten sonra güneş enerji panellerinin imha edilme sürecinde, doğaya ciddi zararının olmasıdır.

1.3 Hidrolik Enerji

Hidrolik enerji, suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürüldüğü yenilenebilir bir enerji türüdür. Hidrolik enerjinin kaynağı sudur. En önemli ekipmanı ise tribünlerdir. Yüksekten düşürülen su tribünlere çarpma vasıtasıyla tribünleri döndürür ve içindeki mili harekete geçirerek, milde alternatör rotorunu harekete geçirir bu döngüyle elektrik enerjisi üretilir (Uzunyayla, 2014: 188).

Hidrolik santraller depolamalı üretim ve depolamasız üretim şekliyle ikiye ayrılır. Depolamasız hidroelektrik santrallerde su, boru içine alınıp tribünlere

çarpıtılarak elektrik üretilmektedir. Bu üretim tarzı nehir ve akarsu kaynakları üzerinde tercih edilir. Depolamalı hidroelektrik santrallerde ise su barajda tutularak, yüksek bir seviyeden alçak bir seviyeye bırakılırken tribünlere çarpması vasıtasıyla elektrik üretilir. Bu üretim tarzına da baraj üretim tarzı denmektedir (Ceylan, 2012: 83-84).

Dünyada ilk hidroelektrik santral ABD’de Niagara’da kurulmuş daha sonra bütün dünyaya yayılmıştır. Dünya’da 65 ülkenin başta gelen enerji kaynağıdır. Bunun yanında dünyada ki yaklaşık 150 ülkede üretim potansiyeli mevcuttur. Yenilenebilir enerji üretiminde en büyük pay hidrolik enerjisininidir.

Yatırım maliyetlerini çok kısa sürede çıkarmaları önemli bir avantaj sağlamaktadır. Kullanım ömürleriyle kıyaslandığında, küçük bir hidroelektrik santralin ömrü 25 yıl buna karşılık büyük bir hidroelektrik santralin ömrü 150-200 yıl iken yatırım maliyetini çıkarma süresi ise ortalama 10 yıldır. Hidroelektrik santrallerin verimlilikleri %90 seviyelerini aşmaktadır (Honça, 2018: 36).

Hidroelektrik santrallerin mevsimlere ve iklime bağlı olması ise önemli dezavantajlarından. Yağış rejiminin düşmesi, su debisinin azalması, enerji üretim miktarını azaltmaktadır. Akarsu üzerine kurulan hidroelektrik santraller ise doğaya ciddi şekilde zarar vermektedir. Akarsu’nun aktığı bölgede ki canlı faunası azalmakta ya da önemli canlı türleri yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır. Suyu sahip olan yöre halkının geçimini sağlamak için yaptığı tarımsal üretimine de zarar vermektedir. Hassas türlerin korunmadığı, yöre halkına bırakılan suyun belirsizliği gibi hususlar hidroelektrik santrallerin kurulduğu bölgelerde su mağduriyetlerine yol açacağı görülebilmektedir. Akarsuların akış hızları ciddi oranda düşürüldüğü için, deniz ve göllere ulaşamayan su, göllerin kirlenmesine, denize tortu götüremeyen delta ovalarında denizin karaya ilerlemesine neden olmaktadır. Türkiye’de HES projeleri için hazırlanan ÇED raporlarını verebilecek kalifiye personelin olmaması, yapılan hızlı kamulaştırmalar, ön fizibilitenin iyi yapılmadığı, gerekli altyapı çalışmalarının olmadığı görülmektedir. En önemli örnek, dünyada omega-3 açısından en yüksek balık türü olan benekli alabalığın yaşadığı Artvin’de yapımı süren HES’lerin oluşturduğu olumsuz etkiyi yaşamakta ve türleri yok olma tehlikesine girmektedir. Türkiye 2023 yılına kadar teorik olarak gerçekleştirebileceği bütün HES projelerini tamamlama yolundadır.

İklim değişikliğinden ve küresel ısınmadan en çok etkilenecek kaynakların başında su gelmektedir. Suyun yenilenme kapasitesi suyun kullanımına bağlıdır (TMMOB, 2011: 11). Doğaya yapılan belli başlı müdahaleler ile suyun yenilenebilir özelliği, kullanım sekliyle yenilenemeyecek duruma dönüştürülebilir. Bu nedenle suyun kullanım şekli su varlığının devamı açısından önemlidir (Uzunyayla, 2014: 195-197).

Depolamalı ve depolamasız(akarsulu) hidroelektrik santraller, suyun kendi dengesini bozabilmektedir. Depolamalı hidroelektrik santrallerde, tutulan suyun zamanla buharlaşarak azalması sonucunda, suyun içerisinde ki tuz ve mineral miktarı artmaktadır. Tutulan su bırakıldığında, suyun düşme kapasitesine bağlı olarak da oksijen alma kapasitesi ve suyun kendini temizleyebilme kapasitesini düşürebilmektedir.

Akarsulu hidroelektrik santrallerde, su bir kanal vasıtasıyla borunun içerisine alınıp, tribünlere çarpıtılarak bırakıldığında, boruların içerisinden akan su, suyun mineral yapısında değişikliğe neden olabilmektedir. Mineral değişikliğine uğrayarabilen su, kendi kendini yenileme kapasitesini kaybedebilmektedir.

1.4. Jeotermal Enerji

Yeryüzünün bazı derinliklerinde sıcaklığı devamlı olarak 150-200 °C üzerinde bulunan, içerisinde gazlar, mineraller, tuzlar bulunduran yeraltı katmanlarından geçip yeryüzüne ulaşan buhar ya da sıcak suya jeotermal kaynak, bunlardan elde edilen enerjiye de jeotermal enerji denmektedir (Havan, 2017: 89).

Jeotermal enerji kaynakları 3 gruba ayrılmaktadır. Bu graplama yeryüzüne çıkan suyun derecesiyle ilgilidir. 20-70 °C arası düşük sıcaklı, 70-150 °C arası orta sıcaklıklı, 150 °C ve üzeri yüksek sıcaklıklı olarak kabul edilir. Yüksek sıcaklıklı sular doğrudan elektrik üretiminde kullanılabilir. Düşük ve orta sıcaklıktaki kaynaklar ise, ısıtma, termal turizm, meyve kurutma, sanayi tesislerinde kullanılabilir.

Dünyada jeotermal enerji ile elektrik üreten başlıca lkeler ABD, Endonezya, Filipinler ve Türkiye'dir. Doğrudan kullanım kapasitesinde yani sıcak su kaynağını, kaplıca, ev, sera ve konut ısıtılmasında doğrudan kullanımına denilmektedir. Doğrudan

kullanım ile jeotermal kaynaklardan faydalanan ülkeler; Çin, Japonya, ABD, İzlanda ve Türkiye'dir (Honça, 2018: 37). Doğrudan kullanımı ile Dünyada Türkiye 5. Sırada yer almaktadır.

Türkiye'de doğrudan kullanım ve tüketimi ile 12 ilde 114.000 konuta eş değer konut ısıtılmasında, 3.931.000 metrekare sera ısıtılmasında ve 215 adet termal tesiste kullanılmaktadır (Uçar, 2017: 21).

Türkiye Alp-Himalaya dağları kuşağında bulunması nedeniyle jeotermal enerji potansiyeli yüksek bir ülkedir. Jeotermal potansiyelin % 79'u Batı Anadolu Bölgesindeki alanlarda yer almaktadır. Jeotermal alanların diğer bölgelerde ki durumuna bakıldığında % 8,5'inin Orta Anadolu'da, % 7,5'inin Marmara Bölgesinde, % 4,5'inin Doğu Anadolu'da ve % 0,5'inin ise diğer bölgelerde yer aldığı değerlendirilmektedir. Türkiye'nin jeotermal kaynaklarının % 94'ü düşük ve orta sıcaklıklı kaynaklar % 6'sı ise yüksek sıcaklıklı kaynaklardır.

Maden Teknik Arama'nın yapmış olduğu sondaj çalışmalarıyla, yeni jeotermal kaynaklar bulunmaktadır. Yapılan yeni tesisler ile yapım aşaması tamamlandığında Dünyada 3. sıraya ulaşması beklenmektedir. Enerji potansiyeli olarak Türkiye 31.500 MW potansiyele sahiptir (Uçar, 2017: 22).

1.5. Biyokütle Enerji ve Diğer Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Bir önceki başlıklar haricinde yaygın olmayan ama kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları da mevcuttur. Tarım ürünleri ve orman sektörü organik atıkları, alkol ve metan mayalanması, odun, odun kömürü, hayvan ve insan dışkısı, çeşitli su bitkileri gibi canlı (biyolojik) kaynaklar yolu ile elde edilen enerji türüne biyokütle enerjisi denilmektedir. Özetle organik maddelerden elde edilen enerji biyokütle enerjisidir. Bu enerji türü ısınma amaçlı kullanılabilir. En eski kullanım tarzı olan yakma, odun ve kömürün direk yanmasıyla ısınma amacıyla kullanılabilir. Bu kullanım tarzının yanında, orman ürünleri, içerisinde canlı organizma bulundurduğu için, orman temelli biyokütle enerjisi üretimi bulunmaktadır.

Orman ürünlerinden yakacak odun kesimlerinde ortaya çıkan üretim artıkları, odun parçacıkları, lif yongalar, orman ağaçlarının budanmasında ortaya çıkan dallar, kurumuş yapraklar, orman altı bitki örtüsü, yakacak odun, birer biyokütle olarak değerlendirilmektedir. Bunların yanı sıra tarım ürünleri hasadından tarlada kalan, kuru otlar, mahsullerin kuru dalları ve gövdeleri de birer biyokütledir. Orman ürünleri ve tarım ürünlerinin oluşturduğu bu biyokütle ile biyogaz üretimi gerçekleştirilerek, oluşan gaz ile elektrik üretimi gerçekleştirilebilmektedir.

Kentsel atıkların, önemli bir kısmı ise biyokütle potansiyeline sahiptir. Kentsel atıkların büyük bir çoğunluğu mutfak atıklarından oluşmaktadır. Şehir çöplüklerinin ortalama yarısı biyokütle potansiyelinin önemli bir kısmını barındırmaktadır. Şehir çöplüklerinde yapılan ayrıştırma sonucunda elde edilen biyokütle potansiyeli ile belli işlemlerden geçirilerek, elektrik üretimi gerçekleştirilebilmektedir.

Biyogaz ve biyodizel üretimlerinde ABD ve AB ülkeleri başı çekmektedir. Biyogaz ve biyodizelde ABD, Almanya, Fransa, İtalya en büyük üretici ülkelerdir (Kara, 2013: 31).

Diğer bir yenilenebilir enerji kaynağı ise deniz kaynaklı yenilenebilir enerjidir. Deniz kaynaklı enerjileri üçe ayırabiliriz. Birincisi okyanus termal enerjisi, ikincisi dalga enerjisi bir diğeri ise gel-git enerjisidir. Okyanus termal enerjisinde, okyanusların güneşten topladığı ısıyı, sıcak su akıntılarının katkısıyla enerjiye dönüştürme yöntemidir.

İkincisi, Dalga enerjisi ise denizlerde meydana gelen dalgaların kinetik enerjisinin elektrik enerjisine çevrilmesiyle elde edilmektedir. Yeryüzü alanlarının farklı ısınmasıyla oluşan basınç farklılıkları ve rüzgârların deniz yüzeyi üzerinde hareketleri ile dalgaların oluşmasına neden olur (Savrul, 2010: 40). Dalgaların gücünden elde edilen bu enerji dünya üzerinde ki her denizden elde edilememektedir. Kıtaların batı kıyıları ve yüksek enlemler bu enerji üretiminde daha avantajlıdır (Akova, 2008: 190).

Üçüncüsü, Gel-git enerjisidir. Ay'ın Dünya'yı kütle çekim kuvveti ile çekmesi sonucu denizlerde meydana gelen kabarmalar ve alçalmalar sonucu oluşmaktadır. Denize yerleştirilen tribünler, denizin kabarıp alçalmasıyla dönerek elektrik enerjisini üretebilmektedir. Gel-git baraj ve gel-git akım şeklinde üretim Şekilleri bulunmaktadır.

Dünyada ki en büyük gel-git enerji potansiyeli ise Avusturalya'nın Kuzey-Batı sahilleridir (Çukurçayır ve Sağır, 2008).

Günümüzde yüksek sıcaklıkla çalışan, fabrikaların oluşturduğu ısılar ile elektrik üretimi de gerçekleştirilmektedir. Tekstil sanayi, çimento sanayi, demir-çelik sanayi, şişe çam sanayi gibi tesislerin donanım ve makinelerinin etrafa yaydığı ısı baca aracılığı ile atmosfere gönderilmektedir ve buna da atık ısı denilmektedir. Yüksek sıcaklıklarla üretim yapan makinelerin üretimi gerçekleştirdikten sonra arta kalan ısıyı, bacaya monte edilen termodinamik dönüştürücüler aracılığı ile elektrik üretimi yapılmaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

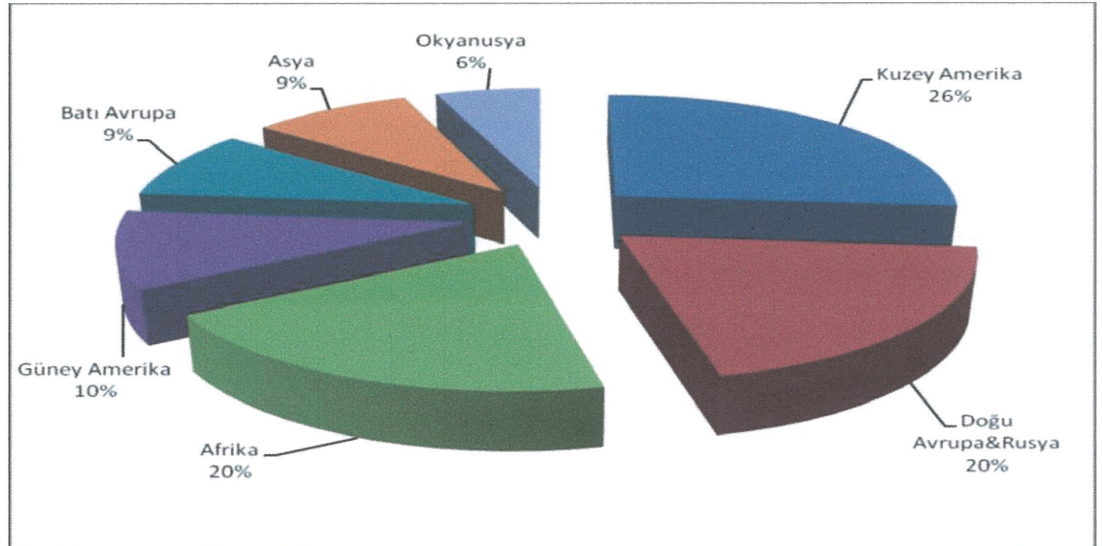
Dünya’da ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyel Durumu

2.1. Dünya’da Rüzgâr Enerji Potansiyeli ve Genel Durumu

Gelişmiş sanayi ve yaşam şartlarına sahip ülkeler rüzgâr enerjisinden faydalanma konusunu tahmin edilebileceği gibi fazla ciddiye alarak önemsemektedirler. Yapılan araştırmalar neticesinde günümüzde rüzgâr enerjisinin dünya genelinde artışı en fazla gerçekleşen enerji olduğu görülmektedir.

Uluslararası enerji ajansının rüzgâr potansiyeli çalışmalarına göre dünya çapında hızı 5,1 m/sn’den (15,5 km/h) fazla esen rüzgârlar değerlendirildiğinde 53.000 TW’lık elektrik üretebilecek bir rüzgâr gücü potansiyeli bulunmuştur. Bu ölçümler yer seviyesinden 10 m yükseklikte ölçülmüştür. Bunun yanında anakara hariç denizlerde ki potansiyel ise 750 TW olarak belirlenmiştir. Toplamda rüzgâr gücünden elektrik enerjisi elde etme potansiyeli 53.750 TW’tır (Akova, 2008: 99)

Grafik 1. Rüzgâr Enerji Potansiyelinin Kıtalar Göre Dağılımı



Kaynak: Akova, İ.(2008). Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Ankara: Nobel Basımevi, s.100.

Bunun en büyük payı %26 ile Kuzey Amerika kıtasında, sırasıyla Doğu Avrupa&Rusya ve Afrika kıtalarında %20, Güney Amerika kıtası %10, Batı Avrupa'da %9, Asya kıtası %9, okyanuslar ve denizlerde %6 rüzgâr enerji potansiyel bulunmaktadır.

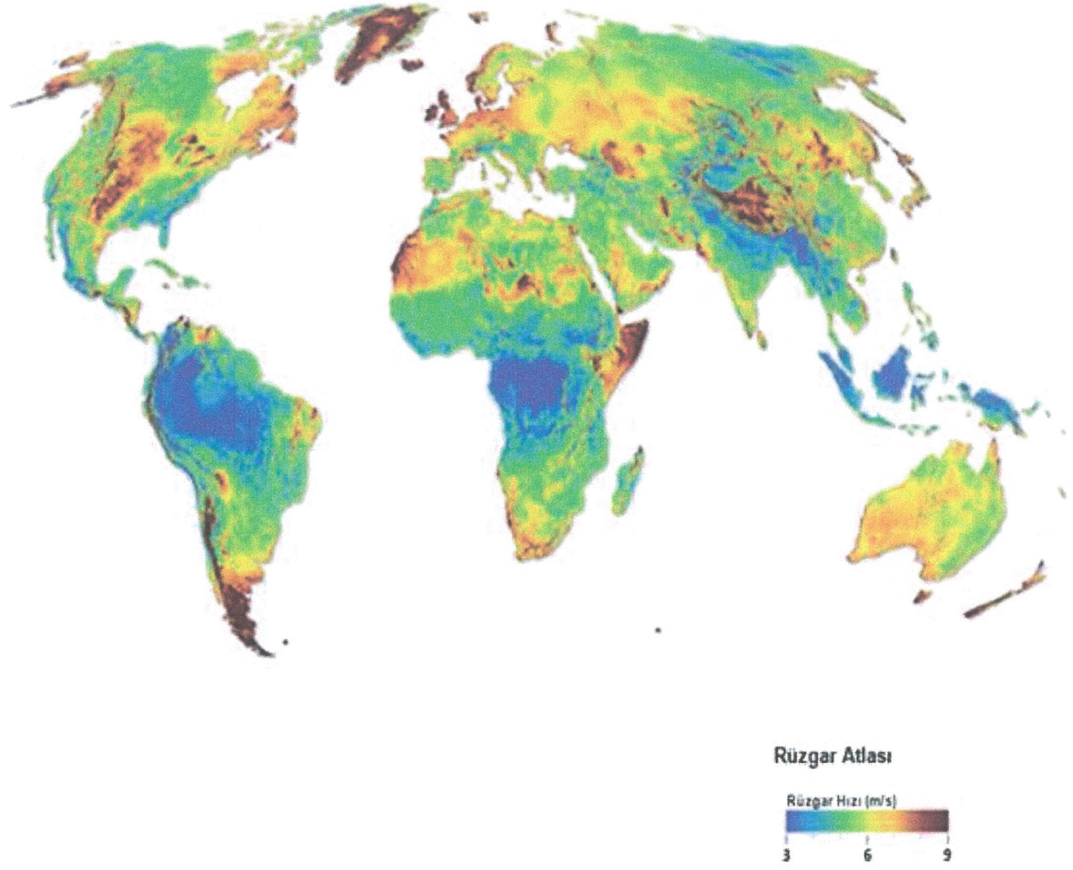
Bu oranları teknik potansiyel olarak ifade edersek, 14.000 TWh'lik kısmı Kuzey Amerika'da, 10.600 TWh'lik kısmı Doğu Avrupa ve Rusya'da, 10.600 TWh'lik kısmı Afrika'da, 5.400 TWh'lik kısmı Güney Amerika'da, 4.800 TWh'lik kısmı Batı Avrupa'da, 4.600 TWh'lik kısmı Asya'da, 3.000 TWh'lik kısmı ise Okyanusya'da yer almaktadır. (Akalın, 2009).

Bu bilgiler bize teorik potansiyeli göstermektedir. Yukarıda bahsedildiği gibi en alt limit olarak 5,1 m/s hız ile ölçümlenmiştir. Bunun yanında yukarıdaki grafikte dünya genelinin rüzgâr hızı ortalamalarına göre renklendirilmiş haritası aşağıdaki Şekil 4'te (Rüzgâr Atlası) gösterilmektedir.

Aşağıdaki Şekilde soğuk renklerden sıcak renklere doğru rüzgâr hızı ortalamasının arttığını göstermektedir. Genel olarak 50 derece kuzey ve güney enlemleri arasında rüzgâr gücü yoğunluğunun fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca kıtaların doğu ve batı kıyıları, deniz kenarları, iç bölgelerde yükseltinin fazla olduğu tepe ve sırtlarda rüzgâr gücü potansiyeli artmaktadır.

Rüzgâr hızının en yüksek olduğu yerler; Grönland (Danimarka), Güney Amerika'nın en güney ucu (Arjantin ve Şili'nin güneyi), Afrika'nın doğusu Arap yarımadasının güneyinde kalan kısmı (Somali, Etiyopya, Kenya), kuzeybatısı (Fas, Batı Sahra) ve güneyi (Güney Afrika), İrlanda Cumhuriyeti ve Birleşik Krallık'ın batı kıyıları, ABD'nin orta bölgeleri ve Alaska eyaleti, Yeni Zelanda, Çin'in doğusu ve Norveç kıyıları olduğu görülse de rüzgâr enerjisinden elde edilen kurulu güce, ülkeler bazında bakıldığında aynı Tablo oluşmamaktadır. Bu durumun altında yatan sebepler arasında, rüzgârdan enerji elde edilmesinde tek etkenin rüzgâr hızı olmamasıyla birlikte, rüzgâr enerjisine yapılan yatırımların rüzgâr potansiyelleriyle doğru orantılı olmaması durumu yatmaktadır Avrupa ülkelerinin bazılarının rüzgâr enerji potansiyeli aşağıdaki Tablo 1'de gösterilmektedir.

Şekil 4. Dünya Rüzgâr Hız Haritası



Kaynak: https://www.researchgate.net/figure/World-wind-map-at-80m-Source-3TIER-Inc-REmapping-the-World-Initiative-RETSscreenR_fig1_268061549 (Erişim Tarihi:12.12.2018).

Teknik rüzgâr gücü potansiyelin Avrupa ülkelerine göre dağılımı aşağıdaki ki Tablo 1’de gösterilmektedir. Türkiye’nin yıllık 166 TWh ile ilk sırayı, İngiltere’nin 114 TWh ile ikinci sırayı, İspanya’nın 86 TWh ile üçüncüyü sırayı aldığını görmekteyiz. Fransa’nın 85 TWh, Norveç’in 76 TWh, İtalya’nın 69 TWh, Yunanistan’ın ve İrlanda’nın 44 TWh, İsveç’in 41 TWh, İzlanda’nın 34 TWh, Danimarka’nın 29 TWh, Almanya’nın 24 TWh, Portekiz’in 15 TWh, Finlandiya ve Hollanda’nın 7 TWh, Belçika’nın 5 TWh, Avusturya’nın 3 TWh, İsviçre’nin 1 TWh rüzgâr enerji potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Tablo 1’deki önemli bir husus Almanya’dır. Avrupa ülkeleri arasında yıllık 24 TWh’lık potansiyeli ile diğer ülkelere kıyasla düşük bir potansiyele sahip olmasına karşın, rüzgâr enerji üretiminde başı çeken ülkelerdendir. Anlaşılabacağı üzere sadece potansiyele yani rüzgâr kaynağına sahip olmanın faydalanma

açısından çok anlamlı olmadığını görmekteyiz. Türkiyede ise rüzgâr enerji potansiyelinin Avrupa ülkeleriyle kıyaslandığında en fazla potansiyele sahip ülke olmasına rağmen yararlanma konusunda son derece sınırlı oranda kaldığı görülmektedir. Ülkelerin enerji politikalarının önemli rol oynadığını göstermek açısından bu örneğin çok anlamlı olduğu söylenebilir.

Tablo 1. Türkiye ve Avrupa Ülkelerinin Rüzgâr Potansiyelleri

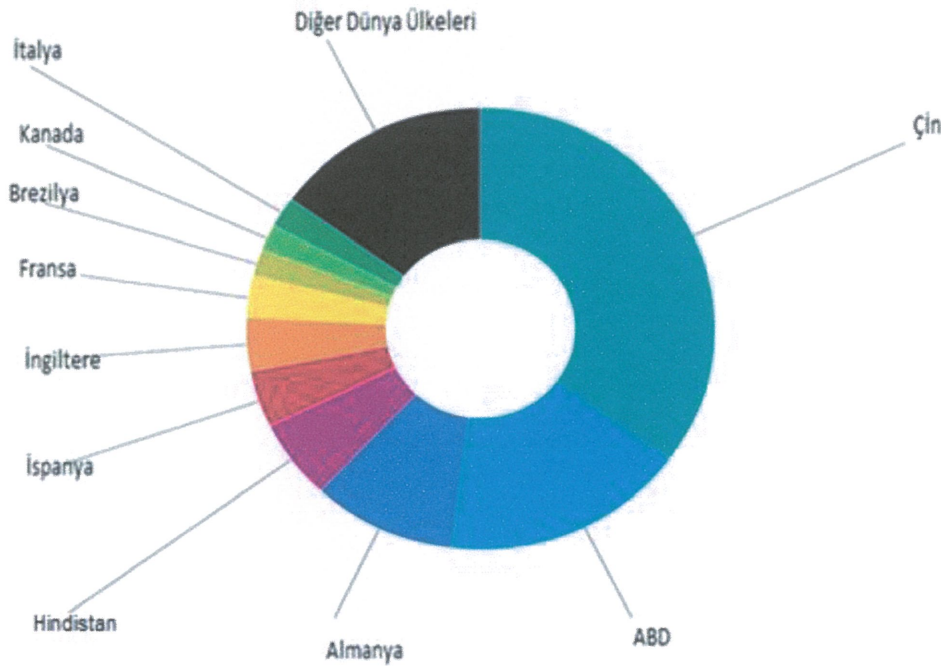
Ülke	Yüzölçümü	3m/sn Rüzgârın Estiği Alan (kilometrekare)	Rüzgâr Santrali Kurulmasına Uygun Alan (Kilometrekare)	Rüzgâr Teknik Potansiyeli (TWh/Yıl)
Türkiye	780.000	418.000	9.960	166
İngiltere	244.000	171.000	6.840	114
İspanya	505.000	200.000	5.160	86
Fransa	547.000	216.000	5.080	85
Norveç	324.000	217.000	4.560	76
İtalya	301.000	194.000	4.160	69
Yunanistan	132.000	73.000	2.640	44
İrlanda	70.000	67.000	2.680	44
İsveç	450.000	119.000	2.440	41
İzlanda	103.000	103.000	2.080	34
Danimarka	43.000	43.000	1.720	29
Almanya	357.000	39.000	1.400	24
Portekiz	92.000	31.000	880	15
Finlandiya	337.000	17.000	440	7
Hollanda	41.000	10.000	400	7
Belçika	31.000	7.000	280	5
Avusturya	84.000	40.000	200	3
İsviçre	41.000	21.000	80	1

Kaynak: OECD ülkeleri enerji potansiyeli

Aşağıdaki grafik 2’de gösterilen rüzgâr enerjisinden yararlanan dünyadaki ilk 10 ülkeye bakacak olursak, pasta grafiğinde en büyük alanda Çin bulunmaktadır. Çin bu sıraya gelebilmek için, son 10 yılda yapmış olduğu yatırımlarla rüzgâr enerjisinden yararlanan dünyada lider ülke konumuna ulaşmıştır.

Enerji Atlasından elde edilen kurulu güç bilgileriyle Çin, 187.730 MW’lık kurulu gücüyle, rüzgâr enerjisinde dünyada lider ülke konumundadır. Listenin ikinci sırasını Amerika Birleşik Devletleri takip etmektedir. 88.927 MW kurulu güce sahiptir. ABD’nin, enerji politikaları ve devlet desteği ile Çin’i yakalayabilecek bir potansiyeli mevcuttur. Almanya 59.240 MW kurulu gücü ile gücü ile listede üçüncü sırada, Hindistan 32.879 MW kurulu gücü ile dördüncü sırada, İspanya 23.026 MW kurulu güç ile beşinci sırada, Birleşik Krallık 17.852 MW kurulu gücü ile altıncı sırada, Fransa 13.760 MW kurulu gücü ile yedinci sırada, Brezilya 12.763 MW kurulu gücü ile sekizinci sırada, Kanada 12.239 MW kurulu gücü ile dokuzuncu sırada, İtalya 9.700 MW kurulu gücü ile listede onuncu sırada yer almaktadır.

Grafik 2. Dünya’da Rüzgâr Enerjisinden Yararlanan İlk 10 Ülke



Kaynak: Tablo 2’deki verilerden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Avrupa ülkeleri içerisinde rüzgâr enerjisi potansiyelinin diğer ülkelere kıyasla düşük sayılabileceği Almanya, enerji politikaları ve yatırımlarıyla 55.340 MW'lık kurulu gücüyle, dünyada rüzgâr enerjisinden elektrik üretiminde %10'luk oranla, 3. sıradadır. Almanya örneği, rüzgâr potansiyelini en iyi şekilde kullanabilen ülke örneğinde gösterilebilmektedir.

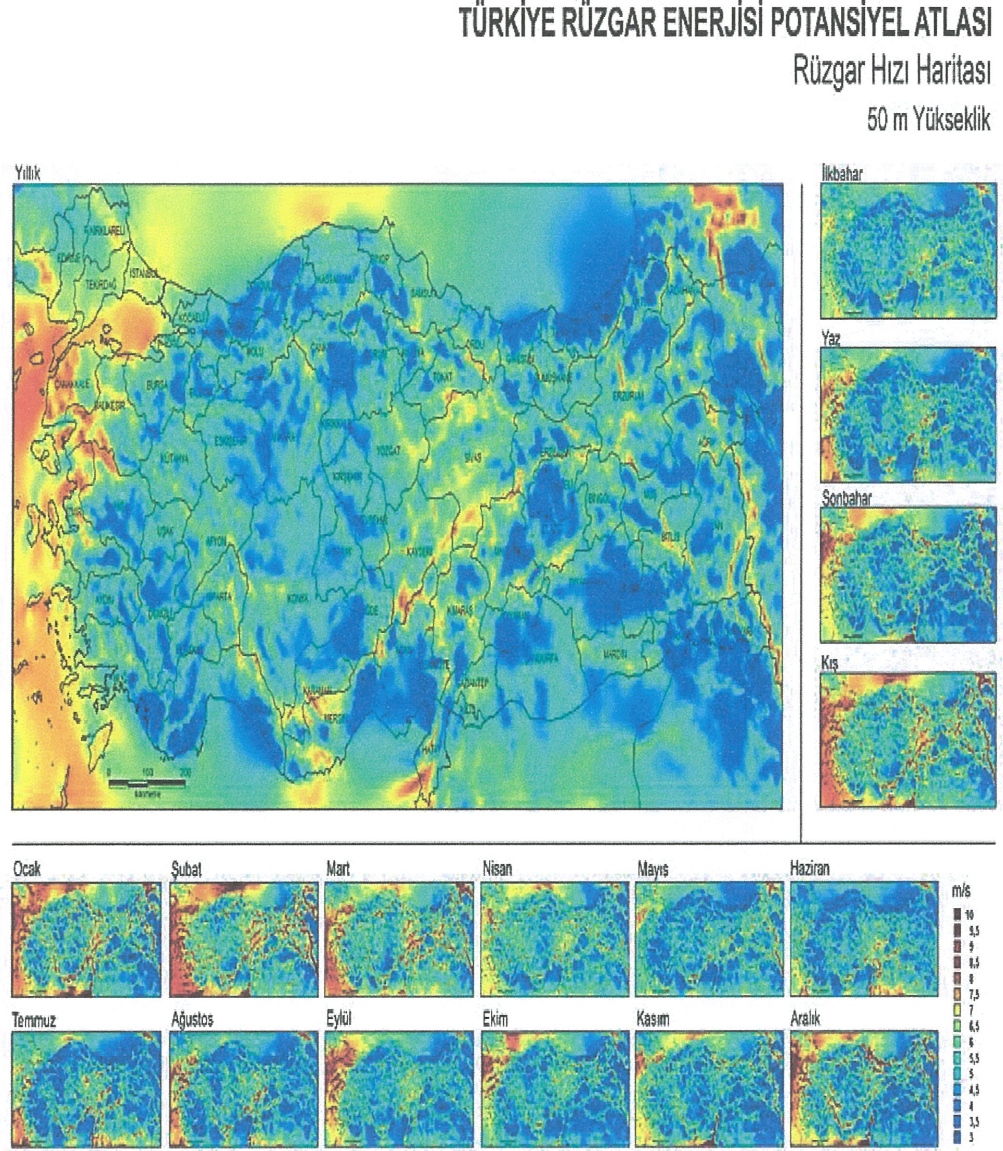
2.1.1. Türkiye’de Rüzgâr Enerji Potansiyeli ve Genel Durumu

Türkiye coğrafi konumu itibarıyla rüzgâr enerji potansiyeli büyük bir önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalarda 10 metre yüksekliği baz alırsak Türkiye’nin rüzgâr hızı kıyı kesimlerde 4.5-5.6 m/sn, iç kesimlerde 3.4-4.6 m/sn arasındadır (Polat, 2012: 38). Uluslararası Enerji Ajansı’nın yapmış olduğu çalışmaya göre Türkiye 10 metre yükseklikte 166 TW'lık potansiyele sahiptir. Bu potansiyel teoriktir ve rüzgârın öneminin anlaşılması adına yapılmış bir baz çalışmadır.

Türkiye Elektrik İşleri Etüdü tarafından yapılan çalışmada özel konumun etkileri ve enerji santrallerinin ekonomisi esas alınarak daha yüksek bir konumda daha fazla elektrik üretileceğinden, 50 metre yükseklikte ki rüzgâr hızı ortalaması 7 m/sn(23 km/h) olarak hesaplanmıştır. Bu çerçevede Türkiye’nin rüzgâr gücünden elektrik üretim potansiyeli 50 metre yüksekte 48.000 MW olarak tespit edilmiştir (TMMOB, 2010:68). Bu kapasitenin 38.000 MW'lık kısmı anakarada 10.000 MW'lık kısmı ise deniz üstü alanlarda tespit edilmiştir (Çalışkan, 2015: 10).

Örneğin yerden 10 metre yükseklikte ölçülen rüzgâr hızı 5,6 m/s ve rüzgâr yoğunluğu ise 200 (Watt/metrekaare)’dir. Aynı konumda 50 metre yükseklikte rüzgâr hızı 7 m/sn rüzgârın yoğunluğu ise 400 (Watt/metrekaare)’dir. 50 metre yükseklikte rüzgârdan gücünden üretilcek enerji miktarı, 10 metre yükseklikte rüzgâr gücünden üretilcek enerji miktarının 2 katından daha fazladır (Akova, 2008: 87).

Şekil 5. Türkiye Rüzgâr Hız Haritası



Bu haritalar 200m çözünürlükte rüzgar verileri ile oluşturulmuştur.

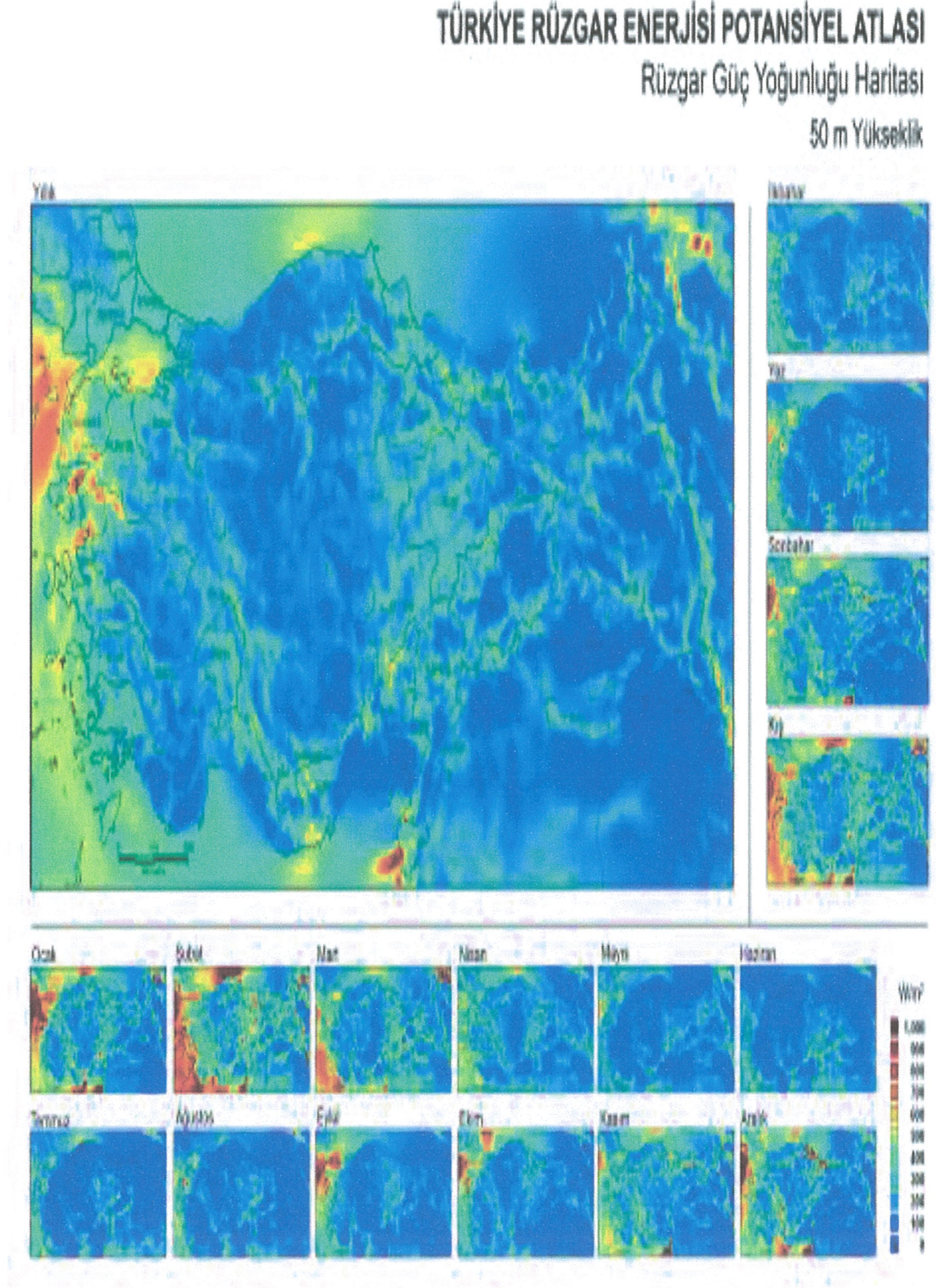
Kaynak: http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html (Erişim tarihi: 12.12.2018).

Türkiye'nin rüzgâr hızı haritası yukarıdaki Şekilde gösterilmiştir. Türkiye'nin en çok rüzgâr alan bölgeleri kıyı bölgeleri ve yüksek alanlardır. Açık alan yakınındaki en şiddetli rüzgâr hızı Marmara Denizi çevresi ve Antakya bölgesinde küçük bir alanda

meydana gelmektedir. Mevsimlik ortalama değerlerde ise kıyı şeritleri ve Marmara Denizi çevresi aralık, ocak, şubat ve mart aylarında rüzgâr hızının en şiddetli seviyelere ulaştığı zamanlardır. Gene aynı dönemlerde ülkenin doğu bölgesinde dağlık kesimlerde rüzgâr hızları zirvelere(yükseklere) doğru artmaktadır. Türkiye’de rüzgâr hızının en düşük olduğu zaman haziran ayıdır. Rüzgâr hızı temmuz ve ağustos aylarında ülkenin batı kısmında ve yükseltinin fazla olduğu iç kısımlarda sıcak renklerle gösterilen yüksek hızlı rüzgârlar bulunmaktadır. Sonbahar mevsimiyle birlikte eylül ayından itibaren rüzgâr hızları artmaya başlamaktadır. Marmara Denizi çevresi, ülkenin iç kesimlerinde yükseltinin fazla olduğu bölgelerde rüzgâr hızlarında artışlar yaşanmaktadır. Şiddetli rüzgâr hızları aralık ayı itibariyle esmeye başlamakta en şiddetli rüzgâr hızları ocak ve şubat aylarında meydana gelmektedir. Mart ayındaki rüzgâr hızları, ocak ve şubat ayına göre nispeten düşüş göstermekte ama şiddetli sayılabilecek rüzgâr hızlarına sahiptir. Nisan ve mayıs aylarında rüzgâr hızlarında düşüş yaşanarak, haziran ayında ise en düşük seviyeye ulaşmaktadır.

Türkiye sahip olduğu rüzgâr hızı ve rüzgâr yoğunluğuyla avantajlı bir ülke konumundadır. Aşağıda Şekil 6’daki rüzgâr güç yoğunluğu haritasına bakılacak olursa, metrekaireye ortalama 150 W rüzgâr enerjisinin düştüğü görülmektedir. Bu dağılım bütün bir ülkenin ortalama dağılımıdır. Yükselti arttıkça ya da tepelik noktalara doğru çıkıldıkça metrekaireye 300 W, 400 W ve 500 W rüzgâr enerjisinin düştüğü yerler görülmektedir. Bazı alanlarda ise metrekaireye düşen potansiyel enerjinin çok arttığını ekstrem seviyelere çıktığı görülmektedir. O noktalar ise, Marmara Bölgesinin güneybatısı, Çanakkale Boğazı ve Gökçeada arasında kalan alanı, Kuzey Ege Bölgesi, Balıkesir ve çevresi, Marmara Denizinin güneyi, güney bölgesinde Hatay ilinin güney kısmında kalan alanlardır. Sayılan yerlerde metrekaireye 500 W ve 1000 W arası rüzgâr enerjisinin düştüğü görülmektedir. Bu gösterimde haritanın ölçeği de göz önüne alınmalıdır. Bütün bir Türkiye haritasının rüzgâr enerji potansiyelini gösterebilmek için yararlanılan kaynağın harita ölçeği büyüktür. Harita ölçeği büyüdükçe ayrıntı gösterimi azalmaktadır.

Şekil 6. Türkiye Rüzgâr Güç Yoğunluk Haritası



Kaynak: http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html. (Erişim tarihi: 16.12.2018).

