

**T.C**  
**İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**  
**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**



**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDAN**  
**RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİSİ KARŞILAŞTIRMALI**  
**YATIRIM FİZİBİLİTESİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Can DEMİRTÜRK**

**0560Y51105**

**İstanbul, 2013**

**T.C**  
**İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**  
**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**



**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDAN RÜZGAR VE**  
**GÜNEŞ ENERJİSİ KARŞILAŞTIRMALI YATIRIM**  
**FİZİBİLİTESİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Can DEMİRTÜRK**

**0560Y51105**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ekrem PAKDEMİRLİ**

**İstanbul, 2013**

**T.C**  
**İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ONAY SAYFASI**

Yüksek lisans öğrencisi Can Demirtürk' ün “ Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Rüzgar ve Güneş Enerjisi Karşılaştırmalı Yatırım Fizibilitesi ” konulu tez çalışması jürimiz tarafından ..... Yüksek Lisans tezi olarak ( oybirliği  / oyçokluğu  ) ile başarılı bulunmuştur.

**Adı – Soyadı**

**İmza**

**Tez Danışmanı** : ..... ..

**Jüri Üyesi** : ..... ..

**Jüri Üyesi** : ..... ..

Hazırlamış olduğum tez özgün bir çalışma olup YÖK ve İTİCÜ Lisansüstü Yönetmeliklerine uygun olarak hazırlanmıştır. Ayrıca, bu çalışmayı yaparken bilimsel etik kurallarına tamamıyla uyduğumu; yararlandığım tüm kaynakları gösterdiğimi ve hiçbir kaynaktan yaptığım ayrıntılı alıntı olmadığını beyan ederim. Bu tezin ihtiva ettiği tüm hususlar şahsi görüşüm olup İstanbul Ticaret Üniversitesinin resmi görüşünü yansıtmamaktadır.

## ÖNSÖZ

Yapmış olduğum bu çalışma ile yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar ve güneş enerjisi santralleri yatırım fizibilitesi amaçlanmış ve bu amaç doğrultusunda optimum yatırım tercihi seçilmeye çalışılmıştır.

Çalışmalarında manevi katkılarını ve desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Sn. Prof. Dr. Ekrem Pakdemirli, Sn. Prof. Dr. İsmail Ekmekçi ve Sn. Prof. Dr. Osman Yazıcıoğlu' na en içten teşekkürlerimi borç bilirim.

Çalışmamın tüm meslektaşlarımıza, öğrenci arkadaşlarımıza ve ilgilenenlere faydalı olması dileğiyle.

Can DEMİRTÜRK

Şubat 2013

## ÖZET

Çalışmamızda öncelikle enerji kavramı üzerinde durulmuş, yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları hakkında genel olarak bilgiler verilerek Türkiye'deki genel görünümü ve ilgili yasalar incelenmiştir.

Üçüncü ve dördüncü bölümde rüzgar ve güneş enerjisi detaylı olarak tanıtılmış, sistem bileşenleri ve teknolojileri hakkında teorik bilgiler verilmiştir.

Beşinci bölümde rüzgar ve güneş enerjisinden elektrik elde etmek için seçilen Muğla ilinde aynı arazi üzerine 2 MW gücünde sistemlerin yatırım fizibiliteleri hazırlanmıştır.

Sonuçlar bölümünde ise hazırlanan güneş ve rüzgar enerji yatırım fizibiliteleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre hangi yatırımın uygun olacağı tartışılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Yenilenebilir Enerji, Güneş Enerjisi, Rüzgar Enerjisi, Yatırım Fizibilitesi

## ABSTRACT

In our study, we have investigated the concept of the energy and we have given general information about renewable and unrenovable energy sources, overall picture in Turkey and the related laws.

In 3th and 4th chapter, solar and wind power have been presented elaborately and given some information about the system elements and the technologies.

In chapter 5, investment feasibility of systems that has 2 MW power has been prepared on the same field in Muğla that is selected to produce electricity from wind and solar energy.

In result section, investment feasibilities of wind and solar energy is being compared. Depending on the result, it is discussed to define which investment would be feasible.

**Keywords:** Renewable Energy, Solar Energy, Wind Energy, Investment Feasibility

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

Özet (Abstract).....	i
Tablolar Listesi.....	vii
Şekiller Listesi.....	ix
Kısaltmalar ve Simgeler Listesi .....	xii

GİRİŞ.....	1
------------	---

1. MATERYAL VE METOD .....	2
----------------------------	---

1.1. Tezin Materyali.....	2
1.2. Tezin Metodu.....	2

2. ENERJİ KAVRAMI.....	3
------------------------	---

2.1. Enerjinin Tanımı.....	3
2.2. Enerji Kaynaklarının Tarihi Gelişimi.....	3
2.3. Yenilenebilir ( Fosil ) Enerji Kaynakları.....	5
2.3.1. Kömür Enerjisi.....	6
2.3.2. Petrol Enerjisi.....	8
2.3.3. Doğalgaz Enerjisi.....	8
2.3.4. Nükleer Enerji.....	10
2.4. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	10
2.4.1. Hidrolik (Su Gücü) Enerjisi.....	12
2.4.2. Biyokütle Enerjisi.....	12
2.4.3. Jeotermal Enerji.....	13
2.4.4. Rüzgar Enerjisi.....	14
2.4.5. Güneş Enerjisi.....	15

2.4.6. Dalga Enerjisi.....	15
2.5. Türkiye’ de Enerji Sektörünün Görünümü.....	16
<b>3. RÜZGAR ENERJİSİ.....</b>	<b>19</b>
3.1. Rüzgar Enerjisinin Tanımı.....	19
3.2. Rüzgar Enerjisinin Tarihçesi.....	20
3.3. Rüzgar Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları.....	20
3.4. Rüzgar Türbinleri.....	22
3.4.1. Rüzgar Türbinlerinin Sınıflandırılması.....	22
3.4.1.1. Eksenine Göre Türbin Çeşitleri.....	22
3.4.1.1.1. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri.....	22
3.4.1.1.2. Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri.....	23
3.4.1.2. Kanat Sayılarına Göre Türbin Çeşitleri.....	25
3.4.1.3. Güçlerine Göre Türbin Çeşitleri.....	26
3.5. Rüzgar Türbinlerinin Bileşenleri.....	26
3.6. Rüzgâr Türbinlerinde Güvenlik Sistemleri.....	32
3.6.1. Fren Sistemi.....	32
3.6.2. Paratoner.....	32
3.7. Rüzgar Enerjisi Analizi.....	32
3.7.1. Rüzgar Gücünün Hesabı.....	32
3.7.2. Rüzgar Potansiyeli Hesaplama Yöntemleri.....	35
3.7.3. Kapasite Faktörü.....	37
3.8. Rüzgâr Enerji Sistemleri.....	38
3.8.1. Şebeke Bağlantılı Rüzgâr Enerji Sistemleri.....	38
3.8.2. Şebekeden Bağımsız Rüzgâr Enerji Sistemleri.....	39
3.9. Rüzgar Enerji Sistem Maliyet Analizi.....	40
3.10. Rüzgâr Enerjisi ve Türkiye’deki Durum.....	42
3.10.1. Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası ( Repa ).....	44
3.11. Rüzgâr Enerjisi ve Dünyadaki Durum.....	46
<b>4. GÜNEŞ ENERJİSİ.....</b>	<b>50</b>
4.1. Güneş Hakkında Genel Bilgiler.....	50



4.2. Güneş Enerjisi ve Tarihçesi.....	51
4.3. Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları.....	52
4.4. Güneş Enerjisi Teknolojileri.....	53
4.4.1. Isıl Güneş Teknolojileri.....	53
4.4.1.1. Düşük Sıcaklık Sistemleri.....	54
4.4.1.2. Yoğunlaştırıcı Güneş Sistemleri.....	54
4.4.2. Fotovoltaik Teknolojiler.....	54
4.4.2.1. Güneş Pilleri ve Özellikleri.....	56
4.4.2.2. Güneş Pillerinin Yapımında Kullanılan Malzemeler.....	58
4.4.2.3. Güneş Pillerinin Avantaj ve Dezavantajları.....	59
4.5. PV Panel Elektrik Üretme Gücünün Hesabı.....	61
4.6. Güneş Enerji Sistemleri .....	62
4.6.1. Şebekeden Bağımsız Güneş Enerji Sistemleri.....	62
4.6.2. Şebeke Bağlantılı Güneş Enerji Sistemleri.....	63
4.7. Güneş Enerjisi Sistem Maliyet Analizi.....	64
4.8. Türkiye’ de Güneş Enerjisi.....	64

## **5. MUĞLA İLİNDE KURULMASI PLANLANAN RES VE GES YATIRIM FİZİBİLİTESİ.....71**

5.1. Projeler Hakkında Genel Bilgiler.....	71
5.1.1. Muğla İlinin Coğrafi Konumu.....	72
5.1.2. Alt Yapı .....	73
5.1.3. RetScreen Temiz Enerji Proje Analiz Yazılımı.....	74
5.2. RES Yatırım Fizibilitesi .....	74
5.2.1. Rüzgar Hızı Verileri ve Ölçüm İstasyonu.....	74
5.2.1.1. Muğla İlinin Repa Verileri.....	75
5.2.2. Enerji Modeli .....	82
5.2.2.1. Üretilen Enerji Miktarı ve Kapasite Faktörü.....	84
5.2.3. Yatırımın Maliyet Analizi.....	87
5.2.3.1. İlk Yatırım Maliyetleri.....	87
5.2.3.1.1. Şirket Kurulumu .....	87
5.2.3.1.2. Proje Etüdü.....	88
5.2.3.1.3. Lisans Başvurusu.....	89

5.2.3.1.4.Mühendislik Tasarım .....	90
5.2.3.1.5.Elektriksel Sistem.....	90
5.2.3.1.6.İnşaat Giderleri.....	91
5.2.3.1.7.Diğer Giderler.....	92
5.2.3.2. Yıllık İşletme Giderleri.....	93
5.2.4.Yatırımın Finansal Analizi.....	95
5.2.4.1.Yatırımın Getirisi.....	101
5.2.4.2. Kümülatif Net Nakit Akışları .....	102
5.2.5.Yatırımın Ekonomik Analizi.....	104
5.2.5.1. Geri Ödeme Süresi Yöntemi.....	104
5.2.5.2. Yatırımın ve Özsermayenin Getiri Oranı Yöntemi.....	105
5.2.5.3.Net Bugünkü Değer Yöntemi.....	106
5.2.5.4. İç Karlılık Oranı.....	108
5.3. GES Yatırım Fizibilitesi .....	110
5.3.1.Güneş Radyasyon Verileri ve Ölçüm İstasyonu .....	110
5.3.1.1. Muğla İlinin Gepa Verileri.....	110
5.3.2. Enerji Modeli.....	114
5.3.2.1. Güneş Paneli.....	114
5.3.2.2. Panel sehpası.....	117
5.3.2.3. İnvörtör (Evirici).....	118
5.3.2.4. Sayaç ve Veri İzleme.....	118
5.3.2.5. Elektriksel Aksam.....	119
5.3.3. Üretilen Enerji Miktarı.....	120
5.3.4. Yatırımın Maliyet Analizi.....	122
5.3.4.1. İlk Yatırım Maliyetleri.....	122
5.3.4.1.1. Şirket Kurulumu .....	122
5.3.4.1.2. Proje Etüdü .....	122
5.3.4.1.3. Lisans Başvurusu .....	123
5.3.4.1.4. Mühendislik Hizmeti.....	123
5.3.4.1.5. Makine ve Teçhizat Giderleri.....	123
5.3.4.1.5.1. Güneş Paneli Maliyetleri .....	124
5.3.4.1.5.2. İnvörtör, Data Logger ve Sayaç Maliyetleri.....	124
5.3.4.1.5.3. Konstrüksiyon Maliyetleri .....	124

5.3.4.1.5.4. Kablo ve Elektriksel Teçhizat	
Maliyetleri.....	125
5.3.4.1.6. Diğer Giderler.....	125
5.3.4.2. Yıllık İşletme Giderleri.....	127
5.3.5. Yatırımın Finansal Analizi.....	129
5.3.5.1. Yatırımın Getirisi .....	133
5.3.5.2. Kümülatif Net Nakit Akışları.....	134
5.3.6. Yatırımın Ekonomik Analizi.....	136
5.3.6.1. Geri Ödeme Süresi Yöntemi.....	136
5.3.6.2. Yatırımın ve Özsermayenin Getiri Oranı Yöntemi.....	137
5.3.6.3. Net Bugünkü Değer Yöntemi.....	138
5.3.6.4. İç Karlılık Oranı .....	140
<b>SONUÇLAR.....</b>	<b>141</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>144</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>160</b>