Şekil 6'daki rüzgâr güç yoğunluğu haritasına ayrıntılı bakacak olursak, en düşük rüzgâr güç yoğunluğu haziran ayında gerçekleşmektedir. Temmuz ve ağustos aylarında rüzgâr güç yoğunluğunun, Marmara Denizi çevresinde ve iç kesimlerde arttığı görülebilmektedir. Eylül ve ekim aylarında Marmara Denizi çevresinde, Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında, boğazların çevresinde, Karadeniz'in batı kısımlarında, Kuzey Ege taraflarında rüzgâr güç yoğunluğunun arttığı görülmektedir. Kasım ayında ise ülkenin bütün kıyı kesimlerinde rüzgâr güç yoğunluğunun arttığını metrekaresine 500W ve üzeri rüzgâr enerji potansiyelinin düştüğünü görebilmekteyiz. Aralık ayı itibariyle rüzgâr güç yoğunluklarında ciddi artışların yaşandığı, ocak ayında da devam ettiğini görebilmekteyiz. Şubat ayı, rüzgâr güç yoğunluğunun ülke genelinde zirve yaptığı zamandır. Mart ayı itibariyle bu oran biraz düşüş gösterebilir yoğunluğun devam ettiğini görebilmekteyiz. Bahar mevsiminin gelmesiyle, nisan ve mayıs aylarında rüzgâr güç yoğunluğunun giderek düştüğünü söyleyebiliriz.

Rüzgâr gücünden enerji üretmek için kurulan ilk santral 1998 yılında İzmir'de gerçekleşmiştir. Türkiye yatırımlarını geçtiğimiz yıllar içerisinde arttırarak; rüzgâr enerji santrallerinde ciddi bir sıçrayış ortaya koymuştur.

Enerji atlasından elde edilen bilgiye göre, Türkiye'nin 2016 yılı verilerine göre kurulu gücü 172 santral ile 5.700 MW'tır. Bu kurulu gücü ile üretmiş olduğu elektrik 15.369.548.000 kilovatsaattir.

Günümüz itibariyle Türkiye'nin kurulu güç kapasitesi ise 7.010 MW'tır. Devrede olan 192 rüzgâr santralin bir kısmı inşaat aşamasındadır. Tamamlanan santrallerle, rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücü 7.509 MW kapasiteye ulaşacaktır.

Kurulum aşamasında ilerleme kaydedilen bir diğer 77 santralin 1.020 MW'lık kapasitesi de eklenince Türkiye'nin rüzgâr kurulu güç kapasitesi 8.528 MW olacaktır. Bugün ise mevcut kurulu gücü 7.010 MW ile tükettiği enerjinin yaklaşık %6,80'ini rüzgâr enerji santrallerinden karşılamaktadır.

Dünyada 100'den fazla ülkede rüzgâr enerji santralleri bulunmaktadır. Dünyada rüzgâr enerjisiyle elektrik üreten ilk 15 ülkeye bakacak olursak aşağıdaki Tablo 2'de kurulu güçleriyle birlikte ülkeler gösterilmektedir. Günümüz verileriyle dünya sıralamasında ilk sırayı Çin almaktadır. Sırasıyla ABD, Almanya, Hindistan İspanya,

Birleşik Krallık, Fransa, Brezilya, Kanada, İtalya, Türkiye, İsveç, Polonya, Danimarka, Portekiz gelmektedir. Dünyada, rüzgâr enerji santrali kurulu güçleri sıralamasında Türkiye 7.010 MW kurulu gücü ile 11. Sırada yer almaktadır. Avrupa ülkeleri arasında da Türkiye 7. sıradadır.

Tablo 2. Dünyada Rüzgâr Enerjisiyle Elektrik Üreten İlk 15 Ülke

Sıra	Ülke	Güncelleme	Kurulu Güç(MW)
1	Çin	Aralık 2017	187.730
2	Amerika Birleşik Devletleri	Aralık 2017	88.927
3	Almanya	Kasım 2018	59.240
4	Hindistan	Aralık 2017	32.879
5	İspanya	Aralık 2017	23.026
6	Birleşik Krallık	Aralık 2017	17.852
7	Fransa	Aralık 2017	13.760
8	Brezilya	Aralık 2017	12.763
9	Kanada	Aralık 2017	12.239
10	İtalya	Aralık 2017	9.700
11	Türkiye	Ocak 2019	7.010
12	İsveç	Aralık 2017	6.721
13	Polonya	Aralık 2017	6.534
14	Danimarka	Aralık 2017	5.320
15	Portekiz	Aralık 2017	5.316

Kaynak: <http://www.enerjiatlası.com/ulkelere-gore-ruzgar-enerjisi.html> (Erişim tarihi: 11.11.2018)

Türkiye’de üretim yapan rüzgâr enerji santrallerinin 60 MW ve üzeri kurulu güçleriyle üretim yapan tesisler aşağıdaki Tabloda gösterilmiştir.

Tablo 3. Türkiye’de 60 MW Üzeri Kurulu Güce Sahip Başlıca Rüzgâr Enerji Santralleri

1	Soma RES	Manisa	240 MW (288.1 MW)
2	Dinar RES	Afyonkarahisar	200 MW
3	Geycek RES	Kırşehir	168 MW
4	Balıkesir RES	Balıkesir	143 MW
5	Osmaniye Gökçedağ RES	Osmaniye	135 MW
6	Kangal RES	Sivas	128 MW
7	Bergama RES	İzmir	120 MW
8	Bilgin Enerji Soma RES	Manisa	120 MW
9	Karaburun RES	İzmir	120 MW (223 MW)
10	Şamlı RES	Balıkesir	114 MW (126.5 MW)
11	Çatalca RES	İstanbul	93 MW (100 MW)
12	Şah RES	Balıkesir	93 MW (105 MW)
13	Bandırma Kurşunlu RES	Balıkesir	87 MW
14	Kilik RES	Tokat	85 MW
15	Kayseri Yahyalı RES	Kayseri	83 MW
16	Edincik RES	Balıkesir	77 MW
17	Ziyaret (Türbe) RES	Hatay	76 MW (90.25 MW)
18	Kayadüzü RES	Amasya	75 MW
19	Susurluk RES	Balıkesir	73 MW
20	Aksu RES	Kayseri	72 MW (80 MW)
21	Muğla Fatma RES	Muğla	70 MW (80 MW)
22	Bergres RES	İzmir	70 MW
23	Poyraz RES	Balıkesir	67 MW
24	Çamseki RES	Çanakkale	63 MW (66.8 MW)
25	Kartaldağı RES	Gaziantep	63 MW
26	Bağlar RES	Konya	63 MW (100 MW)
27	Balabanlı RES	Tekirdağ	61 MW
28	İÇDAŞ Biga RES	Çanakkale	60 MW
29	Sebenoba RES	Hatay	60 MW
30	Süloğlu RES	Edirne	60 MW
31	Uluborlu RES	Isparta	60 MW
32	Yuntdağ RES	İzmir	60 MW

Kaynak: <https://www.enerjiatlasi.com/ruzgar/> (Erişim tarihi: 11.11.2018)

Türkiye'nin en büyük rüzgâr enerji santrali 240 MW kurulu gücüyle Soma rüzgâr enerji santralidir. Parantez içinde belirtilen, ilave kurulu güç artışı tamamlanınca santralin kurulu gücünü göstermektedir. Enerji bakanlığın sitesinde ifade edilen bilgiye göre santralin kurulu güç kapasitesi ilerleyen zamanda 611 MW'a çıkarılacağı kabul edilmiştir. Santralin 2017 yılı üretimi 660.086.740 KW elektrik enerjisidir. Türkiye'nin ikinci büyük rüzgâr enerji santrali ise, Afyonkarahisar'da bulunan Dinar rüzgâr enerji santralidir. Santralin kurulu gücü 200 MW'tır. 2017 yılında üretimi 453.356.000 KW elektrik enerjisidir. Üçüncü büyük rüzgâr enerji santrali ise 168 MW kurulu gücüyle Kırşehir'de bulunan Geycek rüzgâr enerji santralidir. Santralin 2017 yılı üretimi 340.424.160 KW elektrik enerjisidir. Dördüncü büyük rüzgâr enerji santrali ise 143 MW kurulu gücüyle Osmaniye de bulunan Balıkesir rüzgâr enerji santralidir. 2016 yılı üretimi 483.783.258 KW elektrik enerjisidir. Beşinci büyük rüzgâr enerji santrali ise 128 MW kurulu gücüyle Osmaniye'de bulunan Osmaniye Gökçedağ rüzgâr enerji santralidir. 2016 yılı üretimi 395.130.152 KW elektrik enerjisidir. Altıncı büyük rüzgâr enerji santrali Sivas'ta bulunan Kangal rüzgâr enerji santralidir. 128 MW kurulu gücüyle 2016 yılında 200.623.391 KW elektrik enerjisi üretimini gerçekleştirmiştir.

İzmir'de bulunan Bergama rüzgâr enerji santrali ise 120 MW kurulu gücüyle 2016 yılında 344.716.730 KW elektrik enerjisi, Manisa'da bulunan Bilgin enerji Soma rüzgâr enerji santrali ise 120 MW kurulu gücüyle 2016 yılında 340.532.930 KW elektrik enerjisi üretimini gerçekleştirmiştir. İzmir'de bulunan Karaburun rüzgâr enerji santrali ise 120 MW kurulu gücüyle 2016 yılında 384.763.440 KW elektrik üretimi, gerçekleştirmiştir. Parantez içindeki değer, santralin ilave yatırımları tamamlandığında ulaşacak toplam kurulu gücünü ifade etmektedir bu bilgi diğer santraller içinde geçerlidir. Balıkesir'de bulunan Şamlı rüzgâr enerji santrali ise 114 MW kurulu gücüyle 2016 yılında 313.494.700 KW elektrik enerjisi, İstanbul'da bulunan Çatalca rüzgâr enerji santrali 114 MW kurulu gücüyle 2015 yılı 168.898.626 KW elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirmiştir.

Kurulu güçleri gösteren santrallerin kurulumları ve üretime başlamaları peyderpey olmaktadır. Örneğin Çatalca rüzgâr enerji santrali birden 93 MW kurulu gücü kuramayacağı için, projenin inşaat süresinde ilk önce 12 MW, daha sonra 39 MW, daha sonra 9 MW, sonra 16,5 MW, en son 16,5 MW daha kurulu güçlerin devreye

alınmasıyla toplam 93 MW kurulu güce ulaşmaktadır. Tesisin üretim kapasitesi 325.5 GW elektrik enerjisidir. 2015 yılı fiili üretimi ise yaklaşık 168 GW elektrik enerjisi üretimi gerçekleşmiştir. Üretim kapasitesinin altında kalmasının ana sebebi, toplam kurulu gücüne daha ulaşamamış olmasıdır. Günümüzde kuvvetle muhtemel üretim kapasitene yaklaşık bir değerle üretim yaptığı söylenebilir.

Tablo 4. Türkiye’de Rüzgâr Enerji Santralleri

Kayıtlı Santral Sayısı	192
RES Kurulu Güç	7.010 MW
Kurulu Güce Oranı	%7,91
Yıllık Elektrik Üretimi	~17.715 GWh
Üretimin Tüketime Oranı	%6,81

Kaynak: www.enerjiatlası.com/ruzgar/ (Erişim tarihi: 11.11.2018)

Türkiye’de rüzgâr enerjisi santrallerine genel olarak bakacak olursak, 2016 yılında 15.369.548.000 KW elektrik üretimi gerçekleşmiştir. Günümüzde 192 rüzgâr enerji santrali bulunmaktadır, bu santrallerin 7.010 MW kurulu güçleri ile yaklaşık 17.715 GW elektrik enerjisi üretimi gerçekleşmektedir. Yani yaklaşık 17.715.000.000 kilovat elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilebilmektedir.

Rüzgâr enerjisinin, enerji santralleri içerisinde kurulu güce olan oranı %7.91’dir. Rüzgâr enerjisiyle üretilen elektrik enerjisinin tüketimi karşılama oranı ise %6.81’dir. Türkiye tükettiği enerjinin %6.81’ini rüzgâr enerjisiyle üretmektedir.

2.2. Dünya’da Güneş Enerji Potansiyeli ve Genel Durumu

Dünya’nın ana enerji kaynağı güneştir. Dünyamız, güneşin uzaya yaydığı enerjinin belli bir kısmından faydalanabilmektedir. Dünyamız her yıl güneşten 100 trilyon MWh değerinde enerji almaktadır. Bu enerji çok büyük bir enerji anlamına gelmektedir. Eğer bu enerjiyi taşkömüründen elde etmiş olsaydık 122 trilyon ton taş kömürü anlamına gelirdi (Akova, 2008: 36). Başka bir ifade ile güneşten dünyaya bir günde gelen enerji miktarı, dünyanın tüketiminin günlük 15-16 katıdır (Polat, 2012: 24).

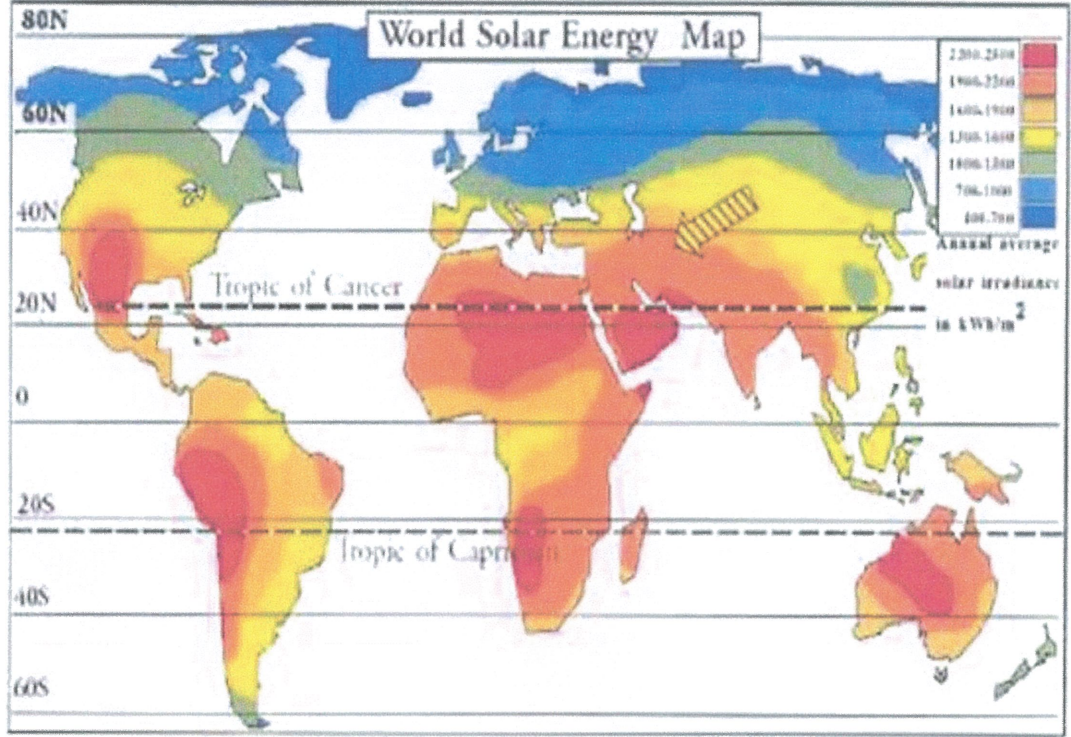
Ancak bu hesaplamalar teoriktir ve dünyamıza gelen gerçek güneş enerji miktarından uzaktır. Yeryüzünün her yeri aynı oranda güneş almadığından bazı farklılıklar söz konusudur. Güneş ışınlarının en uzun süre ve dike yakın açıyla alan bölgeleri, Oğlak ve Yengeç dönenceleri arasında kalan alandır. Dünyanın şeklini göz önüne aldığımızda ekvatorun kutuplara doğru gittikçe güneş ışınlarının açısı küçülmekte ve ısıtma gücü azalmakta ve %25 oranında kayba uğramaktadır.

Dünyaya gelen güneş ışınları, yere, zamana ve iklime göre değişiklik göstermektedir. Bu değişimlere bağlı olarak dünyaya ortalama 170 W/metrekare enerji düşmektedir. Dünyaya 1 yılda metrekareye düşen güneş enerji miktarı, 200 kg kömüre, 143 metreküp doğalgaza eşdeğerdir. Dünyanın şeklinden ötürü birim alana düşen güneş enerji miktarı alanlar arasında farklılık göstermektedir. Kızıldeniz’de 300 W/metrekare, Avustralya’da 200 W/metrekare, ABD’de 185 W/metrekare, İngiltere’de 105 W/metrekaredir (Akova, 2008: 37).

Yeryüzüne düşen güneş enerji miktarını hesaplamak için yapılan belli başlı çalışmalar vardır. Bu çalışmaların güvenilirliği tartışmalıdır. Bu tartışmaların yanı sıra, güneş enerjisinden faydalanmanın en uygun olduğu bölgeler ekvatorun 40 derece kuzey ve 40 derece güney enlemleri arasındadır ki, bu bölgeye de güneş etki kuşağı adı verilmektedir (Akova, 2008: 38).

Aşağıdaki Şekil 7’de görüleceği üzere güneş enerji santrallerinin verimli ve ekonomik üretim gerçekleştireceği alanlar gösterilmektedir. Bu alanlardaki kuruluş yerleri ise metrekareye 2,5-3 KWh güneş enerjisinin düştüğü kurak veya yarı kurak bölgeler olarak belirlenmektedir. Bu alanlar ABD’nin güneybatısı, Meksika, Güney Amerika’nın batı kıyılarında Arjantin, Şili Brezilya’nın bazı bölgeleri, Avrupa’nın doğusu ve Türkiye’den başlayıp Orta Asya üzerinden Çin’e kadar uzanan geniş bir bölge, Afrika’nın kuzey ve güney kısımları ve Avustralya en uygun bölgeler olarak ortaya çıkmaktadır.

Şekil 7. Dünya Güneş Enerji Haritası



Kaynak:<https://www.cografyaegitimi.biz/konu/dunya-gunes-enerjisi-potansiyeli-haritasi.265/> (Erişim tarihi 12.09.2018).

Aşağıdaki Tablo 5’te gösterilmekte olan veriler yapılan bir araştırmanın sonucudur. Dünya da belirlenen ülkelerin ortalama güneşlenme süreleri ve ışıınım miktarları gösterilmiştir. Çalışmaya burada yer verilmesinin önemi, ekvatora yakın olan bölgelerin, Mali, Hindistan, Kamerun gibi ülkelerin güneşlenme süreleri ve ışıınım miktarları diğer ülkelere göre artış göstermekte olduğudur.

Kamerun’un güneşlenme süresi günlük ortalama 4,5-8 saat aralığında, güneş ışıınım değeri ise günlük metrekareye 3,8-5,5 KWh aralığındadır. Mısır’ın güneşlenme süresi günlük 9,6 saat ışıınım miktarı 6 KWh’tir. Almanya’nın güneşlenme süresi yıllık 3,8-5,5 saat aralığında ve ışıınım değeri 2,5-3,2 KWh aralığındadır. Hindistan’ın güneşlenme süresi yıllık 8-10 saat aralığında ve ışıınım miktarı ise 5,8 KWh’tir. Kenya’nın güneşlenme süresi yıllık 6-7 saat aralığında, ışıınım miktarı ise 5,3-5,6 KWh’tir. Mali’nin güneşlenme süresi yıllık 8,4 saat ile ışıınım miktarı 4,3 KWh’tir. Nijerya’nın güneşlenme süresi günlük 5-7 saat aralığında, ışıınım değerleri ise 3,8-7,2

KWh aralığındadır. İngiltere ve ABD'nin sadece ışıınım değeri yer almaktadır. İngiltere'nin metrekaareye 2,4 KWh güneş enerji potansiyeli bulunurken ABD'de bu potansiyel metrekaareye 4,4 KWh'e denk gelmektedir. Türkiye ise günlük güneşlenme süresi 7,5 saat, güneş ışıınım değeri ise 4,18 KWh'e denk geldiği görülmektedir.

Tablo 5. Bazı Ülkelerin Güneşlenme ve Işıınım Miktarları

Ülke	Güneş Işıınım Miktarı (KWh/metrekaare/gün)	Güneşlenme Süresi (Saat Olarak)
Kamerun	3,8-5,5	4,5-8
Mısır	6	9,6
Almanya	2,5-3,2	3,8-5,5
Hindistan	5,8	8-10
Kenya	5,3-5,6	6-7
Mali	4,3	8,4
Nijerya	3,8-7,2	5-7
İngiltere	2,4	-
ABD	4,4	-
Türkiye	3,6	7,2

Kaynak: Akova, İ.(2008). Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Ankara: Nobel Basımevi. sıra43.

Avrupa Kıtası'nın günde metrekaareye düşen güneş enerji potansiyelinin Karayipler'le kıyaslanacak kadar yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Aylık bazda baktığımızda Karayipler'de ciddi bir dalgalanma görülmezken, Avrupa Kıtasının bölgeleri arasında ciddi bir dalgalanma yaşanmaktadır.

Tablo 6. Avrupa Kıtası Bölgelerinin ve Karayiplerin Güneş Işınım Şiddeti

Dünyanın Bazı bölgelerindeki Güneş Işınım Şiddeti (güneye 30 derecelik dikey açıyla)				
	Güney Avrupa	Orta Avrupa	Kuzey Avrupa	Karayipler
Ocak	2,6	1,7	0,8	5,1
Şubat	3,9	3,2	1,5	5,6
Mart	4,6	3,6	2,6	6,0
Nisan	5,9	4,7	3,4	6,2
Mayıs	6,3	5,3	4,2	6,1
Haziran	6,9	5,9	5,0	5,9
Temmuz	7,5	6,0	4,4	6,0
Ağustos	6,6	5,3	4,0	6,1
Eylül	5,5	4,4	3,3	5,7
Ekim	4,5	3,3	2,1	5,3
Kasım	3,0	2,1	1,2	5,1
Aralık	2,7	1,7	0,8	4,8
Toplam	5,0	3,9	2,8	5,7

Kaynak: www.auraset.com/trfactsırahtm (Erişim Tarihi 11.09.2018)

Dünyanın diğer bölgelerinde Orta Asya ve Kanada'da yıllık ortalama 1000 KWh/m², Akdeniz civarındaki bölgelerde 1700 KWh/m² ve Afrika'nın ekvatora yakın bölgeleriyle, Doğu Asya ve Avustralya çöllerinde 2200 KWh/m² 'a kadar çıkmaktadır.

Güneşlenme süreleri ise ortalama olarak ılıman bölgelerde 6-7 saat, tropikal bölgelerde 7-8 saat hatta 10 saati de bulmaktadır (Akova, 2008:41). Ekvatorda ise güneşlenme süresi 12 saat olarak gerçekleşmektedir.

Bu da ekvatora yakınlık, coğrafi konum, mevsimsellik gibi faktörlerin güneşten yararlanmada önemli rol oynadığı anlamına gelmektedir.

Dünyada güneş enerjisini hemen hemen bütün ülkeler belli oranlarda kullanmaktadır. Ülkeler kullanım potansiyellerini arttırarak güneş enerjisinden elektrik üretimini arttırmaktadırlar. Bunun en iyi örneği Çin'dir. Çin, güneş enerjisinde lider konumda olan ABD ve Almanya'yı kısa sürede hızlı ve büyük yatırımlarıyla geçerek lider konuma ulaşmıştır. Dünyada kurulu güçleriyle güneş enerjisinden elektrik üreten ülkelere bakacak olursak, aşağıdaki Tabloda gösterilmektedir.

Tablo 7. Bazı Ülkelerin Güneş Enerji Santralleri Kurulu Güçleri

Ülkelerin GES Kurulu Güçleri			
Sıra	Ülke	Güncelleme	Kurulu Güç (MW)
1	Çin	Aralık 2017	131.000
2	ABD	Aralık 2017	51.000
3	Japonya	Aralık 2017	49.000
4	Almanya	Kasım 2018	45.550
5	İtalya	Aralık 2017	19.700
6	Hindistan	Aralık 2017	18.300
7	Birleşik Krallık	Aralık 2017	12.700
8	Fransa	Aralık 2017	8.000
9	Avusturalya	Aralık 2017	7.200
10	İspanya	Temmuz 2017	6.730
11	Güney Kore	Aralık 2017	5.600
12	Türkiye	Aralık 2018	5.095
13	Belçika	Aralık 2017	3.800
14	Hollanda	Aralık 2017	2.900
15	Kanada	Kasım 2017	2.900
16	Tayland	Aralık 2017	2.700
17	Yunanistan	Aralık 2016	2.610
18	Çekya	Aralık 2017	2.193
19	Şili	Ağustos 2017	2.053
20	Güney Afrika	Eylül 2017	1.779

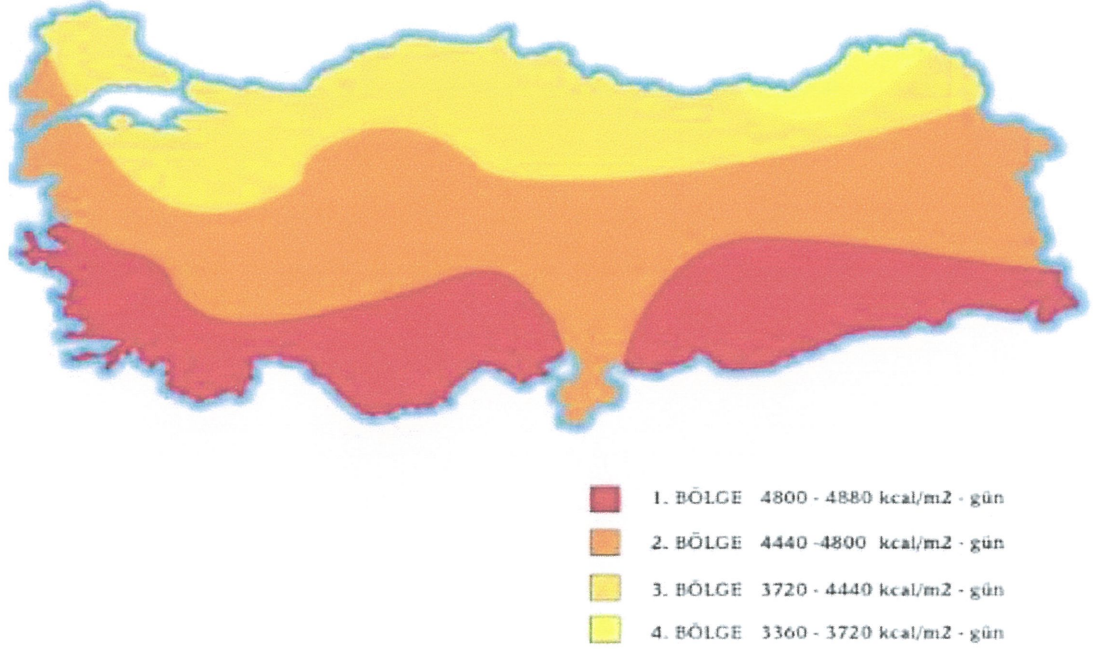
Kaynak: www.enerjiatlasi.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html (Erişim tarihi: 09.01.2019)

Güneş enerji santrallerinde lider konumda olan Çin'in kurulu gücü 131.000 MW'tır. Bu da güneş enerji santrallerinde dünya liderliğinde açık ara önde olduğunu göstermektedir. Listenin ikinci sırasında 51.000 MW kurulu gücüyle ABD gelmektedir. ABD'ye yakın sayılabilen 49.000 MW kurulu gücüyle Japonya dünya sıralamasında üçüncü sıradadır. Almanya 45.550 MW kurulu gücüyle dünya sıralamasında dördüncü sırada, 19.700 MW kurulu gücüyle İtalya beşinci sırada, 18.300 MW kurulu gücüyle Hindistan altıncı sırada, 12.700 MW kurulu gücüyle Birleşik Krallık yedinci sırada, 8.000 MW kurulu gücüyle Fransa sekizinci sırada, 7.200 MW kurulu gücüyle Avustralya dokuzuncu sırada, 6.730 MW kurulu gücüyle İspanya onuncu sırada, 5.600 MW kurulu gücüyle Güney Kore on birinci sırada, 5.095 MW kurulu gücüyle Türkiye on ikinci sırada, 3.800 MW kurulu gücüyle Belçika on üçüncü sırada, 2.900 MW kurulu gücüyle Hollanda on dördüncü sırada yer almaktadır. Listenin sonunda 1.779 MW kurulu gücüyle Güney Afrika gelmektedir.

2.2.1. Türkiye'de Güneş Enerji Potansiyeli ve Genel Durumu

Türkiye coğrafi konumu açısından güneş enerji potansiyeli yüksek ve avantajlı bir ülke konumundadır. 36-42 derece kuzey enlemleri, 26-45 doğu boylamlarıyla güneş etki kuşağının içerisinde yer almaktadır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin yapmış olduğu çalışmalarla Türkiye'nin yıllık ortalama güneşlenme süresi 2740 saattir. Günlük ortalama güneşlenme süresi 7,5 saattir. Ortalama yıllık güneş ışınım şiddeti ise 1.525 KWh/metre-kare'dir. Günlük ortalama ışınım şiddeti ise 4,18 KWh/metre-kare olduğu tespit edilmiştir (Polat, 2012:25). Kaynaklarda güneşlenme süresi ve ışınım miktarları üzerinde bir tartışma söz konusudur. Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin yapmış olduğu çalışma haricinde Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün bu konu üzerinde de çalışmaları bulunmaktadır. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün verileri aşağıda paylaşılabilecektir.

Şekil 8. Türkiye Güneşlenme Haritası



Kaynak: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> (Erişim tarihi: 20.12.2018)

Şekil 8'deki Türkiye'nin güneşlenme haritasına baktığımızda 4. Bölge olarak haritada belirtilen Doğu Karadeniz Bölgesi dışında güneş ülkesi sayılmaktadır. Marmara Bölgesi'nin büyük bir kısmı, Batı Karadeniz Bölümü, Orta Karadeniz Bölümü ve İç Anadolu ile Doğu Anadolu'nun bölümlerinin üst kısımları 3. Bölge olarak tasnif edilebilmektedir. Ege Bölgesinin kuzeyi, İç Batı Anadolu, İç Anadolu'nun büyük bir kısmı, Doğu Anadolu Bölgesi'nin büyük bir bölümü ile güneyde Hayat ili ve üst kısmı 2. bölge olarak tasnif edilebilmektedir. 1. Bölge ise Hatay ili ve üst kısmı hariç ülkenin güneyi olarak belirtilebilmektedir.

Şekil 8'deki harita günde metrekareye düşen enerji miktarına göre çizilmiştir. Elde edilen kaynakta kcal enerji birimine göre hesaplanma yapılmıştır. Kcal enerji birimini KW cinsine dönüştürdüğümüzde;

1. Bölgede 5,5-5,6 KW/metre-kare/gün

2. Bölgede 5,1-5,5 KW/metre-kare/gün

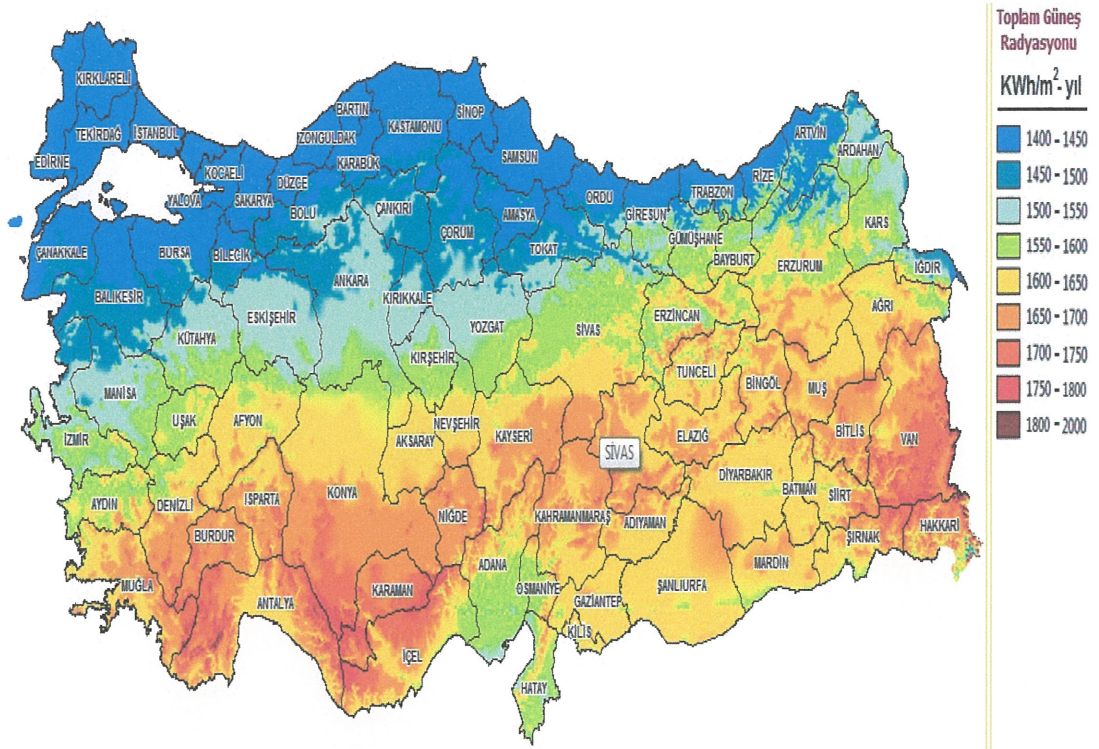
3. Bölgede 4,3-5,1 KW/metre-kare/gün

4. Bölgede 4,3-3,9 KW/metre-kare/gün

Günlük metre-kareye düşen enerjiyi kilovat cinsinden ifade etmiş olmaktadır. Güneş enerjisinde de yapılan çalışmalar birbirine yakın ama farklı sonuçlar doğurmaktadır. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışma ise Türkiye'nin günlük metre-kareye düşen ortalama güneş ışınım miktarını 3,6 KW olarak belirtmektedir.

Ancak harita çizimlerinde enerji verimliliği yüksek mikro alanların, haritanın çizim ölçeğinde görünmemektedir. 2. Bölgenin veya 3. Bölgenin içerisinde 1. Bölge verimliliğinde küçük ve dar alanların olduğu söylenebilmektedir.

Şekil 9. Türkiye Yıllık Güneş Enerji Potansiyel Haritası



Kaynak: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> (Erişim tarihi: 20.12.2018)

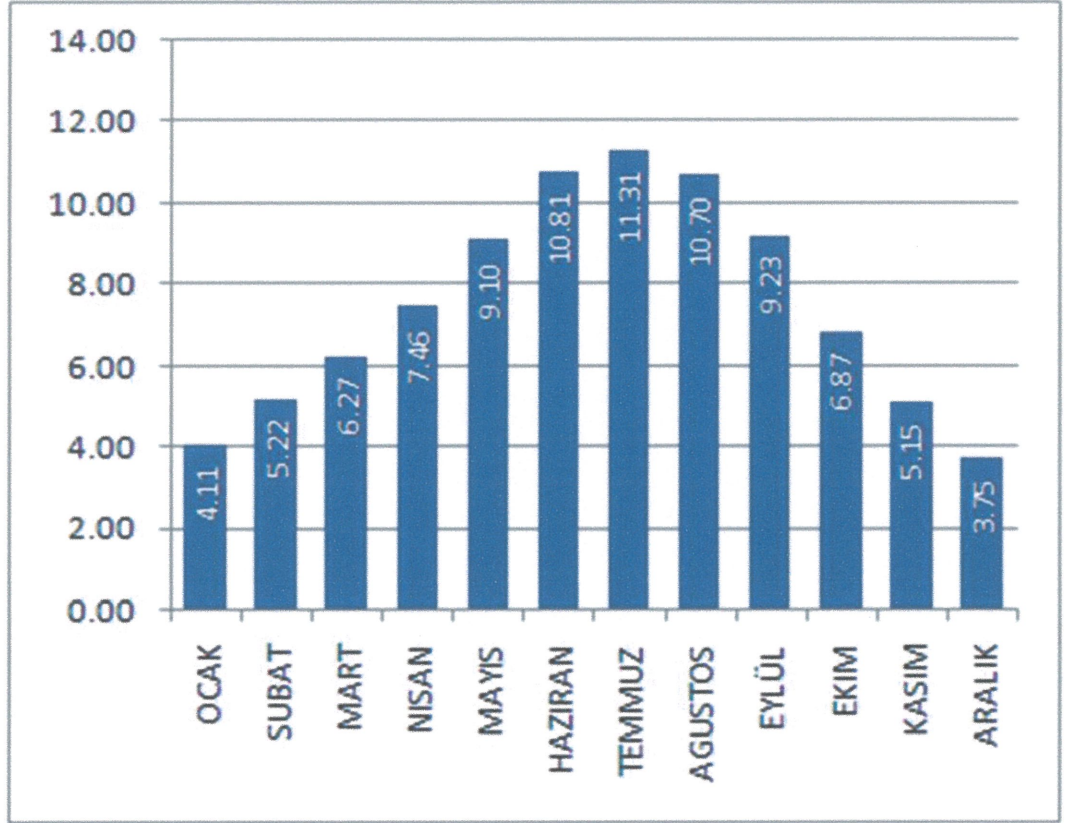
Yukarıdaki Şekil 9'da ise Türkiye'nin yıllık enerji potansiyeli haritasına baktığımızda güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğunu görmekteyiz. Soğuk renkli bölgeler yıllık metre-kareye düşen enerji potansiyelinin 1400-1450 KW olduğunu, güney

bölgelere ve arazinin deniz seviyesinden yüksek doğu bölgelerinde yıllık metrekareye düşen enerji miktarı 1800-2000 KW olduğu görülmektedir.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından yapılan araştırmalarda Türkiye'nin yıllık metrekareye düşen ortalama enerji miktarı 1311 KW'tır.

Türkiye'nin güneşlenme süreleri ve güneş ışıınım miktarlarına bakacak olursak, aşağıdaki grafiklerde aylık olarak, güneşlenme süreleri ve ışıınım miktarları gösterilmektedir.

Grafik 3. Türkiye Güneşlenme Süresi (Ay/Saat)

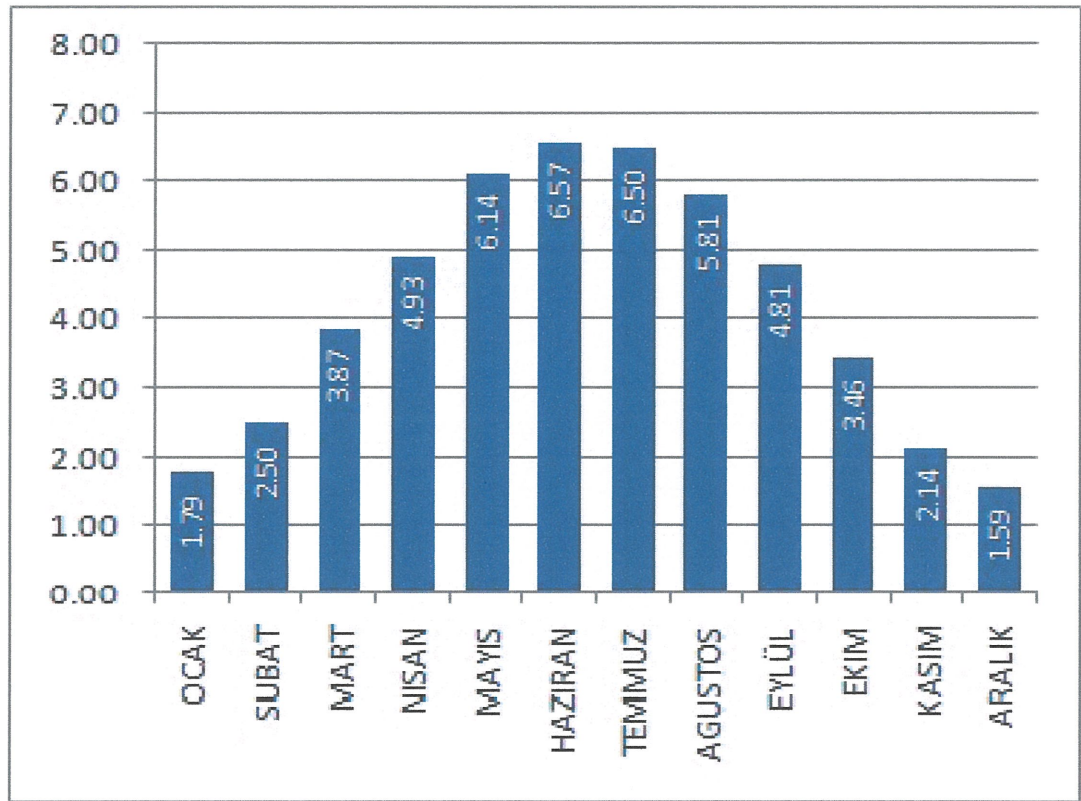


Kaynak: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> (Erişim tarihi: 20.12.2018)

Türkiye'nin en düşük güneşlenme süresi günlük ortalama 3,75 saat ile aralık ayında gerçekleşmektedir. Takip eden aylarda ortalama 4,11 saat ile ocak ayında, 5,22 saat ile şubat ayında, 6,27 saat ile mart ayında, 7,46 saat ile nisan ayında, 9,10 saat ile

mayıs ayında, 10,81 saat ile haziran ayında, 11,31 saat ile temmuz ayında, güneş ışığı almaktadır. Aralık ayı takibi ile temmuz ayına kadar güneşlenme süresinde artış gözlemlenmektedir. Temmuz ayı itibariyle güneşlenme süresi azalmaya başlamaktadır. Ağustos ayı güneşlenme süresi, bir önceki aya göre düşüş gösterse de ortalama günlük 10,70 saat güneşli gün süresine sahiptir. Eylül ayında güneşlenme süresi biraz daha düşerek ortalama 9,23 saate, ekim ayında günlük ortalama 6,87 saate, kasım ayında günlük ortalama 5,15 saate gerilemektedir.

Grafik 4. Türkiye (Işınım)Enerji Miktarı (KWh/m2-gün)



Kaynak: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> (Erişim tarihi: 20.12.2018)

Türkiye'nin günlük metrekareye düşen güneş ışınım miktarına ortalama aylık olarak bakacak olursak grafik 4'te gösterildiği üzere, günlük metrekareye düşen güneş ışınım değerleri ocak ayında 1,79 KW, şubat ayında 2,50 KW, mart ayında 3,87 KW,

nisan ayında 4,93 KW, mayıs ayında 6,14 KW, haziran ayında 6,57 KW, temmuz ayında 6,50 KW, ağustos ayında 5,81 KW, eylül ayında 4,81 KW, ekim ayında 3,46 KW, kasım ayında 2,14 KW, aralık ayında 1,59 KW'tır.

Türkiye'nin grafik 3 ve 4'te görüldüğü üzere en uzun güneşlenme süreleri ve en çok güneş ışınlam miktarı yaz aylarında haziran, temmuz, ağustosta gerçekleştiği görülebilmektedir. En az ışınlam ve güneşlenme sürelerinin ise kış mevsiminde aralık, ocak ve şubat aylarında gerçekleştiği söylenebilmektedir. Bu durum ilkbahar mevsiminde artış göstererek yaz mevsiminde zirve noktalara ulaşmakta tekrar sonbahar mevsimi gibi ışınlam ve güneşlenme süreleri azalmaktadır.

Tablo 8. Türkiye'de 10 MW ve Üzeri Güneş Enerji Santralleri

1	Kayseri OSB Güneş Enerjisi Santrali	Kayseri	50 MW
2	Özkoyuncu Madencilik Balıkesir GES	Balıkesir	40 MW
3	Konya Karatay Kızören GES	Konya	18 MW
4	Derinkuyu Güneş Enerjisi Santrali	Nevşehir	17 MW
5	Elazığ Kovancılar Güneş Enerji Santrali	Elazığ	15 MW
6	Makascı Mühendislik GES	Konya	10 MW
7	Renoe Acıpayam GES	Denizli	10 MW
8	Tekno Ray Solar Cihanbeyli Güneş Enerji Santrali	Konya	10 MW
9	Astor Enerji Bozova GES	Şanlıurfa	8,97 MW (10,96)
10	Fer Sa Salihli Dombaylı Güneş Enerjisi Santrali	Manisa	6,99 MW (16,96)

Kaynak: <https://www.enerjiatlası.com/gunes/> (Erişim Tarihi: 12.10.2018)

Türkiye'deki 10 MW ve üzeri güneş enerji santrallerine bakacak olursak, yukarıda Tablo 8'de hâlihazırdaki güneş enerji santralleri ve inşası tamamlanınca

ulaşabilecek (parantez içindeki değerler kurulum tamamlanınca santrallerin kurulu güçlerini göstermekte) 10 MW ve üzeri güneş enerji santrallerini gösterilmektedir. Enerji Atlasından elde edilen bilgiler doğrultusunda, Türkiye'nin en büyük güneş enerji santrali 50 MW kurulu gücüyle Kayseri'de bulunan Kayseri OSB güneş enerji santralidir ve yıllık ortalama 73.000.000 KW elektrik enerjisi üretim kapasitesine sahiptir. İkinci büyük güneş enerji santrali ise Balıkesir'de 40 MW kurulu gücüyle Özkoyuncu Madencilik Balıkesir güneş enerji santralidir, yıllık yaklaşık olarak 60.000.000 KW elektrik enerjisi üretim kapasitesine sahiptir. Listede üçüncü sırada yer alan, Konya Karatay Kızören güneş enerji santrali 18 MW kurulu gücüyle 26.100.000 KW elektrik enerjisi, Nevşehir'de bulunan Derinkuyu güneş enerji santrali 17 MW kurulu gücüyle yaklaşık 24.820.000 KW elektrik enerjisi, Elazığ'da bulunan Elazığ Kovancılar güneş enerji santrali 15 MW kurulu gücüyle yaklaşık 22.000.000 KW elektrik enerjisi, Konya'da bulunan Makascı Mühendislik güneş enerji santrali 10 MW kurulu gücüyle yaklaşık 18.000.000 KW elektrik enerjisi, Denizli'de bulunan Renoe Acıpayam güneş enerji santrali 10 MW kurulu gücüyle, yaklaşık 15.000.000 KW elektrik enerjisi, Konya'da bulunan Tekno Ray Solar Cihanbeyli güneş enerji santrali 10 MW kurulu gücüyle yaklaşık 18.000.000 KW elektrik enerjisi, Şanlıurfa'da bulunan Astor Enerji Bozova güneş enerji santrali mevcut kurulu gücüyle(8,97 MW) yaklaşık 15.000.000 KW elektrik enerjisi, Manisa'da bulunan Fer Sa Salihli Dombaylı güneş enerji santrali 6,99 MW kurulu gücüyle yaklaşık 10.500.000 KW elektrik enerjisi üretim kapasitelerine sahiptirler.

Tablo 9. Türkiye Güneş Enerji Santralleri

Kayıtlı Santral Sayısı	564
GES Kurulu Güç	5.095 MW
Kurulu Güce Oranı	%5,75
Yıllık Elektrik Üretimi	~2.433 GWh
Üretimin Tüketime Oranı	%0,94

Kaynak: <http://www.enerjiatlasi.com/gunes/> (Erişim Tarihi: 03.01.2019)

Türkiye'de toplam 564 kayıtlı güneş enerji santrali bulunmaktadır. Lisanssız olan küçük çaplı panellerle kendi elektriğini üreten şahıs ve firmalar da dâhil edildiğinde, lisans başvurusunda, ön lisans aşamasında, proje evresinde ve kurulum

aşamalarında olan tesisleri de dâhil edildiğinde Enerji Bakanlığı'nın bilgilendirmesiyle 5095 Güneş enerji santrali olduğunu söylenebilir. Güneş enerjisiyle ilgili gelişmeler ve faaliyetler daha yeni olduğu için bu konuda ki bilgilendirmeler ayrıntılı bir şekilde yapılamamaktadır.

Enerji Atlası'nın yapmış olduğu bilgi paylaşımında kesin olan bilgi ise 2016 yılındaki güneş enerji santralleriyle elektrik üretiminin 1.362 MW kurulu güç ile fiili olarak 1.020.000.000 KW elektrik üretimi gerçekleşmiş olduğudur.

Artan güneş enerji santralleriyle kurulu güç 5.095 MW ile yaklaşık 2.433 GW yani yaklaşık 2.433.000.000 KW elektrik üretimi gerçekleştirilebilmesi beklenmektedir. Güneş enerji santrallerinin, üretimlerinin tüketime oranı ise %0,94'dır. Enerji ihtiyacımızın %0,94'ünü güneş enerjisiyle karşılayabilmektedir.

2.3. Dünya'da Jeotermal Enerji ve Genel Durumu

Jeotermal enerji; yerkürenin farklı derinliklerinde mevcut ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli olarak atmosferik sıcaklıktan yüksek olduğu, bileşimlerinde etrafındaki yeraltı ve yer üstü sularından daha fazla oranla erimiş mineral, gaz ve çeşitli tuzlar içeren sıcak su ya da buhar olarak tanımlanabilmektedir (Akova, 2008:119).

Jeotermal enerjinin elektrik üretiminde kullanılması ise kısaca yeryüzüne yağmur ve karlarla ulaşan sular, toprakta emilerek yüzeydeki çatlaklardan yeraltına iner ve magmanın ısıttığı kızgın kayalara ulaşarak ısınır. Isınan su volkanik hareketler ile yüksek sıcaklık ve basınçla yeryüzüne çıkar, yeryüzüne çıkan en az 150 santigrat derece su, buhar tribünleri vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülür.

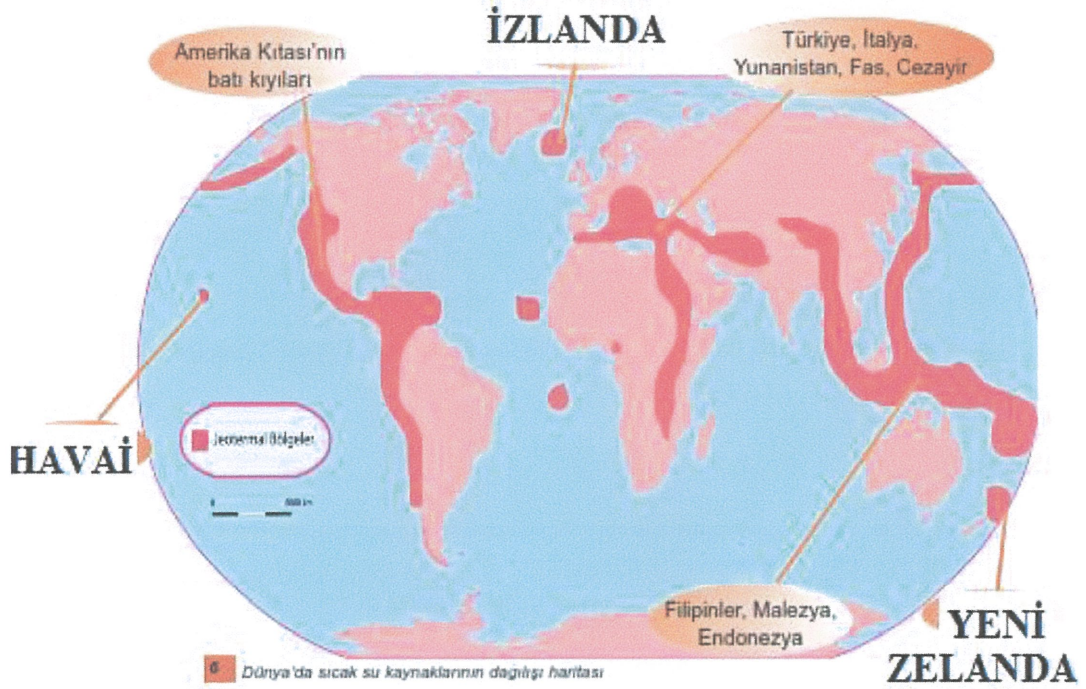
Bu enerjiden eski uygarlıkların yararlandığı bilinmektedir. İlk olarak Akdeniz Havzası'ndaki uygarlıkların yararlandığı tarihsel süreç içerisinde gözlemlenmiştir. Romalılar, Çinliler, Japonlar, Fransızlar jeotermal enerjiyi ısınma, yemek pişirme, kaplıca amaçlarıyla kullanmışlardır.

Endüstriyel anlamda ki kullanımı ise 19.yy'ın başlarında 1827 yılında İtalya'da ki jeotermal kaynakların kullanımı ile başlamıştır. Kimya sanayinin ihtiyaç duyduğu borik asit üretiminde kullanılmaya geçilmiş, ilerleyen zamanda mekanik enerji kaynağı olarak kullanımına başlanmıştır.

Jeotermal enerjiden ilk elektrik üretimi de gene İtalya'daki kaynakların kullanımı ile başlamıştır. 19.yy'ın ortalarına gelindiğinde jeotermal kaynaklardan yararlanma yarışı başlamıştır. Sırasıyla ABD, Yeni Zelenda, Japonya'da buzlanan yolların ısınmasında, seraların ısınmasında, evlerindeki ısınmaya kadar birçok alanda kullanımına başlanmıştır. Enerjiye olan ihtiyaçlar arttıkça jeotermal enerjinin kullanımı da gelişerek günümüze kadar gelmektedir.

Jeotermal enerjinin hesaplanması ve mevcut potansiyelinin belirlenmesi kolay olmayan, zor bir süreçtir. Yapılan araştırmalar ise birbirinden çok farklı sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Farklı sonuçlar da jeotermal enerjinin mevcut potansiyelini belirlenmesindeki zorluklardan kaynaklanmaktadır (Akova, 2008, 120).

Şekil 10. Dünya Jeotermal Enerji Haritası



Kaynak: www.cogrfyatr.com/ders/37/topografya-ve-kayaclar.html (Erişim Tarihi 16.11.2018)

Yukarıdaki şekilde jeotermal enerjinin dünya üzerindeki yayılımı gösterilmektedir. Yerleri konumları ve ısıları birbirlerinden farklıdır. Dağılımları ise belli bir jeolojik özellikler gösteren kuşaklar şeklindedir. Bu jeotermal kuşaklar ise sırasıyla Alp-Himalaya jeotermal kuşağı; Dünya'nın en büyük jeotermal kuşağıdır. Bu

Avrasya ve Hindistan Levhaları çarpışması sonucu oluşmaktadır ve Fas, Tunus, Cezayir, Sırbistan, Hırvatistan, Yunanistan, Türkiye, İran, Hindistan, Tibet, Çin ve Tayland gibi ülkeleri içerisine almaktadır.

Orta Amerika Volkanik Kuşağı; Kosta Rika, Panama, El Salvador, Honduras, Guatemala gibi ülkeleri içinde bulunduran aktif volkanlar sonucu oluşan bir kuşaktır.

And Volkan kuşağı; Levha çarpışması sonucu oluştuğu söylenebilmektedir. Güney Amerika kıtasının batısı ve kuzeyinde yer almaktadır. İçerisine Kolombiya, Ekvador, Peru, Bolivya, Şili, Arjantin gibi ülkeleri almaktadır.

Karaib Denizi Kuşağı; Karaib'in doğusundaki adaları içerisine alan bir alanda varlığını gösterir.

İzlanda ve diğer Atlas Okyanusu Adaları; İzlanda ve Atlas okyanusunun orta kısmı üzerinde yer almaktadır. Volkanik bir adadır. Çok eski zamanlardan beri İzlanda'da toprağın jeotermal ile ısıtıldığına dair bilgiler bulunmaktadır.

Doğu Afrika Rift Sistemi: gelişmekte olan bir jeotermal kuşaktır. İçerisinde Zambiya, Malavi, Kenya, Uganda, Tanzanya, Etiyopya gibi ülkeleri barındırmaktadır.

Bu kuşaklar haricinde farklı tektonik hareketler sonucunda da oluşan jeotermal kuşaklar bulunmaktadır. Bunlar ise, Rusya, Japonya, Doğu Çin, Filipinler, Endonezya, Yeni Zelanda, Kanada ABD, Meksika ve Türkiye'dedir.

Dünya'nın jeotermal potansiyeli üzerinde, ciddi tartışmalar bulunmakla birlikte, yapılan bir çalışmanın sonucu olarak dünyada 35,7 milyar ton kömüre eşdeğer jeotermal enerji olduğu tespit edilmiştir. Ama yapılan birçok çalışmanın da birbirinden çok farklı sonuçlar çıkarttığını tekrar vurgulamak gerekir (Akova, 2008;120)

Dünya'da jeotermal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren ülke sayısı çok fazla bulunmamaktadır. Bu da bahsi geçen enerjinin farklı ısı değeriyle alakalıdır. Elektrik enerjisine dönüştürebilmek için ortalama 150-180 santigrat derece aralığında sıcaklığın olması gerekmektedir. Bu sıcaklığın altında kalan jeotermal kaynaklarda ise doğrudan kullanım gerçekleştirilmektedir. Yani konutların ısıtılmasında, kaplıcalarda, toprak ısıtılmasında, kümes ve ahır ısıtılmasında, seraların ısıtılmasında, çimento kurutulmasında,

şeker endüstrisinde, kereste ve balık yiyeceklerinin kurutulmasında jeotermal kaynak doğrudan kullanılabilir. Jeotermal enerji ile elektrik üreten ülkeler ise aşağıdaki Tabloda gösterilmiştir.

Tablo 10. Ülkelerin Jeotermal Enerji Kurulu Güç Listesi

Sıra	Ülke	Güncelleme	Kurulu Güç (MW)
1	Amerika Birleşik Devletleri	Aralık 2018	3.639
2	Endonezya	Aralık 2018	1.948
3	Filipinler	Aralık 2018	1.868
4	Türkiye	Aralık 2018	1.303
5	Yeni Zelanda	Aralık 2018	1.005
6	Meksika	Aralık 2018	951
7	İtalya	Aralık 2018	944
8	İzlanda	Aralık 2018	755
9	Kenya	Aralık 2018	676
10	Japonya	Aralık 2018	542
11	El Salvador	Mart 2016	205
12	Kosta Rika	Mart 2016	204
13	Nikaragua	Mart 2016	109
14	Rusya	Mart 2016	97
15	Papua Yeni Gine	Mart 2016	56
16	Guatemala	Mart 2016	42
17	Almanya	Aralık 2016	38
18	Portekiz	Mart 2016	29
19	Çin	Mart 2016	27
20	Şili	Temmuz 2017	24
21	Etiyopya	Mart 2016	8
22	Avusturya	Aralık 2016	1

Kaynak: www.enerjiatlası.com/ulkelere-gore-jeotermal-enerji.html (Erişim tarihi 10.02.2019)

Dünyada jeotermal enerji ile elektrik üreten ülkelerin başında ABD, Filipinler ve Endonezya gelmektedir. Dünyada jeotermal enerjiyle elektrik üretiminde açık ara önde olan ABD 3.567 MW kurulu güce sahiptir. İkinci sırada yer alan Filipinler’de ise 1.868

MW kurulu güç ile elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Üçüncü sırada yer alan Endonezya 1.699 MW kurulu güce sahiptir. Dünya sıralamasında dördüncü sırada jeotermal enerji ile elektrik üretiminde 1.028 MW kurulu güç ile Türkiye yer almaktadır. Türkiye'yi Yeni Zelanda 980 MW kurulu güç ile takip etmektedir. Yeni Zelanda'yı sırasıyla İtalya 944 MW kurulu güç, Meksika 926 MW kurulu güç, Kenya 676 MW kurulu güç, İzlanda 665 MW kurulu güç, Japonya 542 MW kurulu güç, El Salvador 205 MW kurulu güç, Kosta Rika 204 MW kurulu güç, Nikaragua 109 MW kurulu güç, Rusya 97 MW kurulu güç, Papua Yeni Gine 56 MW kurulu güç, Guatemala 42 MW kurulu güç, Almanya 38 MW kurulu güç, Portekiz 29 MW kurulu güç, Çin 27 MW kurulu güç, Şili 24 MW kurulu güç, Etiyopya 8 MW kurulu güç, Avusturya 1 MW kurulu güç ile takip etmektedir.

İzlanda'nın listede 9. Sırada olması şaşırtıcı gibi görülebilir. Yalnız kaynaklarının çoğu ısınmaya elverişli olmasından dolayı elektrik enerjisi üretimi için kurulu gücü diğer ülkelere göre daha düşük kalmıştır.

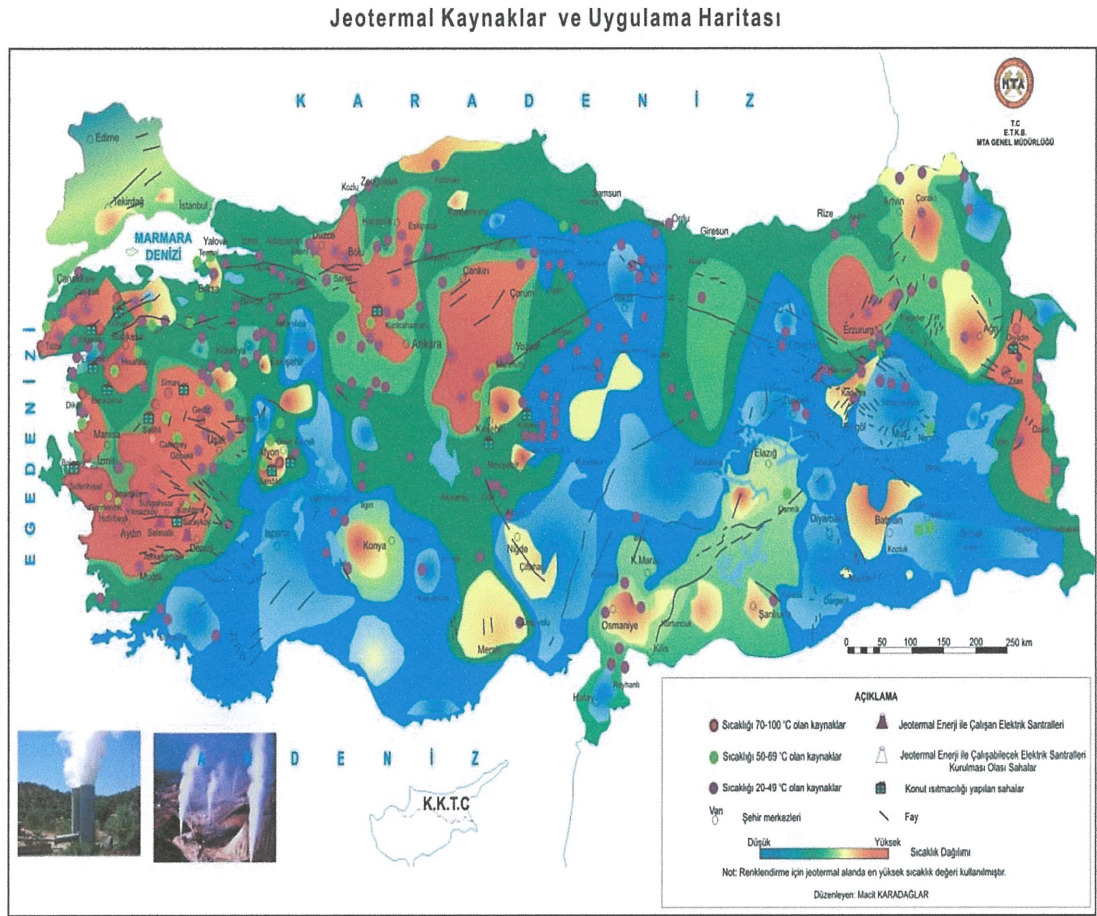
2.3.1. Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Genel Durumu

Türkiye'de jeotermal enerjiden yararlanma 1960 yıllarında başlamıştır. Başlangıçta elektrik üretim potansiyeli yüksek olan bölgelere odaklanılmış daha sonra doğrudan kullanımı gerçekleştirebilecek sahalarda araştırmalara dâhil edilmiştir. Elektrik üretiminde MTA tarafından Germencik ve Kızıldere gibi sahalara keşfedilmiştir. Doğrudan kullanımında ise Seferihisar, Simav, Salavathı, Tuzla, Dikili, Caferbeyli gibi alanlar keşfedilmiştir. Türkiye'de jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı arasında sera ve konut uygulamaları hızlı bir gelişme göstermiştir.

Türkiye'nin jeotermal potansiyeli ise MTA tarafından 31.500 MW olduğu tespit edilmiştir. Yalnız bu yapılan tespitin nasıl bir yaklaşımla yapıldığı hakkında bir bilgi bulunmamaktadır. İTÜ'de bu potansiyeli belirleme konusunda araştırma yapmaktadır. Jeotermal kaynağın potansiyeli ile ilgili tartışmalar Türkiye'de de görülmektedir (Satman, 2007: 101).

Türkiye'nin jeotermal haritasına bakacak olursak; Batı ve İç Ege Bölgesi'nde İzmir, Aydın, Manisa, Uşak, Muğla illerinde, Ege Bölgesi'nin kuzeyi Kaz dağlarında, Marmara Bölgesi'nin güneyi, Çanakkale Balıkesir illerinde, Batı Karadeniz Bölgesi'nde Bolu ve çevresinde, İç Anadolu'da Ankara, Çankırı, Çorum illerinde, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Van, Ağrı, Erzurum illerinde yüksek sıcaklıklı jeotermal alanlar mevcuttur. Bu alanlar MTA'nın haritasında 70-100 santigrat sıcaklığa sahip alanlar olarak belirtilmiştir. Kırmızı renk ile gösterilen alanlardır. Bu alanların içerisinde 150 santigrat sıcaklığa ulaşan kuyular da mevcut diyebiliriz.

Şekil 11. Türkiye Jeotermal Enerji Haritası



Kaynak: www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita (Erişim Tarihi: 10.11.2018)

Yukarıdaki Şekil 11'de yer alan diğer renkteki alanlar ise 70 santigrat derecenin altında kalan alanlardır. Yeşil renkli alanlar 50-69 santigrat, mor renkli alanlar ise 20-49 santigrat sıcaklığa sahip jeotermal kaynaklardır.

Türkiye’de jeotermal kaynaklarla üretim yapan 25 MW üzeri jeotermal santraller aşağıda Tablo 11’de kurulu güçleriyle gösterilmektedir. Parantez içerisindeki değerler santrallerin yapım aşamasındaki kısımları da tamamlanınca ulaşacağı toplam kurulu güç değerini göstermektedir.

Tablo 11. Türkiye’de 25 MW Üzeri Üretim Yapan Jeotermal Enerji Santralleri

1	Kızıldere 3 JES	Denizli	165 MW
2	Efeler Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	115 MW (162.3 MW)
3	Kızıldere 2 Jeotermal Enerji Santrali	Denizli	80 MW
4	Pamukören Jeotermal Santrali	Aydın	68 MW
5	Galip Hoca Germencik JES	Aydın	47 MW
6	Alaşehir Jeotermal Enerji Santrali	Manisa	45 MW
7	Maren Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	44 MW
8	Dora 3 Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	34 MW
9	Melih Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	33 MW
10	Greeneco 3 Jeotermal Santrali	Denizli	26 MW
11	Greeneco Jeotermal Enerji Santrali	Denizli	26 MW
12	Efe 7 Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	25 MW
13	Enerjeo Kemaliye Santrali	Manisa	25 MW
14	Ken 3 JES	Aydın	25 MW
15	Mehmethan Jeotermal Santrali	Aydın	25 MW

Kaynak: <https://www.enerjiatlası.com/jeotermal/> (Erişim tarihi: 25.12.2018)

Türkiye’nin en büyük jeotermal santrali Denizli’de 165 MW kurulu gücü ile üretim yapan Kızıldere 3 JES’tir. Enerji atlasından elde edilen bilgiler doğrultusunda santralin ortalama yıllık elektrik enerjisi üretimi 736.618.708 KW’tır. Türkiye’nin ikinci büyük santrali ise Aydın’da yer alan Efeler jeotermal enerji santralidir. 115 MW kurulu

gücü ile 2016 yılında 923.961.920 KW elektrik enerjisi üretimi yapılmıştır. Tesisin inşaat aşamasındaki kısımları da tamamlanınca kurulu gücü 162,3 MW olacaktır. Türkiye'nin üçüncü büyük jeotermal enerji santrali ise 80 MW kurulu gücü ile Kızıldere 2 jeotermal enerji santralidir. 2017 üretim verisiyle 531.751.422 KW elektrik üretimi gerçekleştirmiştir. Aydın'da Türkiye'nin dördüncü büyük jeotermal santrali olan Pamukören JES, 68 MW kurulu gücü ile 2015 yılında 228.209.675 KW elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilmiştir. Galip Hoca jeotermal enerji santrali ise 47 MW kurulu gücü ile 2015 yılında 320.499.700 KW elektrik enerjisi, Alaşehir jeotermal santrali 45 MW kurulu gücü ile 207.926.015 KW elektrik enerjisi, Maren jeotermal enerji santrali 44 MW kurulu gücü ile 244.379.310 KW elektrik enerjisi, Dora 3 jeotermal enerji santrali 34 MW kurulu gücü ile 2015 yılında 271.771.140 KW elektrik enerjisi üretmektedirler. Melih jeotermal enerji santrali 33 MW kurulu gücüyle ortalama yıllık 260.000.000 KW elektrik enerjisi, Greeneco 3 jeotermal santrali 26 MW kurulu gücü ile ortalama yıllık 204.800.000 KW elektrik enerjisi, Greeneco jeotermal santrali 26 MW kurulu gücüyle yıllık ortalama 123.766.110 KW elektrik enerjisi, efe 7 jeotermal enerji santrali 25 MW kurulu gücü ile yıllık ortalama 200.000.000 KW elektrik enerjisi, Enerjeo Kemaliye jeotermal santrali 25 MW kurulu gücü ile yıllık ortalama 199.200.000 KW elektrik enerjisi, Ken 3 jeotermal enerji santrali 25 MW kurulu gücü ile yıllık ortalama 198.400.000 KW elektrik enerjisi, Mehmethan jeotermal enerji santrali 25 MW kurulu gücüyle yıllık ortalama 198.400.000 KW elektrik enerji üretimini gerçekleştirebilmektedirler.

Tablo12. Türkiye'de Jeotermal Enerji Santralleri

Kayıtlı Santral Sayısı	48
GES Kurulu Güç	1.303 MW
Kurulu Güce Oranı	%1,47
Yıllık Elektrik Üretimi	~7.627 GWh
Üretimin Tüketime Oranı	%2,93

Kaynak: www.enerjiatlası.com/jeotermal/ (Erişim Tarihi: 16.01.2019)

Türkiye'de jeotermal enerji ile elektrik üreten 48 santral bulunmaktadır. Santrallerin en büyük kurulu güce sahip olanı Kızıldere 3 Jeotermal santralidir. Kurulu gücü 165 MW'tır. Diğer bir yüksek kurulu güce sahip olan santral ise Aydında Efeler

Jeotermal enerji santralidir. Toplam kurulu gücü 115 MW'tır. Efeler JES'in diğer inşaat aşamaları da tamamlanınca toplam kurulu gücü 162,3 MW olacaktır. Türkiye genelinde ki 40 jeotermal enerji santrallerinin çoğu Aydın, Denizli ve Manisa illerinde bulunmaktadır.

Enerji Atlası'nın 2016 yılı bilgi paylaşımıyla jeotermal enerji santrallerinin 1.028 MW kurulu güçleriyle fiili olarak elektrik enerjisi üretimi 4.213 GW yani 4.213.526.000 KW elektrik enerjisi üretilmiştir.

Jeotermal enerji üretimine yeni katılan santrallerin uzun dönem üretimlerini(1 yıl ve üzeri) tamamlayıp günümüzde yaklaşık 7.626 GW elektrik üretimi gerçekleşmektedir yani 1.303 MW kurulu gücü ile yaklaşık 7.626.000.000 KW elektrik üretimi gerçekleştirmektedir. Jeotermal enerji santrallerinin enerji ihtiyacını karşılama oranı ise %2,93'dür. Toplam enerji santralleri içerisindeki kurulu gücüne oranı ise %1,47'dir. Bu üretim kapasitesi ile Türkiye, dünyada sayılı ülkelerin arasında yer almaktadır. Dünya sıralamasında Endonezya'dan sonra 4. sıradadır.

2.4. Dünya'da Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Genel Durumu

Dünya'da hidrolik enerji kaynağının yayılımına baktığımızda aşağıdaki Tablo 13'de görüldüğü gibi, Asya kıtası teknik ve ekonomik açıdan 3.600.00 GW'lık hidroelektrik potansiyel barındırmaktadır. Güney Amerika kıtası ise 2.300.00 GW hidroelektrik potansiyele sahiptir. Kuzey Amerika kıtası 1.100.00 GW hidroelektrik potansiyele, Asya kıtası 1.000.000 GW hidroelektrik potansiyele, Avrupa kıtası 800.000 GW hidroelektrik potansiyele sahiptirler. Dünya genelinde en düşük hidrolik enerji potansiyeline sahip kıta ise, Avustralya/Okyanusya kıtasıdır.

Dünya genelinde gelişmekte olan ülkeler arasında, Asya ve Afrika ülkeleri büyük bir potansiyele sahiptir. Bilhassa Afrika kıtası ülkeleri Dünya'da enerjiyi en az kullanan ülkeler olmasına rağmen, hidrolik enerji potansiyeli ise 1.000.000 GW'tır. Gelişmekte olan Asya ülkelerinin hidrolik potansiyeli ise 3.600.000 GW ile Dünya potansiyelinin yaklaşık üçte birine sahiptir.

Tablo 13. Kıtaların ve Dünya'nın Hidroelektrik Potansiyeli

Bölge	Brüt Hidroelektrik Enerji Potansiyeli (GWh/yıl)	Teknik Hidroelektrik Enerji Potansiyeli (GWh/yıl)	Teknik ve Ekonomik Hidroelektrik Enerji Potansiyeli (GWh/Yıl)
Afrika	4.000.000	1.665.000	1.000.000
Asya	19.000.000	6.800.00	3.600.000
Avustralya/ Okyanusya	600.000	270.000	105.000
Avrupa	3.150.000	1.225.000	800.000
Kuzey ve Orta Amerika	6.000.000	1.500.000	1.100.000
Güney Amerika	7.400.000	2.600.000	2.300.000
Dünya	40.150.000	14.060.000	8.905.000
Türkiye	433.000	216.000	127.820
Türkiye / Dünya (%)	1,07	1,54	1,84

Kaynak: Gökdemir, M., Kömürcü, İ.M., Evcimen, T.U. (2012). Türkiye’de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış. İMO Su Yapıları Kurulu, 471. http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/16298_09_57.pdf (Erişim tarihi: 09.10.2018)

Türkiye 127.820 GW hidroelektrik potansiyeli ile önemli bir avantaj sağlamaktadır. Dünya enerji ihtiyacının %1,84’ünü hidroelektrik enerji ile karşılayabilecek potansiyele sahiptir.

Dünya’da hidrolik enerjiden faydalanan ülkelere baktığımızda ise Tablo 13’te görüldüğü üzere 2016 yılı verilerine göre en başta Çin yer alıyor. Aşağıdaki Tabloda görüleceği üzere açık ara Çin 331.000 MW kurulu gücü ile dünyada en yüksek hidroelektrik santrallerle en çok hidroelektrik enerjisi üreten ülke konumundadır. Listenin ikinci sırasındaki ABD’den bile 3 kat daha fazla kurulu güce sahiptir. ABD ise

102.000 MW kurulu güç ile dünya sıralamasında ikinci, Brezilya 98.000 MW kurulu güç ile üçüncü sıradadır.

Tablo 14. Ülkelerin Hidroelektrik Enerji Kurulu Güç Listesi

Sıra	Ülke	Kurulu Güç (MW)
1	Çin	331.000
2	ABD	102.000
3	Brezilya	98.000
4	Kanada	79.000
5	Hindistan	52.000
6	Japonya	50.000
7	Rusya	48.000
8	Norveç	32.000
9	Türkiye	27.000
10	Fransa	25.000
11	İtalya	22.000
12	İspanya	20.000
13	İsviçre	17.000
14	İsveç	16.000
15	Vietnam	16.000
16	Venezuela	15.000
17	Avusturya	13.000
18	Meksika	12.000
19	Kolombiya	12.000
20	Almanya	11.000

Kaynak:www.sabah.com.tr/ekonomi/2017/03/26/dunyada-hidroelektrik-enerjide-kurulu-guc-artti (Erişim Tarihi: 02.02.2019)

Kanada 79.000 MW kurulu gücü ile dünya sıralamasında dördüncü, Hindistan 52.000 MW kurulu gücü ile beşinci, Japonya 50.000 MW kurulu gücü ile altıncı, Rusya 48.000 MW kurulu gücü ile yedinci, Norveç 32.000 MW kurulu gücü ile sekizinci, Türkiye ise 27.000 MW kurulu gücü ile dünya sıralamasında dokuzuncu

sırada yer almaktadır. Türkiye'nin altında kalan diğer ülkeler ise Fransa 25.000 MW kurulu gücü ile dünya sıralamasında onuncu, İtalya 22.000 MW kurulu gücü ile on birinci, İspanya 20.000 MW kurulu gücü ile on ikinci, İsviçre 17.000 MW kurulu gücü ile on üçüncü, İsveç 16.000 MW kurulu gücü ile on dördüncü, Vietnam 16.000 MW kurulu gücü ile on beşinci, Venezuela 15.000 MW kurulu gücü ile on altıncı, Avusturya 13.000 MW kurulu gücü ile on yedinci, Meksika 12.000 MW kurulu gücü ile on sekizinci, Kolombiya 12.000 MW kurulu gücü ile on dokuzuncu, Almanya 11.000 MW kurulu gücü ile yirminci sırada yer almaktadır.

2.4.1. Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Genel Durumu

Anadolu'da ilk hidrolik üretim 1902 yılında Tarsus'ta gerçekleştirilmiştir. Bu üretim küçük ölçekli bir üretimdir. Büyük ölçekli üretim ise 1913 yılında İstanbul'da gerçekleşmiştir. Hidroelektrik ile elektrik şebekesi ve aydınlatma ilk olarak 1933 yılında İzmir Ödemiş'te kurulmuştur. Modern Türkiye'de kurulan barajlarla elektrik üretiminde, içme suyu temininde, sulama alanlarında faydalanılmaktaydı. İlerleyen yıllar içerisinde yapılan hidroelektrik santraller ile 1940 yılına gelindiğinde 28 hidroelektrik santrale ulaşmıştı. 1950 yılına gelindiğinde ülkenin hidroelektrik kurulu gücü 408 MW'tı (Gökdemir, vd. 2012: 20).

Türkiye'nin hidroelektrik potansiyelini belirlemek için farklı kurumlar bir dizi araştırmalar yapmaktadır. Teknik ve ekonomik yönden hidroelektrik potansiyelimiz üzerinde ortak bir görüş mevcut bulunmayıp, araştırmalar birbirlerinden farklı değerler sunmaktadır. Kimi kaynaklarda hidrolik enerji kullanılabilir potansiyelimiz ortalama 127.820 GW'tır (Gökdemir, Kömürcü, Evcimen, 2012: 20). Kimi kaynaklarda bu potansiyel 140.000 GW'tır (YEGM). Kimi kaynaklarda ise 216.000 GW olduğu belirtilmektedir (Pamir, 2017:506). Bu araştırmaların nasıl yapıldığına dair herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.

Türkiyede hidroelektrik santraller ile ilgili ciddi tartışmalar ve sıkıntılar bulunmaktadır. Akdeniz iklim kuşağı iklim değişikliklerinden, kuraklıktan ve ısınan havayla birlikte buharlaşan sulardan, kısacası küresel ısınma ve kuraklıktan etkilenmesi kaçınılmaz iken hidroelektrik santrallere eleştiriler artmaktadır. Bu eleştirilerin diğer

önemli başlıkları ise fizibilite çalışmalarının ciddi bir Şekilde yapılmamasından kaynaklanmaktadır. Proje alanlarının ilana açılması ile havza incelemeleri yapılmamıştır. Bir diğer önemli sorun ise hidroelektrik santrale konu olmayan yani bırakılacak suyunun miktarıdır. Bu bırakılacak suya can suyu denmektedir. Can suyu hesaplama yöntemleri birbirlerinden farklıdır. Dikkat edilmesi gereken husus, farklı özellikteki havzaların can suyu ihtiyacı birbirinden farklı olmasıdır. Genel geçer bir can suyu hesaplama yöntemi sakıncalıdır. Hesaplanan can suyu miktarı bırakıldığında, dere yatağındaki yaşamı sağlayacak miktarda su olmamaktadır. (TMMOB, 2010: 61-62). Bu da dere yatağındaki sucul yaşamı ciddi tehlikeye sokmaktadır. Suyu kullanan yöre halkı, dere yatağındaki bitkiler, endemik türler, balıklar ve canlı faunası ciddi bir tehlike ile karşı karşıya kalmaktadır.

Bir diğer genel sayılabilecek önemli husus ise hidroelektrik santrallerin kurulmasında muğlak bırakılan, ayrıntı verilmeyen konulardır. Örneğin, balık geçişleri üzerinde ayrıntılı bir bilgi verilmemektedir. Hidroelektrik santraller bütüncül olarak değil, proje bazlı değerlendirilmektedir. En önemlisi ise proje tanıtımında taahhüt edilen faaliyetlerin gerçekleştirilmemesi ciddi tartışmalar ve hukuki sorunlar doğurmaktadır.

Türkiye'nin günümüzde hidrolik enerjiyle kurulu gücü 28.358 MW'tır. Elektrik üretimini gerçekleştiren 624 hidroelektrik santrali mevcuttur. Hidroelektrik santrallerin kurulu güce oranı ise %32,01'tür. Ortalama yıllık üretimi ise 73.804 GWh'tır yani 73.804.000.000 kilovat elektrik üretimi gerçekleştirebilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde fiili olarak en çok elektrik üreten kaynaktır. Enerji ihtiyacını karşılama oranı ise %28,39 oranıyla diğer kaynaklardan daha yüksek bir tüketimi karşılama oranına sahiptir.

Tablo 15. Türkiye'de Hidroelektrik Santraller

Kayıtlı Santral Sayısı	640
GES Kurulu Güç	28.358 MW
Kurulu Güce Oranı	%32,01
Yıllık Elektrik Üretimi	~73.804 GWh
Üretimin Tüketime Oranı	%28,39

Kaynak: www.enerjiatlası.com/hidroelektrik/ (Erişim tarihi: 02.01.2019)

Enerji atlasından elde edilen bilgiye göre proje, ön lisans, lisans ve inşaat aşamaları devam eden hidroelektrik santrallerde devreye girdiğinde, önümüzdeki yıllarda hidroelektrik kurulu gücün mevcut 28.358 MW'tan, 43.682 MW'a çıkacağı beklenmektedir.

Türkiye'de 500 MW ve üzerindeki hidroelektrik santraller aşağıdaki Tabloda gösterilmiştir.

Atatürk, Karakaya, Keban, Birecik hidroelektrik santralleri Fırat nehri havzasında kurulmuşlardır. Fırat nehri havzasında kurulan en büyük baraj ise 2.405 MW kurulu gücü ile Atatürk barajı ve hidroelektrik santralidir. Aynı zamanda Türkiye'nin en büyük hidroelektrik santralidir. 2.405 MW kurulu gücü ile ortalama 6.952.157.613 kilovat elektrik üretimi gerçekleştirmektedir. İkinci sırada ise 1.800 MW kurulu gücü ile Karakaya barajı ve hidroelektrik santrali gelmektedir. Mevcut kurulu gücü ile 6.720.005.899 kilovat elektrik üretmektedir. Üçüncü sırada 1.330 MW kurulu gücü ile Keban barajı ve hidroelektrik santrali bulunmaktadır. Mevcut kurulu gücü ile ortalama 5.851.899.977 kilovat elektrik üretimi gerçekleştirmektedir.

Dördüncü sırada 703 MW kurulu gücü ile Altınkaya barajı ve hidroelektrik santrali yer alırken, beşinci sırada 672 MW kurulu gücü ile Birecik barajı ve hidroelektrik santrali, altıncı sırada 670 MW kurulu gücü ile Deriner barajı ve hidroelektrik santrali, yedinci sırada 582 MW kurulu gücü ile Beyhan barajı ve hidroelektrik santrali, sekizinci sırada 540 MW kurulu gücü ile Oymapınar barajı ve hidroelektrik santrali, dokuzuncu sırada 513 MW kurulu gücü ile Boyabat barajı ve hidroelektrik santrali, onuncu sırada 510 MW kurulu gücü ile Berke barajı ve hidroelektrik santrali, on birinci sırada 500 MW kurulu gücü ile Hasan Uğurlu barajı ve hidroelektrik santrali yer almaktadır.

Tablo 16. Türkiye’de 500 MW ve Üzeri Hidroelektrik Santraller

1	Atatürk Barajı ve HES	Şanlıurfa	2.405 MW
2	Karakaya Barajı ve HES	Diyarbakır	1.800 MW
3	Keban Barajı ve HES	Elazığ	1.330 MW
4	Altınkaya Barajı ve HES	Samsun	703 MW
5	Birecik Barajı ve HES	Şanlıurfa	672 MW
6	Deriner Barajı ve HES	Artvin	670 MW
7	Beyhan Barajı ve HES	Elazığ	582 MW
8	Oymapınar Barajı ve HES	Antalya	540 MW
9	Boyabat Barajı ve HES	Sinop	513 MW
10	Berke Barajı ve HES	Osmaniye	510 MW
11	Hasan Uğurlu Barajı ve HES	Samsun	500 MW

Kaynak: www.enerjiatlası.com/hidroelektrik/ (Erişim tarihi: 25.01.2019)

Yapım aşamasında olan 500 MW ve üzeri kurulu güce sahip hidroelektrik santraller yukarıdaki Tabloda gösterilmiştir. Mardin’de kurulma aşamasında olan Ilısu barajı ve hidroelektrik santralinde 1.200 MW kurulu güç ile ortalama 3.833.000.000 KW elektrik enerjisi üretilmesi beklenmektedir. Bingöl’ de kurulma aşamasında olan Yukarı Kaleköy Baraj ve HES ise 627 MW kurulu güç ile ortalama 1.500.000.000 KW elektrik enerjisi üretimi gerçekleştireceği beklenmektedir.