## TABLO LİSTESİ

	Sayfa No.
<b>Tablo 1.</b> Enerji Kaynaklarının Üretim Süreçlerindeki Çevresel Etkileri.....	5
<b>Tablo 2.</b> Yenilenebilir Enerji Türleri ve Kaynakları.....	10
<b>Tablo 3.</b> Büyüklüklerine Göre Rüzgar Türbinleri.....	26
<b>Tablo 4.</b> Rüzgar Ölçeği.....	34
<b>Tablo 5.</b> Repa’ da Kullanılan Tematik Haritalar.....	46
<b>Tablo 6.</b> Bölgelere Göre Yıllık Ortalama Rüzgar Hızı ve Rüzgar Gücü Yoğunluğu.....	46
<b>Tablo 7.</b> Ülkeler Bazında Rüzgar Enerjisi Santralleri Görünümü.....	48
<b>Tablo 8.</b> Ülkeler Bazında Elektrik Talebinin Rüzgar Enerjisi ile Karşılanması Oranı.....	49
<b>Tablo 9.</b> Ortalama PV Sistem Maliyeti.....	64
<b>Tablo 10.</b> Türkiye’nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	69
<b>Tablo 11.</b> Türkiye’ de Güneş Enerjisinin Bölgelere Göre Dağılımı.....	69
<b>Tablo 12.</b> Bodrum Aylara Göre Ortalama Rüzgar Hızı Ölçümleri Tablosu (10m).....	79
<b>Tablo 13.</b> Yüzey Farklılıklarının Rüzgar Hızına Etkisi.....	80
<b>Tablo 14.</b> Bodrum Aylara Göre Yükseltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı Ölçümleri Tablosu (80m).....	81
<b>Tablo 15.</b> Vestas V90 2.0 MW Model Türbin Karakteristik Özellikleri.....	83
<b>Tablo 16.</b> Vestas V90 2.0 MW Türbininin Rüzgar Hızına Göre Ürettiği Güç Tablosu.....	84
<b>Tablo 17.</b> Bodrum Rüzgar Santrali Türbin Güç ve Enerji Eğrileri Tablosu.....	85
<b>Tablo 18.</b> Bodrum Santrali Şebekeye Verilecek Enerji Miktarı.....	86
<b>Tablo 19.</b> İlk Yatırım Maliyetleri.....	93
<b>Tablo 20.</b> Yıllık İşletme Giderleri Toplamı.....	95
<b>Tablo 21.</b> Finansman Kaynak Tablosu.....	97
<b>Tablo 22.</b> Yıllık Nakit Çıkışları.....	99
<b>Tablo 23.</b> Yıllık Nakit Girişleri.....	102
<b>Tablo 24.</b> Net Akış Tablosu.....	103
<b>Tablo 25.</b> Fotovoltaik Panellerin Verimliliklerinin Karşılaştırılması.....	115
<b>Tablo 26.</b> Şebekeye Verilen Elektrik Miktarı.....	121

<b>Tablo 27.</b> İlk Yatırım Maliyetleri.....	126
<b>Tablo 28.</b> Yıllık İşletme Giderleri.....	128
<b>Tablo 29.</b> Finansman Kaynak Tablosu.....	129
<b>Tablo 30.</b> Hurda Değerleri Tablosu.....	130
<b>Tablo 31.</b> Yıllık Nakit Çıkışları.....	131
<b>Tablo 32.</b> Yıllık Nakit Girişleri.....	134
<b>Tablo 33.</b> Net Nakit Akış Tablosu.....	135

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Gelişimi ve Gelecekteki Kullanımı.....	11
Şekil 2. Klasik Rüzgar Türbini Görünümü.....	14
Şekil 3. Güneş Panelleri.....	15
Şekil 4. Türkiye’ de Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü.....	16
Şekil 5. Yatay Eksenli Rüzgar Türbini.....	23
Şekil 6. Düşey Eksenli Rüzgar Türbini.....	24
Şekil 7. Kanat Resimleri.....	25
Şekil 8. Kanat Detay Görünümü.....	25
Şekil 9. Rüzgar Türbini Bileşenleri.....	27
Şekil 10. Dişli Kutusu.....	28
Şekil 11. Ölçüm Direğinin ve Anemometre’nin Görüntüsü.....	31
Şekil 12. Datalogger.....	31
Şekil 13. Kapasite Faktörünün Elektrik Üretimine Başlama Hızı ve Elektrik Üretiminden Çıkma Hızı İle Değişimi.....	38
Şekil 14. Şebeke Bağlantılı Rüzgar Enerji Sistemi.....	39
Şekil 15. Şebeke Bağlantısız Rüzgar Enerji Sistemi.....	40
Şekil 16. Rüzgar Enerji Sistemi Yatırım Maliyet Dağılımı.....	41
Şekil 17. Türkiye Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Yıllara Göre Kümülatif dağılımı.....	42
Şekil 18. İşletmede Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Bölgelere Göre Dağılımı.....	43
Şekil 19. İşletmede Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Bölgelere Göre Yüzdesele Dağılımı.....	43
Şekil 20. Türkiye Rüzgar Haritası 100M.....	45
Şekil 21. Dünya Rüzgar Enerjisi Yıllara Göre Kurulu Güç (MW).....	48
Şekil 22. Güneş Işınımı.....	51
Şekil 23. Fotovoltaik Teknoloji.....	56
Şekil 24. Hücre-Modül-Dizin, Güneş Panel Biçimi.....	57
Şekil 25. Şebeke Bağlantısız Güneş Enerji Sistemleri.....	62

Şekil 26. Şebeke Bağlantılı Güneş Enerji Sistemleri.....	62
Şekil 27. Türkiye'nin Güneşlenme Haritası.....	66
Şekil 28. Türkiye Güneşlenme Süreleri.....	67
Şekil 29. Türkiye Global Radyasyon Değerleri (KW h/m <sup>2</sup> -gün).....	67
Şekil 30. Türkiye için Fotovoltaik Sistem, Alan-Enerji Grafiği.....	68
Şekil 31. Dünya Güneşlenme Bölgeleri.....	70
Şekil 32. Muğla İlinin Coğrafi Görünümü.....	72
Şekil 33. Bodrum Santral Kurulacak Arazinin Görünümü.....	73
Şekil 34. Muğla İli Rüzgar Hız Dağılımı 50m.....	75
Şekil 35. Muğla İli Kapasite Faktörü 50m.....	76
Şekil 36. Muğla İli Rüzgar Santrali Kurulabilecek Alanlar.....	76
Şekil 37. Muğla İli Trafo Merkezleri ve Enerji Nakil Hatları.....	77
Şekil 38. Muğla İlinde Kurulabilecek Rüzgar Enerji Santrali Güç Kapasitesi.....	77
Şekil 39. Türkiye Geneli Ölçüm İstasyonları.....	78
Şekil 40. Vestas V90 2.0 MW Model Türbin Görünümü.....	82
Şekil 41. Vestas V90 2.0 MW Güç Eğrisi Grafiği.....	83
Şekil 42. Bodrum Santrali Türbin Güç ve Enerji Eğrileri Grafiği.....	85
Şekil 43. Muğla İli Toplam Güneş Radyasyon Görünümü.....	111
Şekil 44. Muğla İli Geneli Güneşlenme Süreleri.....	111
Şekil 45. Muğla İli Geneli Radyasyon Değerleri.....	112
Şekil 46. Bodrum Bölgesi Güneşlenme Süreleri.....	113
Şekil 47. Bodrum Bölgesi Global Radyasyon Değerleri.....	113
Şekil 48. Doğrudan Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemlerin Şematik Gösterimi.....	114
Şekil 49. Sunmodule SW 240 Görünüşü ve Teknik Dökümantasyon.....	115
Şekil 50. Sun Modül SW 240 Poly Teknik Çizimi.....	116
Şekil 51. Panel Sehpa Görünümü.....	118
Şekil 52. PV Panel Kablo Bağlantısı.....	119
Şekil 53. PV Panel Yer altı Kablo Bağlantısı.....	119
Şekil 54. Güneş Enerjisi Sistem Şeması.....	120

## KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

<b>A</b>	: Amorf
<b><math>\alpha</math></b>	: Hellmann Katsayısı
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>AC</b>	: Alternatif Akım
<b>A.Ş</b>	: Anonim Şirketi
<b>b.t</b>	: Belirsiz Tarih
<b>BOTAŞ</b>	: Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi
<b>C</b>	: Karbon
<b>C°</b>	: Santigrat Derece
<b>cal</b>	: Kalori
<b>cm<sup>2</sup></b>	: Santimetrekare
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbondioksit
<b>DC</b>	: Doğru Akım
<b>DEKTMK</b>	: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi
<b>DERT</b>	: Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri
<b>DMİ</b>	: Devlet Meteoroloji İstasyonu
<b>EİA</b>	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
<b>EİE</b>	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
<b>EPDK</b>	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
<b>GEPA</b>	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
<b>GES</b>	: Güneş Enerji Santrali
<b>GSM</b>	: Mobil İletişim İçin Küresel Sistem
<b>GW</b>	: Gigawatt
<b>GPRS</b>	: Paket Anahtarlama Radyo Hizmetleri
<b>G. DOĞU</b>	: Güney Doğu
<b>H</b>	: Hidrojen
<b>IRR</b>	: İç Karlılık Oranı
<b>kcal</b>	: Kilokalori
<b>kg</b>	: Kilogram



<b>km</b>	: Kilometre
<b>km<sup>2</sup></b>	: Kilometrekare
<b>KOBİ</b>	: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
<b>KW</b>	: Kilowatt
<b>KWh</b>	: Kilowaat Saat
<b>K<sup>0</sup></b>	: Kelvin
<b>m</b>	: Metre
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>M.S.</b>	: Milattan Sonra
<b>MW</b>	: Megawatt
<b>m<sup>2</sup></b>	: Metrekare
<b>m<sup>3</sup></b>	: Metreküp
<b>M.Ö</b>	: Milattan Önce
<b>N</b>	: Azot
<b>NBD</b>	: Net Bugünkü Değer
<b>O</b>	: Oksijen
<b>PV</b>	: Fotovoltelik
<b>RES</b>	: Rüzgar Enerji Santrali
<b>REPA</b>	: Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası
<b>ROİ</b>	: Return On İvesment
<b>ROC</b>	: Return On Capital
<b>Rpm</b>	: Dakikadaki Devir Sayısı
<b>S</b>	: Kükürt
<b>S</b>	: Sayfa
<b>Sn</b>	: Saniye
<b>Si</b>	: Silikon
<b>SSK</b>	: Sosyal Sigortalar Kurumu
<b>STC</b>	: Standart Test Koşulları
<b>s<sup>2</sup></b>	: Saniyekare
<b>TEİAŞ</b>	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
<b>TUREB</b>	: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği
<b>TURSEFF</b>	: Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı
<b>TÜBAV</b>	: Türkiye Bilim Araştırma Vakfı

<b>T.P.A.O</b>	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
<b>TM</b>	: Trafo Merkezi
<b>TMMOB</b>	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
<b>TL</b>	: Türk Lirası
<b>TTKÜE</b>	: Türbinin Tam Kapasite Ürettiği Enerji
<b>TWh</b>	: Terawatt saat
<b>UV</b>	: Ultra Viole
<b>W</b>	: Watt
<b>WMO</b>	: Dünya meteoroloji kuruluşu
<b>YEGM</b>	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
<b>YERT</b>	: Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri
<b>YGS</b>	: Yoğunlaştırıcı Güneş Sistemleri
<b>YİD</b>	: Yap İşlet Devret
<b>YÜE</b>	: Yıllık üretilen enerji
<b>yy</b>	: Yüzyıl
<b>\$</b>	: Dolar



## GİRİŞ

Günümüzde ülkelerin ekonomik kalkınmalarının sağlanması ve dünya ekonomisinde rekabet gücüne sahip olmalarının en önemli unsurlarının başında enerji gelmektedir. Enerji bir ülkenin gelişmişliğinin en önemli göstergelerinden biridir.

Gün geçtikçe gelişen teknoloji ve hızlı makineleşme süreci, enerji ihtiyacının sürekli artmasına neden olmaktadır. Günümüzde enerji ihtiyacının temininde yer altından elde edilmesi nedeniyle fosil yakıtlar olarak adlandırılan kömür, petrol, doğalgaz gibi yakıtlar kullanılmaktadır. Ancak her geçen gün artan enerji talebine karşın, kullanılan bu yakıtların yakın gelecekte tükeneceği öngörülmektedir. Ayrıca sanayileşmenin hızla büyümesi ve enerji elde edilmesinde kullanılan fosil yakıtların çevreye verdiği zarar göz önünde bulundurulduğunda yeni ve temiz enerji kaynaklarının araştırılması zorunlu hale gelmiştir.

Ülke yönetimleri yenilenebilir enerji üretimlerini arttırarak enerji ihtiyaçlarına çözüm getirmek istemektedirler, bunu sağlamak amacıyla temiz enerji üretimlerine ve yatırımlarına büyük teşvikler vermektedirler.

Literatürde rüzgar ve güneş enerji sistemleri konusunda yapılan çalışmalar dört ana başlık altında toparlanabilir; sistemlerin tasarım ve kurulumu, optimizasyonu için modelleme ve boyutlandırma, ekonomik incelemeleri ve pratik saha uygulamalarını kapsamaktadır.

Dünyada her geçen gün kullanım oranı artan yenilenebilir kaynaklar açısından Türkiye oldukça zengin bir potansiyele sahiptir. Türkiye'nin coğrafi konumu ele alındığında, rüzgar ve güneş enerjisi en çok uygulama alanı bulabilecek yenilenebilir enerji kaynakları olarak ön plana çıkmaktadır.

Rüzgar ve güneş kaynaklı enerji üretimi, yenilenebilir enerji kaynakları içinde en umut verici ve aynı zamanda en hızlı gelişenidir.

# 1. MATERYAL VE METOD

## 1.1. Tezin Materyali

Çalışmanın ana materyalini kütüphanelerden temin edilen kaynaklar, akademik yayımlar, kitaplar, konuyla ilgili makaleler, tezler, internetten sağlanan veriler, yönetmelikler, konferanslar ve sempozyumlar oluşturmaktadır. Rüzgar ve güneş enerjisi sektöründe önde gelen firma yöneticileriyle konuyla ilgili görüşmeler yapılmış, değerlendirmeler ve güncel bilgiler alınmıştır.

## 1.2. Tezin Metodu

Çalışma; yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini, hızlı büyüyen yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgar ve güneş enerjisinin yatırımcı gözüyle yapılabilirliğini, Türkiye’de yapılacak olan rüzgar ve güneş enerjisi yatırımları için izlenmesi gereken adımları ve güncel verilerle yatırımları karşılaştırma amaçlı analiz çalışmalarından oluşmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan araştırma teknikleri şu şekilde sıralanabilir;

- Literatür Araştırması: Önceki çalışmalara ve yayınlara ulaşmaktır. Bilgi toplama amacıyla yapılmıştır.
- Görüşmeler: Bireylerle konuşularak yapılan veri toplama tekniğidir. Konuyla ilgili firma yöneticileriyle ve yetkililerle görüşmeler yapılmıştır.
- Bilgilerin Değerlendirilmesi: Araştırmada elde edilen veriler yapılan tablolarla ve grafiklerle ifade edilmiştir.
- Yazılım Programları: Verilerin detaylandırılması ve analiz edilmesi için kullanılmıştır.