Tablo 17. Türkiye’ de Yapımı Devam Eden 500 MW ve Üzeri Hidroelektrik Santraller

Sıra	Santral Adı	İl	Kurulu Güç
1	Ilısu Barajı ve HES	Mardin	1.200 MW
2	Yukarı Kaleköy Barajı ve HES	Bingöl	627 MW
3	Yusufeli Barajı ve HES	Artvin	558 MW
4	Çetin Barajı ve HES	Siirt	517 MW
5	Aşağı Kaleköy Barajı ve HES	Bingöl	500 MW

Kaynak: www.enerjiatlası.com/hidroelektrik/ (Erişim tarihi: 15.01.2019)

Yapımı devam eden bir diğer hidroelektrik santral ise Artvin’ deki Yusufeli barajı ve hidroelektrik santralidir. Baraj ve HES’ten, enerji atlasının ilgili bilgi paylaşım bölümünde, aynı tesisten 540 MW ve 558 MW kurulu güç olarak da bahsedilmektedir. Artvin, Yusufeli Barajı ve hidroelektrik santralinin kurulu güçlerinin hangisinin esas alındığına dair bir bilgiye ulaşılammıştır. Bu kurulu güçlerle hesaplanan tahmini üretimi 1.888.000.000 KW elektrik enerjisi olacağıdır. Yusufeli barajı aynı zamanda uygulanan mühendisliği ile adından söz ettirmektedir. Suyun düşme yüksekliği ile dünyanın en yüksek barajlar listesinde ilk ona girerek 7. sıraya yerleşecektir. Dünyadaki hidroelektrik baraj ve hes yapımlarını göz önüne aldığımızda dünyanın en yüksek barajı sıralamasında ilk 10’un içerisinde uzun bir süre kalacağı tahmin edilmektedir. Tabloda 4. sırada da, yapımı devam eden 517 MW kurulu güce sahip olacak Çetinkaya Baraj ve HES ise 1.208.000.000 KW elektrik enerjisi üretimini gerçekleştireceği beklenmektedir. 5. sıradaki, yapımı devam eden Bingöl’deki Aşağı Kaleköy Baraj ve HES ise 500 MW kurulu güç ile 1.000.000.000 KW elektrik enerjisi üretimini gerçekleştireceği beklenmektedir.

2.5. Dünya’da Biyoenerji Sistemlerine Genel Bakış

Biyokütlenin temeli canlı organizmalardır. Tarım ürünleri buğday, mısır gibi bitkiler, deniz algleri, yosunlar, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, evlerden elde edilen tüm organik çöpler, meyve ve sebze atıkları biyokütle kaynağını oluşturmaktadır.

Biyokütle bitki ve canlı organizmaların temeli olarak ortaya çıkmaktadır. Genelde de güneş enerjisini fotosentez yöntemiyle depolayan bitkisel organizmalar olarak tanımlanabilmektedirler.

Dünya'nın biyokütle potansiyelinin %90'ı ormanlarda bulunmaktadır. Ormanlarda yaşayan hayvanlar, bitkiler, ağaç gövdeleri, döküntü yaprakların oluşturduğu yıllık net biyolojik üretimin 50 x 10 üzeri 19 ton olduğu tahmin edilmektedir. Bu üretim, çayırlardan, otlaklardan, ziraat alanlarından, bütün birincil fotosentez ile üretim yapan alanlardan daha fazladır (Saraçoğlu, 2010:502).

Ormanlardan elde edilen biyokütle ile enerji üretimini sağlayan lider ülkeler İsveç ve Finlandiya'dır. İsveç enerji ihtiyacının %18'ini, Finlandiya ise enerji ihtiyacının %22'sini biyokütleden sağlamaktadır (Saraçoğlu, 2010:503).

Biyokütleden, teknik yöntemlerle ve reaktörlerle biyogaz üretimi gerçekleştirilmektedir. Biyogazın da kaynağı biyokütleden gelmektedir. Biyokütleden belli başlı teknik yöntemlerle biyogaz elde edilir ve kabaca elde edilen gaz tribünleri döndürme aracılığı ile elektrik enerjisi üretimini gerçekleştirir.

Katı atıklardan enerji üretimi de aynı şekilde yapılmaktadır. İçerisinde farklı ayırıştırma yöntemleri olsada genel mantık aynıdır. Katı atıklar, canlı faaliyetleri sonucu oluşan bir atık türüdür. Bu atıklardan da belli bir yöntemle (depolanması, sıkıştırılması, fermentasyon süreci gibi) elde edilen gazdan, elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilmektedir.

Bu sistemin yanı sıra günümüzde atık ısı ile elektrik üretimi yapılmaktadır. Endüstriyel üretim alanlarında makinelerin ve üretim faaliyetinin oluşturduğu ısıdan yararlanılarak üretilen elektrik enerjisidir. Makineler, sobalar, lambalar, fırınlar, enerji harcarken etrafa ısı yayarlar, enerjiden geriye kalan atık bir ısı oluşmaktadır. Bu atık ısıyı tekrar enerjiye dönüştürerek bir kazanım sağlanmaktadır.

Atık ısıdan elektrik enerjisi üretimini yüksek ısılarla üretim yapan, çimento sanayi, demir-çelik endüstrisi, cam sanayi gibi sektörlerde daha yaygın kullanılabilmektedir. Havaya ve çevreye atılan atık ısıyı tekrar enerjiye dönüştürerek, hem tasarruf sağlanabilmekte hem de doğaya atılan ısı ve zehirli gaz salınımı

Türkiye’de orman atıklarından elektrik enerjisi üretimini gerçekleştiren en büyük biyokütle santrallerine bakacak olursak; 30 MW kurulu güç ile Balıkesir’de faaliyet gösteren ve orman atıkları üzerine üretim yapan biyokütle enerji santrali bulunmaktadır. Orman ürünleriyle faaliyet gösteren en büyük biyokütle enerji santralidir.

Biyokütle enerji temelli olan biyogaz üretim tesisleri ile elektrik enerjisi üretimini de Türkiye’de gerçekleştirmektedir. Ülkenin en büyük biyogaz santrali ise İstanbul’da 34 MW kurulu güç ile elektrik enerjisi üretimini gerçekleştirmektedir. Enerji atlasından elde edinilen bilgiyle ortalama 225.983.513 kilovat elektrik enerjisi üretmektedir.

Katı atık ve endüstriyel katı atıklardan yararlanarak elektrik enerjisi üretimini gerçekleştiren en büyük katı atık üretim santrali ise Ankara’da 25 MW kurulu gücü ile faaliyet göstermektedir. Devam eden proje kapsamında kurulu gücü 36 MW’a çıkarak faaliyet gösterecektir.

Atık ısı enerji santrali ise Samsun’da 31 MW’lık kurulu güç ile atık ısılarından yararlanarak elektrik enerjisi üretimini gerçekleştirmektedir.

Türkiye’de biyokütle kaynaklı üretim yapan toplam 80 elektrik enerji santralleri bulunmaktadır. Tüm gerekli yasal izinleri tamamlamış kurulma aşamasında olan 20 santral ile kayıtlı 98 biyokütle, biyogaz ve atık ısı kaynaklı elektrik enerjisi üreten santral sayısı olacaktır. 80 biyokütle santralinin toplam kurulu güçleri yaklaşık 460 MW’tır. Ortalama üretilen elektrik enerjisi ise 2.277 GW’tır yani toplam 80 santralle üretilen elektrik enerjisi 2.277.000.000 KW’tır.

Aşağıdaki Tablo 18’de, Türkiye’de bulunan biyogaz santrallerinin başlıcaları gösterilmiştir. Türkiye’de bulunan en büyük biyokütle temelli biyogaz santrali 34 MW kurulu gücüyle İstanbul’da bulunan Odayeri çöp gazı santralidir. 34 MW kurulu gücüyle, ortalama 237 GW elektrik enerjisi üretim kapasitesine sahiptir. Tesisin 2016 yılı üretimi ise 299.815.110 KW elektrik enerjisidir. Santralin işletme yönetimi başarısıyla, hesaplanan üretim kapasitesinin üzerinde bir üretim gerçekleştirmişti diyebiliriz.

Tablo 18. Türkiye’de Başlıca Biyogaz Santralleri

1	Odayeri Çöp Gazı Santrali	İstanbul	34 MW
2	Mutlular Biyokütle (Orman Atığı) Enerji Santrali	Balıkesir	30 MW
3	Mamak Çöplüğü Biyogaz Tesisi	Ankara	25 MW (36 MW)
4	Çadırtepe Biyokütle Santrali	Ankara	23 MW
5	Sofulu Çöplüğü Biyogaz Santrali	Adana	16 MW
6	ITC Antalya Biyokütle Santrali	Antalya	14 MW
7	Kömürcüoda Çöplüğü Biyogaz Santrali	İstanbul	14 MW
8	Zeus Biyokütle Enerji Santrali	Kırklareli	12 MW
9	ITC-KA Sincan Biyokütle Gazlaştırma Tesisi	Ankara	11 MW
10	Bağfaş Gübre Fabrikası Biyogaz Santrali	Balıkesir	9,92 MW
11	Hamitler Çöplüğü Biyogaz Santrali	Bursa	9,80 MW
12	Afyon Hayvansal Atık Biyogaz Santrali	Afyonkarahisar	8,40 MW
13	Kocaeli Çöplüğü Biyogaz Santrali	Kocaeli	6,51 MW
14	Aksaray OSB Gübre Gazı Elektrik Santrali	Aksaray	6,40 MW
15	Karacabey Biyogaz Tesisi	Bursa	6,40 MW

Kaynak: <https://www.enerjiatlası.com/biyogaz/> (Erişim Tarihi: 19.01.2019)

İkinci en büyük biyokütle enerji santrali ise 30 MW kurulu gücüyle Balıkesir’de bulunan Mutlular biyokütle enerji santralidir. Santral orman atığıyla üretim gerçekleştirmektedir. Türkiye’de orman atıklarıyla enerji üreten en büyük biyokütle enerji santrali olma özelliğine de sahiptir. Türkiye’nin üçüncü büyük biyogaz enerji santrali ise 25 MW kurulu gücüyle Ankara’da bulunan Mamak çöplüğü biyogaz

tesisidir. Parantez içinde gösterilen 36 MW'lık kurulu güç ise, inşaat aşamasındaki kısmın tamamlandıktan sonra santralin ulaşacağı toplam kurulu gücü göstermektedir. Mamak çöplüğü biyogaz enerji santralinin üretim kapasitesi 170 GW elektrik enerjidir. 2016 yılı üretimi ise 152.511.165 KW elektrik enerjisidir. Türkiye'nin dördüncü büyük biyogaz tesisi ise, 23 MW'lık kurulu gücüyle Ankara'da bulunan Çadırtepe biyokütle enerji santralidir. Santralin üretim kapasitesi 139 GW elektrik enerjisidir. 2016 yılı üretimi 142.399.630 KW elektrik enerjisidir. Türkiye'nin beşinci büyük santrali ise, 16 MW kurulu gücüyle Adana'da bulunan Sofulu biyogaz enerji santralidir. Santralin 109 GW elektrik enerjisi üretim kapasitesine sahiptir. 2016 yılı üretimi 74.083.440 KW elektrik enerjisidir. Türkiye'nin altıncı büyük biyokütle santrali ise 14 MW kurulu gücüyle Antalya'da bulunan ITC Antalya biyokütle enerji santralidir. Yedinci büyük biyokütle enerji santrali ise 14 MW kurulu gücüyle İstanbul'da bulunan Kömürcüoda çöplüğü biyogaz enerji santralidir. Santral 110 GW elektrik enerjisi üretim kapasitesine sahiptir. 2015 yılı üretimi 88.265.430 KW elektrik enerjisidir. Türkiye'nin sekizinci büyük biyokütle santrali ise 12 MW kurulu gücüyle Kırklareli'nde bulunan Zeus biyokütle enerji santralidir. Türkiye'nin dokuzuncu biyokütle santrali ise 11 MW kurulu gücüyle Ankara'da bulunan ITC-KA Sincan Biyokütle gazlaştırma tesisidir. Türkiye'nin kurulu güce göre onuncu büyüklükteki biyokütle enerji santrali ise Balıkesir'de bulunan Bağfaş gübre fabrikası biyogaz enerji santralidir. Santral aynı zamanda gübreyle enerji üreten Türkiye'nin en büyük biyogaz enerji santrali olma özelliğine de sahiptir. Santral 57 GW elektrik enerjisi üretim kapasitesine sahiptir. Türkiye'nin on birinci biyogaz enerji santrali ise 9,80 MW kurulu gücüyle Bursa'da bulunan Hamitler çöplüğü Biyogaz santralidir. Santral 86 GW elektrik enerjisi üretim kapasitesine sahiptir. 2015 yılında 78.726.419 KW elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirmiştir. Listedeki diğer biyokütle enerji üretim santrali ise sırasıyla 8,40 MW kurulu gücüyle Afyonkarahisar'da bulunan Afyon hayvansal atık biyogaz enerji santrali, 6,51 MW kurulu gücüyle Kocaeli'nde bulunan Kocaeli çöplüğü biyogaz enerji santrali, 6,40 MW kurulu gücüyle Aksaray'da bulunan Aksaray OSB gübre gazı elektrik santrali, 6,40 MW kurulu gücüyle Bursa'da bulunan Karacabey biyogaz tesisidir.

Biyokütle enerji santrallerinin üretim kapasiteleri, geçmiş yıllardaki üretimleri enerji atlasından edinilen bilgiler doğrultusunda paylaşılmıştır. Kimi tesislerin üretim kapasiteleri ve geçmiş yıllardaki üretimlerine ise ulaşamamıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Bursa’da Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Elektrik Enerji Üretimi

3.1. Bursa’da Rüzgâr Enerji Santralleriyle Elektrik Enerjisi Üretimi

Artan nüfusun enerji ihtiyacını karşılayabilmek, petrole olan bağımlılığı azaltmak ve daha temiz bir enerji üretebilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisiyle elektrik üretimine Türkiye’de 1989 yılında başlanmıştır.

Günümüz itibariyle Bursa’da üretim yapan 4 rüzgâr enerji santrali bulunmaktadır. Tablo 19’da görüldüğü üzere bu santrallerin en büyüğü 50 MW kurulu güç ile Karacabey Harmanlık rüzgâr enerji santralidir. Bir diğeri ise 33 MW’lık kurulu güç ile üretim yapan, Gemlik’teki Kürekdağı rüzgâr enerji santralidir. 28 MW kurulu güç ile üretim yapan yine Karacabey’deki, Karacabey rüzgâr enerji santralidir. En küçük kurulu güce sahip rüzgâr enerji santrali ise 9 MW’lık kurulu gücüyle Gemlik’te Gündoğdu rüzgâr enerji santralidir. Bunların toplam kurulu güçleri ise 120 MW’tır. Bursa’da rüzgâr enerjisiyle üretim yapan rüzgâr enerji santrallerinin toplam kurulu gücü 120 MW’tır.

Tablo 19. Bursa’da Üretim Yapan Rüzgâr Enerji Santralleri

Sıra	Santral Adı	İl - İlçe	Kurulu Güç
1	Harmanlık RES	Bursa, Karacabey	50 MW
2	Kürekdağı RES	Bursa, Gemlik	33 MW
3	Karacabey RES	Bursa, Karacabey	28 MW
4	Gündoğdu Rüzgâr Santrali	Bursa, Gemlik	9,00 MW

Kaynak: <http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/BURSA-REPA.pdf> (Erişim Tarihi: 10.12.2018)

Bursa’nın Mudanya ve Kestel bölgelerinde yapımı devam eden rüzgâr enerji santrali ise yukarıda Tablo 20’de gösterilmektedir. Yapımı devam eden rüzgâr enerji santrallerinin kurulu güçleri sırasıyla 3,20 MW ve 0,80 MW’tır. Yapımı tamamlandıktan sonra

Bursa'nın var olan rüzgâr kurulu gücüne 4 MW'lık bir ilave ile, 124 MW kurulu güce sahip rüzgâr enerji santralleri olacaktır.

Tablo 20. Bursa'da Yapımı Devam Eden Rüzgâr Enerji Santralleri

Sıra	Santral Adı	İl - İlçe	Kurulu Güç
1	Bal, Söğütpınar, Mesudiye ve Ekinli RES	Bursa, Mudanya	3,20 MW
2	İlyas RES	Bursa, Kestel	0,80 MW

Kaynak: <http://www.enerjiatlası.com/ruzgar-enerjisi-haritasi/bursa> (Erişim tarihi: 03.12.2018)

Kurulumu proje aşamasında veya tesislerin yapımı devam eden ve üretim için ön lisans almış firmaların, tüm eksikliklerini tamamlayıp üretime geçmeleri halinde aşağıda Tablo 21'de görüldüğü gibi, kurulu gücü 70 MW'lık ve 60 MW'lık rüzgâr enerji santralleri olacaktır.

Tablo 21. Ön Lisans Sürecindeki Rüzgâr Enerji Santralleri

Sıra	Santral Adı	İl - İlçe	Kurulu Güç
1	Güney 1 RES	Bursa	70 MW
2	Taşpınar RES	Bursa, Mustafakemalpaşa	60 MW

Kaynak: <http://www.enerjiatlası.com/ruzgar-enerjisi-haritasi/bursa> (Erişim tarihi: 09.12.2018)

Bursa'nın hâlihazırdaki rüzgâr enerji santralleriyle, ön lisans aşamasındaki santrallerini kıyasladığımızda; ciddi bir rüzgâr enerji santrali yatırımı olduğunu görmekteyiz. Mevcut rüzgâr enerji santralleri kurulu gücü 120 MW iken, tüm izinlerini almış ve yapım aşamasında olan santralleri de dâhil ettiğimizde 124 MW toplam kurulu güce sahip olan Bursa, ön lisans aşamasındaki 130 MW'lık kurulu güç ile ciddi bir şekilde rüzgâr enerjisi alanında atağa kalkmaya çalıştığını görmekteyiz.

İlerleyen zamanlarda bütün rüzgâr santrallerinin faaliyete geçmesiyle Bursa'da 254 MW'lık kurulu güç ile rüzgâr enerjisinden elektrik üretebilen santraller olacaktır. Bununla beraber rüzgâr potansiyelinin hala altında kalmaktadır.

Bursa’da rüzgâr enerji santralleriyle üretilen elektrik enerjisi, 2010 yılından günümüze kadar, aşağıda Tablo 22’de gösterilmiştir.

Tablo 22. Bursa Rüzgâr Enerji Santrallerinin Ürettiği Elektrik Enerjisi

Yıllar	RÜZGÂR (KW)
2010	161.212.243
2011	199.098.212
2012	202.161.879
2013	232.410.734
2014	209.529.667
2015	105.535.880
2016	213.190.135
2017	292.289.022
2018(İlk 10 ay)	327.172.420

Kaynak: TEİAŞ, 2. Bölge Müdürlüğü. Bursa Rüzgâr Enerji Santralleri Üretim Verileri. (Erişim Tarihi: 19.11.2018)

Bu üretim verileri daha bir anlaşılır olabilmesi için kilovat cinsiyle yazılmıştır. Üretimin yıl ilerledikçe artma sebebi, kümülatif bir üretim verisi olduğu içindir. Herhangi bir yılın bir önceki yıla göre üretim artışının sebebi, rüzgârın yıllar içerisindeki değişkenliği ve en önemli sebebi ise artan rüzgâr enerji santralleridir.

Aşağıdaki grafik, Türkiye’de rüzgâr enerjisiyle üretim yapan illerin bir kısmını göstermektedir. Bursa’nın rüzgâr enerji kurulu gücünü 128,40 MW olarak görmekteyiz ama Bursa’nın mevcut kurulu gücü 120 MW’tır. Tablodaki veriler oluşturulurken, işletmelerin son anda iptal edilen güç kapasitelerinin hesaba katılarak Bursa rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücünün fazla hesaplandığı söylenilebilmektedir.

Grafik 5. İllere Göre Rüzgâr Enerji Santralleri Kurulu Güçleri

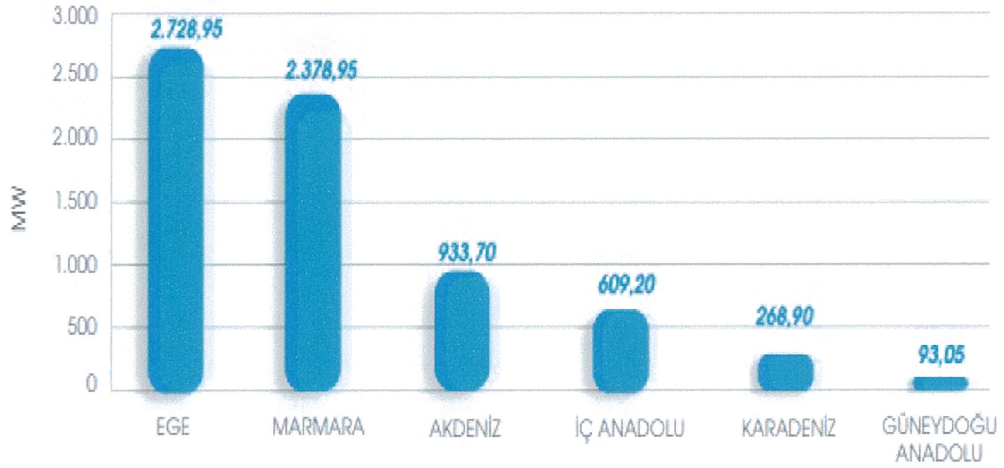


Kaynak: TUREB, Türkiye rüzgâr enerjisi istatistik raporu, Temmuz 2018. (Erişim tarihi: 10.12.2018)

Bursa'nın da içinde bulunduğu Marmara Bölgesi ülke nüfusunun önemli bir kısmını barındırmaktadır. Ülke nüfusunun büyük bir kısmını barındıran Marmara Bölgesi'nin enerji ihtiyacı da diğer bölgelerden fazladır. Yüksek nüfus oranının enerji ihtiyacını karşılayabilmek ve rüzgâr potansiyelini kullanabilmek için Marmara Bölgesi'nde çok sayıda rüzgâr enerji santralleri bulunmaktadır. Rüzgâr enerji

santrallerinin kurulduğu bölgeler arasında 1. sırayı Ege Bölgesi alırken 2. sırayı Marmara Bölgesi almaktadır (TUREB, 2018: 19).

Grafik 6. Bölgelere Göre Rüzgâr Enerji Kurulu Güçleri



Kaynak: TUREB, Rüzgâr Enerji İstatistikleri Raporu, 2018. (Erişim tarihi: 25.12.2018)

Rüzgâr enerji santrallerinin faaliyet bölgeleri, o bölgelerin rüzgâr potansiyellerine göre belirlenmektedir. Diğer bölgelere göre daha yüksek rüzgâr potansiyeline sahip Ege ve Marmara Bölgesi'nde de santral sayısı ve kurulu güç daha fazladır. Ege Bölgesi'nde rüzgâr enerji santrallerinin kurulu güçleri 2.728,95 MW iken, bu kurulu güç Marmara Bölgesi'nde 2.378,95 MW kurulu güç seviyesindedir. Akdeniz Bölgesi'ne bakıldığında 933,70 MW kurulu güç bulunmaktadır. İç Anadolu Bölgesi'nde ki rüzgâr kurulu gücü 609,20 MW iken Karadeniz Bölgesi'nde 268,90 MW kurulu güç bulunmaktadır. Grafikte görüleceği üzere en düşük kurulu güce sahip bölge ise 93,05 MW kurulu güç ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'dir.

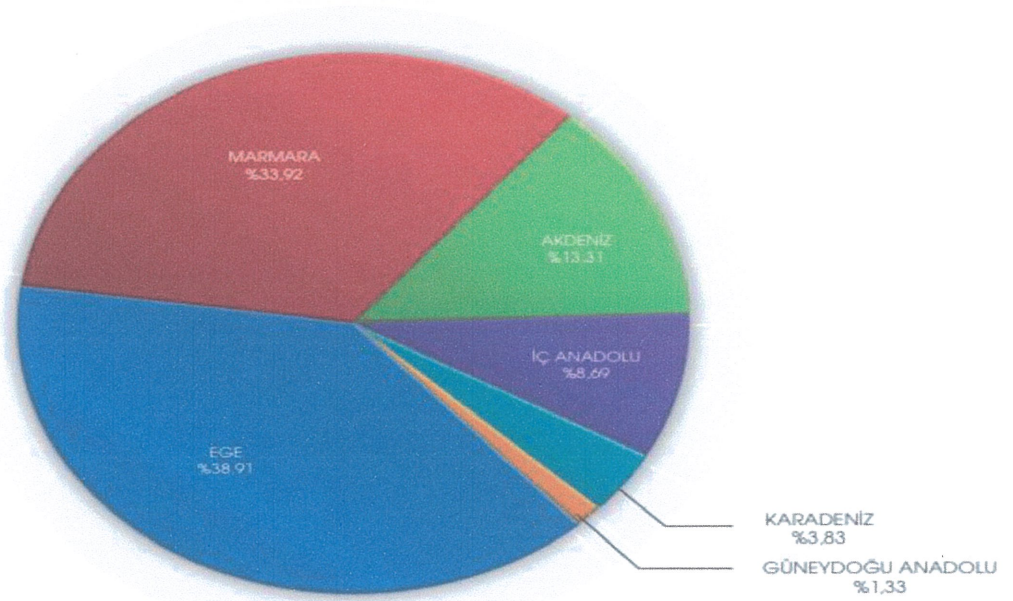
Aşağıdaki pasta grafiğinde rüzgâr santrallerinin bölgelere göre dağılımlarına bakıldığında, %38,91 oranla Ege Bölgesi, %33,92 ile Marmara Bölgesi gelmektedir. Bir önceki bölümde bahsedilen Türkiye rüzgâr enerji potansiyel haritasında görüleceği üzere, Marmara Bölgesi rüzgâr potansiyeli, yüksek bir bölgedir.

Akdeniz Bölgesi'nin Türkiye geneli rüzgâr santralleri dağılımındaki oranı, %13,31 iken, İç Anadolu Bölgesi'nde bu oran %8,69, Karadeniz Bölgesi'nde %3,83, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ise %1,33 seviyesindedir.

TEİAŞ'taki yetkililer ile yapılan görüşmelerde, kurulan rüzgâr enerji santrallerinin üretmiş olduğu elektrik enerjisini alabilmek ve ihtiyaç doğrultusunda dağıtımını gerçekleştirebilmek için, enerji nakil hatlarına yakın olmasının önemli bir ölçüt olduğu ve üretilen enerjiyi uzak mesafelere iletmenin ise yüksek bir maliyet olduğu belirtilmiştir (Kemal Özcan, kişisel iletişim, 11 Kasım 2018).

Türkiye nüfus ortalamasının üstünde olan Marmara Bölgesi'nin, enerji ihtiyacını karşılamak için, başka bölgelerde üretilen elektriği yüksek maliyetlere katlanıp iletmeyerek; bölgenin yüksek rüzgâr potansiyelinden verimli bir şekilde faydalanıp, rüzgâr santralleri aracılığı ile elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek potansiyeli bulunmaktadır.

Grafik 7. Bölgelere Göre Rüzgâr Enerji Kurulu Güç Oranları

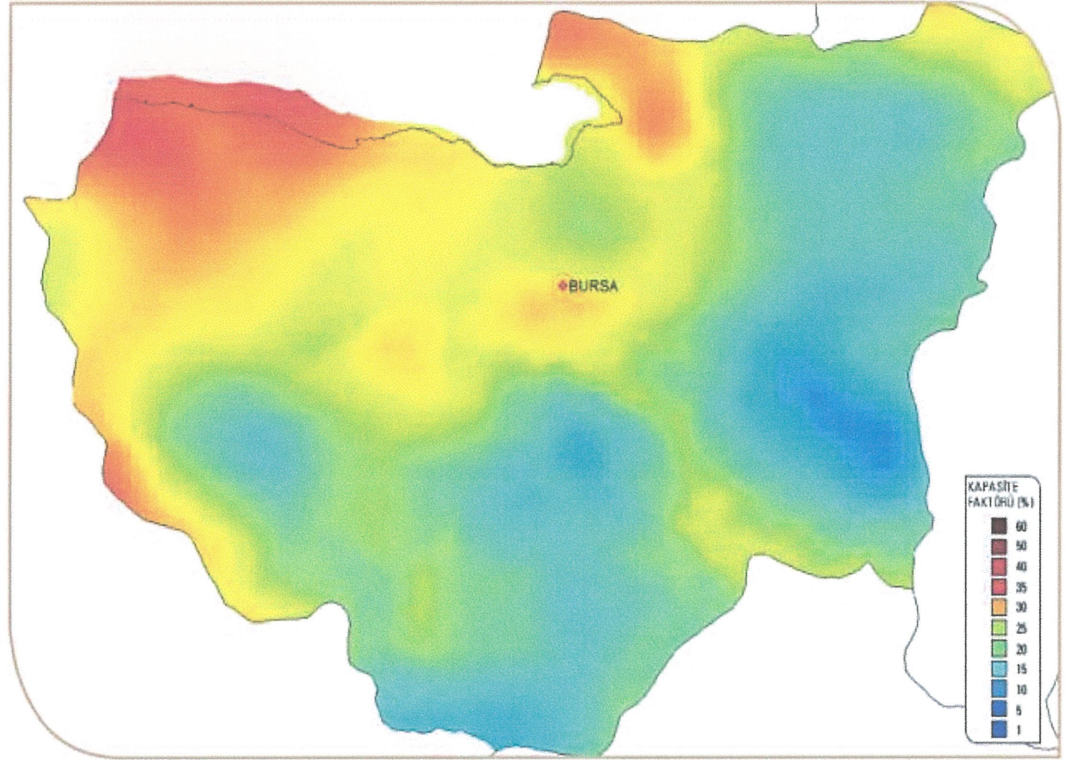


Kaynak: TUREB, Rüzgâr Enerji İstatistikleri Raporu, 2018. (Erişim tarihi: 28.12.2018)

Marmara Bölgesi'nin 2. büyük şehri, Türkiye'nin ise 4. büyük şehri olan Bursa, rüzgâr enerji potansiyeli açısından önemli bir kentimiz konumundadır. Şehrin kuzey kısmında, Gemlik bölgesi, batı kısmında ise Karacabey ve Mustafakemalpaşa bölgesi rüzgâr potansiyeli olarak önemli bölgeleridir. Marmara denizine bakan şehrin kuzey batı kısmı ise rüzgâr enerji potansiyelinin çok daha yüksek olduğu bölgesidir. Aşağıdaki haritada Bursa ilinin 50 metre yükseklikte rüzgâr enerji kapasitesi gösterilmektedir. Rüzgâr enerji santrallerinin ekonomik olarak kurulabilmesi için, rüzgâr tribünün yıllık 8760 saatlik çalışmasının, %35 ve üzeri bir oranda olması gerekmektedir (Çalışkan, 2007:2). Bursa'nın rüzgâr enerji kapasite faktörünün %35 ve üzeri olduğu bölgeler kırmızıyla gösterilen bölgelerdir. Kırmızıyla gösterilen alanlar aynı zamanda rüzgâr hızlarının güçlü ve rüzgâr yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerdir.

Kırmızıyla gösterilen alanlar da ortalama 7-8 m/s hızla esen rüzgârlar mevcuttur. Km/h olarak söylersek 25,2-28,8 km/h hızla esen rüzgârlar mevcuttur. Marmara Deniz'ine bakan bu kıyılarda oluşan rüzgârlar sabittir ve yılın her döneminde mevcuttur.

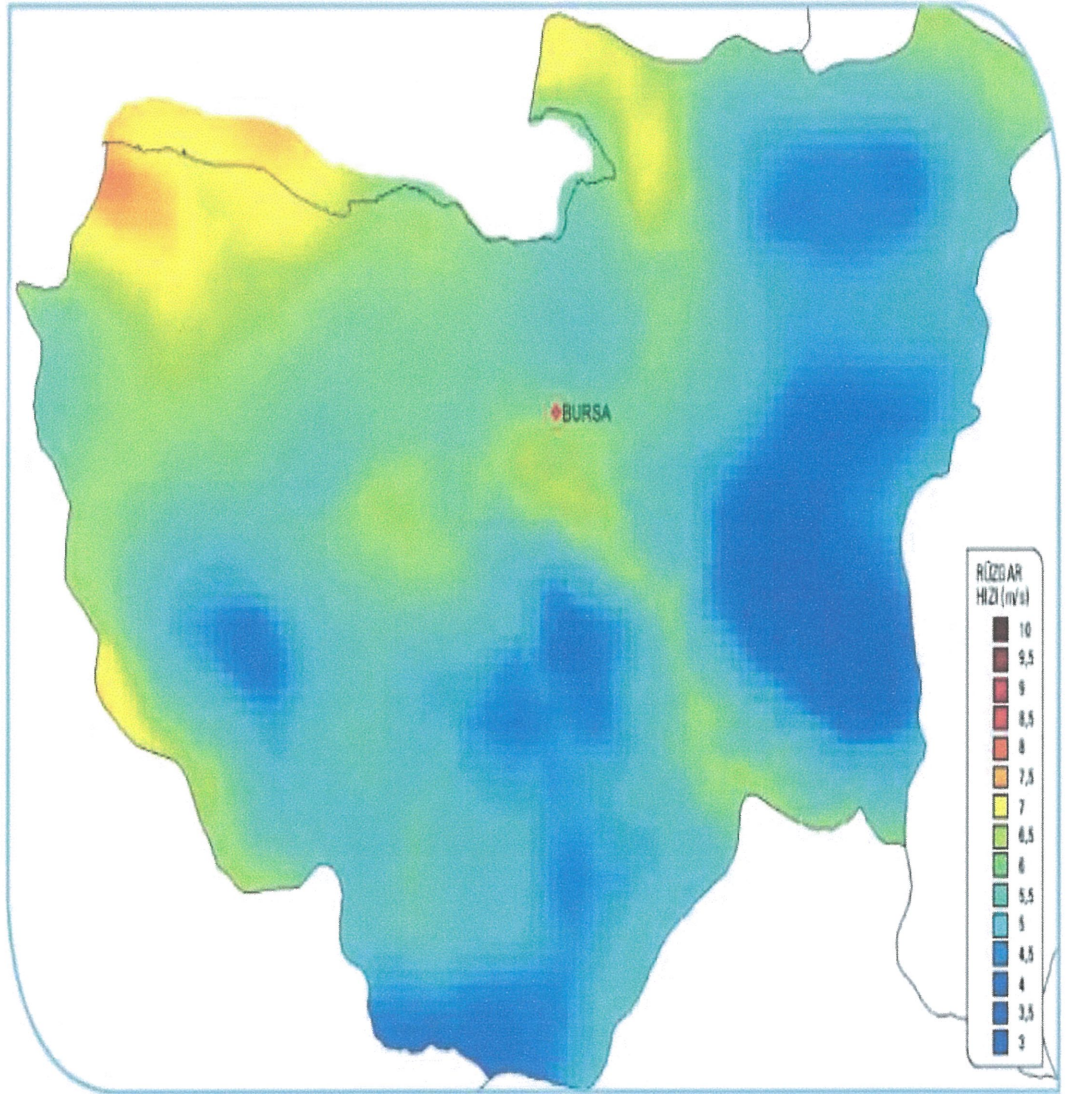
Şekil 13. Bursa'nın Rüzgâr Enerji Kapasitesi



Kaynak: <http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/BURSA-REPA.pdf> (Erişim tarihi: 24.11.2018)

Kapasite oranına göre Bursa'da rüzgâr enerjisine bakıldığında Bursa önemli bir potansiyel barındırmaktadır. Yapılan uzman görüşmelerinde büyük olmayan orta ölçekli rüzgâr üretim tesisleriyle, yukarıdaki haritada sarı olarak gösterilen alanlar, rüzgâr enerji üretiminde değerlendirilebilir. Teknik olarak açıklarsak, 4 MW kurula güce sahip olan rüzgâr tribünleri değil; daha küçük 2 MW'lık ya da 3 MW'lık kurulu güce sahip rüzgâr tribünlerinin tercih edilmesi, Bursa'da rüzgâr enerjisiyle elektrik üretimini arttırabilecektir.

Şekil 14. Bursa Rüzgâr Hız Haritası



Kaynak: <http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/BURSA-REPA.pdf> (Erişim tarihi: 30.12.2018)

Yukarıdaki harita Bursa'nın rüzgâr hız haritasını göstermektedir. Ortalama olarak rüzgâr enerji santralinin kurulabilmesi için, rüzgâr hızının kaynaklarda 6 m/s olarak esmesi gerekliliğinden bahsedilmektedir (Çalışkan, 2007:5).¹

Yukarıdaki haritaya bakacak olursak, hâkim renk yeşil ve daha sıcak renklerdir. Bu renklerde, Bursa rüzgâr haritasının çoğunluğunu oluşturmaktadır. Bu da demek oluyor ki Bursa rüzgâr hızıyla önemli bir rüzgâr enerji potansiyeli oluşturabilmektedir.

Bursa üzerinde yapılan teknik araştırmalarda, bulunan bir diğer veri ise, teknik ve ekonomik yönden elverişli, Bursa'da kurulabilecek rüzgâr enerji santrallerinin kurulu güç potansiyelleridir. Bu potansiyel teorik bir potansiyel değil, teknik ve ekonomik bir potansiyeldir.

Aşağıdaki Tabloda görüldüğü üzere, birinci sütunda 50 metre yükseklikte bir metrekare alana düşebilecek wat cinsinden enerji potansiyeli gösterilmiştir. İkinci sütunda ise teknik olarak orta-iyi ve iyi sayılabilen rüzgâr hızları gösterilmiştir. Rüzgâr hızlarının yanında, üçüncü sütunda rüzgâr santrali kurulabilecek alanların kilometrekare cinsinden kapladığı alan gösterilmektedir. Toplam kurulabilecek rüzgâr enerji santralleri ise 776,34 kilometrekaredir. Bu oran Bursa'nın toplam yüzölçümüyle kıyaslandığında 14'te 1 oranına denk gelmektedir. Oransal olarak düşük ama sayısal olarak yüksek ve potansiyel olarak da verimli bir bölge tam kapasite kullanılabilirse, Bursa'nın ihtiyaç duyduğu enerjiden çok daha fazlasını üretebilecektir. 776,34 kilometrekare alandaki toplam kurulabilecek kurulu güç ise 3.881,68 MW'tır.

Bursa'da en çok 6,8-7,5 m/s hızıyla esen rüzgârlar bulunmaktadır. Bu rüzgârların kapladığı alan ise 683,60 kilometrekaredir. Bu alandaki kurulabilecek toplam kurulu güç ise 3.418,00 MW'tır. Sadece bu rüzgâr hızıyla kurulabilecek, toplam kurulu gücü 3.418 MW'a sahip rüzgâr enerji santralleriyle Bursa'nın toplam elektrik ihtiyacından çok daha fazlasını üretebileceği mümkün görünmektedir.

¹ Bursa Uludağ Üniversitesinin kampüs içerisinde rüzgâr hız ölçüm istasyonu bulunmaktadır. Çevre Mühendisliği bölümünden elde edilen ölçüm verileri 1,6 m/s ile yetersiz sayılabilen rüzgâr hızı olduğu söylenebilmektedir(Sıddık CİNDORUK, kişisel iletişim, 5 Aralık 2018).

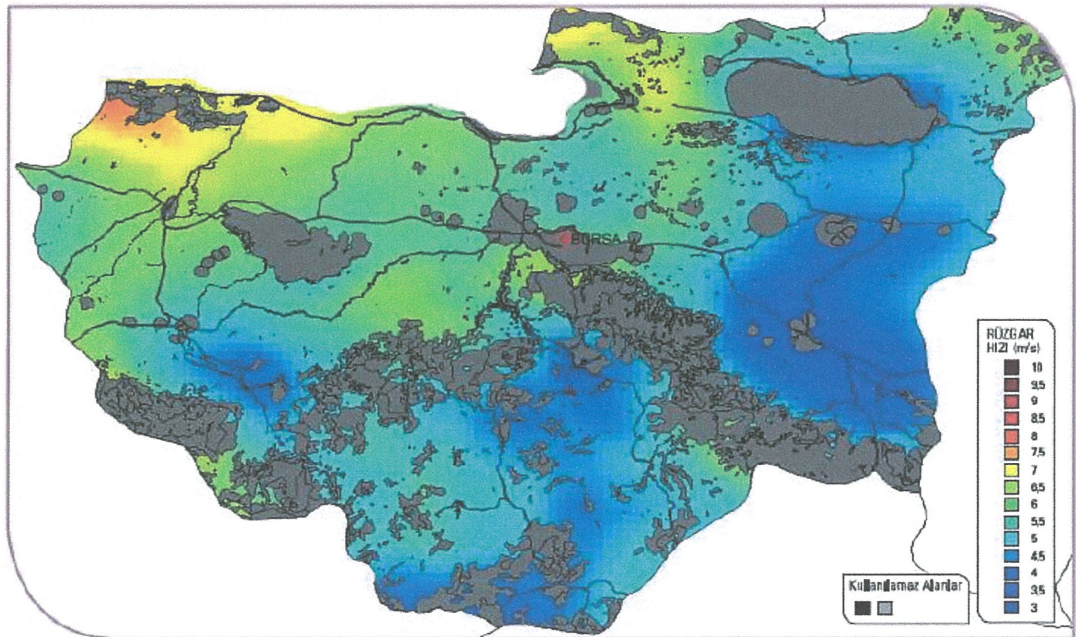
Tablo 23. Bursa’da Kurulabilecek Rüzgâr Enerji Güç Potansiyeli

50 m’de Rüzgar Gücü (W/m ²)	50 m’de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km ²)	Toplam Kurulu Güç (MW)
300 – 400	6.8 – 7.5	683,60	3.418,00
400 – 500	7.5 – 8.1	85,22	426,08
500 – 600	8.1 – 8.6	5,23	26,16
600 – 800	8.6 - 9.5	2,29	11,44
> 800	> 9.5	0,00	0,00
		776,34	3.881,68

Kaynak: <http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/BURSA-REPA.pdf> (Erişim tarihi: 25.12.2018)

Yukarıdaki harita Tablonun haritalandırılmış halidir. Bursa’da kurulabilecek 3.881,68 MW kurulu gücün kurulabileceği alanları göstermektedir. Koyu ve gri renklerle gösterilen alanlar rüzgâr enerji santrallerinin kurulamayacağı alanlardır. Bunlar yerleşim yerleri, sit alanları, göller, endemik bitki türlerinin bulunduğu alanlar, milli parklar gibi alanlardır.

Şekil 15. Rüzgâr Enerji Santrali Kurulabilecek Alan Haritası



Kaynak: <http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/BURSA-REPA.pdf> (Erişim tarihi: 25.12.2018)

Bursa’da kurulabilecek rüzgâr enerji kurulu güç kapasitesi, çalışmanın yapıldığı 2007 yılının teknoloji şartlarına göre hesaplanmıştır. 1 MW’lık tribünlerle kilometrekareye 5 tribün kurulabilir prensibinden hareketle (kilometrekareye 5 MW) 3.881,68 MW kurulu güç kapasitene ulaşılmıştır. Günümüz teknoloji şartlarını göz önüne aldığımızda kilometrekareye 4 tribün ve her tribünün 4 MW gücüyle toplamda 16 MW’lık gücün kurulabilmesi mümkündür. Bu teorik mantıkla hesapladığımızda Bursa’da 12.421,44 MW maksimum kurulabilecek rüzgâr enerji potansiyelinin bulunduğu söylenebilmektedir. Ortalama ise kilometrekareye 10 MW’lık kurulu gücün olabilmesidir. Bursa’da bir kilometrekarede 10 MW’lık güç ile kurulabilecek potansiyeli hesapladığımızda 7.763,4 MW’lık kurulabilecek bir potansiyel karşımıza çıktığı söylenebilmektedir.