## **2. ENERJİ KAVRAMI**

### **2.1. Enerjinin Tanımı**

Enerjinin ne olduğu hakkında herkesin bir anlayışı olmakla birlikte, tam olarak bir tanımını yapmak zordur. Enerji, değişikliklere yol açan etken olarak düşünülebilir (Çengel ve Boles, 1996).

Enerji yaşamın her anında ve insana yönelik tüm faaliyetlerin gerçekleşmesi için gerekli temel bir kaynaktır. Fiziksel bir sistemin iş yapma kapasitesi olan enerji kullanımı; mekanik, ısı, ışık gibi değişik formlarda olabilmektedir. Enerjinin üretim şekli ise, kullanılan kaynak türüne göre, yenilenemez (fossil) ve yenilenebilir olmak üzere iki farklı grupta toplanabilir (Yılmaz, 2010).

### **2.2. Enerji Kaynaklarının Tarihi Gelişimi**

İnsanoğlu varlığından buyana enerji ihtiyacını karşılamak üzere yeryüzü kaynaklarını kullanmıştır. İlk çağlarda insanoğlu, kendi bedeninde ve hayvanlarda beslenme ile edinilen kimyasal enerjiyi ısı ve mekanik enerji olarak kullandı. Kölelik döneminde insan bedeni, ardından odun (ısınma, pişirme ve aydınlatma için), rüzgar, su (değirmenler) enerji kaynağı olarak kullanıldı (Harp Akademileri Komutanlığı, 2006).

18. yüzyılın sonlarında kömür ve ham petrol, enerji arzı açısından uygun enerji biçimleri durumunda değildi. Yakacak odun ile rüzgar ve su gücünden faydalanmayı sağlayan teknikler, tüm enerji talebini karşılamaktaydı. Su ve rüzgar değirmenleri, bu dönemin en belirgin enerji kaynaklarıydı. 1769 yılında James Watt, buhar makinesini geliştirerek, sanayi devriminin temellerini atmıştır. Buhar gücü ve daha sonra ortaya çıkan içten yanmalı motorlar, mekanik rüzgar ve küçük su sistemlerinin hızlı bir şekilde yerini almış, kömür, en önemli enerji kaynağı haline gelmiştir. 20. Yüzyılın başlarında ise motorlu yol trafiğinin artan önemi, ham petrole olan talebi hızla

arttırmıştır. Yakacak odun, sanayileşmiş ülkelerdeki önemini yitirmiş, büyük hidroelektrik güç tesisleri su değirmenlerinin yerini almıştır (Dinçer ve Aslan, 2008).

Uygarlığın bugünkü düzeye erişmesinde çok önemli bir paya sahip olan endüstri devrimi ise, organik enerji yerine özellikle tabiat güçlerinden (akarsu, rüzgar vs.) ve çeşitli jeolojik oluşumlar sonrasında yeraltında meydana gelen kömür, petrol ve doğalgaz rezervlerinden yararlanmanın yolu bulduktan sonra olmuştur. Diğer bir deyişle üretimde kullanılan enerji kaynaklarının değişmesi, insanlığa devrim denebilecek büyük adımlar attırmıştır. Enerji kaynakları pek çok yönden sınıflandırılabilir. Yaygın olan sınıflandırma; fosil kaynaklar ve yenilenebilir kaynaklar olarak yapılan sınıflandırmadır. Fosil kaynaklar kömür, petrol, doğal gaz, yenilenebilir kaynaklar ise güneş, rüzgar, su ve jeotermaldir. Diğer bir sınıflandırma şekli de Birincil ve İkincil sınıflandırmadır. Birincil enerji kaynakları petrol doğalgaz, kömür, rüzgar, uranyum, hidrolik enerji; ikincil enerji ise kömür, doğalgaz vs. içine almaktadır (Yılmaz, 2010).

Buna karşın, birincil enerji kaynağı olarak fosil yakıtlar dünya enerji talebi ve enerji tüketimindeki hızlı artışın sonucu olarak ihtiyaçlara cevap veremeyecek duruma gelecektir. Son 80 yılda fosil yakıt türlerinin göreceli kullanımlarında önemli değişimler yaşanmıştır. 1925 yılında gerekli enerjinin % 80' i kömür ile karşılanırken, son yıllarda enerji ihtiyacının % 45' i petrolden, % 25' i doğal gazdan ve % 30' u kömürden sağlanmıştır. Dünya nüfusundaki artış dolayısıyla, fosil yakıt rezervleri yakın gelecekte enerji ihtiyacını karşılamaya yetmeyecektir. Fosil yakıtların maliyetleri yakın gelecekte artacak bu durum güneş, rüzgar, hidrojen gibi yenilenebilir kaynakların daha fazla kullanımına olanak sağlayacaktır (Dinçer ve Aslan, 2008).

Enerji, özellikle geride bıraktığımız yüzyılın başlarından itibaren ülkelerin rekabet üstünlüğü sağlamada istifade ettikleri en önemli unsurlardan biri olmuştur. İçine girdiğimiz yeniçağda ise dünyadaki teknolojik yenilikler, uluslar arası sınırların geçirgenliğinin artması, sermaye hareketleri için sınırların hemen hemen kalkmış bulunması ve iletişim alanındaki devasa gelişmeler hem dünyadaki enerji kullanımının miktar ve hızını artırmış, hem de enerjiyi üzerinde durulması gereken en önemli sorunlardan birisi haline getirmiştir (Kavak, 2004).

Dünyada nüfus artışı, sanayileşme ve şehirleşme ile birlikte küreselleşme sonucu artan ticaret ve üretim imkânları doğal kaynaklara ve enerjiye olan talebi

giderek arttırmaktadır. Dünyada 2030 yılın kadar nüfusun 2 milyar kişi artması beklenmektedir. Dünyada 2030 yılına kadar enerji talebinin, bugüne göre %50 daha fazla olacağı öngörülmektedir (T.P.A.O. 2008).

Ülkemizin, enerji kaynakları açısından çok zengin olmadığı bir gerçektir. Enerji ihtiyacının %60-65’lik bir kısmı dışarıdan ithal edilmektedir. Ayrıca bu ihtiyaç her yıl yaklaşık %4,4 gibi bir oranda da artış göstermektedir (Kaynaklı, Özdemir ve Karamangil 2012).

Tablo No: 1 Enerji Kaynaklarının Üretim Süreçlerindeki Çevresel Etkileri (Yılmaz, 2010).

	İklim Değişikliği	Asit Yağmuru	Su Kirliliği	Toprak Kirliliği	Gürültü	Radyasyon
Petrol	X	X	X	X	X	-
Kömür	X	X	X	X	X	X
Doğalgaz	X	X	X	-	X	-
Nükleer	-	-	X	X	-	X
Hidrolik	X	-	X	X	-	-
Rüzgar	-	-	-	-	X	-
Güneş	-	-	-	-	-	-
Jeotermal	-	-	X	X	-	-

Ülkemizdeki ekonomik gelişme güvenilir ve sürdürülebilir enerji teminine bağlıdır. Çevre konusunda, ülke düzeyinde özellikle büyük kentlerde yaşanan hava kirliliğinin azaltılmasından, dünya ölçeğinde küresel ısınma riskinin azaltılmasına kadar tüm beklentilerimiz bugün kullandıklarımızdan daha az kirleten ve daha az sera gazı yayan enerji kaynakları teknolojileri kullanılmasını gerektirmektedir (Tübay, 2008).



### **2.3. Yenilenemez ( Fosil ) Enerji Kaynakları**

Yenilenemeyen enerji kaynakları denildiğinde öncelikle fosil yakıtlar hatırlanmaktadır. Bunların en başında;

- Kömür
- Petrol Enerjisi
- Doğalgaz Enerjisi
- Nükleer Enerji gelmektedir.

Fosil yakıtların dünyada bilinen rezervlerinin % 60' ı kömür, % 20' si petrol ve % 20' si doğalgazdan oluşmaktadır. Fosil enerji kaynakları için bir başka önemli göstergede rezervlerin günümüz tüketim yoğunluğu göz önüne alınarak hesaplanan ömürleridir. Buna göre bilinen petrol rezervlerinin ömrü 40 yıl, doğal gazın 67 yıl, kömürün ise 164 yıl olarak hesaplanmaktadır (Harp Akademileri Komutanlığı, 2006).

Fosil yakıtların, ülkemizin enerji ihtiyacının büyük bölümünü karşılaması yanında çevreye olan etkileri, sürdürülebilir özelliklerin kısıtlı olması ve bu enerjilerin üretiminde dışarıdan ithal edilen hammaddelerin yerli üretime göre çok yüksek olması gibi sorunları bulunmaktadır (Yılmaz, 2010).

Enerji ihtiyacı, dünya nüfusunun artmaya devam etmesi ve gelişen ülkelerde yaşam standartlarını geliştirmek nedeniyle artış göstermektedir. Günümüzde, dünya enerji talebinin % 65 gibi büyük bir kısmı ulaşılabilirlik ve kullanıma uygunluk nedeniyle petrol, doğal gaz gibi fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Dünyanın fosil yakıtlar üretiminin kısa süre içinde en yüksek seviyeye ulaşacağı fakat bundan sonra azalmaya başlayacağı araştırmalarla ortaya konmuştur (Önal ve Yarbay, 2010).

#### **2.3.1. Kömür Enerjisi**

İnsanlar tarafından keşfedilen ilk fosil enerji kaynağı kömürdür. M.Ö. 2000' de Çin' de insanlar tarafından kullanıldığı bilinmektedir (Kömür, 2012).

Homojen olmayan, kompakt, çoğunlukla bitki parçalarından meydana gelen, tabakalaşma gösteren, içerisinde çoğunlukla C, az miktarlarda H-O-S ve N elementlerinin bulunduğu ama inorganik (kil, silt, iz elementleri gibi) maddelerin de olabildiği, bataklıklarda oluşan, kahverengi ve siyah renk tonlarında, yanabilen, katı fosil organik kütlelerdir (Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİK), 2009).

Kömür, fosil kaynaklı yakıt olarak, yüzlerce yıldır enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Roma İmparatorluğu döneminde uluslararası kömür ticaretinin yapıldığı bilinmektedir. Kömür sadece 19. yüzyılda sanayi devrimini ateşlemekle kalmamış, 20. yüzyılda elektrik çağını başlatmıştır. 1960' lı yıllara kadar kömür dünyanın birincil enerji kaynağı olarak önemini korumuş, 1960' lı yılların sonuna doğru yerini petrole bırakmış, ancak kömürün elektrik üretimindeki önemi anlaşılınca tekrar dünya enerji gündemindeki önemli konumunu kazanmıştır. Diğer taraftan petrol, doğal gaz gibi diğer fosil yakıtların, nükleer ve yenilenebilir enerji kaynakları gibi diğer alternatif kaynakların önemi de ihmal edilemez. Ancak günümüzde bu alternatif enerji kaynaklarının hiç birisi sorunsuz değildir ve uzun vadeli temin güvencesini sağlamamaktadır (Botaş, 2008).

Tüm enerji kaynakları arasında kömür; sürdürülebilir enerji, ona bağlı olarak sürdürülebilir kalkınma ve enerji güvenliğini sağlayan çok önemli bir kaynaktır. Bunun nedenleri; kömür rezervlerinin ömrünün şuan ki üretim seviyeleri ile diğer fosil yakıtların yaklaşık 3 katı oluşu, coğrafi olarak 50' den fazla ülkeye yayılmış olması, taşınmasının, depolanmasının, kullanımının kolaylığı ve güvenilirliği olması,. düşük maliyeti, siyasi dalgalanma ve çatışmaların yönlendirmediği bir ortamda, rekabetçi piyasalarda fiyatların oluşması olarak sıralanabilir (Harp Akademileri Komutanlığı, 2006).

Ulaşım sektörü enerji ihtiyacının neredeyse tamamına yakını petrol kaynaklar oluşturmakta, sanayi sektöründe yine fosil kaynaklı yakıtlar kullanılmaktadır (Keskin, 2012).

### **2.3.2. Petrol Enerjisi**

Tüm dünyada birincil enerji kaynakları arasında ilk sırada yer alan fosil yakıtlardan petrolün, stratejik konumunu uzun yıllar sürdürmesi beklenmektedir. Uluslararası Enerji Ajansının projeksiyonlarına göre 2030 yılında toplam enerji tüketimindeki oranının % 33 olması beklenmektedir. Son yıllarda büyük oranda artış gösteren doğalgaz talebindeki artış sürerken, petrol talebinde dikkat çekici bir artış beklenmemekte, ancak kömür tüketiminde de doğalgaza benzer bir artış beklenmektedir (T.P.A.O. 2008).

Ülkemizde, petrol, doğal gaz ve kömürden oluşan fosil yakıtlar, en temel enerji arzında ağırlıklı payını koruyacak ve 2030 yılına kadar olan dönemde toplam talep artışının %84' lük bölümü bu kaynaklardan karşılanacaktır. Petrol birincil enerji arzında en fazla paya sahip kaynak olma niteliğini sürdürecektir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2009).

### **2.3.3. Doğalgaz Enerjisi**

Çeşitli kimyasal ürünlerin başlıca hammaddesi olan doğalgaz dünya enerji tüketiminin önemli bölümünü karşılamaktadır. Doğalgazın geçmişi yüzlerce yıl öncesine dayanmaktadır. Tarihsel kaynaklar doğalgazın ilk kez M.Ö. 900'ler de Çin' de kullanıldığını göstermektedir. Taşınması, işlenmesi ve stoklanması kolay olan doğalgazın yaygın kullanımı ise 1790'da İngiltere'de başladı. Boru hattı taşımacılığıyla birlikte 1920'lerde artan doğalgaz kullanımı 2. Dünya savaşından sonra daha da gelişti. Doğalgaz enerji üretim sektöründe ilk kez Amerika da kullanılmaya başladı (Termik, 2007).