Bursa’da kurulabilecek rüzgâr enerji santrallerinin toplam kurulu gücü 3.881,68 MW iken, mevcutta 120 MW kurulu güç ile potansiyelin çok altında üretim yaptığı açıkça görülebilmektedir. Bursa, en düşük hesaplama ile 3.881,68 MW potansiyeli kullanabilirse, toplam elektrik ihtiyacını rüzgâr enerjisiyle karşılayabilecek bir duruma sahip olabileceği söylenebilmektedir. Yeni teknolojiye göre 7.763,4 MW’lık potansiyel ile enerji üretimi gerçekleştirebilirse toplam elektrik ihtiyacının 2 katından daha fazla bir üretim gerçekleştirebilecek potansiyeli olduğu söylenebilmektedir.

3.2. Bursa’da Güneş Enerji Santralleriyle Elektrik Enerjisi Üretimi

Türkiye dünya coğrafyasında 26-45 Doğu boylamları 36-42 Kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Türkiye belirtilen coğrafi konumu itibarıyla güneş kuşağı içinde yer almaktadır. Güneş kuşağında bulunmasıyla birçok ülkeye göre daha avantajlı konumdadır.

Güneş enerjisiyle elektrik üretimi teorik olarak yeni bir konu olmamasına rağmen, kullanılabilirliği açısından yeni bir girişimdir. Dünya’da ve Türkiye’de güneş enerjisiyle elektrik üretimi yeni bir alan olduğundan, Bursa’da da güneş enerji santralleri sayıca azdır. Bursa’da güneş enerjisiyle elektrik üretimi yapan santraller aşağıda Tablo 24’te gösterilmiştir.

Tablo 24. Bursa’da Üretim Yapan Güneş Enerji Santralleri

Sıra	Santral Adı	İl - İlçe	Kurulu Güç
1	Olca Salça Bursa GES	Bursa, Karacabey	1,00 MW
2	Beybi Plastik Bursa Güneş Enerjisi Santrali	Bursa, Kestel	0,85 MW
3	Özlüce Atıksu Arıtma Güneş Santrali	Bursa, Nilüfer	0,22 MW
4	Hibrid Otomotiv GES	Bursa	0,18 MW
5	Gürsu Belediyesi Güneş Enerji Santrali	Bursa, Gürsu	0,093 MW
6	İnegöl Mediha-Hayri Çelik Fen Lisesi Güneş Enerjisi Tesisi	Bursa, İnegöl	0,023 MW
7	Görükle Güneş Enerji Santrali	Bursa, Nilüfer	0.25 MW
8	Dobruca Güneş Enerji Santrali	Bursa, Osmangazi	0,25 MW

Kaynak: <https://www.enerjiatlası.com/gunes-enerjisi-haritasi/bursa>, UEDAŞ (Erişim Tarihi: 15.01.2019)

Bursa’da güneş enerjisiyle üretim yapan 8 santral bulunmaktadır. Bu santrallerin üçü özel şirketlere, dördü belediyelere, biri de fen lisesine aittir. Bursa’nın en büyük güneş enerji santrali Karacabey’de 1 MW’lık kurulu gücüyle üretim yapmaktadır. Kestel’de ise 0,85 MW’lık kurulu gücüyle Bursa’nın ikinci büyük güneş enerji santrali bulunmaktadır. Büyükşehir Belediyenin kurmuş olduğu Nilüfer ilçesinde bulunan 0,22 MW’lık kurulu güce sahip güneş enerji santrali ise Bursa’nın üçüncü büyük güneş enerji santralidir. Dördüncü sırada 0,18 MW’lık kurulu güce sahip Hibrid Otomotiv güneş enerji santrali yer almaktadır. Beşinci sırada Gürsu Belediyesinin kurmuş olduğu 0,093 MW’lık kurulu güce sahip güneş enerji santrali bulunmaktadır. Bursa’nın altıncı güneş enerji santrali ise fen lisesine ait 0,023 MW’lık kurulu güce sahip güneş enerji santralidir. Bursa’nın yedinci güneş enerji santrali ise, Büyükşehir Belediyesine bağlı 0,25 MW kurulu güce sahip, Görükle güneş enerji santralidir. Sekizinci güneş enerji santrali yine Büyükşehir Belediye’ye ait 0,25 MW kurulu gücü ile Dobruca güneş enerji santralidir (İsmail Arabacı, kişisel iletişim, 15 Ocak 2019).

Sayıda az olan güneş enerji santrallerinin artması için gerekli yatırım hamleleri yapılmaktadır. Ancak güneş enerji santrallerinin artması hususunda gerçekleştirilen proje, fizibilite ve araştırma süreçlerinin eksik ve özensiz yapılmış olmaları yüzünden bazı güneş enerji santral projeleri durdurulmuştur. Geçtiğimiz yıllarda Mustafakemalpaşa ilçesinde Bursa'nın en büyük güneş enerji santralinin kurulması planlanıyordu. 7 MW'lık kurulu gücüyle Bursa'da önemli bir üretim gerçekleştirmesi öngörülmüyordu. Güneş enerji santrali için tahsis edilen alan, yakınındaki baraj alanının su toplama havzası olduğu için proje iptal edilmiştir. Daha iyi fizibilite çalışmaları yapılarak Bursa'da güneş enerji santrallerinin sayıca artışı gerçekleştirilebilir.

Güneş enerji santrallerinin yukarıda bahsedilen kurulu güçleri MW cinsiyle ifade edilmiştir. KW cinsiyle ifade edildiğinde daha iyi anlaşılacaktır. 0,023 MW kurulu gücü, 1000 ile çarptığımızda 23 KW kurulu güç anlamına gelmektedir. İki değer aynı anlama sahiptir, sadece birimleri farklıdır. 23 KW kurulu güce sahip bir güneş enerji santralinin bir saatlik güneş ışıınımı ile üretebileceği maksimum elektrik enerjisini ifade etmektedir. Bir evin elektrik ihtiyacı günlük 2,5-3 KW olarak belirlenirse, yaklaşık 7-8 evin günlük elektrik ihtiyacını 1 saatlik üretimi ile gerçekleştirebilmektedir. Fen lisesinin sahip olduğu güneş enerji santrali ile yıllık elektrik ihtiyacının üzerinde bir üretim gerçekleştirmektedir.

Bursa'da güneş enerji santrallerinin ilk üretime başladığı yıl 2014 yılıdır. Aşağıda Tablo 25'te Bursa'da güneş enerjisiyle, elektrik üretim miktarları ve üretim tarihleri gösterilmiştir.

Yukarıda Tablo 24'te gösterilen veriler, Enerji Atlası'nın Bursa'da ilan ettiği toplam enerji santralidir. İlan edilen güneş enerji santrallerinin toplam kurulu güçlerinin üzerinde bir kurulu güç ile elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilmektedir. Mevcut kurulu gücün üzerindeki santral ve sistemleri göremememizin sebebi, bakanlığın ve Enerji Atlası'nın sistemlerinde olmamasından kaynaklanmaktadır. Çünkü bu santral veya sistemler küçük çaplı üretimlerdir. Evlerin çatılarında, bahçelerinde veya balkonlarında, apartmanların çatılarında yapılan üretimler görülememektedir.

Uludağ Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi'nden alınan bilgilere göre Bursa'da toplam güneş enerji kurulu gücü 2014 yılında 0,12 MW ile 123.105 KW elektrik

enerjisi üretimi gerçekleştirilmiştir. 2015 yılına gelindiğinde 1,21 MW kurulu güç artışı ile 193.039 KW olarak üretim yaptığı görülebilmektedir.

2016 yılındaki üretimde ciddi bir artış meydana geldiği görülmektedir. Bu artışın sebebi, güneş enerji santral sayılarının artması ve sistemsel olarak görülemeyen ferdi üretimlerin artması olarak açıklanabilmektedir. Yıllar içerisinde yeni güneş enerji santralleri kurulmaya başlaması ve kurulan santrallerin de üretime geçmesiyle 2016 yılı güneş enerjisiyle elektrik üretimi 2,83 MW kurulu gücü ile 1.633.682 KW olarak gerçekleşmiştir. 2017 yılında da güneş enerji santrallerine yapılan yatırımlarla, üretimdeki ciddi artış devam etmektedir. 2017 yılı sonunda 16,92 MW kurulu güç ile 12.135.643 KW elektrik enerjisi üretilmiştir. 2018 yılına gelindiğinde elektrik üretiminde ki artışın devam ettiği gözlemlenmekte ve bununla birlikte 2018 yılında(ilk 10 ayda) 36,46 MW kurulu güç ile 46.316.872 KW elektrik enerjisi üretimi yapıldığı görülebilmektedir.

Bursa’da güneş enerji santrallerinin 2014 ve 2015 yılı kuruluş yılları olarak düşünülebilir. Sonraki yıllarda ise güneş enerji santrallerine olan talebin arttığını, bu talep doğrultusunda güneş enerji santrallerinin artmasıyla üretimde sürekli ciddi artışların gerçekleştiğini söyleyebilmekteyiz.

Tablo 25. Bursa Güneş Enerji Santrallerinin Ürettiği Elektrik Enerjisi

Yıllar	Güneş(KW)
2014	123.105
2015	193.039
2016	1.633.682
2017	12.135.643
2018	46.316.872

Kaynak: UEDAŞ, Bursa Güneş Enerji Santralleri Üretim Verileri. (Erişim tarihi 20.11.2018).

Türkiye’nin bölgeleri arasındaki farklı güneşlenme sürelerine ve güneş enerji potansiyellerine bakacak olursak; bazı farklılıklar görülmektedir. Bu farklılıkların temel sebebi ekvatora yakınlık olarak açıklanabilmektedir.

Tablo 26. Bölgelere Göre Güneşlenme Süreleri ve Güneş Enerji Miktarları

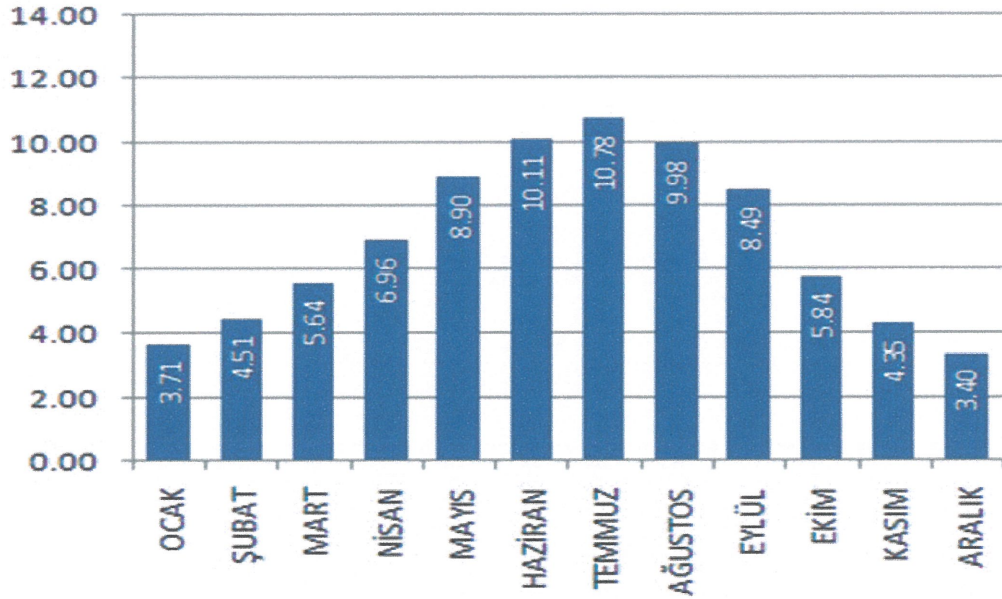
Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (KW/Metre-kare-Yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/Yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Kaynak: Çanka Kılıç, F. (2015). Güneş Enerjisi, Türkiye’deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri. Mühendislik ve Makine, 56. http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/09677e0899d72e8_ek.pdf (Erişim tarihi: 18.12.2018).

Yukarıdaki Tablo 26 incelendiğinde Türkiye’nin yedi bölgesinin güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süreleri gösterilmektedir. En yüksek güneşlenme süresi yıllık 2993 saat ve güneş enerji potansiyeli yıllık metre-kareye 1460 KWh ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ne aittir. İkinci sırada Akdeniz Bölgesi gelmektedir. Yıllık 2956 saat güneşlenme süresi ve yıllık metre-kareye 1390 KWh güneş enerji potansiyeline sahiptir. Üçüncü sırada yıllık 2664 saat güneşlenme süresi ve yıllık metre-kareye 1365 KWh güneş enerji potansiyeli ile Doğu Anadolu Bölgesi gelmektedir. Dördüncü sırada yıllık 2628 saat güneşlenme süresi ve yıllık metre-kareye 1314 KWh güneş enerji potansiyeli ile İç Anadolu Bölgesi gelmektedir. Beşinci sırayı yıllık 2738 saat güneşlenme süresi ve yıllık metre-kareye 1304 KWh güneş enerji potansiyeli ile Ege Bölgesi almaktadır. Son sırada ise Karadeniz Bölgesi yer almaktadır. Yağmurlu ve bulutlu bir coğrafyaya sahip olan Karadeniz Bölgesi’nin ise yıllık 1971 saat güneşlenme süresi ve yıllık metre-kareye düşen 1120 KWh güneş enerji potansiyeli bulunmaktadır.

Bursa’nın da içerisinde bulunduğu Marmara Bölgesi ise yıllık 2409 saat güneşlenme süresi ve yıllık metre-kareye düşen 1168 KWh güneş enerji potansiyeli ile altıncı sırada yer almaktadır.

Grafik 8. Bursa'nın Güneşlenme Süresi (saat/ay)



Kaynak: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/pages/16.aspx> (Erişim Tarihi: 11.11.2018)

Bursa'nın güneşlenme süresine bakacak olursak; yukarıda ki grafikte Bursa'nın aylık güneşlenme süresi gösterilmektedir. Kış mevsiminde aralık, ocak, şubat aylarında en düşük güneşlenme sürelerine sahiptir. Kış mevsimi içerisinde en yüksek güneşlenme süresi mevsimin bittiği ay olan şubat ayında gerçekleşmektedir. Bursa, şubat ayında günde ortalama 4,51 saat güneşlenme süresine sahiptir. İlkbahar mevsiminde güneşlenme süresinde artış meydana gelmektedir. İlkbahar mevsiminin en yüksek güneşlenme süresi mayıs ayı içerisinde günlük ortalama 8,90 saat ile gerçekleşmektedir.

Yıllık en yüksek güneşlenme süreleri ise yaz mevsiminde haziran, temmuz, ağustos aylarında oluşmaktadır. Haziran ayı günlük ortalama güneşlenme süresi 10,11 saat, temmuz ayı günlük güneşlenme süresi 10,78 saat, ağustos ayı günlük ortalama güneşlenme süresi 9,98 saat olarak söylenebilmektedir. Yaz mevsiminin en yüksek güneşlenme süresi temmuz ayına aittir.

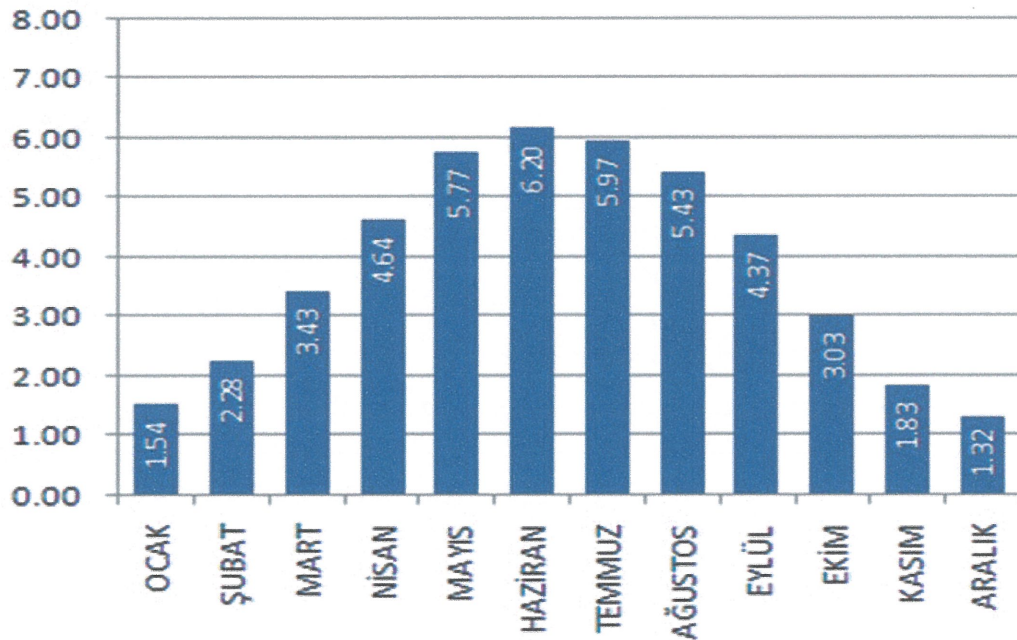
Sonbahar mevsiminin gelmesiyle güneşlenme süresinde düşüş yaşanmaya başlamaktadır. Sonbahar mevsiminin ay olarak en yüksek güneşlenme süresi eylül ayına aittir.

Türkiye'nin ortalama güneşlenme süresi olan günlük 7,5 saat ile Bursa'yı kıyasladığımız zaman, ay olarak mayıs, haziran, temmuz, ağustos, eylül ayları Türkiye ortalamasının üzerindedir. Bursa'nın nisan ayı günlük ortalama güneşlenme süresi 6,96 saat ile Türkiye ortalaması olan 7,5 saate çok yakındır.

Bursa'nın yıllık ortalama güneşlenme süresi ise 2480 saattir. Türkiye'nin yıllık ortalama güneşlenme süresi olan 2740 saate oldukça yakın bir değere sahiptir.

Işınım değeri ise, güneş enerjisi potansiyelini, bir başka deyişle güneşten üretilebilecek elektrik potansiyelini göstermektedir. Aşağıdaki grafikte Bursa'nın ışıınım değerleri aylık olarak gösterilmektedir.

Grafik 9. Bursa'nın Güneş Işınım Değerleri(KWh/m²-gün)



Kaynak: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/pages/16.aspx> (Erişim tarihi: 11.11.2018)

Bursa'nın en düşük güneş ışıınım değerleri kış mevsiminde gerçekleşmektedir. Aralık ayında günlük metrekareye 1,32 KWh, ocak ayında 1,54 KWh, şubat ayında 2,28

KWh güneş enerjisi düşmektedir. Kış mevsiminin en yüksek güneş ışı nım değeri şubat ayında gerçekleşmektedir.

İlkbahar mevsimiyle birlikte mart ayında günlük ortalama 3,43 KWh, nisan ayında 4,64 KWh, mayıs ayında 5,77 KWh güneş enerjisi düşmektedir. Güneş ışı nım değ erleri ilkbahar mevsimiyle birlikte artış göstermektedir. İlkbahar mevsiminin en yüksek güneş ışı nım değ erleri ise mayıs ayına aittir. Yaz mevsimine gelindiğ inde yıllık en yüksek güneş ışı nım değ erleri düşmeye başlamaktadır. Haziran ayında günlük metrekareye 6,20 KWh, temmuz ayında 5,97 KWh, ağ ustos ayında 5,43 KWh güneş enerjisi düşmektedir. Yaz mevsiminin en yüksek güneş ışı nım değ eri haziran ayında gerçekleşmektedir.

Sonbahar mevsiminde ise güneş ışı nım değ erleri düşüş e geçmektedir. Eylül ayında günlük metrekareye 3,37 KWh, ekim ayında 3,03 KWh, kasım ayında 1,83 KWh güneş enerjisi düşmektedir. Sonbahar mevsiminin en yüksek ışı nım değ erleri ise mevsimin baş langıcı olan eylül ayında gerçekleşmektedir. Bursa'nın nisan ve eylül ayları arası ışı nım ş iddetinin yüksek olduğ u zamanlardır.

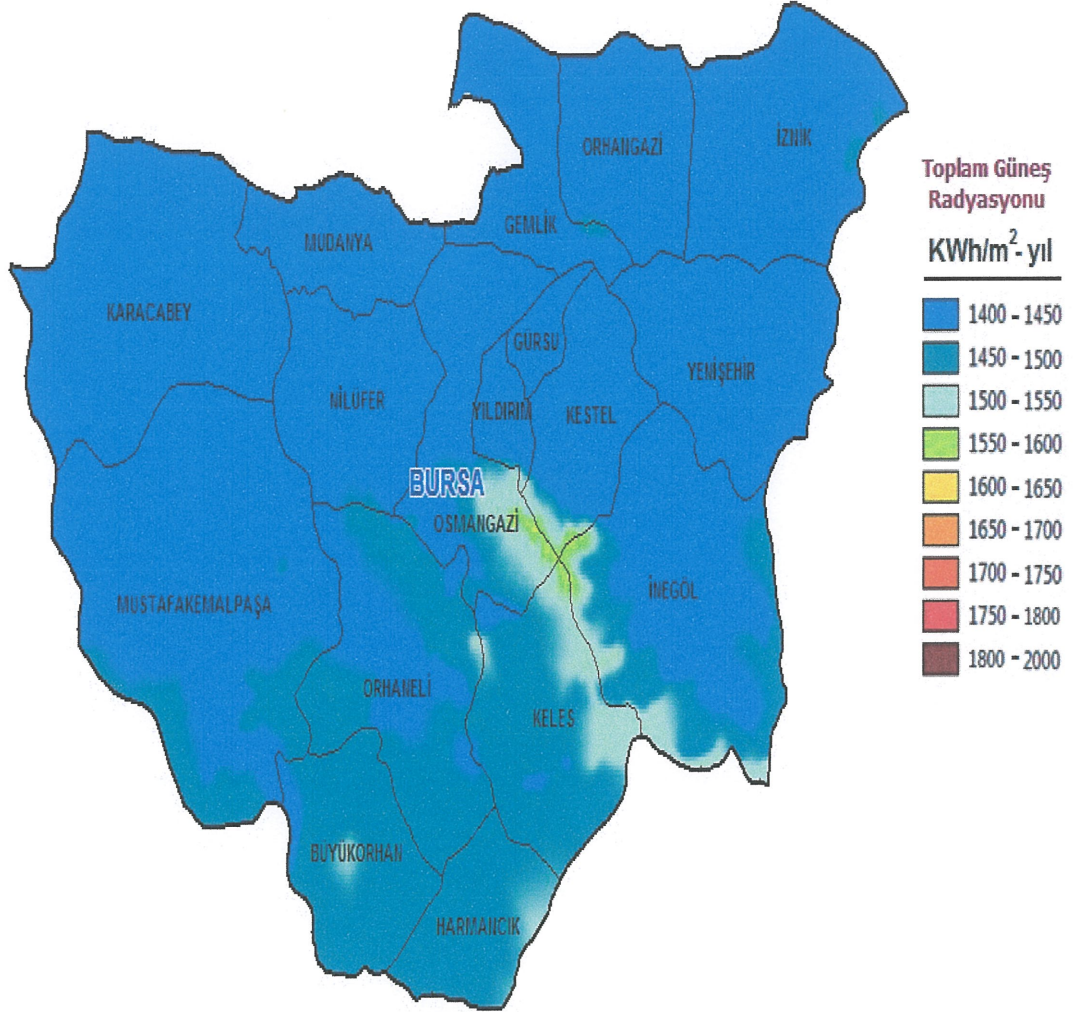
Türkiye'nin ortalama yıllık güneş ışı nım ş iddeti metrekareye 1.525 KWh'tir. Bursa'nın ise ortalama yıllık güneş ışı nım ş iddeti metrekareye 1.374 KWh'tır.

Türkiye'nin ortalama günlük güneş ışı nım ş iddeti metrekareye 4,18 KWh iken; Bursa'da bu değ er 3,81 KWh'tır.

Bursa güneş ışı nım değ erleri(güneş enerji potansiyeli) Türkiye ortalamasına yakın bir seyir izlemektedir.

Bursa'nın güneş enerji potansiyeline, yani güneş ışı nım değ erine haritadan bakıldığında, aşağıda gösterilen harita karş ımıza çıkmaktadır.

Şekil 16. Bursa Güneş Enerji Potansiyel Haritası



Kaynak: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/pages/16.aspx> (Erişim tarihi: 12.11.2018)

Bursa güneş ışınlm haritası incelendiğinde; Karacabey, Mudanya, Yenişehir ilçelerinde, Nilüfer'in, Orhangazi'nin, Osmangazi'nin, Gemlik'in, Gürsu'nun, Kestel'in ve İznik'in büyük kısmı yıllık metrekareye 1400-1450 KWh değerleri arasında güneş ışınlm şiddeti düştüğü görülmektedir. Bursa'nın kuzeyinde kalan bu ilçeler güneyine göre daha az güneş ışınlm değeri aldığı söylenebilmektedir. Bahsedilen ilçelerin Türkiye ortalaması olan yıllık metrekareye düşen güneş ışınlm şiddeti 1.525 KWh güneş enerji ortalamasının altında kaldığı görülmektedir.

Bursa'nın güneyinde kalan Büyükorhan, Orhaneli, Harmancık, Keles ilçeleri yıllık metrekaareye 1450-1500 KWh değerleri arasında güneş ışınlm şiddeti düştüğü görölmektedir.

Bursa'da 1500-1550 KWh güneş ışınlm değerlerinin oluştuğu alanlar da gözlemlenmiştir. Büyükorhan ilçesinin orta kısmı, Harmancık, Orhaneli, Keles, İnegöl, İznik ilçelerinin doğu kısımları, İnegöl'ün batı, güney ve doğu kısımları, Kestel'in doğusu ve güneyi, Osmangazi'nin güneydoğusu, Nilüfer'in güneyi, Orhaneli'nin kuzeyinde güneş ışınlm şiddeti 1500-1550 KWh değerleri arasında yer almaktadır. Belirtilen alanlardaki değerler, Bursa güneş ışınlm ortalamasının üstünde yer almaktadır. Türkiye güneş ışınlm ortalaması olan 1.525 KWh değerini de yakaladığı görölmektedir.

Bursa'nın en şiddetli güneş ışınlm değerleri Osmangazi, Keles, İnegöl ve Kestel İlçelerinin kesiştiği alan da oluşmaktadır. Bahsedilen alanda yıllık metrekaareye 1600-1650 KWh değerleri arasında güneş ışınlm şiddeti geldiği söylenebilmektedir. Bu bölgede yıllık metrekaareye düşen güneş ışınlm şiddeti, Türkiye ortalaması olan 1.525 KWh'in üzerindedir. Belirtilen bölgeyi Bursa ortalamasıyla kıyasladığımızda, Bursa'nın yıllık metrekaareye düşen ortalama güneş ışınlm değeri olan 1.374 KWh'in üzerinde yer aldığı görölmektedir.

Bursa'nın güneş enerji potansiyeli göröldüğü gibi Türkiye güneş ışınlm ortalamasına yakın ve yer yer Türkiye güneş ışınlm ortalamasının üzerinde yer almaktadır. Bursa'nın güneş enerji potansiyelinden yararlanabilmek için, birçok firma bu konuda yatırım yapmaya başlamaktadır.

3.3. Bursa'da Hidroelektrik Enerji Santralleriyle Elektrik Enerjisi Üretimi

Önemli gezginlerimizden, Evliya Çelebi Bursa'yı gezerken dikkatini çeken, şehrin her yerinden akan sular olmuştur. Evliya Çelebi, Bursa'nın sularını ve çeşmelerini anlatıp, Uludağ'dan akan suyun ne kadar lezzetli olduğundan bahsedip, sonunda "velhasıl Bursa sudan ibarettir" demiştir.

Evliya Çelebi'nin dediği gibi Bursa su bakımından zengindir, ancak Bursa ili sınırları içerisinde büyük bir nehir bulunmamaktadır. Sayıca çok fazla irili ufaklı dereler bulunmakta, bu dereler çaylar ile birleşmektedir. Bursa'nın önemli akarsularından olan Nilüfer çayı, Keles ilçesinin, Bağlı köyü civarında doğarak, Nilüfer ilçesinden geçip Karacabey ilçesinden Marmara Denizi'ne dökülür. Nilüfer çayının toplam uzunluğu 168 km'lik bir mesafedir.

Nilüfer çayının bir diğer kolu olan Deliçay, ilkbahar mevsimlerinde çok hızlı aktığı için bu adı almıştır. İrili ufaklı bir çok derenin; Balıklı, Kaplıkaya, Gölbaşı sularını toplayarak, Bursa'nın içinden geçip; Alaşar, Namazgah, Cilimboz, Gökdere, Karıncadere derelerini toplayarak ilerler.

Göksu ise, Uludağ'ın kuzey kısmından doğup, Bilecik şehrini dolanıp, Sakarya Nehri'ne bağlanmaktadır. Aras Gözesi de Uludağ'ın zirvesinden kayalar arasından çıkan, Aras vadisini geçerek Nilüfer çayını besleyen önemli bir su kaynağıdır.

Sol dere suyu ise, Mustafakemalpaşa ilçe sınırları içerisinde Söğütalan köyünde doğmaktadır. Buradan Mustafakemalpaşa çayına akmaktadır.

Uludağ'dan doğan Nilüfer çayının, Güney Marmara Bölgesi'nin en büyük ırmağı olan Susurluk ırmağına döküldüğü noktada buluşma alanı gibi olan yerde Kocadere başlamaktadır. Kısa bir ırmak olan Kocadere 20 km uzunluğunda, geniş ırmak gövdeli bir akarsudur. Karacabey ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır.

Mustafakemalpaşa çayı, Kütahya sınırlarından doğup, Bursa'nın Orhaneli ve Mustafakemalpaşa ilçelerinden geçmektedir. Bu çay geçtiği ilçelerde farklı isimlerle anılmaktadır; Mustafakemalpaşa'da Kirmasti olarak anıldığı gibi. Çayın toplam uzunluğu ise 155 km civarındadır. Çayı besleyen çok sayıda dere bulunmaktadır. Emet çayı, Sarp dere, Değirmendere, Alev çayı ve Şapçı çayı, Mustafakemalpaşa çayını besleyen derelerin bir kısmıdır. Çayı besleyen derelerin aynı zamanda şelaleleri de birer doğa harikasıdır. Değirmendere üzerinde bulunan Kösehoroz şelalesi, Şapçı çayı üzerinde bulunan Şapçı şelaleleri birer doğa harikasıdır.

Bursa şehri, Kösehoroz, Şapçı şelalelerinin yanı sıra birçok doğa harikası şelaleleri de barındırmaktadır. Bunlardan; Küreklidere, Uludağ'ın 1800 metre

yüksekliğinden doğup, birçok küçük büyük şelaleler oluşturarak akmaktadır. Bu şelalelerin en büyüğü Küreklidere şelalesidir. Yıldırım ilçesi, Hamamlıkızık mevkiinde bulunmaktadır. Bir diğer şelale ise Güvercinlik dere üzerindeki kanyonda oluşan Saitabat Şelalesi'dir. Kestel ilçe sınırları içerisinde. Su kaynaklarının oluşturduğu bu şelalelerin bir diğeri ise İnegöl de bulunan Oylat deresinin oluşturduğu Oylat Şelalesi'dir. Bir diğeri ise Gemlik'te bulunan, Nacaklı derenin üzerinde yer alan Suduşen Şelalesi'dir. Bir diğer şelale ise Mustafakemalpaşa ilçe sınırları içerisinde bulunan Suuçtu Şelalesi'dir.

Evliya Çelebinin “Bursa sudan ibarettir” sözünün doğru olduğunu, şehrin her yerinden akan irili ufaklı derelerin olduğunu, bu derelerin birleşerek güçlü çayları oluşturduklarını, hatta kısa mesafeli ırmaklar oluşturdukları söylenebilir.

Şehrin her yerinde su kaynaklarının olması, artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek adına, suyun gücünü enerjiye çevirerek yararlanabilmek için, hidroelektrik enerji ile elektrik üretim santralleri Bursa'da da varlığını göstermeye başlamıştır.

Aşağıdaki Tablo 27, Bursa'da Hidroelektrik santralleri ve kurulu güçlerini göstermektedir. Tablo incelendiğinde, Bursa'nın en büyük Hidroelektrik santrali 100 MW kurulu gücü ile Uluabat hidroelektrik santrali olduğu görülmektedir. Bu santral Orhaneli çayından beslenmektedir. Akçalar, Fadıllı köyleri mevkinden bir boru ile suyun düşüşü gerçekleştirilip tekrar Uluabat gölüne dökülmektedir.

Bursa'nın ikinci büyük hidroelektrik santrali Devecikonağı barajı ve hidroelektrik santralidir. Sulama ve elektrik üretiminin gerçekleştirildiği baraj ve hidroelektrik santral Emet çayından beslenmektedir. Mustafakemalpaşa'da bulunan santralin 28 MW kurulu gücü bulunmaktadır.

Nilüfer çayı üzerinde bulunan, Egemen hidroelektrik santrali Bursa'nın üçüncü büyük hidroelektrik santralidir. 20 MW kurulu güç ile üretim gerçekleştirmektedir.

Boğazköy barajı ve Hidroelektrik santrali Kocasu çayından beslenmektedir. Bursa'nın dördüncü hidroelektrik santrali, 10 MW kurulu güce sahiptir.

Akdere'nin üzerinde bulunan Akdere hidroelektrik santrali 7,48 MW'lık kurulu gücü ile üretim yapan Bursa'nın beşinci hidroelektrik santralidir.

Tablo 27. Bursa Hidroelektrik Enerji Santralleri

Sıra	Santral Adı	Kurulu güç
1	Uluabat HES	100
2	Devecikonağı Barajı ve HES	28
3	Egemen HES	20
4	Boğazköy Barajı ve HES	10
5	Akdere HES	7,48
6	Suluköy HES	6,92
7	Tüfekçikonağı HES	5,18
8	Gözede 2 Regülatörü ve HES	4
9	Gözede HES	2,40
10	Mustafakemalpaşa Suuçu HES	2,30
11	Oylat HES	1,90
12	İnegöl Cerrah HES	1,18
13	İznik Dereköy HES	0,72
14	D0	0,50
15	D122	0,65
16	D13	1,2

Kaynak: <https://www.enerjiatlası.com/hidroelektrik>, BUSKİ (Erişim tarihi: 14.01.2019).

Ulupınar ve Acısu derelerinden beslenen Bursa'nın altıncı hidroelektrik santrali ise Suluköy hidroelektrik santralidir. Kurulu gücü 6,92 MW'tır.

Tabloda yedinci sırada olan Tüfekçikonağı hidroelektrik santrali 5,18 MW kurulu gücü ile Mezit deresinden beslenerek faaliyet göstermektedir.

Göзде 2 Regülatörü ve hidroelektrik santrali Deliçay'dan beslenmektedir. 4 MW'lık kurulu gücü bulunmaktadır. Deliçay'dan beslenen bir diğer hidroelektrik santral ise Göзде hidroelektrik santralidir ve kurulu gücü 2,40 MW'tır. Deliçay üzerinde iki adet hidroelektrik santralin bulunduğunu söyleyebilmekteyiz.

Suuçtu deresi üzerinde bulunan Suuçtu hidroelektrik santrali ise 2,30 MW'lık kurulu gücü ile Bursa'nın onuncu hidroelektrik santrali konumundadır.

Bir diğer hidroelektrik santral ise Oylat hidroelektrik santrali, Oylat deresinden beslenmekte olup, 1,90 MW kurulu güce sahip olmasıyla Bursa'nın on birinci hidroelektrik santralidir.

Akdere üzerinde bulunan İnegöl Cerrah hidroelektrik santrali 1,18 MW kurulu güce sahiptir. Kaynak suyundan beslenen İznik Dereköy hidroelektrik santrali ise 0,72 MW'lık kurulu güç ile üretimini gerçekleştirebilmektedir.

Tablonun sonunda belediyeye ait, içme suyu sağlayan hidroelektrik santraller yer almaktadır. Belediyeye ait hidroelektrik santraller; D0 isimli hidroelektrik santral 0,50 MW, D122 isimli hidroelektrik santral 0,65 MW, D13 isimli hidroelektrik santral ise 1,2 MW kurulu güce sahiptir.

Bursa'da toplamda 16 hidroelektrik santral ve bu hidroelektrik santrallerin 192,43 MW kurulu güçleri bulunmaktadır.

Devlet su işleri 1. Bölge müdürlüğü ekipleri tarafından projelendirilen hidroelektrik santraller aşağıdada Tablo 28'de gösterilmektedir. Tabloda görüldüğü gibi Bursa'da kurulabilecek en büyük hidroelektrik santral, 115,51 MW kurulu güç ile Orhaneli çayı üzerinde bulunan Kızkayası Barajı ve hidroelektrik santral projesidir. İkinci sırada 50 MW kurulu güç ile Emet çayı üzerinde bulunan Dügüncüler Barajı ve hidroelektrik santral projesi yer almaktadır. Orhaneli çayından beslenen diğer kurulabilecek hidroelektrik santraller ise; 20 MW kurulu güç ile Ağaçhisar Barajı ve hidroelektrik santral, 15 MW kurulu güç ile Deliballılar Barajı ve hidroelektrik santral, 17 MW kurulu güç ile Yunuslar Barajı ve hidroelektrik santral projeleridir.

Tablo 28. Ön İnceleme, Planlama ve Proje Aşamasında ki Hidroelektrik Santraller

Sıra	Santral Adı	Kurulu Güç (MW)
1	Kızılkaya Barajı ve HES	115,51
2	Düğüncüler Barajı ve HES	50,00
3	Ağaçhisar Barajı ve HES	20,00
4	Deliballılar Barajı ve HES	15,00
5	Yunuslar Barajı ve HES	17,00
6	Balkaya Regülatörü ve HES	5,24
7	Selçuk Regülatörü ve HES	4,10
8	Sedef HES	3,58
9	Yahyaköy Regülatörü ve HES	3,75
10	Nilüfer Barajı ve HES	2,50
11	Cevizdibi HES	1,74
12	Çanderesi HES	1,50
13	Büyükorhan Barajı ve HES	1,00

Kaynak: DSİ, 1. Bölge Müdürlüğü, Ön İnceleme, Planlama ve Proje Aşamasında ki Hidroelektrik Santraller (Erişim Tarihi: 18.01.2019).

Aksu deresi üzerinde bulunan hidroelektrik santraller; 5,24 MW kurulu güç ile Balkaya regülatörü ve hidroelektrik santral projesi ve 1,74 MW kurulu güç ile Cevizdibi hidroelektrik santral projeleri yer almaktadır.

Deliçay üzerinde 4,10 MW kurulu güç ile Selçuk regülatörü ve hidroelektrik santral projesi bulunmaktadır. Listede sekizinci sırada, Güvercinlik ve Akçay dereleri üzerinde bulunan Sedef hidroelektrik santral projesi yer almaktadır. Dokuzuncu sırada Susurluk çayından beslenen ama Mustafakemalpaşa ilçesinde yer alan 3,75 MW kurulu güç ile Yahyaköy regülatörü ve hidroelektrik santral projesi yer almaktadır.

Nilüfer çayı üzerinde bulunan 2,50 MW kurulu güç ile, Nilüfer Barajı ve hidroelektrik santral projesi, Çanderesi üzerinde bulunan, 1,50 MW kurulu güce sahip

Çanderesi hidroelektrik santral projesi ve son olarak Cumaderesi üzerinde bulunan 1,00 MW kurulu güce sahip Büyükorhan Barajı ve hidroelektrik santral projeleri yer almaktadır.

Santrallerin kurulu güçlerinin değişkenlik göstermesi, doğrudan su havzası ve suyun debisiyle ve suyun mevcut yapısıyla ilgilidir. Kurulan santraller suyun gücüne göre, güç kurulumlarını gerçekleştirmişlerdir.

Aşağıdaki Tablo 29’da Bursa’da faaliyet gösteren hidroelektrik santrallerin ürettiği, elektrik enerjisi KW cinsiyle gösterilmiştir.

Tablo 29. Bursa’da Hidroelektrik Santrallerin Ürettiği Elektrik Enerjisi

Yıllar	Hidroelektrik Üretimi (KW)
2010	105.479.164
2011	459.325.077
2012	597.009.131
2013	443.129.779
2014	229.293.628
2015	797.659.589
2016	623.498.928
2017	344.159.732
2018(ilk 10 ay)	449.230.460

Kaynak: TEİAŞ, 2. Bölge Müdürlüğü. Bursa Hidroelektrik Santrallerin Üretim Verileri (Erişim tarihi: 11.11.2018).

Bursa’da bilinen hidroelektrik santral 2010 yılında üretim faaliyetine geçmiştir. 2010 yılında Bursa’da 105.479.164 KW elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilmiştir. MW cinsiyle 105.479 MW elektrik enerji üretimi anlamına gelmektedir. 2011 yılında ise yeni kurulan hidroelektrik santraller, mevsim yağışları ve kar sularının yoğunluğu bu üretimi ciddi oranda arttırmış 459.325.077 KW elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirmiştir. 2012 yılına gelindiğinde elektrik enerji üretimindeki artışın devam ettiğini görmekteyiz.

2012 yılı elektrik enerjisi üretimi 597.009.131 KW olarak gerçekleşmiştir. 2013 ve 2014 yıllarında üretilen elektrik enerjisinde bir düşüş yaşandığını görmekteyiz. 2013 yılı elektrik enerjisi üretimi 443.129.779 KW, 2014 yılında ise daha da düşerek 229.293.628 KW elektrik enerjisi üretimine gerilemiştir. Bu dalgalanmanın ana sebebi küresel ısınmanın sebep olduğu iklim değişiklikleri, yağışların yetersizliği ve kuraklık olarak açıklanmaktadır.

2015 yılında üretimde ciddi bir artış meydana gelerek 797.659.589 KW elektrik enerjisi üretimi gerçekleşmiştir. 2015 yılındaki üretim dokuz yılın en büyük üretim faaliyetidir. Üretimdeki bu artışın nedeni; Bursa'nın ve hidroelektrik santrallerin, kurulu bulunduğu havzaların almış olduğu yağışlar ve elektrik üretim faaliyetine geçen yeni hidroelektrik santraller olarak açıklanabilmektedir. 2016 yılındaki elektrik enerji üretimi ise bir önceki yıla göre düşüş göstermiş 623.498.928 KW olarak gerçekleşmiştir. 2017 yılındaki üretim ise bir önceki yıla göre ciddi oranda düşmüş ve 344.159.732 KW elektrik enerjisi üretilmiştir. 2018 yılına gelindiğinde, ilk on ayın toplam üretimi 449.230.460 KW elektrik enerjisidir.