Türkiye' de de sınırlı bir miktarda doğal gaz çıkmakta ve kullanıma sunulmaktadır. İlk doğal gaz sahamız "Kuzey Marmara Doğal Gaz Sahası", Silivri' nin 5 km batısında sahilden 2.5 km uzaklıkta 43 metre su derinliğinde 1988 yılında açılan Kuzey Marmara-1 kuyusu sondajında 1.200 metrede gaz keşfi ile bulundu.

Saha, Türkiye'nin denizdeki ilk doğal gaz sahası olma özelliğini de taşımaktadır (Doğalgaz Enerjisi, 2012).

Enerji kaynakları kendi aralarında incelendiğinde ise, Türkiye'de %30.6'lık oranla doğal gazın enerji kaynakları arasında en fazla kullanıma sahip olduğu görülmektedir (Keskin, 2012).

2012 yılı sonu itibari ile kalan üretilebilir doğalgaz rezervimiz 7,17 milyar m<sup>3</sup>tür (Sabah, 2012).

#### **2.3.4. Nükleer Enerji**

Nükleer Enerji, sınırlı sayıdaki santrallerde üretilmesi nedeniyle yenilenemeyen ancak alternatif enerji kaynağıdır. Nükleer Enerji atomların dönüşümünden üretilmektedir. Bu dönüşümler atomun merkezinde meydana gelmekte ve Nükleus olarak adlandırılmaktadır. Atomun parçalanması ile oluşan enerji fisyon olarak adlandırılmakta bu enerji nükleer santrallerde ortaya çıkan ısının kullanımıyla elektrik enerjisine dönüştürülmektedir (Akkuş, 2010).

#### **2.4. Yenilenebilir Enerji Kaynakları**

Rüzgar, güneş, jeotermal, biokütle, hidrolik gibi tabiata zarar vermeden, atığı olmadan, ancak süreklilik ilkesini sağlayamayan enerji üretim sistemlerine Yenilenebilir yada Alternatif enerji kaynağı ismi verilir (Rüzgar Enerjisi, 2007).

Tablo No 2: Yenilenebilir Enerji Türleri ve Kaynakları.

	<b>Alternatif Enerji Türü</b>	<b>Kaynak</b>
1.	Güneş Enerjisi	Güneş
2.	Rüzgar Enerjisi	Atmosferin hareketi
3.	Jeotermal Enerji	Enerji yer altı suları
4.	Hidroelektrik Potansiyel Enerji	Barajlar
5.	Biokütle Enerjisi	Biyolojik artıklar, yağlar
6.	Dalga Enerjisi	Okyanus ve Deniz

Tablo 2’ de verilen ve kaynak itibariyle yaşamı sonsuz sayılacak kadar çok olan enerjiler yenilenebilir enerji olarak isimlendirilir (Ünalın, 2003).

Yenilenebilir enerjilerden çok eski çağlardan beri su pompalanmasında, tahılları öğütmede, ürünleri kurutmada, su ısıtılmasında ve kayıklarda yararlanılmaktadır.

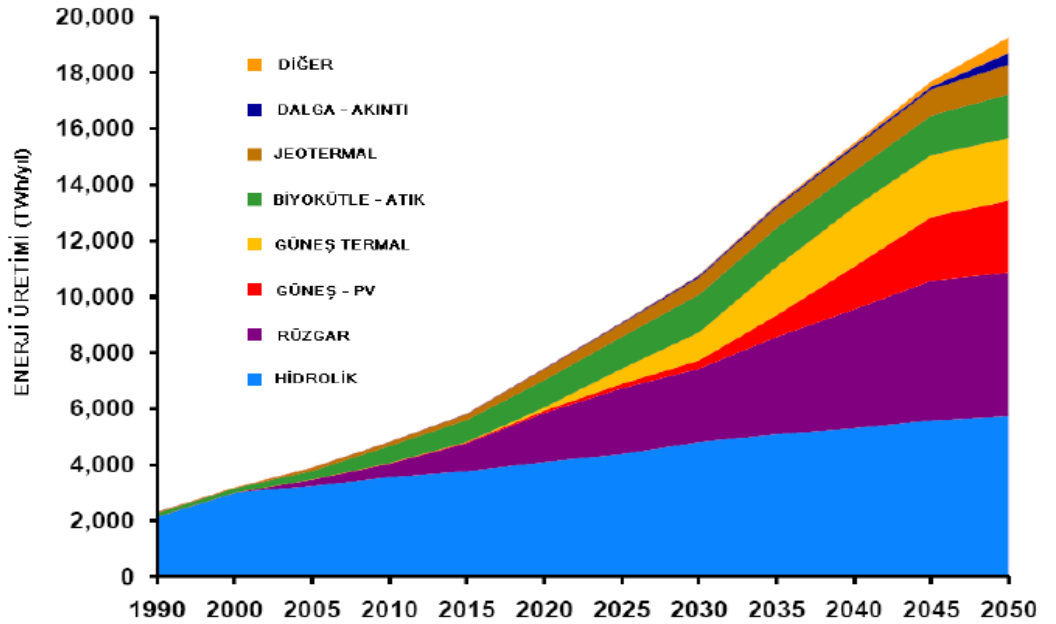
Buharlı makinelerin keşfi ile başlayan sanayileşme önce Avrupa daha sonra Amerika’da yenilenebilir enerjilerin kullanımının aşamalı olarak azalmasına neden olmuştur. Petrol ve kömür egemenliğine dayanan enerji çağı, 1973 petrol krizine kadar iki yüzyıl boyunca sorunsuz devam etmiş ancak bu kriz enerji kaynakları konusunda bir güvensizlik ortamı yaratmıştır. Bu ortam bütün dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına karşı yoğun bir ilginin oluşmasını sağlamış ve başta Avrupa ülkeleri ve ABD olmak üzere bu konuda araştırmalara başlamıştır (Uğur, 2005).

Her ne kadar rekabet edebilirlik konusunda sorunları devam etse de yüksek fosil yakıt fiyatları ve fosil yakıtların çevresel etkileri üzerine duyulan endişeler, dünyanın pek çok ülkesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının arttırılmasına yönelik verilen teşvikler, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha geniş oranda kullanımının yolunu açmaya devam etmektedir (EIA, 2011).

Dünyada hızla azalan sıvı ve katı yakıt rezervleri nedeniyle alternatif enerji kaynakları üzerinde yapılan çalışmalar önem kazanmıştır. Ülkelerin çevre politikalarını geliştirmeleriyle petrol, kömür ve doğalgaz gibi karbon emisyonu yüksek enerji kaynaklarının yerine su, rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanarak üretilen elektrik enerjisi sektörün öncelikli konularından biri haline gelmiştir. Böylelikle, yenilenebilir enerji kaynaklarına ait su türbini, hidrojenatör, rüzgar türbini ve güneş panelleri gibi elektromekanik teçhizatların imalatı önem kazanmıştır (Temsan, 2011).

Yenilenebilir enerji kaynakları genel özellikleri;

- Yenilenebilen bu enerji kaynakları çevre kirliliğine sebep olmazlar.
- Teknolojileri mevcut teknolojilerden daha basittir.
- Mevcut teknolojilerden daha güvenlidirler.
- Kullanılışları daha kolaydır, hareketli parçaları yoktur.
- Enerjiyi kullandıkları yerde üretmeye müsaittirler.
- Kayıpları çok azdır.
- Kaynakları güneş, hava ve sudur (Yaman, 2007).



Şekil No 1: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Gelişimi ve Gelecek Kullanımı (Çalışkan, 2011)

Kaynağına göre yenilenebilir enerjinin gelecek öngörüsü Şekil 1’ de belirtilmiştir. 2050 yılında rüzgar ve güneş enerjisinden yararlanma oranlarında ciddi artışlar beklenmektedir.

#### **2.4.1. Hidroelektrik (Su Gücü) Enerji**

Hidroelektrik enerji barajların önünde kurulan elektrik santrallerinde elde edilen enerjidir. Barajlarda toplanan su gücünden faydalanılarak suyun düşü yüksekliğinden ve akma hızından yararlanılarak elektrik elde etme işlemi sonucu elde edilen enerjidir (Yaman, 2007).

Su gücünün kullanımı tarihsel olarak, birçok ülkede oldukça gerilere gitmektedir. İlk olarak su milleri, su gücünü mekanik enerjiye dönüştürmek için kullanılmıştır. Su gücünden elektrik üretimi, 19. yy. sonlarında başlamış ve günümüzde teknik olgunluğa ulaşmıştır. Bir su bendi, bendin önünde ve arkasında bir yükseklik bendi oluşturmaktadır. Bu potansiyel fark, bir güç tesisi tarafından kullanılabilir. Su, potansiyel enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren bir türbin boyunca akmaktadır. Bir elektrik jeneratörü ile bu, elektrik enerjisine çevrilmektedir (Dinçer ve Aslan, 2008).

#### **2.4.2. Biokütle Enerjisi**

Bitkilerin fotosentez yoluyla bünyelerinde depoladığı enerji biokütle kaynaklarının esasını oluşturmaktadır. Biyolojik kökenli bu enerji kaynaklarının kendilerini yenileyebilme gücü, bitkiden bitkiye değişiklikler göstermektedir. Bitkilerin yeşermesi ise, başta iklim koşulları olmak üzere, mevsimlere göre uygulanan tarım tekniklerine ve bitkinin biyolojik yapısına göre değişiklikler arz etmektedir. Dünya enerji ihtiyacının % 15’ ini karşılayan klasik biokütle kaynakları yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yer tutmaktadır. Biokütle, yenilenebilir enerji kaynakları arasında elektrik üretiminde temel yük özelliğini sağlayacak en büyük potansiyele sahip bir kaynak durumundadır. Fotosentez yoluyla

enerji kaynağı olan organik maddeler sentezleşirken; tüm canlıların solunumu için gerekli olan oksijen de atmosfere verilmektedir. Üretilen organik maddelerin yakılması sonucu açığa çıkan karbondioksit ise, daha önce bu maddelerin oluşumu sırasında atmosferden alınmış olduğundan, biokütleden enerji elde edilmesi sırasında çevre, CO2 salımı açısından korunmuş olacaktır. Görüldüğü gibi bitkiler yalnız besin kaynağı değil aynı zamanda çevre dostu tükenmez enerji kaynaklarıdır. Enerji kaynakları arasında en çok bilinen ve ilk kullanılanı ise odundur. Biokütle enerjisi olarak odun, yetişmesi uzun yıllar alan ağaçların kesilmesi ile elde edildiğinden, ormanların yok olmasına ve büyük çevre felaketlerine yol açmaktadır. Günümüzde biokütle enerjisini, klasik ve modern olarak ayırmak olanaklıdır. Ağaç kesiminden elde edilen odun ve hayvan atıklarından oluşan tezeğin basit şekilde yakılması, klasik biokütle enerjisi olarak tanımlanırken; enerji bitkileri, enerji ormanları ve ağaç endüstrisi atıklarından elde edilen, biodizel, etanol gibi çeşitli yakıtlar, modern biokütle enerjisinin kaynağı olarak tanımlanmaktadır (Dinçer ve Aslan, 2008).

### **2.4.3. Jeotermal Enerji**

Jeotermal enerji yer içinde bulunan sıcak kayalara rastlayan yer altı sularının ısınıp buharlaşması ile oluşan buharın yer kabuğundaki zayıf noktadan yeryüzüne çıkan buhardan yararlanılarak bina ısıtmalarında ve elektrik elde etmede kullanılan bir enerjidir. Jeotermal enerjiyi ( yer içi sıcak su ) ısıtı alandıktan sonra bu suyun kayıplara uğramadan tekrar geldiği bölgeye gönderilmesi gerekir. Aksi halde ısı enerjisi alınan sıcak suyun gelişi güzel toprağa bırakılması hem çevre kirlenmesine hem de yer altı sıcak su düzeninin bozulmasına sebep olur (Yaman, 2007).

Kullanım alanları;

Konut Isınması; jeotermal enerji ile Gönen (Balıkesir), Simav (Kütahya), Kızılcahamam (Ankara), Narlidere + Balçova (İzmir), Sandıklı (Afyon), Kırşehir, Kozaklı (Nevşehir), Sarayköy (Denizli), Salihli (Manisa), Edremit (Balıkesir), Bigadiç (Balıkesir) ve Diyadin (Ağrı) de yapılmaktadır.

Sera Isıtması; Balçova, Seferihisar, Afyon-Ömer, Sivas-Sıcakçermik, Edremit-Havran, Sandıklı, Hüdai, Urfa-Karaali, İzmir-Dikilli ve Sındırgı-Hisaralan' da uygulanmaktadır.



Endüstriyel Uygulamalar; Kızıldere’ de jeotermal akışından 120.000 ton/yıl karbondioksit üretimi yapılmakta, Gönen’ de deri tabaklama, Kızıldere–Sarayköy’ de yün ağarmada yararlanılmaktadır.

Termal Turizm Uygulamalar; Balçova, Yalova, Afyon–Ömer–Sandıklı, Gönen, Haymana, Havza ve Bolu’ da yapılmış modern tesislerde jeotermal kaynaktan yararlanılarak söz konusu hizmetler verilmektedir (Ankara Sanayi Odası, 2011).

#### 2.4.4. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisinden iki farklı şekilde yararlanılır. Bunlardan birisi, rüzgar enerjisinin mekanik enerjiye dönüştürülmesidir. Yel değirmenleri ve yelkenli kayıklar buna örnek olarak verilebilir Rüzgar enerjisinin ikinci tür kullanım şekli ise rüzgar enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi yani elektrik enerjisinin üretilmesidir. Bu yöntemde, rüzgar türbini yardımı ile rüzgar enerjisi hareket enerjisine ve bir jeneratör yardımı ile de elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Rüzgar türbinleri, rüzgardan elde ettikleri kinetik enerjiyi elektrik enerjisine çevirmektedirler.



Şekil No 2: Klasik Rüzgar Türbini Görünümü (YEGM)

#### 2.4.5. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneş ışığından enerji elde edilmesine dayalı bir teknolojidir. Güneşin yaydığı ve dünyamıza ulaşan enerji, güneş'in çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışınım enerjisidir.



Şekil No 3: Güneş Panelleri (YEPM)

Güneş enerjisi, ev-işyeri ısıtması, sıcak su ihtiyacının karşılanması, elektrik üretimi, termal sistemler ve güneş pillerinde kullanılmaktadır. Güneş enerjisinden elektrik üretimi ise uydularda, hesap makinelerinde, saatlerde, sokak lambalarında ve trafik sinyalizasyonu uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, şebekeden uzak yerlerdeki, ev, iş yeri, köy, çiftlik, haberleşme tesislerinde elektrik temininde de kullanılır (Tübav, 2008).

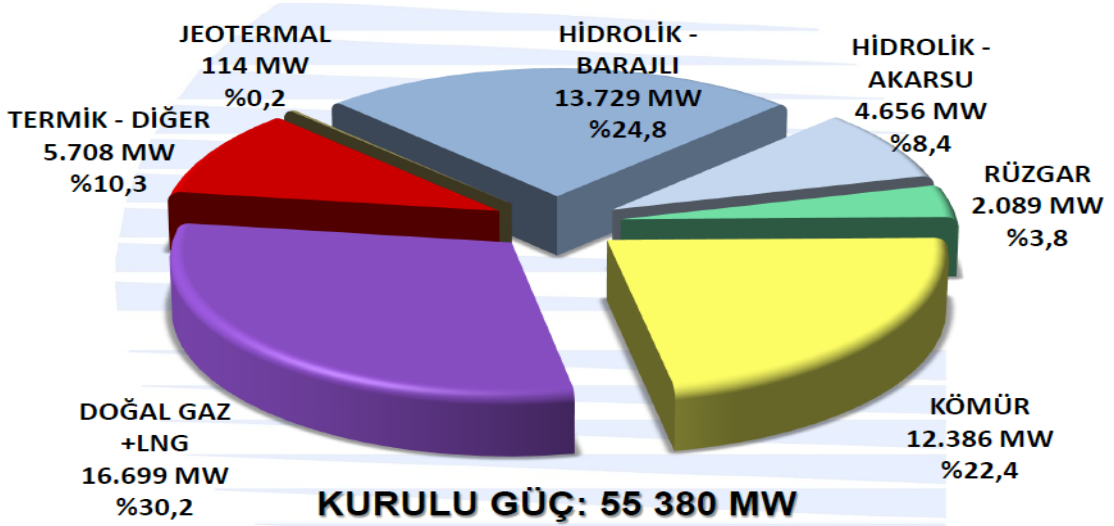
#### 2.4.6. Dalga Enerjisi

Dünyanın enerji ihtiyacı gün geçtikçe artmakta ve bu ihtiyacını karşılamak amacıyla yapılan çalışmalarda da en önemli yere ve en fazla potansiyele sahip enerji kaynağı olarak dünyanın  $\frac{3}{4}$ ' ünden fazlasını kaplayan okyanuslar oluşturmaktadır. Okyanus enerjisi çevreyi kirletmeden, sürekli kendini yenileyen bir doğal kaynaktır. Bu konuda Avrupa Birliği tarafından yapılan araştırmalara göre, 2010' da

okyanuslardan elde edilecek enerji ile bir milyon evin enerji ihtiyacını karşılayacak kadar elektrik üretilbileceği tasarlanmaktadır. Okyanustan enerji üretmenin yolu gelgitler, okyanus ısı, dalgalar, akıntılar, tuzluluk oranı ve metan gazı olarak sayılabilir. Bu yöntemlerden üçünü kısaca açıklarsak; gelgit enerjisi ayın çekim kuvveti ile denizlerin yükselip alçalan seviye farklarını, termal enerji değişimi deniz suyunda oluşan sıcaklık farklarını, dalga enerjisi de deniz üstünde esen rüzgarların meydana getirdiği dalgalar arası farkları ifade etmektedir (Akkaya, 2007).

## 2.5. Türkiye’ de Enerji Sektörünün Görünümü

Şekilde 4’de görülebileceği gibi, Türkiye’ de enerji kaynakları arasında en fazla kullanım fosil kaynaklı yakıtlardan oluşmaktadır. Türkiye Elektrik İletim A.Ş raporuna göre 31.08.2012 tarihi itibariyle elektrik enerjisi kurulu gücü % 30.2 oranı ile doğalgaz santralleri, % 24.8 oranında hidrolik barajlar,% 22.4 oranında kömürden sağlanan enerji, % 10.3 oranı ile termik santraller, % 8.4 oranında akarsu enerjisi, % 3,8 oranında rüzgar enerjisi ve % 0.2 oranında jeotermal enerjiden oluşmaktadır.



Şekil No 4: 31.08.2012 tarihi itibariyle Türkiye’ de Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü  
(Elektrik Mühendisleri Odası (E.M.O.), 2012)

Ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarına farklı teşvikler uygulamaktadırlar. Bunlar mali, vergi ve üretim teşvikleri olarak üç başlık altında toplanabilir.

Yüksek talep artışının karşılanması, yeterli yatırım yapılması ve ekonomik verimliliğin artırılması için, ülkemizde 2000 yılı sonrasında enerji sektöründe rekabeti öngören yeni bir yapılanmaya gidilmiştir.

Bu kapsamda,

- Elektrik Piyasası Kanunu ( 4628 - 20/2/2001 ).
- Doğal Gaz Piyasası Kanunu ( 4646 - 18/04/2001 ).
- Petrol Piyasası Kanunu ( 4646 - 18/04/2001 ).
- LPG Piyasası Kanunu ( 5307 - 02/03/2005 ).
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ( 5346 - 10/05/2005 ) ( **EK 1** ).
- Enerji Verimliliği Kanunu ( 5627 - 18/04/2007 ).
- Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu ( 5686 - 03/06/2007 ).
- Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Enerji Satışına İlişkin Kanun ( 5710 - 09/11/2007 ).
- Arz güvenliğine ilişkin 5784 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanunu ( 5784 - 09/07/2008 ).
- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşme Yönelik Kyoto Protokolüne Katılmamızın Uygun Bulduğuna Dair Kanunu ( 5836 - 05/02/2009 ).
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanunu ( 6094 - 29/12/2010 ) ( **EK 2** ).
- Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisleri Hakkında Yönetmelik ( 19/06.2011).
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Aksamın Yurtiçinde İmalatı Hakkında Yönetmelik ( 19/06.2011).
- Güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin bağlanabilecek TM ( trafo merkezi ) kapasitelerine ilişkim duyuru ( 11/08/2011 ).
- Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularına İlişkin Ölçüm Standardı Tebliği ( 22/02/2012 ).

- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğin Uygulanmasına Dair Tebliğ ( 10/03/2012 ).
- Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularına İlişkin Ölçüm Standardı Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına İlişkin Tebliğ ( 31/03/2012 ) yürürlüğe girmiştir (YEGM, b.t.).

### 3. RÜZGAR ENERJİSİ

#### 3.1. Rüzgâr Enerjisinin Tanımı

Rüzgar enerjisi doğal, yenilenebilir, temiz ve sonsuz bir güç olarak kaynağını güneşten almaktadır. Güneşin yeryüzü ve atmosferi homojen ısıtmaması sonucu, ortaya çıkan sıcaklık ve basınç farkları, rüzgarı oluşturmaktadır. Rüzgar enerjisi potansiyeli, güneşin dünya etrafındaki havayı ısıtıp farklı basınç alanlarının oluşumuna bağlı olarak değişmektedir. Isınan hava basınç alanı meydana getirmekte ve yüksek basınçtan alçak basınca doğru oluşan bir hava akımı da rüzgarı oluşturmaktadır (Bayraç, 2011).

Dünyamıza güneşten sağlanan enerjinin bir kısmı hava hareketleri tarafından harcanmaktadır. Güneşten gelen enerjinin yaklaşık %1-2'si rüzgar enerjisine dönüşür. Yani rüzgar enerjisine, hıza (kinetik enerjiye) dönüşmüş güneş enerjisi denilebilir. Yerkürede ortaya çıkan sıcaklık ve buna bağlı basınç farklılıkları rüzgarın oluşmasına neden olmaktadır.

Rüzgar enerjisinin özellikleri genel olarak şunlardır;

- Atmosferde bol ve serbest halde bulunur.
- Yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağıdır.
- Enerjisi, hızının küpü ile orantılıdır.
- Yoğunluğu düşüktür.
- Enerjisinin depolanması ve başka bir enerjiye çevrilmesi mümkündür. Çevre kirliliği oluşturmaz (Türkmen, 2005).

Geleneksel metotlar kullanılarak elektrik enerjisi üretiminin çevreye verdiği zararların artması ve günümüzde artan çevre bilincinin gelişmesiyle, elektrik enerjisinin elde edilebilmesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması yaygınlaşmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan rüzgar enerjisi,

tamamıyla doğa ile uyumlu, çevreye zarar vermeyen ve tükenme ihtimali olmayan sonsuz bir kaynaktır.

### 3.2. Rüzgar Enerjisinin Tarihçesi

T. Burton ve arkadaşları tarafından yayımlanan “Rüzgâr Enerjisi” isimli kitaba göre; yel değirmeni yaklaşık 3000 yıl önce buğday üretme ve su pompalama amaçlı olarak kullanılmaya başlanmış, yelkenli gemilerin hareketi için de gerekli olan enerjiyi uzun süre temin eden bir kaynak olmuştur (Akkuş, 2010).

İlk tam rüzgâr değirmeni M.Ö. 200 yılında antik Babylon' da inşa edilmiş, bu değirmen bir eksene tutturulmuş pervaneler ile dönüş hareketi üreten bir makinedir. M.S. 10. yüzyıla kadar Doğu İran ve Afganistan'da 16 fitlik rüzgâr yakalama kanatları ve 30 fit yüksekliği olan rüzgâr değirmenlerinde tahıl öğütüldüğü bilinmektedir. Batı dünyası rüzgâr değirmenlerini çok daha sonraları keşfetmiştir. Bu konudaki ilk yazılı kayıtlar 12. yüzyıla aittir. Birkaç yüzyıl sonra rüzgâr değirmenleri geliştirilerek ve uyarlanarak su pompalamada kullanılmıştır (Rüzgar Türbini Türkiye, 2010).

Çok pervaneli yel değirmenleri, 19. yüzyılın ikinci yarısında ABD' de icat edilmiştir. 1889 yılında ABD' de 77 tane rüzgâr değirmeni fabrikası vardı ve yüzyılın sonunda rüzgâr değirmeni ihracatı ABD ekonomisi için en büyük ihracat kalemi olmuştu (YEGM, b.t.).

Dünyada; rüzgâr enerjisinden elektrik üreten ilk türbin, 1891'de modern aerodinamiğin önemli mühendisi olan Paulla Cour tarafından Danimarka'da inşa edilmiştir. Elektriğin birim fiyatı yüksek olduğundan, 1980–1981 yıllarında, endüstriyel ve teknolojik gelişmeler sonucu 55 KW kapasiteli türbinler yapılıp, üretimine başlanmıştır. Rüzgâr endüstrisi daha çok yaygınlaşmış ve Risoe National Laboratuvarı yardımı ile Avrupa Rüzgâr Atlasının gelişmesine ve yeni teknolojilerinde geliştirilmesine paralel olarak elektrik birim fiyatlarında önemli ölçüde azalmalar meydana gelmiştir (Danish Wind History, 1999).

Günümüzde daha çok rüzgarla elektrik üretimi popüler olsa da rüzgar enerjisinin kullanıldığı başka alanlarda bulunmaktadır;

- Elektrik üretimi

- Şarj sistemleri
- Su depolama
- Taşımacılık
- Su pompalama
- Tahıl öğütme
- Soğutma (Rüzgar Enerjisi, b.t.).

1980' li yıllardan günümüze kadar gelişen teknolojilerle rüzgâr türbinleri hem güç, hem de aynı anda boyut olarak büyümüşlerdir. Artık günümüzde karadaki uygulamalar için 70m, 80m hatta 120 m rotor çaplı ve 3 MW ve üzeri güçlerdeki rüzgâr türbinleri üretilmektedir.

### **3.3. Rüzgar Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları**

Rüzgar Enerjisinin Avantajları;

- Bu türbinler yakıt olarak rüzgarı kullandıklarından atmosfere zehirli gaz vermezler.
- Rüzgar çiftlikleri kuruldukları alanın sadece % 1' lik bölümünü kullanırlar. Geri kalan kısım tarımsal faaliyetlerde rahatlıkla kullanılabilir.
- Rüzgar çiftlikleri, termik, hidrolik, vb. santralleri, ekonomik açıdan rekabet edecek düzey gelmiştir.
- Rüzgar çiftliklerinin söküm maliyeti yoktur. Çünkü sökülen türbinlerin hurda değeri söküm maliyetini karşılamaktadır.
- Bu çiftliklerin ömürlerini tamamlamasından sonra türbinlerin kullanıldığı alan eski haline kolayca getirilmektedir.
- Bu çiftliklerde kaynak yönünden dışa bağımlılık yoktur.

Rüzgar Enerjisinin Dezavantajları;

- Gürültülüdürler ve kuş ölümlerine neden olurlar.



- Radyo ve TV alıcılarında parazite neden olurlar (Özcan, 2009).

### **3.4. Rüzgar Türbinleri**

Rüzgardaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye, daha sonra da elektrik enerjisine dönüştürerek rüzgardan elektrik elde etmemizi sağlayan sistemlere rüzgar türbini denilmektedir. Rüzgar türbinlerinin KW' lardan MW' lara kadar geniş bir kapasitesi vardır. Genel olarak belirtmek gerekirse bir rüzgar türbini 3 ana parçadan oluşmaktadır. Bunlar; kule, kanatlar ve makine dairesidir (Koltukçu, 2010).

#### **3.4.1. Rüzgar Türbinlerinin Sınıflandırılması**

Rüzgar türbinleri için, dönme eksenini, kanat sayısı, güç, jeneratör yapısı ve kontrol sistemlerine göre değişik sınıflandırmalar yapılmaktadır. Genel olarak Türbinlerini eksenlerine göre, kanat sayılarına göre ve güçlerine göre olmak üzere 3 şekilde sınıflandırma yapabiliriz.