2015 yılından sonra düşüşe geçen hidroelektrik santrallerin elektrik üretimlerinin ana sebebi küresel ısınmanın sebep olduğu yağış yetersizliği olduğu söylenebilir.

3.4. Bursa'da Jeotermal Elektrik Santralleriyle Elektrik Üretim Potansiyeli

Alp-Himalaya kuşağında bulunan Türkiye, yüksek jeotermal enerji potansiyeline sahiptir. Genellikle yüksek sıcaklıklı jeotermal kaynaklar ülkenin batı kesiminde bulunurken; orta ve düşük sıcaklıklara sahip kaynaklar ülkenin orta ve doğu kesimlerinde bulunmaktadır. (Akkuş ve Alan, 2016:27)

Jeolojik olarak çok eski zamanlara giden Bursa kaplıcaları, Bizans zamanında adını duyurmaya başlamıştır. Bizans uygarlığı, Bursa'nın Çekirge semti olarak bilinen mevkide "Piti" adı verilen bir su kenti kurmuşlar ve Justinianus döneminde büyük bir hamam yaptırmışlardır. Sıcak su kaynaklarının, zaman içerisinde popülerliği artarak, kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır.

Osmanlı Devleti'nin ilk başkenti olan Bursa, sıcak su özelliğini bu devirde de koruyarak; sağlık, dinlenme, şifa bulma arayışında olan padişahlar, yüksek rütbeli askerler, devlet adamları ve geniş halk kitleleri tarafından ziyaret edilen yer olmuştur.

Bursa'nın jeolojik rezervlerinin araştırılması adına MTA, Bursa sıcak sularını içine alan bir sahayı araştırmış ve sıcak su kaynaklarını üç ayrı grupta toplamıştır.

Birinci grup, Çekirge grubu sıcak su kaynaklarıdır; aşağıdaki Tablo 30'da grubun içerisindeki 10 kaynak; debi(saniyede akan litre) ve sıcaklık değerleriyle birlikte, kömür eşdeğeri gösterilmektedir.

Tablo 30. Çekirge Grubu Sıcak Su Kaynakları

Kaynak	Sıcaklık	Debi (lt/s)	Kömür Eşdeğeri (ton/yıl)
Vakıfbahçe	49,5	2,00	197.8
Zeyni Nine	46,0	2,33	189.6
Küplüce	42,0	0,30	18.3
Garipler Altı	39,0	1,70	77.8
Rıfat Bey	33,0	2,50	101.7
Aydın Sülmen	28,0	0,30	12.2
SSK	33,0	1,00	66.12
Horhor	42,0	2,50	224.65
Ethem Efendi	36,0	2,35	131.48
Havuzlu Park	38,0	6,50	429.8

Kaynak: Etemoğlu, A.B., İşman, M.K., Can, Muhiddin. (2006). Bursa ve Çevresinde Jeotermal Enerjinin Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 11.(1), <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/202808> (Erişim tarihi, 25.12.2018).

Çekirge grubu sıcak su kaynakları içerisindeki en düşük sıcaklık ve debiye sahip kaynak Aydın Sülmen olarak isimlendirilmiş kaynaktır. Saniyede 0,33 litre su akımına ve sıcaklık derecesi olarak da 28 °C'ye sahiptir. Bir diğeri ise Aydın Sülmen kaynağıyla aynı debiye sahip ama sıcaklık farklılığı olan Küplüce kaynağıdır. Küplüce kaynağının

sıcaklık değeri 42 °C'ye sahiptir. Aydın Sülmen kaynağına göre daha sıcak bir kaynaktır. Debisi saniyede 1 litre olan SSK kaynağının ise sıcaklık değeri 33,0 °C'dir. Debisi 1,70 (lt/s) olan Garipler Altı kaynağı ise 39,0 °C sıcaklığa sahiptir. Debisi diğer kaynaklara göre biraz daha fazla olan Zeyni Nine kaynağı ise 2,33(lt/s) debi ve 46,0 °C sıcaklıkla Çekirge grubu sıcak su kaynakları içerisinde yüksek sıcaklığa sahip kaynaklardan birisidir. Debisi Zeyni Nine kaynağıyla hemen hemen aynı olan Ethem Efendi kaynağının saniyede akan sıcak su miktarı 2,35 iken, sıcaklığı 10 derece daha düşük bir seviyededir. Saniyede 2,50 litre debisi olan Rıfat Bey kaynağının sıcaklığı 33,0 °C iken, aynı debiye sahip bir diğer kaynak olan Horhor kaynağının sıcaklığı 42,0 °C'ye sahiptir.

Çekirge grubu sıcak su kaynaklarının içerisinde en yüksek sıcaklığa sahip kaynak 49,5 °C ile Vakıfbahçe kaynağıdır. Kaynağın debisi saniyede 2 litre su akımı gerçekleştirebilmektedir.

Bahsi geçen kaynak grubunun en yüksek debiye sahip kaynağı ise; Havuzlu Park olarak adlandırılan; saniyede 6,50 litre debisiyle, 38,0 °C sıcaklığa sahip kaynaktır.

Tablo 30'daki, kaynakların kömür eşdeğerlerine bakacak olursak; yüksek sıcaklığa sahip kaynakların daha yüksek kömür eşdeğeri vermediğini görmekteyiz. Bu diğer sıcak su kaynakları içinde geçerli olmaktadır. Yapılan uzman görüşmeleri neticesinde, belirtilen sıcaklık ve debilerin doğal sıcaklıklar ve doğal debiler olduğu belirtilmiştir. Bu kaynakların sondaj vasıtasıyla, yer altından yer üstüne çıkışı sonucunda, sıcaklık ve debilerinde artışlar ve azalışlar yaşanabileceğinden bahsedilmiştir. Örnek olarak 40 °C sıcaklığa sahip bir kaynağın sondajlama sonucunda sıcaklığının 35 dereceye düşebileceği veya 45 dereceye çıkabileceği anlatılmıştır. Bununla beraber eşdeğer kömür hesaplaması, sadece kaynağın sıcaklığına göre değil; aynı zamanda debisine göre de hesaplanmakta olduğu vurgulanmıştır.

Yukarıdaki Tablo 30'da sıcaklığı 39,0 °C, debisi 1,70 litre olan Garipler Altı kaynağının kömür eşdeğeri yıllık 77.8 ton kömür iken, sıcaklığı Garipler Altı kaynağından 1 derece daha düşük, debisi ise yaklaşık 4 kat daha fazla olan Havuzlu Park kaynağının kömür eşdeğeri 429.8 tondur.

Kaynakların debi, sıcaklık, kaynağın yer altı büyüklüğü gibi sıralanabilecek teknik nedenlerden dolayı kömür eşdeğerleri farklılık göstermektedir. En yüksek kömür eşdeğerine sahip başlıca kaynaklar ise; 429.8 ton ile Havuzlu Park, 224.65 ton ile Horhor, 197.8 ton ile Vakıfbahçe, 189.6 ton ile Zeyni Nine, 131.48 ton ile Ethem Efendi, 101.7 ton ile Rıfat Bey kaynaklarıdır. Aydın Sülmen, Garipler Altı ve Küplüce kaynakları ise; 12.2, 77.8, 18.3 ton ile 100 ton altında kömür eşdeğerine sahip kaynaklardır.

Kaynarca grubu sıcak su kaynağı ise MTA'nın gruplandığı bir diğer kaynaktır. Aşağıdaki Tablo 31'de isim, sıcaklık, debi değerleri ve eşdeğer kömür miktarları gösterilmiştir.

Tablo 31. Kaynarca Grubu Sıcak Su Kaynakları

Kaynak	Sıcaklık	Debi (lt/s)	Kömür Eşdeğeri (ton/yıl)
Kaynarca	82,5	8,50	234,40
Kara Mustafa	59,0	3,50	48,77
Kükürtlü	79,0	2,00	51,10
Muhittin Baha	79,0	0,80	179,0
Eşref Efendi	56,0	1,00	106,8
Mevlevi Şeyhi	35,0	1,00	50,8
Bekârlar Hamamı	51,5	1,00	83,9
Sıcaksu Çeşmesi	48,0	1,00	66,1

Kaynak: Etemoğlu, A.B., İşman, M.K., Can, Muhiddin. (2006). Bursa ve Çevresinde Jeotermal Enerjinin Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 11.(1), <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/202808> (Erişim tarihi, 25.12.2018).

Kaynarca grubunun adından da anlaşılacağı gibi sıcaklıkları oldukça yüksektir. Kaynak grubunun en düşük debisine sahip (0,80) Muhittin Baha isimli kaynak, sıcaklığı 79,0 °C ile oldukça yüksek bir sıcaklığa sahiptir.

Grupta, debileri saniyede 1 litre akımı gerçekleştiren dört kaynak bulunmaktadır. Bahsedilen bu kaynakların içerisinde en düşük sıcaklığa sahip, 35,0 °C sıcaklıkla Mevlevi Şeyhi isimli kaynaktır. Bir diğer kaynak ise debisi aynı, sıcaklığı insan vücuduna göre yüksek sayılabilen 48,0 °C sıcaklıkla Sıcaksu Çeşmesi'dir. Diğer kaynak ise sıcaklık değeri 51,5 olan Bekârlar çeşmesi kaynağıdır. Debileri 1 litre olan dört kaynak içerisinde, en yüksek sıcaklık, 56,0 °C ile Eşref Efendi kaynağıdır. Bu dört kaynağın debileri, 1 litre sıcaklıkları ise 35,0-56,0 °C sıcaklık arasında değişkenlik göstermektedir.

Diğer kaynakların içerisinde debisi iki kat daha fazla olan Kükürtlü kaynağı saniyede 2 litre debiye ve 79,0 °C sıcaklığa sahiptir. Sahip olduğu sıcaklık çok yüksek ve insan elini yakabilecek seviyededir.

Debisi Kükürtlü kaynağına göre daha yüksek ama sıcaklığı da daha düşük olan bir diğer kaynak ise Kara Mustafa kaynağıdır. Saniyede 3,50 litre debisiyle 59,0 °C sıcaklığa sahiptir.

Kaynarca grubuna ismini veren kaynak, Kaynarca kaynağı ise grubun en yüksek sıcaklık ve debisine sahiptir. 82,5 °C gibi yüksek bir sıcaklığa ve 8,5 litre debisiyle de yüksek bir su çıkışına sahiptir. Aynı zamanda yapılan araştırmalar neticesinde Bursa ilinin bilinen en yüksek sıcaklığa sahip jeotermal kaynağıdır.

Kaynarca grubu sıcak su kaynağının başlıca yüksek kömür eşdeğerine sahip kaynakları ise; Kaynarca 234,4 ton ile, 179,0 ton ile Muhittin baha, 106,8 ton ile Eşref Efendi kaynaklarıdır. Bekârlar Hamamı 83,9 ton, Sıcaksu Çeşmesi 66,1 ton Mevlevi Şeyhi 50,8 ton, Kükürtlü 51,10 ton ile, Kara Mustafa 48,77 ton ile 100 ton altında kömür eşdeğerine sahip kaynaklardır.

Bursa çevresi sıcak su kaynakları grubu aşağıdaki Tablo 32'de gösterildiği gibi, Gemlik, Orhaneli, Mustafakemalpaşa ve İnegöl ilçelerini kapsamaktadır. Bursa çevresi sıcak su kaynaklarının en düşük sıcaklık aralığına sahip kaynağı İnegöl (Karacakaya) kaynağı olup, 25,0-27,0 °C su sıcaklığı ve yüksek debisi ile saniyede 25 litre su akışı gerçekleşmektedir. Sıcaklık değeri bir aralık arasında gösterilen diğer bir kaynak ise Mustafakemalpaşa ilçesinde bulunan Tümbüldek kaynağıdır. 28,5-45,0 °C sıcaklığın olduğu kaynağın debisi ise saniyede 2,50 litredir. Bir diğer düşük sıcaklık aralığında

gösterilen kaynak, Orhangazi Ilıcaksu kaynağıdır. Suyun sıcaklığı 35,5-45,5 °C, debisi ise saniyede 3,0 litredir.

Tablo 32. Bursa Çevresi Sıcak Su kaynakları

Kaynak	Sıcaklık	Debi (lt/s)	Kömür Eşdeğeri (ton/yıl)
Gemlik (Ilıca)	36,0	8,63	46,4
Gemlik (terme)	36,0	0,50	-
Orhaneli (Sadağ)	64,5	1,00	-
Orhaneli (Ağaçhisar)	40,0	2,00	-
Orhangazi (ılıcaksu)	35,5-45,5	3,00	-
Orhangazi (keramet)	31,5	53,50	-
Mustafakemalpaşa (Tümbüldek)	28,5-45,0	2,50	-
İnegöl (Oylat)	40,5	50,00	2670
İnegöl (Karacakaya)	25,0-27,0	25,00	-

Kaynak: Etemoğlu, A.B., İşman, M.K., Can, Muhiddin. (2006). Bursa ve Çevresinde Jeotermal Enerjinin Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 11.(1), <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/202808> (Erişim tarihi, 25.12.2018).

Su sıcaklıklarını tam olarak bildiğimiz diğer kaynaklar ise; sıcaklığı 31,5 °C olan debisi 53,50 litre ile Keramet kaynağı, düşük sıcaklık ve yüksek debiye sahip bir kaynağa örnektir.

Gemlik'te bulunan Terme kaynağı 36,50 °C sıcaklığa sahip, debisi 0,50 litre su akışı gerçekleştiren bir diğer kaynaktır. Gemlik'te bulunan sıcak su kaynaklarının bir başkası ise Ilıca olarak adlandırılmış, sıcaklığı 36,50 °C sıcaklık ile debisi 8,63 litredir. Gemlik'te bulunan bu iki kaynaktaki aynı sıcaklık değerlerine sahip olmakla birlikte farklı debilere sahiptirler.

40 °C sıcaklık değeriyle grubun diğer kaynaklarına göre nispeten daha yüksek sıcaklığa sahip olan Orhaneli (Ağaçhisar) kaynağı, debisi saniyede 2 litre akışı gerçekleştiren bir diğer sıcak su kaynağıdır.

İnegöl'de(Oylat) bulunan sıcak su kaynağı ise 40,5 °C sıcaklık ve 50,00 litre debisiyle, yüksek sayılabilen sıcaklığa ve yüksek debiye sahiptir.

Grubun en yüksek sıcak su kaynağı ise Orhaneli(Sadağ) kaynağıdır. Kaynağın sıcaklık derecesi 64,5 ile insan elini yakabilecek seviyededir. Debisi ise düşük bir seviyede saniyede 1 litre su akışı gerçekleştirebilmektedir. Yüksek sıcaklık ve düşük debiye sahip bir kaynak olma özelliğine sahiptir.

Grubun, Bursa çevresindeki ilçelerde Gemlik, Orhaneli, Orhangazi ve İnegöl ilçelerinde ikişer tane, Mustafakemalpaşa ilçesinde de bir tane olmak üzere bilinen Bursa çevresi dokuz adet sıcak su kaynağı bulunmaktadır.

Gemlik (Ilıca) ve İnegöl(Oylat) kaynaklarının kömür eşdeğerleri gösterilmiş olup, diğer kaynakların eşdeğer kömür bilgisine ulaşamadığı için gösterilememiştir.

Jeotermal enerjiyle elektrik üretiminin gerçekleştirilebilmesi için 150 °C ve üzeri sıcaklığın olması gerekmektedir (Özdemir, 2007:5). Bu alt sınır olarak kabul edilmektedir (Öztemir, 2011:12).

Bursa'da ki jeotermal kaynakların sıcaklık dereceleri 150 °C sıcaklığın altında olduğu için, jeotermal kaynaklarla elektrik üretimini gerçekleştirmek mümkün olmamaktadır.

Tablo 33. Jeotermal Kaynakların Sıcaklık Sınıflandırılması

Sıcaklık	Sınıflandırma
150 °C ve üzeri	Yüksek sıcaklık
90°C -150°C	Orta sıcaklık
20°C -90°C	Düşük sıcaklık

Kaynak: Öztemir, M. H.(2011). Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi ve Aydın-Salavathı Sahası Elektrik Üretim Santrali. https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/2b0842b119724e5_ek.pdf (Erişim tarihi: 11.12.2018).

Bursa’da jeotermal kaynakların sıcaklık değerlerine yukarıdaki Tablo 33’ten kıyaslanarak bakılacak olursa; yüksek sıcaklığa sahip kaynakların olmadığı, var olan en yüksek sıcaklığa sahip kaynağın 82,5 °C sıcaklık ile orta sıcaklık sınıfında Kaynarca kaynağı olduğu görülmektedir. En düşük sıcaklığa sahip 25 °C – 27 °C sıcaklık aralığındaki İnegöl(Karacakaya) kaynağının da düşük sıcaklıklı kaynak sınıfında olduğu görülmektedir. Bursa’da, bilinen diğer jeotermal kaynaklar ise orta ve düşük sıcaklık sınıfına giren kaynaklardır.

Tablo 34. Kaynak Sıcaklıkları ve Değerlendirme Şekilleri

Sıcaklık (°C)	Değerlendirme Şekli
180	Yüksek konsantrasyondaki solüsyonun buharlaştırılması, amonyak absorpsiyonu ile soğutma
170	Ağır su (D ₂ O : döteryumoksit), ve hidrojen sülfid eldesi, di-atomitlerin kurutulması
160	Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması
150	Bayer’s yoluyla alüminyum ve diğer kimyasal maddeler eldesi
140	Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (konservecilik)
130	Şeker endüstrisi, tuz eldesi
120	Temiz su eldesi, tuzluluk oranının artırılması
110	Kerestecilik, çimentonun kurutulması
100	Organik maddelerin kurutulması (et, sebze, yosun vb.)
90	Balık kurutma, yün yıkama ve kurutma
80	Ev ve sera ısıtılması
70	Soğutma (alt sıcaklık sınırı)
60	Sera, kümes ve ahır ısıtılması
50	Mantar yetiştirme, balneolojik banyolar (kaplıca)
40	Toprak ısıtma, kent ısıtması (alt sınır), tedavi amaçlı kaplıca tesisleri
30	Yüzme havuzları, fermentasyon, damıtma,
20	Balık çiftlikleri

Kaynak: Etemoğlu, A.B., İşman, M.K., Can, Muhiddin. (2006). Bursa ve Çevresinde Jeotermal Enerjinin Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 11.(1), <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/202808> (Erişim tarihi, 25.12.2018).

Bursa’da var olan jeotermal kaynaklarla elektrik üretimi yapılamadığından, kaynakların kullanımı diğer alanlarda gerçekleştirilebilmektedir. 20 °C sıcaklık alt sınırına sahip kaynakların balık çiftliklerinde, 30 °C sıcaklıktaki kaynakları yüzme havuzlarında, fermentasyon ve damıtma işlemlerinde, 40 °C sıcaklığa sahip kaynaklarla

toprak, şehir ve ev ısıtılmasında, tedavi amaçlı kaplıca tesislerinde, 50 °C sıcaklık ile mantar yetiştiriciliğinde, sağlık amaçlı kaplıcalarda, 60 °C sıcaklıkla sera, kümes ve ahır ısıtılmasında, 70 °C sıcaklıkla soğutmada, 80 °C sıcaklık ile ev ve sera ısıtılmasında kullanılabilmektedir. Yukarıdaki Tablo 34'te gösterilen 150 °C ve üzeri sıcaklıklarla elektrik enerji üretimi gerçekleştirilebilmektedir.

Elektrik üretiminin gerçekleştirilemediği kaynaklarla, enerji gereksinimi ısınma sistemlerinde kullanılabilmektedir. Isınma için gerekli olan enerji, jeotermal kaynakların doğrudan kullanımı ile sağlanabilmektedir.

Bursa'da ki jeotermal kaynakların daha verimli kullanılabilmesi adına gerekli çalışmalar yapılmış; bu çalışmalar, kaynakları elinde bulunduran özel şirketler ve devlet daireleri tarafından hoş karşılanmayarak, karşı davalarla durdurulmaya ve engellenmeye çalışılmıştır.

Osmanlı zamanından kalma yasalarla sıcak suyu kullanma hakkını iddia eden insanlara devletin dokunamaması ile beraber, yeni çalışmalar başlatmak isteyen Büyükşehir Belediyesi eski Başkanı Erdoğan Bilenser ise durumu “arı kovanına çomak sokmaya” benzetmektedir.

Kişi ve kurumların bu tutum ve davranışları; kendi kaynaklarına bir zarar oluşturabilmesi, kendi kaynaklarındaki suyun daha alt seviyelere kaçması veya kullanılan suyun debisinin düşmesi gibi ticari zarara uğrayabilmeleri olarak açıklanabilmektedir.

2002 yılında Bursa'nın jeotermal özelliğini tekrar kazandırmak adına dönemin Büyükşehir Belediye Başkanı Erdoğan Bilenser önderliğinde, MTA tarafından araştırmalar yapılır. Bursa Kültür Parkta BK-1 adlı 750 metre derinliğinde 50 °C sıcaklıkta debisi saniye 3 litre olan bir kaynak bulunur. Çalışmaların devamında yeni bir kuyu daha açılır; BK-2 kuyusu. Bölgedeki hamamcıların açtığı dava ile çalışmalar durdurulur. Belediyenin itirazı ile mahkeme tedbir kararını kaldırır ve çalışmalar devam eder. BK-2 adlı kuyu; 401 metre derinliğinde 88-90 °C sıcaklıkta ve debisi saniyede 50-55 litre olan bir kaynak keşfidir. Araştırmanın yapıldığı alan Kültür Park, Kükürtlü tesislerinin altında kaldığı için, Kükürtlü' deki tesisin suyunda kaçma(kesilme) yaşanmıştır. Kaçma ve kesilmelere karşı belediye, tesisle muvafakat imzalamış,

Kükürtlü tesisine Kültür Parktan su pompalanarak verileceği belirtilmiştir, hedeflerinin ticari zarara uğratmama olduğu anlatılmıştır. Bulunan kuyu ile ilgili gelişmelerin yapılabilmesi ve bu zaman içerisinde Kükürtlü tesisinin ticari zarara uğramaması adına kontrollü sondaj vanası kapatılmış; kısa bir süre içerisinde de Kükürtlü tesisine su tekrar gelmiştir. Tekrar davalar açılıp, sonucunda “kamu menfaati yoktur” denilerek çalışmalar durdurulmuştur.

2012 yılında Bursa’nın jeotermal potansiyelini arttırmak için dönemin valisi karşı itirazda bulunarak, dosyayı tekrar a tırır ve yasal engellemeleri ortadan kaldırır. şehrin jeotermal özelliğini tekrar kazandırabilmek adına çalışmalar yapılmıştır.

Bursa jeotermal kapasitesiyle, konut ısıtabilecek bir potansiyele sahiptir. İzmir jeotermal internet sitesinden elde edinilen bilgiye göre, Bursa’da jeotermal kaynaklarla 5.400 konutu ısıtabilecek bir potansiyelin olduğu tespit edilmiştir. Konutların ısıtılmasında kullanılabilecek jeotermal kaynak ile daha az doğalgaz, elektrik veya kömür kullanımını gerçekleştirilmiş olunacaktır. Enerjide dışa bağımlılığı azaltarak, ülkeden de döviz çıkışını düşürecektir.

3.5. Bursa’da Biyoenerji Santralleriyle Elektrik  retim Potansiyelleri

Bursa biyoenerjiyle elektrik üretiminde yüksek bir potansiyele sahiptir. Birinci bölümde ele alındığı gibi biyoenerji, içerisinde canlı organizma bulunan, organik madde kütlesidir. Organik madde kütlesinin uygulamada karşımıza çok fazla  rneği çıkmaktadır; ağaç dalları, yaprakları, çimenler vb. ağaç ve bitkilerden elde edilen biyoenerji kaynağı; hayvansal dışkılar, hayvanlardan elde edilen biyoenerji kaynağı, evlerin mutfaklarından çıkan çöpler, şehir atıkları kategorilerinde değerlendirilebileceği söylenebilir (Sözen, vd. 2017: 2).

Bursa kenti biyoenerjinin, bahsedilen kategorilerinin hepsini karşılayabilmektedir. şehrin halen “Yeşil Bursa” olarak anılmasının sebebi; ormanlık alanlarının fazla oluşudur. şehrin, ormanlık alanlarda oluşan yaprak, kuru dal, ağaç kabukları, orman altı bitkilerinin kurumuş olanları, baltalık ve endüstriyel amaçlı

kullanılan ormanların kesim sonrası oluşan artıkları, yakacak odun üretimi ve lif ve yonga üretimlerinde, diğer şehirlerle kıyaslandığında, Bursa'nın ormanlık alanlardan oluşan yüksek bir biyokütle potansiyeline sahip olduğu söylenebilir.

Aşağıdaki Tablo 35, Türkiye’de orman ürünlerinden elde edilen üretimleri; yakacak odun, kesim esnasında oluşan ağaç parçacıklarının oluşturduğu üretim artığı, ağaçların dallarının ve sürgünlerinin kesilmesinden oluşan içerisinde bitki örtüsü de dâhil olan süceyrat odunu olarak adlandırılan üretim, lif ve yonga olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 35. Orman Bölge Müdürlüklerinin Toplam Odun Üretimleri-2007

İşletme Müdürlükleri	Yakacak Odun Üretimi (Ster) (2002-2006 yılları ortalaması)	Üretim Artıkları (Ster)	Süceyrat Odundan Elde Edilebilen etim (Ster)	Lif Yonga Üretimi 2002-2006 yılları ortalaması	Toplam (Ster)
İstanbul	1.244.680	201.452	22.236	304.750	1.773.238
Amasya	557.499	104.550	13.497	335.435	1.010.491
Bursa	701.982	37.000	7.000	167.824	913.826
Kastamonu	185.470	238.953	5.890	422.153	852.456
Adapazarı	376.600	123.000	60.000	179.816	739.416
Çanakkale	360.560	61.140	13.769	160.914	596.383
Muğla	208.491	75.081	31.130	139.097	453.799
Bolu	288.738	34.200	8.000	88.060	418.998

Kaynak: <http://biyoder.org.tr/biyoenjeri/biyokutle/orman-atiklari/> (Erişim tarihi: 10.12.2018).

Toplam üretime en çok sahip olan il, İstanbul olurken, ikinci sırayı Amasya ve üçüncü sırayı Bursa şehri almaktadır. Yakacak odun üretiminde ise Bursa, ikinci sırada yer almaktadır.

Gösterilen değerler ster birimiyle verilmiştir. 1 ster, 1 metreküp alanın içerisindeki odun yığını anlamına gelmektedir. Bu odunların, ağaç yapıları birbirinden farklılık göstereceği için ağırlıklarında farklılık göstermektedir. 1 ster, 1 metreküpe eşit olduğuna göre, bu 1 metreküp alanın içerisindeki ağaç yapısı, örneğin Kayın ağacı ise 640 kg, Kızılağaç ise 558 kg, Gökmar ise 443 kg, Sarıçam ise 444 kg gibi farklı kg değerlerine sahiptir. Biyoenerji resmi sitesinde ise 1 ster, kg cinsinden 500 kg denk geldiği gösterilmektedir(Küçük, 2010: 2).

Bursa'nın orman ürünlerini kg cinsiyle ifade edecek olursak; 350.991.000 kg yakacak odun ortalamasına sahiptir. Odun üretimi esnasında gerçekleşen ve ağaç parçacıklarından oluşan 18.500.000 kg üretim artığına sahiptir. Süceyrat odun miktarı ise kg olarak, 3.500.000 kg'dır. Lif yonga üretim ortalaması ise 83.912.000 kg'dır. Toplam üretim 456.913.000 kg'a denk geldiği söylenebilir.

Ormanlardan elde edilen üretimin önemli bir kısmı, yakacak odun üretimini oluşturmaktadır. Yakacak odunlar çok yaygın olarak, doğrudan yakılıp ısınmada kullanılmaktadır. Kalan üretim artıkları, süceyrat odunları, lif ve yongalar biyoenerjide kullanılabilir. Biyoenerjideki çeşitlilik artırılabilir. Kullanılabilecek hurda tahtalar, kesimde ve marangozhanelerde oluşan testere artıkları, kuru yapraklar, kurumuş odunsu çalılıklar gibi materyallerde biyoenerji alanında kullanılarak, enerjiye dönüştürülebilmektedir.

Orman ürünlerinin yanı sıra, hayvansal dışkılarla da elektrik üretimi yapılmaktadır. Gübre organik bir ürün olduğu için, bir biyokütledir. Potansiyel biyokütle kaynağı olan hayvansal dışkılar, biyogaz kaynağı olarak kullanılan, bir yenilenebilir enerji kaynağıdır (Saka, 2018: 1168).

Bursa'nın hayvansal biyokütle potansiyelinin araştırılmasına dair, Kenan Saka tarafından yapılan çalışmada hayvansal türler belirlenmiştir. Bu hayvansal türler

aşağıdaki Tablo 36’da gösterilmiştir. Büyükbaş hayvanları: yerli sığır, kültür sığırı, melez sığır, manda ve diğerleri, küçükbaş hayvanları: koyun, keçi, kanatlı hayvanları: yumurtalık tavuk, etlik tavuk, hindi ve diğerleri olarak ayrıntılı sınıflandırıldığı görülmektedir.

Tablo 36. Bursa’da Hayvan Türleri ve Oluşturdukları Üretim, Atık ve Enerji Potansiyelleri

Türler	Üretim Sayısı	Atık Oranı %	Atık Miktarı Ton/Yıl	Enerji Oranı %	Enerji TEP/Yıl
Yerli Sığır	14.672	5	80329,2	4	498,04
Kültür Sığırı	142.917	84	1304117,63	88	12128,29
Melez Sığır	21.652	9	142253,64	8	1067
Manda ve Diğerleri	5.404	2	25019,12	1	154,83
Toplam Büyükbaş	184.645	100 68	1551719,58	100 56	13848,07
Koyun	299688	85	328158,36	89	918,84
Keçi	81767	15	59689,91	11	113,41
Toplam Küçükbaş	381445	100 17	387848,27	100 4	1032,25
Yumurtalık Tavuk	3930893	61	216199	61	6075,2
Etlik Tavuk	4997747	38	134939,17	38	3791,79
Hindi ve Diğerleri	59882	1	2319,45	1	65,18
Toplam Kanatlı	8988522	100 15	353457,74	100 40	9932,16
TOPLAM	9554622	100	2293025,59	100	24812,49

Kaynak: Saka, K. “Bursa’nın Hayvansal Biyokütle Enerji Potansiyeli Üzerine Bir İnceleme”, Afyon, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, (2018), s. 1170.

Hayvansal dışkılarından elde edilen atıkların oranlarına bakacak olursak; toplam en yüksek hayvansal dışkılama oranı %68 ile büyükbaş hayvanlara, %17'si küçükbaş hayvanlara, %15'i ise kanatlı hayvanlara aittir.

Büyükbaş hayvanlardan elde edilen dışkıların %84'ü kültür sığırından, %9'u melez sığırdan, %5'i yerli sığırdan, %2'si manda ve diğerlerinden elde edilmektedir. Küçükbaş hayvanlardan elde edilen dışkıların ise, %85'i koyun ve %15'i keçilerden elde edilmektedir. Kanatlı hayvanlardan elde edilen dışkıların, %61'i yumurtalık tavuklardan, %38'i etlik tavuktan, %1'i ise hindi ve diğerlerinden elde edilmektedir.

Hayvan dışkılarından elde edilecek enerji miktarlarına bakacak olursak, Tabloda ton eş değeri petrol olarak gösterilmiştir. Ton eş değeri petrolü elektrik enerjisiyle ifade edersek, 1 TEP=11.630 KWh olarak gösterilebilir (Saka, 2018: 1170). Hayvansal dışkılarından elde edilen enerjinin toplam %56'sı büyükbaş hayvanlardan, % 40'ı kanatlı hayvanlardan, %4'ü ise küçükbaş hayvanlardan elde edilmektedir. Büyükbaş hayvanlardan elde edilen enerji miktarının %88'i kültür sığırından elde edilirken, kanatlı hayvanlardan elde edilen enerji miktarının %38'i ise yumurtalık tavuklardan elde edilmektedir. Hayvansal dışkılarından elde edilen enerji miktarının en büyük katkı sağlayanları, kültür sığırı ve yumurtalık tavuklardır.

Bursa'nın hayvansal biyokütle enerji potansiyelinin ilçelere göre dağılımları ise aşağıdaki Tablo 37'de gösterilmiştir. Hayvansal biyokütle enerji potansiyelinin en yüksek olduğu ilçe Karacabey'dir. Toplam yıllık hayvansal biyokütle enerji potansiyelinin, %21,39'una sahiptir. Hayvansal biyoenerji potansiyelinin, %15,37'si Yenişehir ilçesine, %15,35'i Mustafakemalpaşa ilçesine, %12,67'si Nilüfer ilçesine, %9'u İnegöl ilçesine, %7,66'sı Mudanya ilçesine aittir. Bu altı ilçeden elde edilen üretim, Bursa'nın yıllık hayvansal biyokütle toplam enerji miktarının %81,44'ünü karşılamaktadır.

Hayvansal biyokütle enerjisine en yüksek katkıyı sağlayan Karacabey ilçesindeki toplam enerji miktarı yıllık 5.313,70 tep'tir. Kw olarak ifade edersek ($5.313,70 \times 11.630$) 61.790.190 KW enerji üretimine denk geldiğini söyleyebiliriz. Bu işlemi Bursa'nın en yüksek hayvansal dışkı potansiyeline sahip altı ilçesi için yaparsak; ($20.231,06 \times 11630$) 235.287.228 KW elektrik enerjisine denk gelebileceği söylenebilir.

Tablo 37. Bursa İlçelerinin Hayvansal Biyoenerjiden Elde Edilen Enerji Miktarları

İlçeler	Enerji Potansiyeli(TEP/yıl)	%
Karacabey	5.313,70	21,39
Yenişehir	3.817,57	15,37
Mustafakemalpaşa	3.813,47	15,35
Nilüfer	3.146,45	12,67
İnegöl	2.236,23	9,00
Mudanya	1,903,64	7,66
Büyükorhan	559,26	2,25
Harmancık	169,72	0,68
Orhaneli	827,69	3,33
Keles	614,62	2,47
İznik	340,01	1,37
Orhangazi	539,77	2,17
Gemlik	327,35	1,32
Osmangazi	894,61	3,60
Yıldırım	8,41	0,03
Kestel	221,06	0,89
Görsu	103,11	0,42

Kaynak: Saka, K. “Bursa’nın Hayvansal Biyokütle Enerji Potansiyeli Üzerine Bir İnceleme”, Afyon, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, (2018), s.1171.

Bursa’da ki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlardan oluşan dışkılarla, üretilebilecek toplam enerji miktarı ise yıllık 24.812,49 tep’dir. KW olarak ifade ettiğimizde 288.569.259 KW elektrik enerjisine denk gelebileceği söylenebilir.

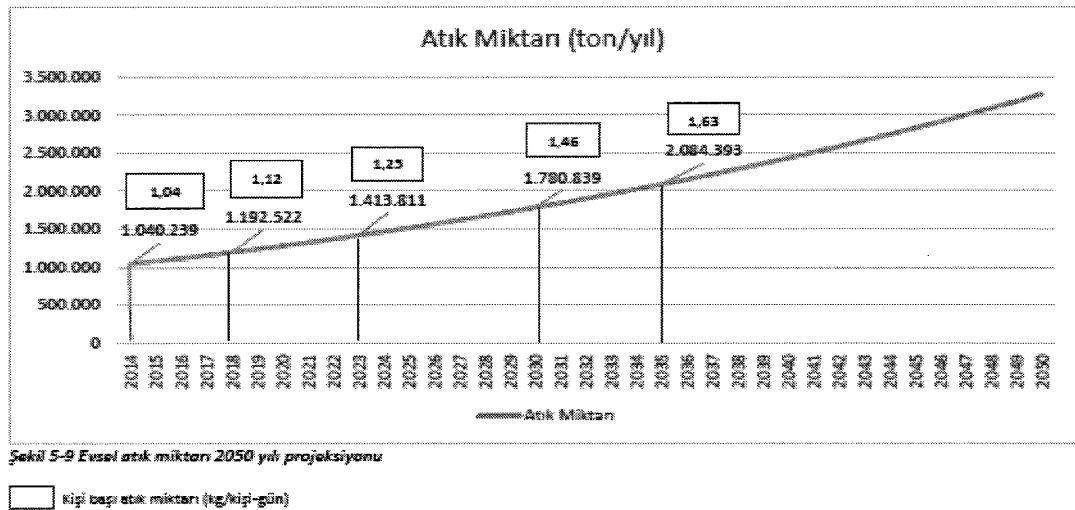
Tablo 38. Hayvansal Atıkların Toplam Enerji Değerleri

Genel Bilgiler	
Toplam Hayvan Sayısı (Adet)	9.554.622
Hayvansal Atık Miktarı (ton/yıl)	2.293.025,59
Hayvansal Atıkların Enerji Değeri (TEP/yıl)	24.812,49
Biyodizel İşleme Lisansı Sahibi Firmalar	1
Biyoetanol İşleme Lisansı Sahibi Firmalar	1
Biyokütle Kaynaklı Elektrik Üretim Santral Sayısı	1

Kaynak: Saka, K. “Bursa’nın Hayvansal Biyokütle Enerji Potansiyeli Üzerine Bir İnceleme”, Afyon, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, (2018), s.1170.

Biyokütle potansiyellerinden önemli bir diğer kısmı ise mutfak çöpleri olarak adlandırılan evsel atıklardır. Mutfak çöplerinin büyük bir kısmı içerisinde canlı organizma taşıdığı için biyoenerjinin önemli bir potansiyeli olarak kabul edebiliriz. Gün içerisinde kullandığımız su petleri, yediğimiz yiyeceklerin artıkları, yemeklerden arta kalanlar, kullanılmayan giyim ürünleri, çocuk bezleri vb. atıklar mutfak atıkları ve ev atıkları olarak sayılabilmektedir. Artan nüfusla beraber doğrudan atık miktarları da artmaktadır. Aşağıdaki grafik 10, artan nüfus ile atık miktarı arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Grafik 10. Bursa Nüfus-Atık grafiği



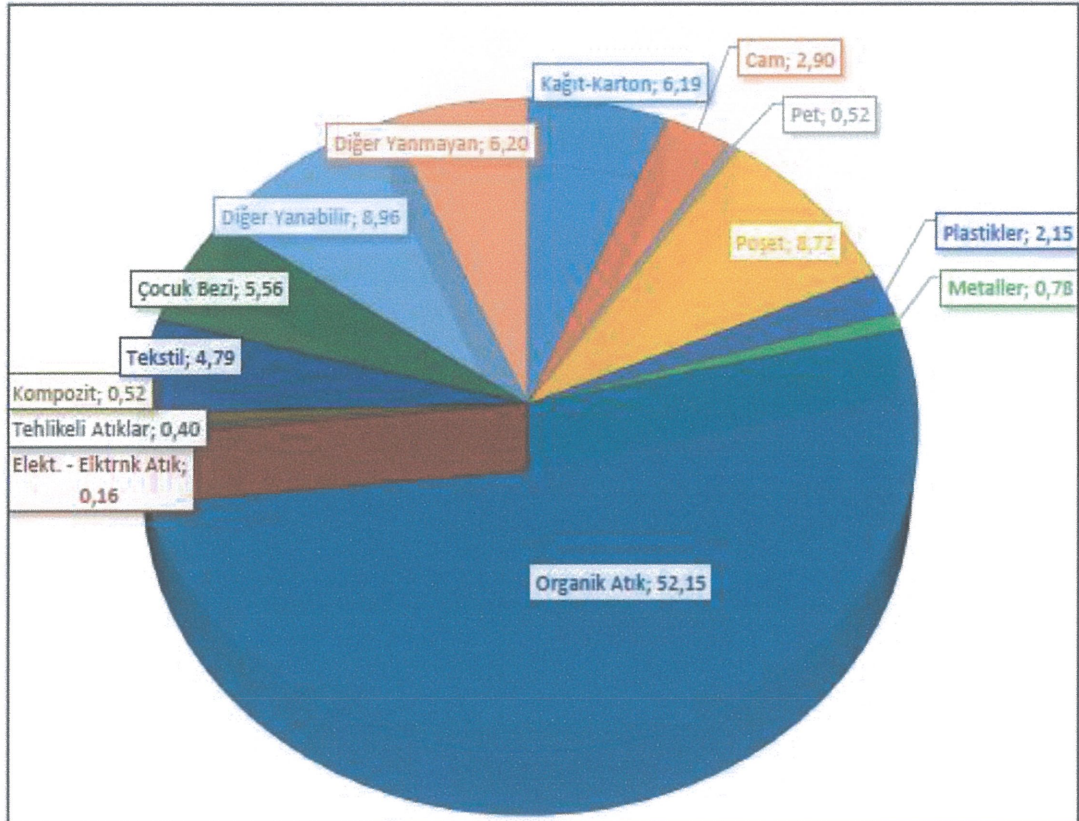
Kaynak: Bursa Entegre Katı Atık Yönetim Planı, Eylül 2015, s. 65.

2014 yılında Bursa nüfusunun toplam yıllık atığı 1.040.239 ton iken bu oran artan nüfusla birlikte 2018 yılında yıllık 1.192.522 tona ulaşmıştır. Kişi başına günlük atık miktarı ise kutucuklar içerisinde gösterilmektedir. 2014 yılında kişi başına düşen günlük atık miktarı 1,04 kg iken 2018 yılında atık miktarı 1,12 kg olarak artış göstermektedir.

Gelecek yıllarda ise kişi başına düşen atık miktarı ve artan nüfus ile birlikte toplam atık miktarının da artacağı öngörülmektedir.

Kentsel atık olarak da tanımlanan; mutfak çöpleri, endüstriyel atıklar, tehlikeli ve yanabilir atıklar, tıbbi atıkların bir kısmı, moloz ve hafriyatlar Hamitler çöplüğü olarak tanımlanan Yeni Kent depolama alanında ayrıştırılarak ve gerekli işlemlerden geçerek biyoenerji sistemleriyle elektrik enerjisi üretilmektedir.

Grafik 11. Bursa'da Atıkların Sınıflandırılması



Kaynak: Bursa Entegre Katı Atık Yönetim Planı, Eylül 2015 s. 76.

Şehir çöplüğündeki atıkların miktarları ve gelecek yıllarda artan tahmini atık değerleri aşağıdaki Tabloda gösterilmektedir. Bu atık miktarlarının, en yüksek miktarını (ton/yıl) mutfak atıkları oluşturmaktadır.