##### **3.4.1.1. Eksenine Göre Türbin Çeşitleri**

Eksenine göre türbin çeşitleri; dönme eksenine göre “Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri” (YERT) ve “Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri” (DERT) olmak üzere iki sınıfa ayrılır.

###### **3.4.1.1.1. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri**

Bu tip türbinlerde dönme eksenini rüzgar yönüne paraleldir. Kanatları ise rüzgar yönüyle dik açı yaparlar. Ticari türbinler genellikle yatay eksenlidir. Rotor, rüzgarı en iyi alacak şekilde, döner bir tabla üzerine yerleştirilmiştir.



Şekil No 5: Yatay Eksenli Rüzgar Türbini

Yatay eksenli türbinlerin çoğu, rüzgârı önden alacak şekilde tasarlanır. Rüzgârı arkadan alan türbinlerin yaygın bir kullanım yeri yoktur. Rüzgârı önden alan türbinlerin iyi tarafı, kulenin oluşturduğu rüzgâr gölgelemesinden etkilenmemesidir. Kötü tarafı ise, türbinin sürekli rüzgâra bakması için dümen sisteminin yapılmasıdır (Rüzgar Türbini, 2012).

#### **3.4.1.1.2 Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri**

Rotor kısmı rüzgâr yönüne doğru dik konumda olan türbinlerdir. Yani yere doğru düşey yöndedir. Dönme eksenleri rüzgâr yönüne dik olan bu türbinlerin kanatlarında rüzgâr yönüne diktir. Savonius tipi, Darrieus tipi gibi çeşitleri vardır. Daha çok deney amaçlı üretilmiştir. Ticari kullanımı çok azdır.



Şekil No 6: Düşey Eksenli Rüzgar Türbini

Bu türbinlerin üstünlükleri şöyle sıralanabilir:

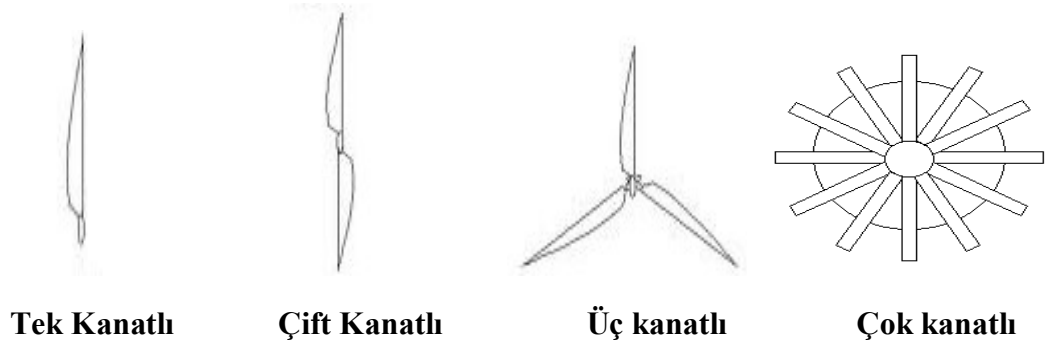
- Jeneratör ve dişli kutusu yere yerleştirildiği için, türbini kule üzerine yerleştirmek gerekmez, böylece kule masrafı olmaz.
- Türbini rüzgâr yönüne çevirmeye, dolayısıyla dümen sistemine ihtiyaç yoktur.
- Türbin mili hariç diğer parçaların bakım ve onarımı kolaydır.
- Elde edilen güç toprak seviyesinde çıktığından, nakledilmesi daha kolaydır.

Sakıncaları ise şöyledir:

- Yere yakın oldukları için alt noktadaki rüzgâr hızları düşüktür.
- Verimi düşüktür.
- Çalışmaya başlaması için bir motor tarafından ilk hareketin verilmesi gerekir, bu yüzden ilk hareket motoruna ihtiyacı vardır.
- Ayakta durabilmesi için tellerle yere sabitlenmesi gerekir, bu da pek pratik değildir.
- Türbin mili yataklarının değişmesi gerektiğinde, makinenin tamamının yere yatırılması gerekir (Rüzgar Türbini, 2012).

### 3.4.1.2. Kanat Sayılarına Göre Türbin Çeşitleri

Kanat sayısına bağlı olarak rüzgar türbinleri tek kanatlı, çift kanatlı, üç kanatlı ve çok kanatlı olarak sınıflandırılabilir.



Şekil No 7: Kanat Resimleri



Şekil No 8: Kanat Detay Görünümü

### 3.4.1.3. Güçlerine Göre Türbin Çeşitleri

Güçlerine göre rüzgar türbinleri farklı şekillerde sınıflandırılabilir. 10 KW' a kadar olan türbinler küçük güçlü rüzgar türbinleri, 10 KW–250 KW arası olan türbinler orta güçlü rüzgar türbinleri ve 250 KW' tan büyük türbinler ise büyük güçlü rüzgar türbinleri olarak değerlendirilebilir.

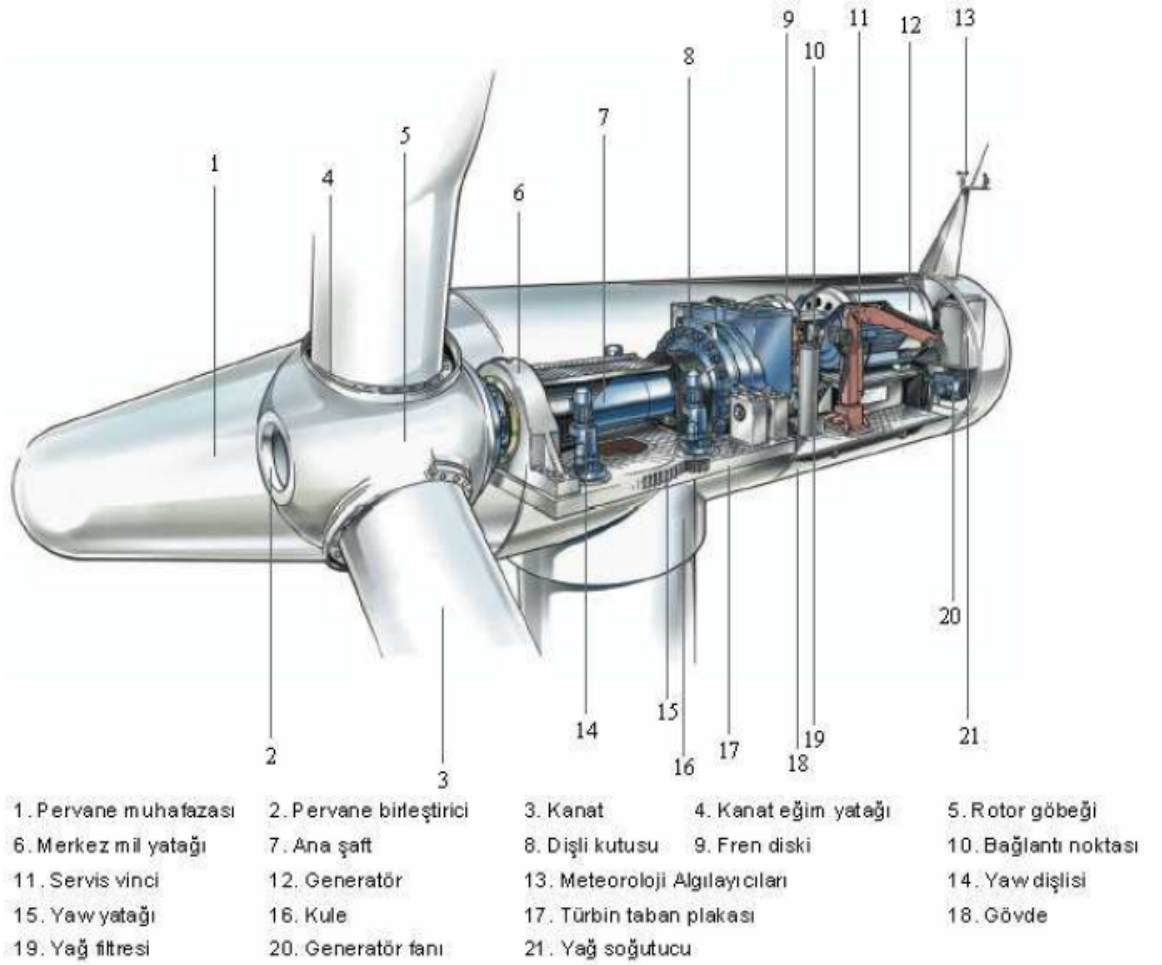
Tablo No 3: Büyüklüklerine Göre Rüzgar Türbinleri.

Güç (KW)	Ölçüt
< 10 KW	Küçük
10 KW-250 KW	Orta
250 KW >	Büyük

### 3.5. Rüzgar Türbinlerinin Bileşenleri

Rüzgar türbinleri, kendi başlarına entegre sistemlerdir. Üretilen enerjiyi ulusal iletim şebekesine aktarırken, her türlü uygunsuzluklar bir skala sistemi ile uzaktan izlenebilmektedir. Bu muazzam yapılar ihtiyaç duyulan tüm alt sistemlerle entegre edilmiş olup süreklilik ilkesine uygun olarak enerji üretim görevini icra etmektedir. Bir rüzgar türbini çoğunlukla tek başına işletilmez. Rüzgar türbinleri birer grup halinde rüzgar çiftliklerine konuşlandırılarak işletilir. Kendi başlarına entegre birer sistem oldukları halde, birer grup halinde de entegre işletilmektedir. Makine dairesine yerleştirilen üniteler dışında ilave elemanlar kule ve kule civarında konuşlandırılmaktadır. Ancak türbinin ana unsurları makine dairesinde yuvalandırılmıştır (Yerebakan, 2008, s.116).

Türbinlerde özellikleri farklı da olsa aynı fonksiyonu icra eden benzer bileşenler vardır. Bir türbinde yer alan belli başlı bileşenler; Şekil 9’ da görüldüğü gibi rüzgar hızı ölçme cihazı (anemometre), kanatlar, fren düzeni, kontrol sistemi, dişli kutusu, jeneratör, yüksek ve düşük hız şaftları, gövde (yatak), pitch, rotor, kule rüzgar vanası, yaw motoru ve tahrik gurubundan oluşmaktadır (Yerebakan, 2008).



Şekil No 9: Rüzgar Türbini Bileşenleri (Köse, 2009).

**Kanatlar:** Doğrusal olan rüzgâr hareketini, dönme hareketine çeviren parçalardır. Aerodinamiğin temel yasalarını kullanırlar. Kanatların uzunluğu ile türbinin gücü doğru orantılıdır (Özdemir, 2011).

**Dişli Kutusu:** Düşük kanat dönme hızını yükselten, mekanizmanın dönme hızını 1000-1500 Rpm seviyelerine çıkartan mekanik sistemdir. Dişli kutusunun amacı yalnızca düşük rüzgâr hızını yükseltmektir. Hız kontrolü ya da hızı sabitlemek dişli kutusunun görevi değildir. Rüzgâr türbinlerindeki dişli kutularının sabit bir hız oranı vardır (Özdemir, 2011).

Düşük hızlı mil ile yüksek hızlı mil arasındaki bağlantıyı sağlayan dişli kutusu, rüzgar türbinlerinin ağır ve pahalı bir parçasıdır (Yalçın, 2010).



Şekil No 10: Dişli Kutusu (Özdemir, 2011)

**Kontrolör (Kontrol Sistemi):** Rüzgar türbinlerinde kontrol birimleri, rüzgar hızı yeteri kadar yüksek olduğunda türbinin harekete geçmesi, aşırı yüksek hızlarda türbinin frenlenmesi, türbinin rüzgara yönelmesi ile ilgili kontrolleri yapan ve gerekli komutları verme görevini üstlenen cihazlardır (Yalçın, 2010).

**Düşük-Yüksek Hız Şaftı:** Rüzgar türbinlerinde, rotora bağlı olan ve 30-60 devir/dakika hız ile dönen mil düşük hızlı mil, jeneratöre bağlı olan ve 1200-1500 devir/dakika hız ile dönen mil ise yüksek hızlı mil olarak tanımlanır (Yalçın, 2010).

**Jeneratör:** Rüzgâr türbininde mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren kısımdır. Farklı jeneratör tipleri rüzgâr türbinlerinde kullanılabilir. Rüzgâr hızının

değişken olması nedeniyle, türbin çıkışında sabit frekansta alternatif akım elde etmek amacıyla farklı rüzgâr türbini konfigürasyonları oluşturulmuştur (Özdemir, 2011).

**Rotor:** Kanatlar ve hub (göbek)' dan oluşan kısımdır. Bu sistem basit görünmekle birlikte, aslında aerodinamik anlamda karmaşık ve çok ince hesapların yapıldığı bir yapıdır. (Karataş, 2009).

**Hub:** Rotor parçalarından hub, kanatları, ana mile ve diğer aktarma organlarına bağlayan parçadır. Kanatlar tarafından üretilen iş yükünü diğer parçalara iletir (Uysal, 2011).

**Türbin:** Kule üzerine yerleştirilen montaj platformu olup, rotor, dişli kutusu, şaftlar jeneratör, kontrolör ve frenleme düzeninin yuvalandığı ana rotor gövdeye monte edilmiş olup, kapasitesine göre bir teknisyenin içinde tamirat yapabileceği kadar serbest alana sahiptir (Köse, 2010).

**Pitch:** Kanatları, aşırı yüksek veya düşük hızlarda dönüşünü kontrol eden döndürme mekanizmasıdır (Özdemir, 2011).

**Gövde ve Kule:** Türbinin dış etkilerden korunmasını sağlayan kaplama yapısı ile döner tabla kısmına gövde denir. Kule rüzgâr türbinini yükselten elemandır (Özdemir, 2011).