Tablo 39. Atık Miktarları

YIL	NÜFUS	KİŞİ BAŞI ATIK MİKTARI (kg/kişi.gün %2,2 artış)	ÜRETİLEN ATIK MİKTARI (TON/YIL)	TOPLANAN* ATIK MİKTARI (TON/YIL)	TOPLANAN* ATIK MİKTARI (TON/GÜN)
2015	2.819.423	1,05	1.075.822	1.054.466	2.839
2016	2.853.653	1,07	1.113.395	1.091.839	2.991
2017	2.888.295	1,09	1.152.279	1.130.535	3.097
2018	2.923.359	1,12	1.192.522	1.170.603	3.207
2019	2.958.850	1,14	1.234.170	1.212.092	3.321
2020	2.994.771	1,17	1.277.273	1.255.051	3.438
2021	3.029.690	1,19	1.321.254	1.298.916	3.559
2022	3.065.017	1,22	1.366.750	1.344.314	3.683
2023	3.100.754	1,25	1.413.811	1.391.298	3.812
2024	3.136.909	1,28	1.462.494	1.439.925	3.945
2025	3.173.486	1,31	1.512.853	1.490.252	4.083
2026	3.206.521	1,34	1.563.011	1.540.431	4.220
2027	3.239.901	1,37	1.614.834	1.592.300	4.362
2028	3.273.627	1,40	1.668.373	1.645.915	4.509
2029	3.307.705	1,43	1.723.688	1.701.336	4.661
2030	3.342.140	1,46	1.780.839	1.758.624	4.818
2031	3.373.089	1,49	1.837.790	1.815.772	4.975
2032	3.404.324	1,53	1.896.561	1.874.777	5.136
2033	3.435.848	1,56	1.957.212	1.935.698	5.303
2034	3.467.661	1,60	2.019.801	1.998.598	5.476
2035	3.499.772	1,63	2.084.393	2.063.544	5.654
2036	3.529.240	1,67	2.149.261	2.128.826	5.832
2037	3.558.955	1,71	2.216.146	2.196.173	6.017
2038	3.588.920	1,74	2.285.113	2.265.650	6.207
2039	3.619.138	1,78	2.356.227	2.337.326	6.404
2040	3.649.612	1,82	2.429.554	2.411.271	6.606
2041	3.678.189	1,86	2.503.698	2.486.099	6.811
2042	3.706.988	1,91	2.580.103	2.563.248	7.023
2043	3.736.012	1,95	2.658.839	2.642.791	7.241
2044	3.765.266	1,99	2.739.981	2.724.804	7.465
2045	3.794.750	2,04	2.823.599	2.809.363	7.697
2046	3.822.108	2,08	2.907.976	2.894.761	7.931
2047	3.849.664	2,13	2.994.875	2.982.756	8.172
2048	3.877.420	2,18	3.084.371	3.073.426	8.420
2049	3.905.375	2,23	3.176.541	3.166.852	8.676
2050	3.933.533	2,28	3.271.467	3.263.119	8.940

Kaynak: Bursa Entegre Katı Atık Yönetim Planı, Eylül 2015, s. 66.

Atıkların oransal dağılımlarına bakıldığında, Bursa şehrinin yıllık atık miktarının %52,15'i mutfak atıklarından(organik atıklardan) oluşmaktadır. %8,96'sını diğer yanabilir atıklar(ayakkabı, çanta, kemer, tahta, halı, gıda ambalajı), %8,72'sini poşetler, %6,20'sini diğer yanmayan atıklar(taş, toz, kum, seramik, kül), %6,19'unu kağıt-karton, %5,56'sını çocuk bezi atıkları, %4,79'unu tekstil atıkları %2,90'ı cam atıkları, %2,15'ini plastikler, %0,78'ini metaller, %0,52'sini petler(su ve meşrubat şişeleri), %0,52'sini kompozit atıklar(süt ve meyve suları kutusu), %0,40'ını tehlikeli atıklar (boya, ilaç ve deterjan kutuları, pil, tıbbi atıklar), %0,16'sını elektrik-elektronik atıklar oluşturmaktadır.

Şehir çöplüklerinin önemli bir biyoenerji potansiyelleri bulunmaktadır. Bu potansiyeli elektrik enerjisine dönüştürebilen Bursa, biyogaz elektrik üretim santraliyle Türkiye'nin 11. büyük biyogaz elektrik enerji santraline sahiptir.

Tablo 40. Bursa'da Biyoenerji ve Atık Isı Üretim Tesisleri

Sıra	Santral adı ve Üretim Alanı	Kurulu Güç (MW)
1	Hamitler Çöplüğü Biyogaz Santrali	9,80
2	Karacabey Biyogaz Tesisi	6,40
3	Yenişehir Cam Atık Isı Santrali	6,00
4	Nisa Biyokütle Elektrik Üretim Tesisi	5,48
5	Tigem	2,33
6	Cargill Tarım Bursa Biyoenerji Santrali	0,12

Kaynak: <http://www.enerjiatlası.com/biyogaz/> (Erişim tarihi: 11.12.2018)

Yukarıdaki Tablo 40'ta Bursa'da biyokütle enerjisiyle üretim yapan, biyoenerji (biyogaz) üretim tesisleri ve atık ısı üretim tesisi gösterilmektedir. Bursa'nın biyoenerji temelli çöp atıklarından elektrik üreten, en büyük biyogaz elektrik üretim santrali, Hamitler mevkiinde bulunan 9,80 MW kurulu güce sahip santralidir. Bahsedilen alanda

Üretim yapan diğ er elektrik üretim santrali ise, Tabloda ikinci sırada gösterilen 6,40 MW'lık kurulu gücü ile Karacabey biyogaz elektrik üretim tesisidir.

Bursa'nın tek atık ısı üretim santrali ise, 6,00 MW'lık kurulu gücü ile, Yenişehir cam atık ısı üretim santralidir.

Tabloda, dördüncü sırada yer alan, kurulu gücü 5,48 MW'a sahip, Nisa biyokütle elektrik üretim tesisidir. Beşinci sırada yer alan, kurulu gücü 2,33 MW ile Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü biyokütle enerji santralidir (İsmail Arabacı, kişisel iletişim, 19 Şubat 2019).

Bursa'nın biyokütle ile elektrik üretim tesisleri içerisinde en küçük santrali ise 0,12 MW'lık kurulu güce sahip Cargill Tarım Bursa biyoenerji santralidir. Özetle Bursa'nın dört biyoenerji-biyogaz elektrik üretim santrali ve bir de atık ısı elektrik üretim santrali bulunmaktadır.

Tablo 41. Bursa Biyogaz Elektrik Santrallerinin retim Miktarı

Yıllar	retim (KW)
2012	32.000.000
2013	67.581.432
2014	70.672.487
2015	92.811.390
2016	94.720.110
2017	102.573.855
2018(ilk 10 ay)	104.733.799

Kaynak: TEİAŞ 2. Bölge Müdürlüğü, UEDAŞ. Bursa Biyogaz Elektrik Santrallerinin retim Verileri. (Erişim tarihi 20.11.2018).

Tablo 41'de biyogaz üretim santrallerinin toplam da üretmiş oldukları elektrik enerjisi(KW) olarak gösterilmektedir. Zaman içerisinde elektrik enerji üretiminin arttığını görmekteyiz. Bunun en büyük nedeni; zaman içerisinde devreye giren yeni biyogaz elektrik üretim santrallerinin olmasıdır.

3.6.Bursa'nın, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarıyla Elektrik İhtiyacını Karşılaması

Bursa bahsedilen yenilenebilir enerji kaynaklarıyla elektrik enerjisi üretebilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından sadece jeotermal enerjiyle elektrik üretimi yapamamakta doğrudan kullanım ile faydalanmaktadır. Bursa'da; rüzgâr, güneş, hidroelektrik, biyogaz elektrik üretim santralleriyle üretilen elektrik enerjilerinden yukarıdaki bölümlerde ayrı ayrı bahsedilmiştir. Üretilen elektrik enerjisinin, şehrin elektrik ihtiyacının ne kadarını karşılayabildiğini bulabilmek için, şehrin toplam tükettiği elektrik enerjisine aşağıdaki Tablo 42'den bakılabilir.

Tablo 42. Bursa'nın Elektrik Tüketimi

Yıllar	Elektrik Tüketimi (KW)
2000	5.621.642.949
2001	5.500.978.999
2002	6.029.172.956
2003	6.790.301.301
2004	7.279.636.886
2005	7.760.775.189
2006	8.208.433.764
2007	8.971.729.275
2008	8.780.706.227
2009	8.780.706.227
2010	9.342.804.792
2011	10.075.547.777
2012	10.419.554.164
2013	10.558.761.680
2014	11.041.015.993
2015	10.767.914.563
2016	11.174.591.283
2017	11.174.591.283
2018(ilk 10 ay)	9.718.701.407

Kaynak: TEİAŞ 2. Bölge Müdürlüğü. Bursa Elektrik Tüketim Verileri. (Erişim tarihi 20.11.2018).

Yukarıdaki Tablo 42 incelendiğinde 2000-2017 yılları arasında elektrik tüketiminde bir artış olduğu gözlenmektedir. Nüfus ve sanayi artışı ile elektriğe daha çok ihtiyaç duyduğumuz bir yaşam biçimine doğru evirildiğimiz için, her geçen yıl elektriğe olan ihtiyacımız artmaktadır. 2001-2008-2015 yıllarında bir önceki yıla göre elektriğe olan talebimizde kısmi olarak azalmalar görülmektedir.

Aşağıdaki Tablo 43'te ise şehrin elektrik tüketimleriyle birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretmiş olduğu elektrik enerjileri gösterilmektedir.

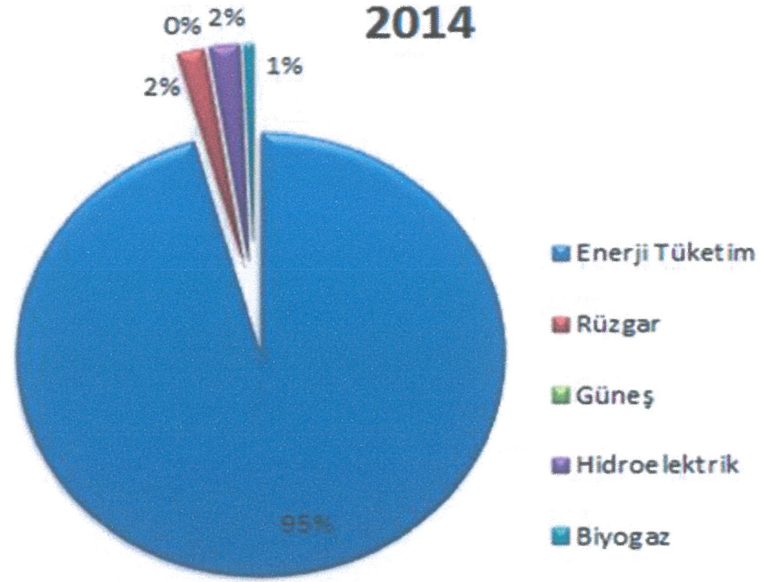
Tablo 43. Bursa Elektrik Tüketimi ve Yenilenebilir Enerji Üretimi

Yıllar	Enerji Tüketim	RES	GES	HES	BES
2010	9.342.804.792	161.212.243	0	105.479.164	0
2011	10.075.547.777	199.098.212	0	459.325.077	0
2012	10.419.554.164	202.161.879	0	597.009.131	32.000.000
2013	10.558.761.680	232.410.734	0	443.129.779	67.581.432
2014	11.041.015.993	209.529.667	123.105	229.293.628	70.672.487
2015	10.767.914.563	105.535.880	193.039	797.659.589	92.811.390
2016	11.174.591.283	213.190.135	1.633.682	623.498.928	94.720.110
2017	11.174.591.283	292.289.022	12.135.643	344.159.732	102.573.855
2018(ilk 10 ay)	9.718.701.407	327.172.420	46.316.872	449.230.460	104.733.799

Kaynak: TEİAŞ 2. Bölge Müdürlüğü, ve UEDAŞ. Bursa Yenilenebilir Enerji Kaynakları Elektrik Üretim Verileri. (Erişim tarihi 20.11.2018).

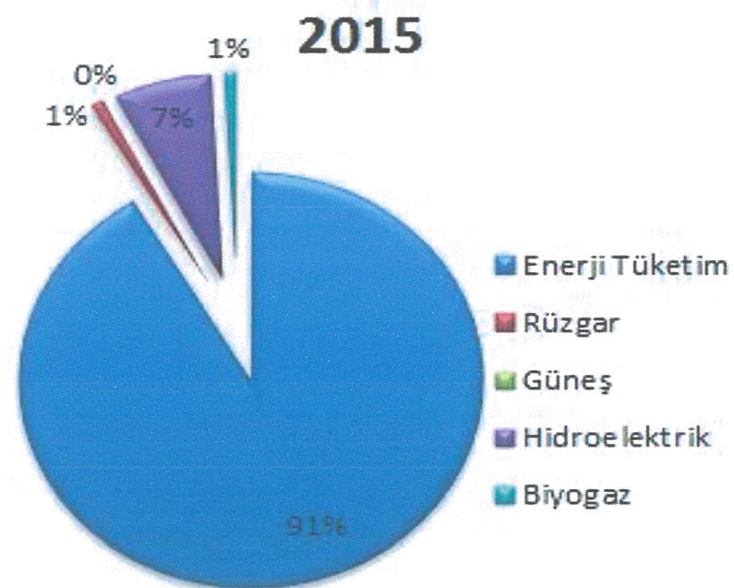
Bursa'da 2010 yılından önce, araştırmalarda herhangi bir yenilenebilir enerji santrali bulunmamıştır. 2010 yılında rüzgâr ve hidroelektrik enerji santralleriyle elektrik üretimi başlamış, 2012 yılında biyoenerji santrali, 2014 yılında da güneş enerji santralleri devreye girmiştir. 2014 yılı itibariyle rüzgâr enerji, güneş enerji, biyoenerji ve hidroelektrik enerji santrallerinin, üretimleri mevcudiyet kazanmıştır.

Grafik 12. 2014-2015 Yılları Yenilenebilir Enerji Üretim Oranları



Kaynak: Tablo 43'deki veriler kullanılarak hesaplanmıştır.

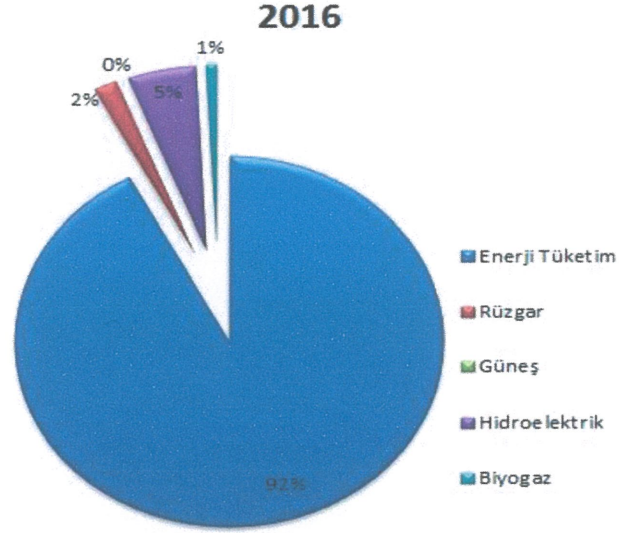
Bursa'da 2014 yılı enerji tüketiminin %2'si rüzgâr enerjisiyle, %2'si hidroelektrik enerjiyle, %1'i biyogaz enerji ile karşılanmaktadır.



Kaynak: Tablo 43'deki veriler kullanılarak hesaplanmıştır.

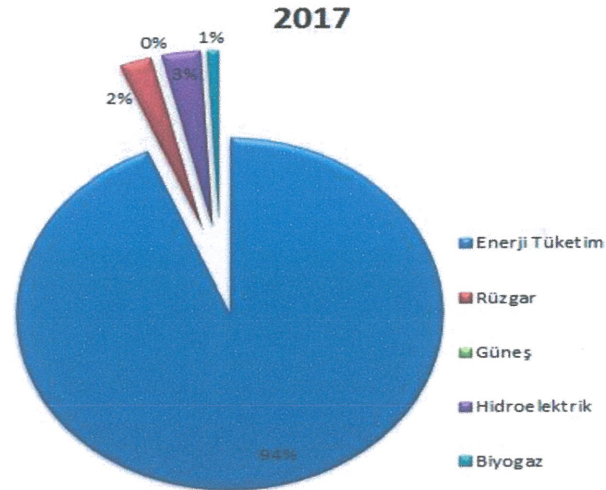
2015 yılı enerji tüketiminin %1 rüzgâr enerjisiyle %7'si hidroelektrik enerjiyle, %1'i biyogaz enerjiyle karşılanmaktadır.

Grafik 13. 2016-2017 Yılları Yenilenebilir Enerji Üretim Oranları



Kaynak: Tablo 43'deki veriler kullanılarak hesaplanmıştır.

2016 yılı enerji tüketiminin %2'si rüzgar, %5'i hidroelektrik, %1 biyogaz enerji üretimleriyle karşılanmaktadır.

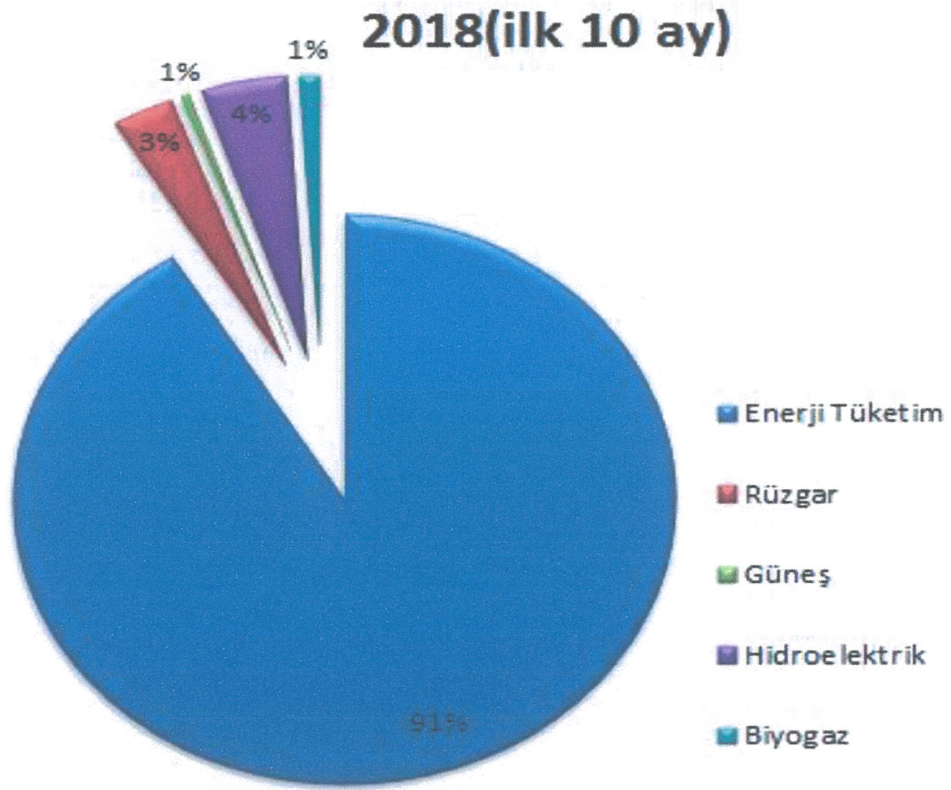


Kaynak: Tablo 43'deki veriler kullanılarak hesaplanmıştır.

2017 yılı enerji tüketiminin %2'si rüzgar, %3'ü hidroelektrik, %1'i biyogaz enerji ile karşılanmaktadır.

2010 yılında yenilenebilir enerji üretimiyle, elektrik enerji tüketiminin %2,85'ini, 2011 yılında %6,53'ünü, 2012 yılında % 7,97'sini, 2013 yılında %7,03'ünü karşılamaktadır. 2014 yılı ve sonrası grafiklendirilerek yukarıda gösterilmiştir. 2014 yılında ise yenilenebilir enerji üretimiyle, elektrik enerjisi tüketiminin %4,61'ini, 2015 yılında %9,25'ini, 2016 yılında %8,34'ünü, 2017 yılında %6,72'sini, 2018'de(ilk 10 ay) %9,54'ünü karşılamıştır.

Grafik 14. 2018(İlk 10 ay) yılı Yenilenebilir Enerji Üretim Oranları



Kaynak: Tablo 43'deki veriler kullanılarak hesaplanmıştır.

2018 yılında yukarıdaki grafik 14'te görüldüğü gibi, enerji ihtiyacının %3'ü rüzgâr enerjisinden, %1'i güneş enerjisinden, %4'ü hidroelektrik enerjiden, %1'i biyogaz enerjisinden karşılanmaktadır.

2014 ve 2018 yılları kapsayan grafikler Tablo 43'teki veriler doğrultusunda hesaplanmıştır.

Tablo 44. Yenilenebilir Enerji Üretimini Enerji Tüketimini Karşılama Oranı

Yıllar	Tüketimi karşılama (%)
2010	2,85
2011	6,53
2012	7,97
2013	7,03
2014	4,61
2015	9,25
2016	8,34
2017	6,72
2018(ilk 10 ay)	9,54

Kaynak: Tablo 43'teki veriler kullanılarak hesaplanmıştır.

Bursa'da yenilenebilir enerji üretiminin, tüketimi karşılama oranları yukarıdaki Tabloda gösterilmiştir. 2010 yılında üretimini tüketimi karşılama oranı %2,85 iken, 2011 yılında %6,53, 2012 yılında %7,97'ye çıkmıştır. 2013 yılında %7,03, 2014 yılında %4,61, 2015 yılında %9,25, 2016 yılında %8,34, 2017 yılında %6,72, 2018(ilk 10 ay) 9,54'ünü karşılamaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarıyla üretimin tüketimi karşılama oranlarındaki artışın 2011, 2012 ve 2018 yıllarındaki artan elektrik enerji üretiminin ana sebebi, devreye giren yeni yenilenebilir enerji santralleridir, diğer yıllardaki 2013 ve 2014 yıllarındaki düşüşler ile 2016 ve 2017 yıllarındaki düşüşlerin ana sebebi ise; küresel ısınmanın meydana getirdiği yağış yetersizliği ve bu yağış yetersizliğinin sebep olduğu akarsu debilerindeki düşüşler olarak açıklanabilmektedir.

3.7. SWOT Analizi Kavramı

SWOT analizi kavramı İngilizce kelimelerin baş harflerinden oluşmaktadır. Bunlar, Strengths (güçlü yönler), Weaknesses (zayıf yönler), Opportunities (fırsatlar) ve

Threats (tehditler) kelimeleridir. Yatırımcıların, stratejik yönetimlerini belirlemedeki en önemli konulardan bir tanesi denilebilmektedir. Mevcut durumun güçlü ve zayıf yönlerini, fırsat ve tehditlerinin göz önüne sererek doğru kararlar alınmasına olanak sağlamaktadır. SWOT analizinin faydaları ise hem mevcut durumu olumlu ve olumsuz yönleriyle analiz etmektedir hem de geleceğe ilişkin tahmin imkanı sağlamaktadır.

Bursa, Yenilenebilir Enerji Swot Analiz Diyagramı

İÇSEL

<u>Güçlü Yönler</u>	<u>Zayıf Yönler</u>
i)Bursa’da rüzgâr enerji santrallerinin önemi çok büyüktür. ii)Bursa’nın rüzgâr hız kapasitesi ve rüzgâr yoğunluk kapasitesi oldukça fazladır. iii)Bursa’nın rüzgâr enerji santrali kurulumunda, çok fazla alana sahiptir. iv)Bursa’da gelişmiş bir sanayinin olması, rüzgâr enerjisiyle üretilecek enerjinin dağıtım ve iletim maliyetlerinin düşük olması. v)Bursa’nın gelişmiş bir sanayi ve mühendislik hizmetleriyle, rüzgâr tribünlerinde kanat yatırımlarının olması, ciddi bir avantaj sağlamaktadır. vi)Bursa’nın içerisinde bulunduğu bölgenin rüzgâr yoğunluğunda Türkiye ortalamasının üzerinde olması. vii)Bursa’da toplamda kurulabilecek rüzgâr enerji santrallerinin çok yüksek kurulu güçlere(MW) tekabül etmesi.	i)Bursa’nın jeotermal enerji ile elektrik üretecek potansiyele sahip olamaması. ii)Bursa’da güneş enerjisiyle elektrik üretiminin, güney illere ve Türkiye ortalamasına kıyasla daha düşük bir potansiyele sahip olması. iii)Bursa’nın hidroelektrik enerjiyle elektrik üretim potansiyelinin düşük olması, hidroelektrik için gerekli olan güçlü ve debisi yüksek akarsuların olmaması. iv)Bursa’da biyokütle enerji ile elektrik üretiminde kurulum maliyetlerinin yüksek olması ve biyoenerjiyle üretim bilincinin yetersiz olması.

<u>Fırsatlar</u>	<u>Tehditler</u>
i)Bursa, coğrafi konum itibariyle, yüksek rüzgâr potansiyeline sahip olması.	i)Rüzgâr enerji santral ekipmanlarında dışa bağımlı olunması.
ii)Enerji de dışa bağımlılığa karşı teknolojiden ve doğadan yararlanma girişimlerinin artması.	ii)Küçük ve orta ölçekli yatırımcılar için, kredi olanakları ve finansal kaynakların az olması.
iii)Bursa’da temiz enerjiye olan bilincin artması.	iii)Yenilenebilir enerji üretiminde, alım garanti süresinden sonra birim fiyatların düşmesi.
iv)Bursa’nın rüzgâr enerji sanayinde üretim yatırımlarının olması.	iv)Enerji nakil hatlarındaki bağlantı sorunlarının olması.
v)Devletin yenilenebilir enerji sektöründe yatırım sübvansiyonlarının olması.	v)iletim hatlarına uzak olabilmesi.
vi)Rüzgâr enerji santrallerinde yerli üretim teşviklerinin olması.	vi)kamulaştırma maliyetlerinin yüksek olabilmesi ve uzun sürebilmeleri.

DIŞSAL

Yukarıdaki SWOT matrisini yorumlayacak olursak, Bursa bünyesinde içsel olumlu yönlerinin başlıcaları güçlü rüzgârları barındırmaktadır. Rüzgâr hız ve yoğunluk değerleri yüksek bir seviyede yer almaktadır. Beraberinde rüzgâr potansiyelinin olduğu bölgelerde, kurulamayacak alanların çıkarılmasıyla elde edilen kurulabilecek alanlar (776,34 kilometrekare) fazlasıyla müsaittir. Kurulabilir en alt limit olarak gösterilen 3.881,68 MW, en üst teorik limit olarak belirlenen 12.421,44 MW, yaklaşık optimal 6.210,72 MW ile 7.763,40 MW kurulabilecek potansiyel ifade edilebilmektedir. Beraberinde Bursa’da rüzgâr tribünlerinde kanat yatırımlarının olması, rüzgâr tribünlerinin üretilmesinin üretilmesinde avantaj sağlamaktadır. Bursa’nın ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisini, sanayisi de sahil rüzgâr tribünleriyle karşılayabilecek potansiyel mevcuttur. Analizin dışsal olumlu yönleri, fırsatlar cephesinde ise, Bursa konum itibariyle, Marmara Denizi’ne kıyısı olan, güçlü rüzgârların olduğu bir coğrafyada bulunmaktadır. Rüzgâr enerjisinde yerli üretim teşvikleriyle, rüzgâr tribün sanayisinde yatırımları çekmekte ve tribün kanatlarını üretmektedir. Rüzgâr enerji santrallerini devletin on yıl boyunca sübvansiyon etmesi, rüzgâr enerjisinin önemli fırsatlarından biridir. Bursa’da temiz enerjiye olan bilincin artmasıyla, doğaya minimum zararla, teknolojiden yararlanarak enerji üretme girişimlerinin arttığı görülmektedir.

Bursa'daki yenilenebilir enerji kaynaklarının içsel olumsuz yönleri ise, hidroelektrik potansiyelinin zayıf olması denilebilmektedir. Bursa'da güçlü akarsular bulunmamaktadır. Çoruh, Fırat, Dicle nehirleri gibi debisi yüksek akarsu kaynakları bulunmamaktadır. Mevcut akarsu kaynakları ile yapılabilecek hidroelektrik santrallerin sayısı az ve toplam kurulu güçleri, rüzgâr enerjisine göre çok düşük seviyelerdedir. Güneş enerji potansiyeli ise, ülkenin güneyine göre daha düşük seviyelerdedir. Güneş enerjisiyle elektrik üretimi konumu gereği yatırımcıları cezbetmemektedir. Jeotermal enerji ise, Bursa'da mevcutta doğrudan kullanım olarak faydalanılmaktadır. Jeotermal enerji kaynaklarının doğal süreci gereği elektrik enerjisi üretimi için uygun sıcaklık değerlerine sahip değildir. Bursa'da biyokütle enerji santralleri bulunmakta ama şehir atıkları, hayvansal atıklar ve orman atıkları potansiyelini verimli şekilde değerlendirmede, potansiyelin çok altında bir üretim gerçekleştirdiği görülmektedir. Biyokütle enerji üretimlerinin yeterli bilinçte olmaması, kurulum ve işletim maliyetlerinin çok yüksek olması, biyokütle enerji santrallerinin zayıf yönlerindendir. Dışsal olumsuz yönleri ise, rüzgâr enerji santrallerinin tribün ekipmanlarında milli üretime sahip değiliz. Rüzgâr tribünlerinin üretiminde dışa bağımlıyız. Yerli üretimlerle tribünlerin %80'ini üretebiliyoruz (Yalcın, 2017:18). Milli rüzgâr tribünlerimiz olmadığı için, rüzgâr tribünün üretiminde dışa bağımlıyız. Küçük ve orta ölçekli üreticileri cezbedici teşviklerin olmayışı, tribün kurmak için gerekli teknolojik alt yapı imkânlarının paylaşılmayışı, kredi ve finansal kaynakların bulunmasında zorlukların oluşu sayılabilmektedir. Teknik olarak da enerji nakil ve iletim hatlarına uzak mesafelerde kurulmak istenen rüzgâr enerji santrallerinin projelerinin reddedilebilmesi ve enerji nakil hatlarındaki teknik bağlantı sorunlarının giderilmemesi sayılabilmektedir. Devletin sübvansesi ettiği 10 yıllık sürenin sonunda üretilen elektrik enerji piyasasında belirlenen birim fiyatla alınması yatırımcıları tedirgin edebilmektedir.

4. BÖLÜM

BURSA'DA RÜZGÂR ENERJİSİNİN EKONOMİK ANALİZİ

4.1. Yöntem

Rüzgâr enerji yatırımının proje değerlendirme yöntemleri geri ödeme süresi, indirgenmiş geri ödeme süresi ve net bugünkü değer yöntemlerine göre ekonomik analiz yapılacaktır. Yatırım projelerinin değerlendirmesinde kullanılacak yöntemler, yatırımın rasyonel olup olmadığını gösterecektir.

Geri ödeme süresi, yatırım projesinin, yıllık net nakit girişleriyle projenin maliyetini kaç yıl içerisinde karşılayabileceğini gösteren yıl sayısını vermektedir. Diğer bir ifadeyle net kar ile amortisman toplamının kaç yıl içerisinde yatırım maliyetini karşılayabildiğini hesaplamaktadır. Geri ödeme süresi kısa olan yatırım projelerinin daha az riskli olacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda geri ödeme süresi, projenin ekonomik ömründen de küçük olmalıdır. Projenin ekonomik ömrü ile geri ödeme süresi arasında kalan zaman diliminin büyük olması beklenmektedir (Anbar ve Değer, 2009: 187). Geri ödeme süresi yöntemi aşağıdaki formüle göre hesaplanacaktır.

Geri ödeme Süresi Yöntemi

$$C = \sum_{t=1}^n (NNG)_t$$

NNG: Yıllık net nakit girişi

t: Projenin üretime başladığı yılı

n: Projenin ömrü (25 yıllık ömre sahiptir)

c: İlk yatırım maliyeti

İndirgenmiş geri ödeme süresi ise paranın zaman değerini dikkate alan dinamik bir yöntemdir. Normal geri ödeme süresine göre daha gerçekçi sonuçlar göstermektedir. Projenin net nakit girişlerinin belli bir iskonto oranı üzerinden indirgenmiş değerlerinin toplanmasıyla, yatırım maliyetini çıkaracağı zaman dilimini hesaplamaktadır. İndirgenmiş geri ödeme süresi aşağıdaki formüle göre hesaplanacaktır.

İndirgenmiş Geri Ödeme Süresi Yöntemi

$$C = \sum_{t=1}^n \left(\frac{(NNG)_t}{(1+i)^t} \right)$$

i: İskonto oranı

Net bugünkü değer(NBD) yöntemi ise, yatırımın ekonomik ömrü boyunca beklenen net nakit girişlerinin belli bir iskonto oranıyla indirgenmiş değerleri toplamından, yatırım harcamalarının bugünkü değeri toplamının çıkarılmasıyla bulunur. Net bugünkü değer yöntemi aşağıdaki formüle göre hesaplanacaktır.

Net Bugünkü Değer Yöntemi

$$NBD = \sum_{t=1}^n \left(\frac{NNG_t}{(1+r)^t(1+d)^t} \right) - c$$

NNG: enflasyonu dikkate alan yıllık net nakit girişi

1+r: iskonto oranı r=0,04

1+d: enflasyon oranı d=0,03

t: projenin üretime başladığı yılı

n: projenin ömrü (25 yıllık ömre sahiptir)

c: ilk yatırım maliyeti

Net bugünkü değer hesaplanırken enflasyonu da hesaba dâhil etmek daha gerçekçi bir sonuç çıkaracaktır. Net nakit girişlerinin enflasyon ölçüsünde artışı nominal bir artış olduğu için, nominal değerleri reel değerlere dönüştürerek net nakit girişleri hesaplanır. Enflasyonu dikkate alan net bugünkü değer(NBD) yöntemi bize daha sağlıklı bir sonuç vermektedir. Kullanılacak net bugünkü değer yönteminde enflasyonu dikkate alarak hesaplama yapılacaktır.

NBD > 0 ise yatırım projesi kabul edilir.

NBD < 0 ise yatırım projesi reddedilir.

NBD yöntemine başvurmamızın gerekçesi, yöntem paranın zaman değerini dikkate almaktadır. Net bugünkü değer sıfırdan büyük olması, projenin ömrü boyunca sağlayacağı faydanın, maliyetinden büyük olduğunu, projenin yapılabilir olduğunu göstermektedir(Arslanoğlu ve Öztürk, 1995:151). Aynı zamanda net bugünkü değer yönteminde risk unsuru kolaylıkla işleme dâhil edilebilmektedir. NBD yöntemi yatırımcının refahına yapacağı katkıyı da göstermektedir.

4.2. Ekonomik Analiz

4.2.1. Proje Ön Verileri

Bursa’da rüzgâr santrali kurulabilecek bir alan için olması gereken temel unsurlar, santral kurulacak bölgede yeterli rüzgâr hız ve yoğunluğunun olmasıdır. RES16 firması olarak adlandırılan firma tarafından fizibilite etütleriyle Bursa’da yapılan ölçümler sonucunda rüzgâr enerji santrali kurulabilmesi için yeterli rüzgâr varlığı tespit edilmiştir. RES16 firması tarafından gerçekleştirilen rüzgâr hız ve yoğunluk ölçümlerlerinin ön fizibilite raporlamasından yararlanılarak çalışma kapasite faktörü ve alan üzerinde kurulabilecek güç hesaplaması yapılmıştır (Mehmet Ali GÜRPINAR, kişisel iletişim, 5 Ocak 2019).

Yapılan rüzgâr hız ve yoğunluk ölçümlerinden hareketle tespit edilen alanda 17 tribün ve her tribün 3,60 MW olmak kaydıyla toplamda 61,20 MW güce sahip rüzgâr enerji santrali kurulabilmektedir.

Tablo 45. Rüzgâr Enerji Santrali Güç ve Kapasite Proje Verileri

Kurulu Güç (MW)	61,20
Kapasite Faktörü (%)	35
Yıllık Üretim (KW)	187.639.200 KW
Toplam Kayıp (%)	9,67
Yıllık Net Üretim	169.494.490 KW

Kaynak: Mehmet Ali GÜRPINAR, kişisel iletişim 5 Aralık 2018.

Kurulabilecek 61,20 MW rüzgâr enerji santralinin yukarıdaki Tablo 45’te gösterildiği gibi çalışma kapasitesi %35 verimliliktedir. Çalışma kapasitesi RES16 firmasının yaptırdığı hız ve yoğunluk ölçümlerinin sonucunda tespit edilmiştir. Yıllık 8760 saatin %35’i, 3066 saat çalışacak olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma saatine göre rüzgâr enerji santrali bir saatte (KW cinsiyle) 61.200 KW elektrik üretebilecektir. Yıllık ise 187.639.200 KW elektrik üretebileceği hesaplanmıştır. Bu üretim brüt bir üretimdir. Üretilen elektrik %9,67 oranında kayba uğrayabilmektedir. Bu kayıp ise enerji iletim ve nakil hatlarında kalan elektrik olarak açıklanabilmektedir. Kayba uğrayan elektrik enerjisinden arta kalan net üretim ise yıllık 169.494.490 KW elektrik enerjisidir (Mehmet Ali GÜRPINAR, kişisel iletişim, 10 Ocak 2018).

4.2.2. Maliyetler

Mevcut alanda kurulacak olan rüzgâr enerji santralinin, güç kapasite ve üretim verileri yıllık olarak tespit edildikten sonra, bu yatırımın gerçekleştirebilmesi için inşaat, enerji hattı, trafo, yol ve kamulaştırma gibi maliyet kalemlerinin neler olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmalar doğrultusunda aşağıdaki Tablo 46’da gösterildiği gibi santralin yatırım maliyeti hesaplanmıştır.

Tablo 46. Maliyet Kalemleri

Tribün ve Ekipman	52.020.000 \$
Araştırma ve Geliştirme	5.000.000 \$
İnşaat	4.000.000 \$
Şalt Sahası ve Trafo	2.000.000 \$
İletim Tesisi	1.500.000 \$
Kamulaştırma	600.000 \$
Toplam	65.120.000 \$
Aktifleşen Giderler	6.040.550 \$
Toplam Yatırım Tutarı	71.160.550 \$

Kaynak: Mehmet Ali GÜRPINAR, kişisel iletişim 5 Aralık 2018.

Rüzgâr enerji santralinin yatırım maliyet Tablosu incelendiğinde en yüksek meblağ tribün ve ekipman maliyetidir. 52.020.000\$ ile yatırım en yüksek maliyet kalemi tribün ve ekipman maliyeti oluşturmaktadır. Diğer maliyet kalemi ise, projenin fizibilite çalışması, teknik hesaplamalar, tribün seçimleri, mühendislik alt yapısı olarak araştırma geliştirme faaliyetidir. Ar-ge faaliyeti 5.000.000\$ maliyet oluşturmaktadır. Santralin kurulumu için yapılan, yol, işçilik ve inşaat çalışmaları için ayrılmış olan inşaat maliyet kalemi bulunmaktadır. Rüzgâr santrali kurulumu için, kara yoluyla taşınacak ekipmanlar, büyük ve ebatlı olduklarından, geniş yolların açılması gerekmektedir. İnşaat çalışmalarında ise kulenin yüksekliği ve rüzgâra karşı direnç göstererek durabilmesi için geniş derin ve sağlam temeller atılması gerektiği söylenebilir. Bu süreç içerisinde işçilik giderini de dâhil edip, inşaat kalemi adı altında 4.000.000 \$ değerinde bir maliyet kalemi olduğu görülmektedir (Mehmet Ali GÜRPINAR, kişisel İletişim, 5 Aralık 2019).

Üretilen enerjinin, iletim ve dağıtımını yapabilmek için, bir takım bütünleşik üretim elemanlarıyla üretilen elektrik enerjisini yükseltip veya düşürerek istenilen gerilim seviyelerine getirmek, enerjinin elektrik hatlarıyla iletim ve dağıtımını sağlamak için yapılan şalt sahası ve trafo olarak adlandırılan 2.000.000 \$ değerinde bir maliyet kalemi görülebilmektedir.

Üretilen elektriği, taşıyabilmek adına iletim tesisi olarak adlandırılan, hatlarla enerji iletimini sağlayabilmek için 1.500.000 \$ iletim tesisi maliyeti bulunmaktadır.

Rüzgâr enerji santralının inşaat çalışmaları için açılan yolların ve çekilen hatlar için arazilerin kamulaştırma bedeli olarak 600.000\$ kamulaştırma maliyeti bulunmaktadır. Kamulaştırma işini devlet yapmakta ve maliyetini yatırımcıdan daha sonra tahsil etmektedir(Tahsin TUNUS, kişisel İletişim, 10 Aralık 2018).

Maliyet kalemlerini topladığımızda 65.120.000\$'a mal olduğunu görebilmekteyiz. Yatırım süresi boyunca kur farkı ve faiz gideri olarak 6.040.550\$ aktifleştirilen giderler adı altında bir maliyet kalemi daha bulunmaktadır. Toplam yatırım tutarı ise 71.160.550.040.550\$'a mal olmaktadır.

Tablo 47. İşletme Giderleri

Bakım-Onarım	1.105.000 \$
Arazi Kirası	100.000 \$ (%85 indirim) 10 Yıl
Sigorta	150.000 \$
Sistem işletim (\$/MWh 0,7)	118.646 \$
Sabit Sistem Kullanım	546.332 \$ (%50 indirim) 5 yıl
Değişken Sistem Kullanım	254.241 \$ (%50 indirim) 5 yıl
Personel Gideri	240.400 \$
Lisans Gideri	1.694\$ (%100 indirim 10 yıl)
Toplam Gider	2.030.000 \$ (10 yıl boyunca)
Toplam Gider	2.516.313(10 yıl sonunda)

Kaynak: Mehmet Ali GÜRPINAR, kişisel iletişim 5 Aralık 2018.

Tablo 47'de görüleceği gibi kurulan rüzgâr enerji santralının, yıllık faaliyet(işletme) giderleri içinde, en yüksek kalemin 1.105.000 \$ ile bakım onarım masrafları olduğu görülmektedir. Yıllık işletme giderlerinin %54,43 ünü bakım onarım masrafının oluşturduğu görülebilmektedir.

Kullanılan çoğu rüzgâr enerji santral arazileri, devlet arazi olduğu için, arazinin devlete ödenen kira bedeli bulunmaktadır. Projenin, yıllık 100.000\$ arazi kira bedeli üzerinden devlet on yıl süre geçerli olan %85 oranla indirim yapmaktadır. Devlete 10 yıl süre ile yıllık 15.000 \$ arazi kira bedeli ödenecektir.

Kurulan rüzgâr tribünlerinin olası herhangi bir olumsuz duruma karşı 150.000 \$ değerinde yıllık sigorta gideri bulunmaktadır.

Sistem işletilmesinde her bir MW için 0,7 \$ maliyet kalemi bulunmaktadır. Üretilen KW cinsinden elektriği 1000'e bölerek $169.494.490 / 1000 = 169.494,49\text{MW}$ olarak ifade edilebilmektedir. Her bir MW için 0,7\$ sistem işletim gideri ile çarptığımızda, 118.646\$ yıllık sistem işletim gideri ortaya çıkmaktadır.