**Yön Kontrol Cihazı:** Rüzgar yönünü ölçerek, değişimlere göre, yaw (kuyruk) motoru ile haberleşmeyi sağlayan, türbini rüzgar yönüne taşıyan mekanizmadır (Köse, 2010).

**Yaw (Kuyruk) Tahrik:** Üç kanatlı türbinlerin rotorları, rüzgara doğru konumlanır. Rüzgarın hız değişimine göre, rotor kafasını, rüzgara dik tutacak tarzda ayarlayan mekanizmalardır (Köse, 2010).

**Kuyruk Motoru:** Kuyruk tahrik sistemini hareketlendiren motordur (Köse, 2010).

**Kaporta (Nacelle):** Kaporta düşük hızlı mil, yüksek hızlı mil, dişli kutusu, jeneratör, sapma motoru ve ünitesi, disk fren, kontrol cihazları vs. için koruma görevi yapan aerodinamik olarak havanın akışını kolaylaştıran kapalı yapı olarak tanımlanabilir (Yalçın, 2010).

**Rüzgâr Enerji Sistemlerinde yardımcı bileşenler:** uygulama alanlarına ve yapılarına göre ana sistemi destekleyici mekanizma ve makinelerdir.



**Şarj Regülatörleri:** Bir rüzgar elektrik sistemi şarj regülatörünün birincil fonksiyonu akülerin aşırı şarjdan korunmasıdır. Şarj regülatörü bu fonksiyonunu akü grubunu devamlı kontrol altında tutarak başarır. Aküler tamamen şarj olursa, regülatör türbinden gelen elektrik enerjisini sistemdeki “saptırma yüküne” gönderir. Rüzgar türbinlerinin çoğunda şarj regülatörü doğrultucuyla (AC’ den DC’ ye) aynı kutu içinde bulunur. Batarya ve regülatör arasında bir aşırı akım korumasının bulunması gerekir. Aküsüz şebekeye paralel rüzgar elektrik sistemlerinde invertör, üretilen bütün enerjiyi şebekeye gönderdiği için bir regülatöre gerek duyulmaz. Ama yine de sistemde bir şebeke arızasına karşı denetim görevini yerine getirmek üzere invertörle türbin arasına bir kontrol ünitesi konulabilir (Rüzgar Türbini, 2010).

**Akümülatörler:** Rüzgar hızı türbinin kalkış hızını aştığı müddetçe elektrik enerjisi üretilecektir. Elektrik şebekesine bağlı olmayan sistemlerde, rüzgar esmediği zaman aralıklarında kullanabileceğimiz elektrik enerjisini depolayabilmemiz için birbirine bağlantılı akülerden oluşan bir batarya grubu oluştururlar (Rüzgar Türbini, 2010).

**Bataryalar:** Güneş ve rüzgâr enerjisi kullanılarak üretilen elektriğin depolanmasını sağlar. Güneş veya rüzgâr enerjisi ile üretilen elektrik daha sonra kullanılmak üzere bataryalarda depolanır. Bataryalar seri veya paralel bağlanarak istenilen kapasiteye ulaşılabilir ve bu kapasite de istenilen otonomi süresine göre ayarlanır (Uysal, 2011).

**Eviriciler (İnvertörler):** Regülatörden gelen DC elektriği yük grubundaki elektrikli cihazların kullanılabilmesi için AC elektriğe dönüştürür. Şebekeye bağlı çalışan invertörler çıkışlarını şebeke elektriğine senkronize ederek sistemin rüzgar elektriğini şebekeye vermesini sağlarlar.

**Şebeke Sayacı:** Şebekeye bağlı çalışan bir rüzgar enerji sisteminin tamamında hem şebekeye verilen hem de alınan elektrik enerjisini ölçmeye yarayan çift taraflı bir sayaç bulunması gerekir. Çift taraflı sayaç sistemin ürettiği ve şebekeden alınan elektrik enerjisini eş zamanlı olarak kaydeder. Anemometre, Rüzgar hızını ölçüp elektronik kontrol sistemine ileten bir ölçüm cihazıdır (Köse, 2010 ).



Şekil No 11: Ölçüm Direğinin ve Anemometrenin Görüntüsü

Datalogger: Rüzgar ve güneş verilerini düzenlemekte ve depolamada kullanılan cihazlardır



Şekil No 12: Datalogger

### **3.6. Rüzgâr Türbinlerinde Güvenlik Sistemleri**

Bu sistemler rüzgar türbinlerinden güvenlik ekipmanları olarak kullanılmaktadırlar.

#### **3.6.1. Fren Sistemi:**

Rüzgâr hızının belli bir limiti aştıktan sonra aşırı voltaj yükselmesini ve aynı zamanda türbinin kanatlarına zarar gelmemesi için dönme hızının sınırlandırılmasını sağlayan ekipmandır. Günümüz teknolojisi bu problemin çözümünde çeşitli yöntemler geliştirmiştir (Uysal, 2011).

#### **3.6.2. Paratoner:**

Bilindiği üzere yüksek yerlerin en üst noktalarına yıldırımı topraklayan bir güvenlik elemanı olarak görev yapan paratoner rüzgâr türbinlerinde de sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle büyük çaplı rüzgâr türbinlerinde (kule boyu 30m,40m olan) en önemli güvenlik ekipmanlarından birisidir (Uysal, 2011).

### **3.7. Rüzgar Enerji Sistem Analizi**

Bu bölümde rüzgar gücünün hesabı, rüzgar potansiyeli hesaplama ve kapasite faktörü ile ilgili teorik bilgiler ve yöntemler üzerinde durulacaktır.

#### **3.7.1. Rüzgar Gücünün Hesabı**

Atmosferde serbest olarak yer değiştiren hava, belli bir kütle ve rüzgar formunda hareket halinde olması nedeniyle bir kinetik enerjiye sahiptir. Kinetik enerji

ve momentumun korunumu ilkelerinden yola çıkarak atmosferde serbest olarak hareket eden rüzgarın p teorik gücü - hava yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ ), A rüzgarın ilerleme yönüne dik kesit alanı ( $\text{m}^2$ ) ve V rüzgar hızı ( $\text{m/sn}$ ) olmak üzere matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir.

$$P_{\text{hava}} = 0,5 \cdot p \cdot V^3 \cdot A$$

Rüzgarın teorik gücü esas olarak rüzgar hızının küpüyle orantılıdır. Bu nedenle, rüzgar hızının fazla olduğu yerlere rüzgar enerji santralleri kurmak ekonomik olmakta ve bu tür rüzgar kaynak alanlarında daha çok enerji üretilebilmektedir. Rüzgar gücünün rüzgar türbini tarafından elektrik enerjisine dönüştürülebilen kısmı ise;

$$P = 0,5 \cdot C_p \cdot P_A \cdot V^3 \cdot N_G \cdot N_D \cdot N_c$$

Formül şu şekilde revize edilebilir;  $P_A = 0.2 \times A \times V^3$  şeklindedir. Burada;  $C_p$  güç faktörü, A rotor dönüşü sırasında taranan alan ( $\text{m}^2$ ),  $N_G$  jeneratör verimi,  $N_D$  dişli kutusu verimi ve  $N_c$  ise kuplaj verimidir.  $C_p$  güç faktörü, elde edilen shaft gücünün rüzgar türbinine gelen rüzgar gücüne oranı olarak tanımlanır. Güç faktörü maksimum %59,3 olup bu değere Betz Limiti denilmektedir. Günümüz teknolojisi kullanılarak iyi tasarlanmış ideal bir rüzgar türbini için  $C_p$  değeri % 40 civarındadır.  $C_p$  güç faktörü, kanatların dönüş hızı (U) ile kanatlara çarpan rüzgar hızı (V) oranının bir fonksiyonudur  $C_p = f(U/V)$  Bu (U / V) oranı aynı zamanda “Tip-Speed Ratio – Kanat Ucu Çevresel Hız Oranı ” olarak bilinir. Bu ifadeden de anlaşılabilineceği gibi prensip olarak, eğer elde edilen gücün sürekli olarak maksimum seviyede olması isteniyorsa, rotor dönüş hızının, herhangi bir şekilde, anlık rüzgar hızlarına göre değiştirilerek kanat ucu çevresel hız oranının maksimum  $C_p$  değerini verebilecek bir optimumda tutulması gerekmektedir. Geliştirilmiş rüzgar türbinlerinde bu düzenleme, otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Rüzgar türbinleri, elektrik enerjisi üretimine ancak belirli bir rüzgar hızında başlayabilmektedir. “Cut-in” adı verilen bu rüzgar hızının altında sistem tamamen durmaktadır. Sistemden elde edilen elektrik enerjisi rüzgar hızının artmasıyla birlikte artmaktadır. Her bir rüzgar türbini için belirlenmiş bir

rüzgar hızında, sistemden elde edilen güç en büyük değere ulaşır. Bu en büyük güce “nominal güç” ve bu rüzgar hızına “nominal hız” adı verilmektedir. Rüzgar hızının, nominal hız değerini aşması halinde sistemden elde edilecek güç nominal güç kadar olacaktır. Sistemin hasar görmemesi için belirli bir rüzgar hızından sonra rüzgar türbinlerinin stop konumuna geçmesi otomatik olarak sağlanır. Bu maksimum hıza sistemin “Cut-out” hızı adı verilmektedir. Diğer bir ifadeyle, bir rüzgar türbini Cut-in ve Cut-out rüzgar hızları arasında enerji üretimini gerçekleştirir. Modern rüzgar türbinlerinin Cut-in hızları 3-4 m/s, nominal hızları 11-15 m/s ve Cut-out hızları ise 25-30 m/s arasındadır (Rüzgar Enerjisi, b.t.).

Tablo No 4: Rüzgar Ölçeği

Rüzgar Hızı ( m / s )	Niteliği
0 - 1,8	Sakin
1,8 - 5,8	Hafif
5,8 - 8,5	Orta
8,5 – 11	Taze
11,0 - 17,0	Güçlü
17,0 - 25,0	Fırtına
25,0 - 43,0	Güçlü Fırtına
43 ve Üzeri	Kasırga

Rüzgar hızı dağılımını modellemek için en çok kullanılan dağılım fonksiyonları Weibull ve Rayleigh fonksiyonlarıdır. Rayleigh dağılımı tek bir parametreye, Weibull dağılımı ise iki parametreye bağlıdır. Weibull dağılımı rüzgar hız dağılımını daha iyi modelleme imkanı sunarken Rayleigh dağılımı da daha basit modelleme imkanı sağlamaktadır.

Büyük rüzgar türbinlerinde işletim modu ve rüzgar yönü ve hızı sürekli ölçülür. Türbin gövdesinin rüzgar yönüne çevrilmesi için rüzgar yönü ve farklı işletim modları arasında geçiş yapmak için rüzgar hızının bilinmesi gerekir.

Küçük türbinler; rüzgar hızını belirlemek için üretilen elektrik enerjisini ölçerek ve rüzgar yönüne de kuyruk yardımıyla dönerek (veya rüzgar altı çalışarak) bu ölçümlere ihtiyaç duymadan çalışabilirler (Barutçu, 2012).

### **3.7.2. Rüzgar Potansiyeli Hesaplama Yöntemleri**

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK), elektrik şebekesinin Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) tarafından etkin ve verimli bir şekilde yönetilmesi için; rüzgâr santrallerinden dakikalık ve saatlik toplam elektrik üretim tahminini TEİAŞ' a vermeyi zorunlu hale getirmektedir. Bu noktada rüzgar enerjisi üretim tahmini, yeni bir iş alanı olarak ortaya çıkmıştır. Herhangi bir bölgedeki rüzgar enerjisi potansiyelinin hesaplanması ve rüzgar enerjisi dönüşüm sistemi için uygun yer seçilmesi için rüzgar şiddeti ölçümlerinin en az bir sene zarfında yapılması, bölge potansiyeli hakkında yeterli doğrulukta bilgiye ulaşılması bakımından önemlidir. Bununla birlikte yapılan ölçümlerin pratikte uzun zaman yapılması yapılacak yatırımın fizibilite çalışmalarının daha doğru sonuçlar vermesini sağlayacaktır. Rüzgar santralının kurulmasından önce yapılması gereken işlemlerden bir tanesi, bölgenin rüzgar enerjisi potansiyelinin hesaplanmasıdır. Günümüzde ise rüzgar enerjisi potansiyeli WASP, Wind Pro, Alvin, RetScreen gibi yazılımların kullanılması ile hesaplanabileceği gibi uydu verileri aracılığı ve istatistiksel olarak da hesaplanabilmektedir (Kartal, 2010).

Bunlardan en çok tercih edileni Wasp Danimarka yapımı programdır. Girilen en az üç meteorolojik istasyon tarafından temin edilen veriler yardımıyla program geleceğe yönelik tahmini değerler ortaya koyabilmektedir. Türkiye genelinde seçilmiş istasyonlar için yapılan analizler sonucu elde edilen değerler kullanılarak Türkiye Rüzgar Atlası oluşturulacaktır. WASP ile Rüzgar Enerjisi Potansiyellerinin Belirlenmesi rüzgar hız verilerinin 2 parametrelili Weibull dağılımına uygun bir dağılım gösterdiğini varsayarak yapılmaktadır. Bu program, dört değişik girdi bilgisini kendi alt modellerinde değerlendirerek, bölgesel rüzgar atlası istatistiklerini hesaplamaktadır. WASP' ın kullandığı temel bilgiler şunlardır: i) saatlik rüzgar verisi, ii) bölge pürüzlülük bilgileri, iii) yakın çevre engel bilgileri, iv) bölgenin topografyası.

WASP programı bir bütün olmakla birlikte, yukarıdaki bilgilerin değerlendirilmesinde alt modeller kullanılmaktadır. VERİ WASP paket programı için dört temel veriye gereksinim duyulmaktadır. Bunlar; saatlik rüzgar hız ve yön bilgileri, yakın çevre engel bilgileri, pürüzlülük bilgileri ve topografya bilgileridir (Türkiye Rüzgar Atlası, b.t.).