Sabit sistem kullanım ise, rüzgâr enerji santralinin toplam kurulu gücü üzerinden tahsis edilmektedir. Yıllık 1 MW için enerji yönetmeliğinde 8.927\$ sabit kullanım ücreti bulunmaktadır. Santralin kurulu gücü ile $61,20 \text{ MW} \times 8.927\$ = 546.332\$$ yıllık sabit kullanım gideri bulunmaktadır. Bu ücreti devlet 5 yıl %50 indirim ile tahsis etmektedir. İndirimli hali ise 273.166\$'dır.

Değişken sistem kullanım gideri ise üretilen her bir MW elektrik enerjisi için 1,5\$ olarak yönetmelikte belirlenmiştir. Üretilen $169.494,49 \text{ MW} \times 1,5\$ = 254.241$ yıllık değişken sistem kullanım gideri bulunmaktadır. Devlet bu gider kalemini de 5 yıl süre ve %50 indirim oranıyla tahsil etmektedir. İndirimli hali 127.120\$'dır. Rüzgâr enerji santralinin bir müdür, beş operatör, iki idari işler, altı güvenlik personeli olmak üzere toplam yıllık personel gideri ise 240.400\$ olduğu varsayılmaktadır. Devlete ödenen bir diğer gider ise lisans gideridir. Rüzgâr enerjisinden elektrik üretebilmek için almış olduğu lisansın bir gideri mahiyetindedir. Üretilen 1 MW elektrik enerjisi için 0.01\$ lisans gideri EPDK tarafından belirlenmiştir. Üretilen $169.494,49\text{MW} \times 0.01\$ = 1.694,94\$$ yıllık lisans gideri bulunmaktadır. Devlet bu gidere on yıl süreyle %100 indirim uygulamaktadır. 10 yıl süre ile lisans ücretini tahsil etmemektedir.

4.2.3. Gelirler

Projenin yıllık net üretimi ise 169.494.490 KW elektik enerjisidir. Üretilen enerjinin ilk beş yıl 0.093\$ son beş yıl 0,073 \$, on yıl ortalama 0,083 \$ birim satış fiyatı bulunmaktadır. Yıllık toplam gelir 14.068.042 \$ olduğu Tablo 48'de görülmektedir.

Tablo 48. Yıllık Geliri

Yıllık Net Elektrik Üretimi	169.494.490 KW
Yıllık Ortalama Birim satış fiyatı (1 kw)	0,083 \$
Yıllık Toplam Gelir	14.068.042 \$

Kaynak: Tablo 45'teki verilere göre hesaplanmıştır.

Projenin 10 yıllık üretiminden sonra, başka bir ifade ile teşvik verilen yıldan sonra birim fiyatı 0,050\$'a düşmektedir. Üretilen elektrik enerjisinin değişmediği varsayılarak $169.494.490 \times 0,050 = 8.474.724\$$ on yıl sonraki yıllık toplam gelirini göstermektedir.

Tablo 49. Teşvikli ve Teşviksiz Yıllık Gelirleri

Yıllık Net Elektrik Üretimi	169.494.490 KW
Yıllık Ortalama Birim satış fiyatı (1 kw)	0,083 \$ (10 yıl)
10 Yıl Boyunca Yıllık Toplam Geliri	14.068.042 \$
10 yıl sonra Birim Satış Fiyatı (1 kw)	0,050 \$
10 Yıl Sonra Yıllık Toplam Geliri	8.474.724 \$

Kaynak: Tablo 45'teki verilere göre hesaplanmıştır.

4.2.4. Yatırım Projesinin Değerlendirilmesi

Projenin yatırım tutarını belirleyebilmek için, projenin kuruluş aşamasındaki harcamaları ile ömrü boyunca işletme dönemi harcamalarının ortalaması toplanarak, yatırım maliyetine ulaşılmaktadır. Aşağıda formül hali gösterilmektedir.

Toplam İlk Yatırım Tutarı= (Kuruluş Dönemi Harcamaları) + (Ortalama İşletme Dönemi Harcamaları)

Projenin yatırım maliyeti hesaplanırken, öz kaynaklar haricinde dış finansman kullanılmışsa, faiz gideri çıkarılmaktadır. Sabit sermaye yatırımlarından faiz giderini çıkarıp, ortalama işletme sermayesini ekleyerek projenin toplam ilk yatırım maliyetine ulaşmış olmaktadır.

Toplam İlk Yatırım Tutarı= (Sabit Sermaye Yatırım Gideri) – (Faiz Gideri) + Ortalama işletme Sermayesi

$$= 71.160.550 - 6.040.550 + 3.040.940$$

Toplam İlk Yatırım Tutarı = 68.160.940\$

Tablo 50. Geri Ödeme Süresi

Paranın zaman değerini dikkate almayan GERİ ÖDEME SÜRESİ						
Gelir	İşletme gideri	Faiz ödemesi	Amortisman	Brüt Kar	Net Kar	Net Nakit Girişi
14068042	2030000	604055	2080800	9353187	7482549,6	9563349,6
14068042	2090000	604055	2080800	9293187	7434549,6	9515349,6
14068042	2152727	604055	2080800	9230460	7384368	9465168
14068042	2217308	604055	2080800	9165879	7332703,2	9413503,2
14068042	2283827	604055	2080800	9099360	7279488	9360288
14068042	2352341	604055	2080800	9030846	7224676,8	9305476,8
14068042	2422911	604055	2080800	8960276	7168220,8	9249020,8
14068042	2495598	604055	2080800	8887589	7110071,2	9190871,2
14068042	2570465	604055	2080800	8812722	7050177,6	9130977,6
14068042	2647578	604055	2080800	8735609	6988487,2	9069287,2

Kaynak: Tablo 46,47,48'deki veriler kullanılarak hesaplanmıştır

Yukarıda Tablo 50'de geliri sabit varsayılan rüzgâr enerji santralının, işletme giderleri doların enflasyon oranında $i=0,03$ olarak alınmıştır. Bu varsayım altında işletme giderlerinin her yıl artacağı hesaplanmıştır. Faiz ödemeleri ise devletin teşvik verdiği 10 yıl boyunca eşit taksitlere bölünmüştür. Amortisman giderleri yatırım için gerekli olan tribün ve ekipman maliyetlerinin ömrü sonunda hurda değeri sıfır olarak kabul edilip amortisman giderleri Tabloda görüldüğü gibi yazılmıştır. Brüt kara ise aşağıdaki işlemler doğrultusunda ulaşılmaktadır.

$$\text{Brüt Kar} = (\text{Gelir} - \text{İşletme Gideri} - \text{Faiz Ödemesi} - \text{Amortisman})$$

$$= (14.068.042 - 2.030.000 - 604.055 - 2.080.800)$$

$$\text{Brüt Kar} = 9.353.187$$

Brüt kardan, net kara ulaşabilmemiz için, brüt kardan vergi miktarını çıkarmamız gerekmektedir. Başka bir ifade ile brüt karı $(1 - v)$ ile çarparak net kara ulaşmamız gerekmektedir. Kurumlar vergisi oranı 0,20 olarak varsayılmaktadır. Rüzgâr enerji santralının devletle olan anlaşmasında ödenecek kurumlar vergisinin belirtilen bir para cinsi yoksa, verginin dolar cinsinden ödeneceği varsayılmaktadır.

$$\text{Net Kar} = \text{Brüt Kar} \times (1 - v)$$

$$= 9.353.187 \times (1 - 0.20)$$

$$\text{Net Kar} = 7.482.549,6$$

Net karın üzerine kaydi olarak ayrılan amortisman giderini eklediğimizde bize net nakit girişini vermektedir.

$$\text{Net Nakit Girişi} = \text{Net Kar} + \text{Amortisman}$$

$$= 7.482.549,6 + 2.080.800$$

$$= 9.563.349,6\$$$

Yıllık net nakit girişlerine ulaşmamız geri ödeme süresi hakkında bilgi verdiği için önemlidir. Geri ödeme süresi, yatırımın sağlayacağı net nakit girişlerinin, yatırımın maliyetini çıkarabilmesi için gerekli süreyi ve yılı göstermektedir. Geri ödeme süresine bakılmasının ana nedeni, yatırımın rasyonel olup olmadığını göstermektir. Vergiden sonrası kar ve amortisman toplamının kaç yıl içerisinde yatırım maliyetini karşılayabileceğini, yıllık net nakit girişlerinin projenin kendi kendini ne kadarlık bir sürede geri ödeyeceğini hesaplamaktadır (Anbar ve Değer, 2009: 186).

Aşağıdaki geri ödeme süresi formülünde, eşitin sol tarafında yatırım tutarı, eşitin sağ tarafı ise yıllık net nakit girişlerinin toplamını ifade etmektedir. $t=1$ ile başlaması projenin üretime geçtiği yıldan başladığını, n değeri ise teşvik yılı olan 10 yıllık süreyi göstermektedir.

Yatırım projesinin teşvik süresi içerisinde maliyetini ne kadar süre içerisinde çıkaracağı geri ödeme süresi yöntemiyle ele alınacaktır.

Geri Ödeme Süresi

$$C = \sum_{t=1}^{n=10} (\text{NNG})_t$$

Yukarıdaki işlemler her bir yıl için Tablo 50'deki verilerle yapıldığında aşağıdaki toplama ulaşılabacaktır.

Tablo 51. Net Nakit Girişleri

Yatırım Maliyeti	Yıllar	Net Nakit Girişleri
68.160.940	1	9.563.349,6
	2	9.515.349,6
	3	9.465.168
	4	9.413.503,2
	5	9.360.288
	6	9.305.476,8
	7	9.249.020,8
	8	9.190.871,2

Kaynak: Tablo 50'deki veriler kullanılarak oluşturulmuştur.

Yıllık net nakit girişlerinin toplama kolaylığı olabilmesi için, aşağıdaki Tabloda yıllık net nakit girişlerinin kümülatif toplamı oluşturulmuştur.

Tablo 52. Net Nakit Girişleri Kümülatif Toplamı

Yatırım Maliyeti	Yıllık Net Nakit Girişlerinin Kümülatif Toplamı
68.160.940	9.563.349,6 (1.Yıl)
	19.078.699,2 (2.Yıl)
	28.543.867,2 (3.Yıl)
	37.957.370,4 (4.Yıl)
	47.317.658,4 (5.Yıl)
	56.623.135,2 (6.Yıl)
	65.872.156 (7.Yıl)
	75.063.027,2 (8.Yıl)

Kaynak: Tablo 51'deki veriler kullanılarak hesaplanmıştır.

Geri ödeme süresi Tablo 52'de 7 ile 8 yıl arasına denk gelmektedir. Net bir zaman aralığını bulabilmek için; Yatırım tutarından, yedinci yıldaki kümülatif net nakit girişini çıkarıp, sekizinci yılın net nakit girişine bölünür:

$$(68.160.940 - 65.872.156) / 9.190.871,2 = 0,24$$

Projenin geri ödeme süresi 7,24 yıldır, yapılan yatırım yaklaşık 7 yıl 3 ayda parasını çıkartabilmektedir. Hesaplanan geri ödeme süresi (7,24) < istenen maksimum geri ödeme süresi (8 yıl varsayıldığında), proje kabul edilir.

Bu yöntem statik bir yöntemdir. Statik yöntemlerin en büyük sakıncası paranın zaman değerini dikkate almamasıdır. Statik yöntemlerin bu eksik yanı, dinamik yöntemlerle yani paranın zaman değerini dikkate alan yöntemlerle kapatılmaktadır. Dinamik yöntemlerde net nakit girişleri belli bir iskonto oranı üzerinden bugüne indirgenir ve bu duruma da indirgenmiş geri ödeme süre yöntemi denir (Tokatlıoğlu, 2005: 44).

İskonto oranı geçmiş 19 yılın ortalama değerine göre, 2000-2018 yılları arasında doların faiz ortalaması $i=0,04$ bulunarak, yönteme dâhil edilmiştir. İndirgenmiş geri ödeme süresi aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

İndirgenmiş Geri Ödeme Süresi

$$C = \sum_{t=1}^{n=10} \left(\frac{NNGt}{(1+i)^t} \right)$$

İskonto oranına göre indirgenmiş net nakit girişleri yıllık olarak aşağıdaki Tabloda gösterilmiştir.

Tablo 53. İndirgenmiş Net Nakit Girişleri

Yatırım Maliyeti	Yıllar	Net Nakit Girişleri
68.160.940	1	9.195.528,462
	2	8.810.508,889
	3	8.451.042,857
	4	8.115.088,966
	5	7.735.775,207
	6	7.385.299,048
	7	7.060.321,221
	8	6.757.993,529
	9	6.430.265,915

Kaynak: Tablo 50'deki veriler indirgenmiş geri ödeme süresi formülüne göre hesaplanmıştır.

İskonto oranına göre hesaplanmış yıllık net nakit girişlerinin kümülatif toplamı ise aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 54. İndirgenmiş Net Nakit Girişleri Kümülatif Toplamı

Yatırım Maliyeti	Yıllık Net Nakit Girişlerinin Kümülatif Toplamı
68.160.940	9.195.528,462 (1.Yıl)
	18.006.037,35 (2.Yıl)
	26.457.080,21 (3.Yıl)
	34.572.169,17 (4.Yıl)
	42.307.944,38 (5.Yıl)
	49.693.243,43 (6.Yıl)
	56.753.564,65 (7.Yıl)
	63.511.558,18 (8.Yıl)
	69.941.824,09 (9.Yıl)

Kaynak: Tablo 53'deki veriler kullanılarak hesaplanmıştır.

İndirgenmiş geri ödeme süresi 8 ila 9 yıl arasına denk gelmektedir. Net bir zaman aralığını bulabilmek için; Yatırım tutarından, sekizinci yıldaki kümülatif net nakit girişini çıkarıp, dokuzuncu yılın net nakit girişine bölünür:

$$=(68.160.940 - 63.511.558,18) / 6.430.265,915$$

$$=0,72$$

İndirgenmiş geri ödeme süresi 8,72 yani yaklaşık 8 yıl 9 ayda parasını çıkartabilmektedir.

Bu sonuç statik olan geri ödeme süresinden daha gerçekçi bir sonuç vermektedir. Statik modelde paranın zaman değeri dikkate alınmazken, dinamik model olan indirgenmiş geri ödeme süresinde, belirlenen iskonto oranı kullanılarak net nakit girişlerinin bugünkü değerleri bulunur. Net nakit girişlerinin indirgenmiş toplamı, yatırım maliyetini ne kadar süre içerisinde geri çıkartabileceğini gerçekçi bir şekilde göstermektedir.

Hesaplamalar yapılırken önemli olan projenin, devlet teşviki aldığı zamanda (10 yıl içerisinde) parasını çıkartabilmesidir. İndirgenmiş geri ödeme süresi < hesaplanan maksimum indirgenmiş geri ödeme süresi ise proje kabul edilir. İndirgenmiş geri ödeme süresi 8,72 yıldır, projenin teşvik aldığı 10 yıldan küçük olduğu için proje kabul edilir.

Teşvik yılının bitmesiyle, projenin 11. Yılından itibaren gelirlerinde bir düşme yaşanmaktadır. Çünkü devletin satın aldığı elektrik birim fiyatı 0,083\$'dan 0,050\$'a düşmektedir. Yukarıdaki Tablo 49'da gösterildiği gibi, 10 yıllık geliri 14.068.042 \$'dan 10 yıl sonraki geliri 8.474.724 \$'a düşmektedir.

Projenin ömrü boyunca sağlayacağı net nakit girişlerinin, belli bir iskonto oranına göre indirgenmiş değerler toplamından, ilk yatırım maliyetinin çıkarılmasıyla projenin net bugünkü değeri hesaplanmış olur. Hesaplanan net bugünkü değer sıfırdan büyükse proje kabul edilir. Eğer sıfırdan küçükse proje reddedilir.

$NBD > 0$ proje kabul edilir.

$NBD < 0$ proje reddedilir.

Net bugünkü değer sıfırdan büyük olması, projenin ömrü boyunca sağlayacağı faydanın projenin maliyetinden büyük olduğunu göstermektedir.

$$NBD = \sum_{t=1}^n \left(\frac{NNG_t}{(1+r)^t} \right) - C$$

Yukarıdaki formülde, sermaye maliyeti varsayılarak belirlenen bir orana indirgenerek net bugünkü değer hesaplanmaktadır. Enflasyon hesaba dâhil edilmemiştir. Enflasyonun hesaba dâhil edilmemesi yanlış kararlar alınmasına sebep olabilir. Enflasyon ekonomide fiyatlar genel seviyesinin değişme riskini göstermektedir. Net

bugünkü değer hesaplanırken enflasyonun da hesaba katılması daha gerçekçi bir sonuç ortaya çıkaracaktır.

Gelir ve gider rakamları $(1+d)^t$ kadar arttırılarak (d enflasyon oranını ifade etmektedir) tekrar hesaplanır. Son 19 yılın dolar bazındaki enflasyon oranı ortalaması %2,19'tur, risk faktörü arttırılarak %3 olarak hesaba dâhil edilmiştir.

$$NBD = \sum_{t=1}^n \left(\frac{NNG_t}{(1+r)^t(1+d)^t} \right) - C$$

NNG: enflasyonu dikkate alan yıllık net nakit girişi

$1+r$: iskonto oranı $r=0,04$

$1+d$: enflasyon oranı $d=0,03$

t: projenin üretime başladığı yılı

n: projenin ömrü (25 yıllık ömre sahiptir)

c: ilk yatırım maliyeti

Proje inşaatı başlamadan önce hesapladığı gelir ve giderleri enflasyon oranında arttırılarak bir hesaplama yapılmıştır. Önceki yöntemde işletme giderlerinin bakım-onarım, sigorta, işçilik, kira, sistem kullanım bedellerinin enflasyon oranında artacağı hesaba katılmıştı. Enflasyonu dikkate alan net bugünkü değer formülünde gelirin de enflasyon oranında artacağını hesaba katılmaktadır. Gelir gider kalemleri $(1+d)^t$ oranında arttırılarak net nakit girişi hesaplanır.

Tablo 55. Net Nakit Girişı

GELİR	İşletme Giderleri	Faiz Ödemesi	Amortisman	BRÜT KAR	NET KAR	NET NAKİT GİRİŞİ
14490083,26	2090900	604055	2080800	9714328,26	7771462,608	9852262,608
14912124,52	2151800	604055	2080800	10075469,52	8060375,616	10141175,62
15334165,78	2212700	604055	2080800	10436610,78	8349288,624	10430088,62
15756207,04	2273600	604055	2080800	10797752,04	8638201,632	10719001,63
16178248,3	2334500	604055	2080800	11158893,3	8927114,64	11007914,64
16740969,98	2415700	604055	2080800	11640414,98	9312331,984	11393131,98
17163011,24	2476600	604055	2080800	12001556,24	9601244,992	11682044,99
17725732,92	2557800	604055	2080800	12483077,92	9986462,336	12067262,34
18288454,6	2639000	604055	2080800	12964599,6	10371679,68	12452479,68
11356130,16	2720200	604055	2080800	5951075,16	4760860,128	6841660,128
11695119,12	2801400	0	2080800	6812919,12	5450335,296	7531135,296
12034108,08	2882600	0	2080800	7070708,08	5656566,464	7737366,464
12373097,04	2963800	0	2080800	7328497,04	5862797,632	7943597,632
12796833,24	3065300	0	2080800	7650733,24	6120586,592	8201386,592
13135822,2	3146500	0	2080800	7908522,2	6326817,76	8407617,76
13559558,4	3248000	0	2080800	8230758,4	6584606,72	8665406,72
13983294,6	3349500	0	2080800	8552994,6	6842395,68	8923195,68
14407030,8	3451000	0	2080800	8875230,8	7100184,64	9180984,64
14830767	3552500	0	2080800	9197467	7357973,6	9438773,6
15254503,2	3654000	0	2080800	9519703,2	7615762,56	9696562,56
15762986,64	3775800	0	2080800	9906386,64	7925109,312	10005909,31
16271470,08	3897600	0	2080800	10293070,08	8234456,064	10315256,06
16695206,28	3999100	0	2080800	10615306,28	8492245,024	10573045,02
17203689,72	4120900	0	2080800	11001989,72	8801591,776	10882391,78
17712173,16	4242700	0	2080800	11388673,16	9110938,528	11191738,53

Kaynak: Tablo 46,47,48,49'daki veriler kullanılarak hesaplanmıştır.

Formülde gösterilen NNG, enflasyon oranıyla arttırılmış net nakit girişlerini göstermektedir.

Gelirden işletme giderlerini faiz ödemesini ve amortismanın çıkartılmasıyla, brüt kara ulaşılmaktadır. Vergi öncesi kar olarak adlandırılabilen bu karı $(1 - v)$ ile çarptığımızda vergi oranı 0,20 varsayılarak, net kara ulaşılmaktadır. Kaydi olarak ayrılan amortismanı net karın üzerine eklediğimizde net nakit girişine ulaşılmaktadır. Başka bir deyişle formülün pay kısmına ulaşılmaktadır.

Tablo 56. Net Bugünkü Değer

NET NAKİT GİRİŞİ	$(1+0,04)^t \cdot (1+0,03)^t$	enflasyonu dikkate alan NBD	YATIRIM
9852262,608	1,0712	9197407,214	
10141175,62	1,1448	8858469,266	
10430088,62	1,2208	8543650,577	
10719001,63	1,2992	8250463,079	
11007914,64	1,3915	7910826,188	
11393131,98	1,4994	7598460,707	
11682044,99	1,5982	7309501,309	
12067262,34	1,7136	7042053,184	
12452479,68	1,846	6745655,298	
6841660,128	1,9832	3449808,455	
7531135,296	2,1114	3566891,776	
7737366,464	2,272	3405531,014	
7943597,632	2,4236	3277602,588	
8201386,592	2,6123	3139527,08	
8407617,76	2,79	3013483,068	
8665406,72	2,992	2896192,086	
8923195,68	3,201	2787627,516	
9180984,64	3,434	2673554,059	
9438773,6	3,675	2568373,769	
9696562,56	3,942	2459807,854	
10005909,31	4,2222	2369833,099	
10315256,06	4,5312	2276495,424	
10573045,02	4,8462	2181718,671	
10882391,78	5,1968	2094056,299	
11191738,53	5,5594	2013119,856	
		TOPLAM 115.630.109,4	68.160.940
		NET BUGÜNKÜ DEĞER	
		47.469.169,40	

Kaynak: Tablo 46,47,48,49'daki veriler kullanılarak hesaplanmıştır.

Formülde gösterilen payda kısmı ise $(1+i)t(1+d)t$ enflasyon ve iskonto oranlarının t zamanına göre üst kuvvetlerinin alınıp çarpılmasıyla hesaplanmaktadır.

t ilk yıl için $(1+0,04)t(1+0,03)t$ işleminin sonucu 1,0712

t ikinci yıl için $(1+0,04)t(1+0,03)t$ parantez karelerinin alınıp çarpılması 1,1448

t üçüncü yıl için $(1+0,04)t(1+0,03)t$ parantez küplerinin alınıp çarpılması 1,2208

Payda kısmında ki parantez üslerinin çarpılması yukarıdaki Tabloda ikinci sütunda her bir yıl için gösterilmiştir.

$$NBD = \sum_{t=1}^n \left(\frac{NNGt}{(1+r)t(1+d)t} \right) - C$$

Tabloda gösterilen yıllık net nakit girişlerini, yıllık enflasyon ve iskonto oranlarına bölerek indirgediğimizde, toplam sigma ile bu işlemi projenin ömrü boyunca yapıp, ilk yatırım maliyetini çıkardığımızda bize enflasyonu dikkate alan net bugünkü değeri vermektedir.

Enflasyonu dikkate alan NBD 47.469.169,4\$

$NBD > 0$ olduğu için proje kabul edilir.

Sonuç olarak ele alınan bu rüzgâr santrali projesi ticari olarak karlılık göstermektedir. Projenin, statik ve dinamik geri ödeme süreleri 25 yıllık ömrü çerçevesinde, 10 yıldan kısa bir süre içerisinde sermaye maliyetini çıkarabilmektedir. Geri ödeme süreleriyle, ekonomik ömrü arasında kalan zamanın büyük olması yatırımı rasyonel kılmaktadır. Net bugünkü değerinin sıfırdan büyük olması projenin yatırım maliyetinden daha fazla net nakit girişi olduğunu göstermektedir. Projenin yatırımcıya olan karlılığı haricinde, bölge ve ülke ekonomisi açısından da değerlendirildiğinde hem bölgede çevre kirliliğine neden olmayan enerji kaynağının kullanılmasını mümkün kılacak hem de enerjide dışa bağımlılığımızı azaltılmasını mümkün kılacaktır.

Sonuç

Enerjinin üretim ve tüketiminde fosil kaynaklara göre büyük üstünlüğü olan yenilenebilir enerjinin, 1973 petrol krizinden sonra önemi artmıştır. Krize kadar kömürün ve petrolün egemen olduğu enerji sektöründe oluşan petrol kriziyle beraber, fosil yakıtlara güvensizlik doğmuştur. Bu oluşan güvensizlik ortamı, ekonomileri alternatif arayışına itmiş ve yenilenebilir kaynaklarına yöneltmiştir.

Ekonomik sebeplerin yanı sıra son yıllarda oluşan çevre bilinciyle doğanın korunması, doğayı daha az tahribe uğratarak gelecek kuşaklara bırakmak, küresel ısınma, sera gazı salınımları, yenilenebilir enerjinin önemini bir kez daha gözler önüne sermiştir.

Çevre dostu olması, doğaya fosil yakıtlar gibi zarar vermemesi, yenilenebilir bir kaynak olmaları ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kurulan tesislerin, bakım ve işletme giderlerinin az olması, bu kaynakların fosil enerji kaynaklarına göre çekici bir alternatif olduğunu göstermektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr tribünleriyle elektrik üretimi 19.yy sonlarında 1890'larda Danimarka'da yapılmaya başlanmış, 1961 yılına gelindiğinde, Roma'da Birleşmiş Milletler tarafından düzenlenen "Enerjinin Yeni Kaynakları" konferansında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi vurgulanmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları içinde Türkiye açısından elverişli enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisi, yeni ve yenilenebilir bir kaynak olarak teknolojinin desteği ile uygulanmaya başlamıştır. 1970'li yıllarda yapay petrol sıkıntısının ardından rüzgâr enerjisi üzerinde daha çok araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin ortaya çıktığı gözlemlenmektedir. 1980'li yıllara gelindiğinde, modern teknolojilerle rüzgârı enerjiye dönüştüren çevrim sistemleri kurulmuştur. 1990'lı yıllarda gelişen çevre bilinciyle rüzgâr enerjisi konvansiyonel enerji santralleriyle boy ölçüşecek seviyeye gelmiştir.

Başta sanayileşmiş ülkelerde olmak üzere, günümüzde rüzgâr enerjisinin dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynakları içinde en fazla yatırım yapılan enerji kaynağı olduğu görülmektedir.

Türkiye bulunduğu özel konumundan dolayı, yenilenebilir enerji kaynakları çok yüksek bir potansiyele sahiptir. Türkiye, bütün yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelini yeterince değerlendirdiği söylenemez. Örneğin, rüzgâr enerjisinde, 7.010 MW, güneş enerjisinde, 5.095 MW, jeotermal enerjide 1.303 MW, Hidroelektrik enerji de 27.000 MW ile mevcut potansiyellerin altında bir kurulu güce sahiptir. Mevcut potansiyelleriyle de Türkiye, dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan ülkeler sıralamasında, rüzgâr enerjisinde 11. sırada, güneş enerjisinde 12. sırada, jeotermal enerjisinde 4. sırada, hidroelektrik enerji de 9. sırada yer almaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelleri doğrultusundaki kullanımları, enerjideki dışa bağımlılığımızı önemli düzeyde azaltacaktır.

Bursa'daki yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretim potansiyellerini incelediğimizde, jeotermal enerjinin elektrik enerji üretimini gerçekleştirecek kaynaklarının olmadığı karşımıza çıkmaktadır. Bursa'nın jeotermal enerji kaynakları, başta termal amaçlı olmak üzere, doğrudan kullanıma uygun olduğu anlaşılmıştır.

Bursa'nın hidroelektrik potansiyeli, güçlü su kaynakları olmamasından dolayı, yüksek hidroelektrik potansiyel seviyesinde değildir. Yüksek debili su kaynakları ise Bursa'da bulunmamaktadır.

Bursa'nın güneş enerji potansiyeli konusunda, Türkiye güneş ışınım ve güneşli gün sayısı ortalamasına yakın bir seyir izlediği söylenebilir. Güneş enerjisi, diğer kaynaklar arasında, Türkiye'de ve Bursa'da henüz yeni yeni kullanımına başlanılan bir enerji kaynağıdır.

Biyokütle enerji sistemleri ise Türkiye'de ve Bursa'da az sayıda bulunmaktadır. Biyokütle enerji kaynağının ihmal edildiği söylenebilir. Gerek Türkiye'nin gerekse Bursa'nın yüksek biyokütle potansiyeli mevcuttur. Bursa'nın orman atıkları ve hayvansal atık potansiyelleri yüksek değerlerde bulunmaktadır. Bununla beraber kentsel atıkları da düşündüğümüzde, Bursa'da yüksek bir biyokütle potansiyeli vardır.

Türkiye'nin deniz kenarları, yüksek ve dağlık yerleri, geniş ovaları yüksek rüzgâr potansiyellerini içerisinde barındırmaktadır. Bursa'nın konumundan ötürü sahip olduğu bu özellikler yüksek bir rüzgâr enerji potansiyelinin varlığını ortaya

ıkarmaktadır. Ancak Bursa’da rüzgâr enerji potansiyelinden gereğince yararlanılamamaktadır.

Bursa’nın rüzgâr ortalama değeri içerisinde en alt limit olarak alınan 6,8 m/s ve üzeri ile esen rüzgârları geniş bir alanı kaplamaktadır. Bu alanlar üzerine kurulacak rüzgâr enerji santralleri şehrin toplam enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir. 3.881 MW rüzgâr potansiyelinin kullanılabilmesiyle, Bursa’nın ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisi karşılanabilmektedir. Gelişen teknoloji Bursa’nın enerji ihtiyacının üzerinde bir üretim yapabilmesine olanak sağlayabilecektir. Gelişen tribün teknolojisiyle artan rüzgâr potansiyelinin kullanılabilmesi, Bursa’nın ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin üzerinde, rüzgâr enerjisi üretimi yapabilmesine olanak sağlamaktadır.

Rüzgâr enerji potansiyelinin ekonomik olarak ilk yatırım maliyetleri yüksek olmasına karşın, rüzgâr enerjisine yapılan yatırımın ekonomik ömrüne kıyasla kısa sayılabilen bir zaman diliminde maliyetini çıkarabildiği görülmektedir. Üstelikte devletin bu alanda yatırım yapılmasında teşvik vermesi de rüzgâr enerji yatırımını avantajlı hale getirmektedir.

Bu yatırımı gerçekleştiren firmaların getirdiği karlılığın yanı sıra, bölgesel ve ulusal ekonomiye katkıları bulunmaktadır. Rüzgâr enerjisi yatırımları, bölgesel ekonomi içinde çevre kirliliğini önlemekte, ülke ekonomisinde ise ithalata olan bağımlılığı azaltmaktadır.

Kaynakça:

- Adıyaman, Ç.(2012). *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları*, (Yüksek Lisans tezi), Niğde: Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Akkuş, İ., Alan, H. (2016). Türkiye'nin, Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar ve Öneriler Raporu. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası*.
https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/5ee60fb07fcb1e1_ek.pdf
- Akova, İ.(2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*.(1.Baskı). Ankara: Nobel Basımevi
- Anbar, A., Alper, D.(2009). *Yatırım Projeleri Analizi*. Bursa: Ekin Basımevi
- Arabacı, İ. Bursa Biyokütle Enerji Üretim Verileri ve Hidroelektrik Üretim Verileri. Kişisel İletişim. 25.12.2018.
- Arslanoğlu, M., Öztürk, A.(1995). *Ekonomik Planlama*. Bursa: Ekin Kitapevi.
- Atay, G., Acaroğlu, H. (2017). *Rüzgâr Enerjisinin Ekonomik Büyümeye Etkisi*. Ankara: Yason Yayınları.
- Biyoenerji Derneği, Orman Ürünleri Verileri.
<http://biyoder.org.tr/biyoenerji/biyokutle/orman-atiklari/>
- Bursa Büyükşehir Belediye Başkanlığı Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı. *Bursa Entegre Katı Atık Yönetim Planı, Eylül 2015*.
https://www.bursa.bel.tr/dosyalar/atik_plan.pdf (2018).
- Bursa Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı. (2017). *Bursa Sürdürülebilir Enerji ve İklim Değişikliği Uyum Planı BUSECAP 2017*. İstanbul: Demir Enerji.
- Bursa İl Tarım Hayvancılık Müdürlüğü. Gübre Verileri. Kişisel İletişim 5 Aralık 2018.
- Bursa Orman Bölge Müdürlüğü. Lif Yonga Üretimleri. Kişisel İletişim 5 Kasım 2018.
- Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi. Hidroelektrik Santral Üretim Verileri. Kişisel İletişim 2 Ocak 2019.

- Ceylan, M. (2016). Bursa’da Elektrik Üretiminin Tarihçesi. Elektrik Mühendisleri Odası, 459. http://www.emo.org.tr/yayinlar/dergi_goster.php?kodu=1069
- Cindoruk, S. (2019). Bursa Uludağ Üniversitesi Rüzgar Hız Verileri. Kişisel İletişim, 10 Şubat 2019.
- Çalışkan, M. (2007). Bursa İli Rüzgâr Kaynak Bilgileri. *Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü*. <http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/BURSA-REPA.pdf>
- Çalışkan, M. Bursa Rüzgâr Enerji Tribünlerinin Günümüz Teknolojisiyle Kurulu Güçleri. Kişisel İletişim. 29.12.2018.
- Çalışkan, M.(2015). Dünyada Yenilenebilir Enerji Kullanımı. *Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü*.
<https://www.tureb.com.tr/files/turek/2014/sunumlar/mustafacaliskan.pdf>
- Çanka Kılıç, F. (2015). Güneş Enerjisi, Türkiye’deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri. *Mühendislik ve Makine*, 56.
http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/09677e0899d72e8_ek.pdf
- Devlet Su işleri, 1. Bölge Müdürlüğü. Hidroelektrik Santraller Planlama ve Projelendirme Verileri. Kişisel İletişim 16 Ekim 2018.
- Enerji Atlası, www.enerjiatlası.com /Rüzgar / Güneş /Hidroelektrik /Biyogaz /Jeotermal sekmeleri (10.02.2019)
- Enerji Atlası. (2018). Bursa Güneş Enerji Potansiyel Atlası.
<https://www.enerjiatlası.com/gunes-enerjisi-haritasi/bursa>
- Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı. (2017). Dünyada ve Türkiye de Enerji ve Tabi Kaynaklar Görünümü.
- Etemoğlu, A.B., İşman, M.K., Can, Muhiddin. (2006). Bursa ve Çevresinde Jeotermal Enerjinin Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11.(1), <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/202808>

Gezen, M.(2015). *Aralık Katsayılı Çok Amaçlı Tamsayılı Programlama ile Türkiye’deki En Uygun Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Bulunması*, (Yüksek Lisans Tezi), Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Gökdemir, M., Kömürcü, İ.M., Evcimen, T.U. (2012). Türkiye’de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış. *İMO Su Yapıları Kurulu*, 471. http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/16298_09_57.pdf

Gürpınar, M.A. Rüzgâr Enerjisi Ön Fizibilite Sonuçları ve Maliyetleri. Kişisel İletişim. 10.12.2018.

Hakyemez, M.(2011). *İstanbul Kilyos (Kumköy) Bölgesinin Rüzgâr Kaynaklı Enerjiler Açısından Değerlendirilmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü.

Havan, C.(2017). *Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikası: TR42 Doğu Marmara Bölgesi örneği*, (Yüksek Lisans Tezi), Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Honca, H. L.(2018). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sürdürülebilir Kalkınmaya Etkileri: Türkiye Örneği*,(Yüksek Lisans Tezi), Konya: Karatay Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Isı makinelerinin çevreye vermek zorunda oldukları atık ısıdan yararlanarak geri dönüşümle elektrik üretimi.(2007). <http://mervocanx.blogcu.com/isi-enerjisinden-elektrik-enerjisi-uretimi-termoelektrik-pille/1733075> adresinden erişildi.

İnan, D. (Ed.). (2006). *Türkiye’de Temiz Tükenmez Enerjiler*. Ankara: Sinemis Yayıncılık.

İzmir Jeotermal Enerji San. Tic. A.Ş. Bursa Konut Isıtılma Potansiyeli <https://izmirjeotermal.com.tr/>

Kara, S.(2013). *Türkiye’de Yenilenebilir Enerjiye İktisadi Bakış*, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- Karagöl, E.T., Kavaz, İ.(2017). Dünya da ve Türkiye de Yenilenebilir Enerji Analizi. *Siyaset Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı*, 197, <https://www.setav.org/assets/uploads/2017/04/YenilenebilirEnerji.pdf>
- Karataş, S.(2009). *Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçerisinde Güneş ve Rüzgâr Enerjilerinin Yeri*,(Yüksek Lisans Tezi), İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kaya, K., Şenel, M.C., Koç, E. (2018). Dünyada ve Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Durumu-Genel Değerlendirme. *Technological Applied Sciences* <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/511949>
- Konukcu, M.(2001). *Ormanlar ve Ormancılığımız*. (2. Baskı). Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları.
- Küçük, Y. Doğu Karadeniz Araştırma Enstitüsü Bölge Müdürlüğü. <https://icanadolu.ogm.gov.tr/Yayinlar/Tek%20Yapraklar/03.%20STER%20ODUN%20KA%C3%87%20METRE%20K%C3%9CPT%C3%9CR.docx>
- Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü. (2018). Bursa Kaynak Sıcaklık Değerleri.
- Naam, R.(2016). *Sınırsız Kaynak*. İstanbul: Berdan Matbaa
- Opsar, Z.(Mülakat yapan) & Erdoğan Bilenser (Mülakat yapılan). (2013). <http://bursadazamandergisi.com/haberler/bursanin-ihmal-edilen-dogal-zenginligi-jeothermal-1514.html>
- Öney, E. (1987). *İktisadi Planlama*. (5. Baskı). Ankara: Savaş Yayınları.
- Özcan, K. Bursa Elektrik Tüketimi ve Yenilenebilir Enerji Üretim Verileri. Kişisel İletişim. 20.11.2018.
- Özdemir, A. (2007). Jeotermal Enerji ve Elektrik Üretimi. Jeofizik Bülteni, 55. <https://docplayer.biz.tr/6320289-Jeothermal-enerji-ve-elektrik-uretimi.html>
- Öztemir, M. H.(2011). Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi ve Aydın-Salavatlı Sahası Elektrik Üretim Santrali. https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/2b0842b119724e5_ek.pdf.

Pamir, N.(2017). *Enerjinin İktidarı*. (4. Baskı). İstanbul: Hayygrup Yayıncılık.

Polat, E.(Ed.). (2012). *Şırnak İli Yenilenebilir Enerji Potansiyeli*. İzmit: Altın Kalem Yayınları.

Polat, SIRA Şekerci, H. (2013). Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Konumu ve Gelecek Hedefleri. *Elektrik Tesisat Kongresi*.

http://www.emo.org.tr/etkinlikler/etuk/etkinlik_bildirileri_detay.php?etkinlikkod=189&bilkod=5433

Saka, K.(2018). Bursa'nın Hayvansal Biyokütle Enerji Potansiyeli Üzerine Bir İnceleme. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*,

<http://acikerisim.aku.edu.tr/xmlui/handle/11630/5127?show=full#sthash.Vxp>

YCTJF.nTxGNJ0J.dpbs

Saraçoğlu, N.(2018). *Küresel İklim Değişimi Biyoenerji Enerji Ormancılığı ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. (2. Baskı). Ankara: Elif Yayınevi.

Satman, A. (Ed.). (2007). *Türkiye 'de Enerji ve Geleceği, İTÜ Görüşü*. İstanbul.

Savrul, M.(2010). *AB İlişkileri Çerçevesinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının İktisadi Açısından Değerlendirilmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale: 18 Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Sözen, E., Gündüz, G., Aydemir, D., Güngör, E. (2017). Biyokütle Kullanımının Enerji, Çevre, Sağlık ve Ekonomi Açısından Değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/299415>

Tokatlıoğlu, M.(2005). *Fayda-Maliyet Analizi*. Bursa: Aktüel Yayınları.

Tunus, T. Rüzgâr Enerji Santralleri Kamulaştırma Ödemeleri. Kişisel İletişim. 28.12.2018.

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, 4. Bölge Müdürlüğü. Bursa Elektrik Tüketim Verileri. Kişisel İletişim Kemal Özcan 10 Kasım 2018.

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, Bursa Rüzgâr Enerji Üretim Verileri. Kişisel İletişim 20 Kasım 2018.

Türkiye Makine Mühendisleri Odası(TMMOB). (2010). *Türkiye'nin Enerji Görünümü*. Ankara: Ankamat Matbaacılık.

Türkiye Rüzgâr Enerji Birliği(2018). *Rüzgâr Enerji İstatistikleri Raporu*.

Türkiye Rüzgâr Enerji Birliği(2019). <https://www.tureb.com.tr/turebsayfa/duyurular/turkiye-ruzgar-santralleri-atlasi-ocak-2019>

Uçar, M. Tahir.(2017). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Rüzgâr ve Güneş Enerjisinin İncelenmesi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Uygulanabilirliğinin Analizi*,(Yüksek Lisans Tezi), Kayseri: Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Uludağ Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi, Bursa Genel Müdürlüğü.(2018). Bursa Elektrik Tüketim Verileri. Kişisel İletişim, 10 Aralık 2018.

Ural, E. (Ed.). (2006). *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. Ankara: Türkiye Çevre Vakfı Yayınları.

Uzunyayla, F.(2014). *İktisadın Egemenliği Altında Ekoloji: Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Piyasası (HES)Örneği*,(Doktora Tezi), Bolu: Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Ültanır, M.Ö.(Ed).(1998). 21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi. *Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği*, 12, 117-146. <https://www.tusiad.org.tr/yayinlar/raporlar/item/1846-21--yuzyla-girerken-turkiye-nin-enerji-stratejisinin-degerlendirilmesi>

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. (2018). <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir.aspx/Rüzgâr/Güneş/Hidroelektrik/Jeotermal/Biyokütle> sekmeleri.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU

Yazar Adı Soyadı	Onur TUNUS
Tez Adı	Bursa'nın Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Elektrik Üretim Potansiyelinin Ekonomik Analizi
Enstitü	Sosyal Bilimler
Anabilim Dalı	İktisat
Tez Türü	Yüksek Lisans
Tez Danışman(lar)ı	Prof. Dr. Mehmet Arslanoğlu
Çoğaltma (Fotokopi Çekim) İzni Kısıtlama	☐ Patent Kısıt (2 yıl) ☐ Genel Kısıt (6 ay) ☒ Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasına izin veriyorum.

Hazırlamış olduğum tezimin belirttiğim hususlar dikkate alınarak, fikri mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere Bursa Uludağ Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı tarafından hizmete sunulmasına izin verdiğimi beyan ederim.

Tarih : 15.03.2019

İmza : 
Onur TUNUS