Bir noktadaki rüzgar potansiyelinin belirlenebilmesi için değişik yöntemler kullanılır. Herhangi bir nokta için rüzgar gücü matematiksel olarak aşağıdaki eşitlik ile tanımlanmaktadır.

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot u^3$$

Denklemden, P rüzgar potansiyelini ( $W/m^2$ ),  $\rho$  havanın yoğunluğunu ( $kg/m^3$ ), u rüzgar hızını (m/s) göstermektedir. Hesaplanan rüzgar gücünün enerjiye dönüştürülebilir maksimum miktarı, bu değer'in  $16/27$ ' si kadardır. Bu durumda elde edilebilecek maksimum rüzgar gücü,

$$P = \frac{8}{27} \rho \cdot u^3$$

Herhangi bir yükseklikte ölçülen rüzgar hızı kullanılarak istenen başka bir yükseklikteki rüzgar hızı aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilmektedir.

$$\frac{U_1}{U_2} = \left( \frac{H_1}{H_2} \right)^\alpha$$

Denklemden,  $H_1$  rüzgar hızının ölçüldüğü yüksekliği (m),  $H_2$  rüzgar hızının hesaplanmak istediği yüksekliği (m).  $U_1$ ,  $H_1$  yüksekliğinde ölçülen rüzgar hızını (m/s).

$U_2$ ,  $H_2$  yüksekliği için hesaplanacak rüzgar hızını (m/s),  $\alpha$  da yeryüzü pürüzlülüğüne bağlı katsayıyı (Hellman katsayısı) ifade etmektedir (Yalçın, 2010).

### 3.7.3. Kapasite Faktörü

Kapasite faktörü bir türbinin değerlendirilmesinde en önemli göstergelerden biridir. Kapasite faktörü, sistemin ürettiği enerjinin nominal güçte üretmesi gereken enerjiye oranı olarak tanımlanır.

$$C_F = \frac{E_T}{TP_R}$$

$C_F$ : Kapasite faktörü,

$E_T$ : Üretilen enerji

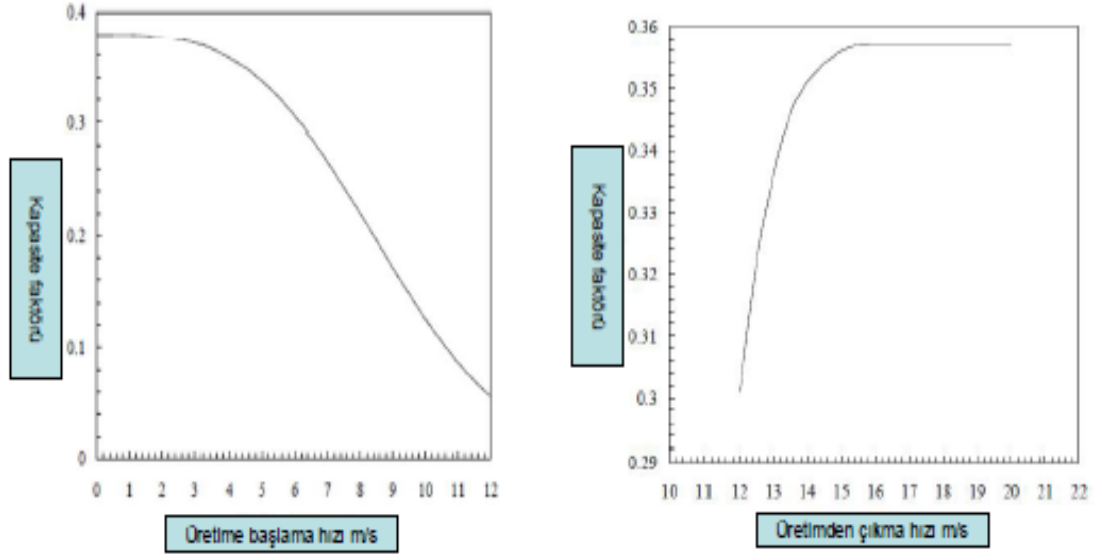
$T$ : Zaman

$P_R$ : Nominal güç

Kapasite faktörü, türbinin rüzgar tarafındaki kullanılabilir enerjiyi ne derece etkili kullandığını yansıtır. Kapasite faktörü bir türbinin bir yılda ürettiği enerjinin, aynı türbinin üretebileceği maksimum enerjiye bölünmesi ile ortaya çıkmaktadır. Bir türbinin bir yılda üretebileceği maksimum enerji, o türbinin nominal gücünün 8760 saat ile çarpılması sonucunda bulunur (Akkaya, 2007).

Bir türbinin elektrik üretimine başlama hızı ne kadar düşük ise o türbinin kapasite faktörü o kadar yüksektir. Aynı şekilde, bir türbinin elektrik üretiminden çıkma hızı ne kadar yüksek ise kapasite faktörü de o oranda yüksektir. Bununla birlikte; kapasite faktörünü etkileyen tek parametre, türbinin üretime girip – çıkma rüzgar hızları değildir. Aynı zamanda, kullanılan türbin çeşidi ve kurulum yapılacak yerin rüzgar rejimi de diğer önemli parametrelerdir (Şenkal ve Çetin, 2009).





Şekil No 13: Kapasite Faktörünün Elektrik Üretimine Başlama Hızı ve Elektrik Üretiminden Çıkma Hızı ile Değişimi

### 3.8. Rüzgâr Enerji Sistemleri

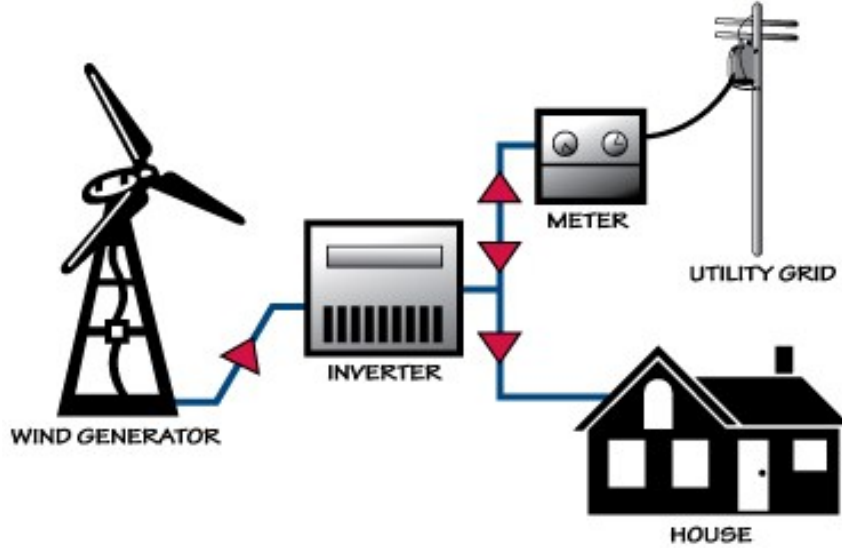
Rüzgâr enerji sistemlerini kullanım şekillerine göre, elektrik üretiminde şebeke bağlantılı ve şebekeden bağımsız sistemler olmak üzere ikiye ayırabiliriz.

#### 3.8.1. Şebeke Bağlantılı Rüzgâr Enerji Sistemleri

Rüzgâr enerjisi kesintili bir enerji kaynağıdır. Rüzgâr enerjisini, hiçbir sınırlamaya tabi tutmadan elektrik enerjisine çevirerek şebekeye veren rüzgâr konvertörleri son 5-10 yılda büyük bir gelişme göstermiştir. Bugün kullanılan modern rüzgâr türbinlerinde olduğu gibi rüzgâr enerjisi, elektrik enerjisine çevrilerek şebekeye verilmeden önce çeşitli kademelerden geçmektedir (Aydın, 2008).

Şebeke bağlantılı sistemlerin gücü, birkaç KW' dan birkaç MW' lara kadar değişebilmektedir. Bu sistemler yüksek güçte santral boyutunda sistemler olabileceği

gibi daha çok görülen uygulaması binalarda küçük güçteki sistemler şeklindedir. Şebeke bağlantılı rüzgar santralleri genellikle elektrik iletim hatlarına yakın yörelerde kurulmakta, ya da oraya iletim hattı ulaştırılmaktadır. Ayrıca, yöredeki trafo kapasitesinin santrale uygun olması gerekmektedir (Köse, 2010).



Şekil No 14: Şebeke Bağlantılı Rüzgar Enerji Sistemi (Rüzgarsan, b.t.).

### 3.8.2. Şebekeden Bağımsız Rüzgâr Enerji Sistemleri

Şebekeden bağımsız rüzgar elektrik sistemleri birkaç KW ile 100 KW arasında kullanılmakla birlikte, çoğunlukla 30 KW' ı aşmamaktadır. Bu tür rüzgar jeneratörleri üç kanatlı bir çark, transmisyon sistemi, DC akım jeneratör, yöneltici kuyruk ve fren sisteminden oluşur. Makine daha çok direk tipi pylon üzerine yerleştirilir. Elde edilen DC akım elektrik aküler ile depolanabilir. Şebekeden bağımsız büyük güçlü (10-100 KW) sistemler, yedek enerji kaynağı olarak dizel jeneratörlerle paralel çalıştırılmaktadır. Böyle bir sistemde dizel jeneratörün rüzgardan yararlanarak % 40-50 yakıt tasarrufu sağlaması amaçlanmaktadır. Rüzgar-Dizel sistemlerde DC/AC invertör kullanılarak tüketici AC ile beslenmektedir. Küçük güçlerde akülü rüzgar türbinleri (80 W - 20 KW) şeklindedir. Akülü sistemler, genellikle şebekenin olmadığı ya da şebekeyi ulaştırmanın ekonomik olmadığı ya da sorunlu olduğu yerlerde uygulanır. Şehir dışı yerleşimler, çiftlik evleri, telekomünikasyon aktarıcıları, radyo ve

orman kuleleri, askeri tesisler, demiryolu sinyalizasyonu, balık çiftlikleri, seralar, maden ocakları, deniz vasıtaları ve bazı fabrikalarda küçük türbinler oldukça uygun kullanım alanları bulunmaktadır (Köse, 2010).



Şekil No 15: Şebeke Bağlantısız Rüzgar Enerji Sistemi

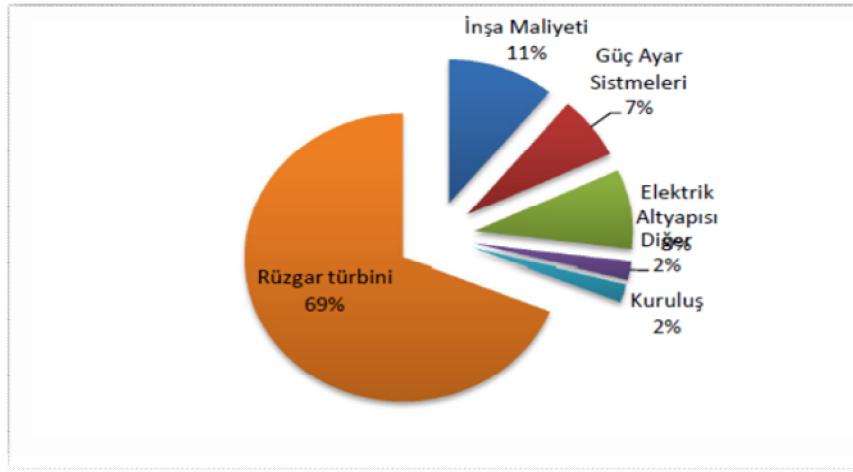
Türbinden elde edilen elektrik Şekil 15’ de görüldüğü gibi çeşitli bileşenlerden geçerek kullanılabilir. Sistemde akümülatörün depoladığı enerjiyi rüzgar yok iken akümülatörden alarak ihtiyacı gidermektedir

Akü şarj destekli doğrudan tahrikli sabit jeneratörlerle entegre edilen bu türbinler tek alan özelliğine sahip olup, rüzgar çiftlikleri tanımının içine girmezler. Yerleşme yerlerinden uzak, ulusal enerji dağıtım sistemi ile entegre edilememiş alanlar için potansiyel uygulama avantajları sağlamaktadır (Yerebakan, 2008, s.99).

### 3.9. Rüzgar Enerji Sistem Maliyet Analizi

Rüzgar türbini için her ne kadar yakıt bedava olsa bile ilk yatırım maliyetleri oldukça yüksektir. Projenin başlangıç yatırımı için maliyet açısından değerlendirmeler yapılırken rüzgar türbininin maliyeti yanı sıra yer, iletim hatları, güç ayar sistemleri gibi diğer önemli ihtiyaçlar için yatırım hesapları kesinlikle yapılmalıdır. Yatırım

kararı verilmeden önce projeden elde edilecek net kazanç hesaplanmalıdır. Bunun için üretimi kapsayan maliyetleri de belirlemek gerekmektedir. Rüzgar' dan elektrik üretiminin maliyeti son 20 yılda büyük oranda azalırken rüzgar enerjisi ekonomisi aynı dönemde önemli ölçüde değişmiştir. Rüzgar enerji sektörü gelişip büyüdükçe maliyetler de ters orantılı olarak düşmüştür. Bu düşüşün zamanla devam etmesi beklenmektedir (Keskin, 2012).



Şekil No 16: Rüzgar Enerji Sistemi Yatırım Maliyet Dağılımı (Keskin, 2012)

Rüzgar enerjisi projelerinde en büyük gideri türbin maliyeti oluşturmaktadır. Şekil 16'da görüldüğü gibi yatırım maliyetinin hemen hemen %70' lik kısmını türbin maliyeti meydana getirmektedir. İkinci sırada olan inşaat işleri yatırımın yaklaşık %10' luk kısmını oluştururken, %9' unu elektrik altyapısı, %7' sini ise güç ayar sistemleri oluşturmaktadır. Geriye kalan kısım da kuruluş ve diğer maliyetlerdir. Türbinlerin belirli aralıklarda bakım ve onarımlarının yapılması da ek bir maliyettir. Türbin ne kadar çalışırsa, o kadar çok yıpranır ve bakım onarım giderlerinde de o kadar artış görülür, çünkü türbinin bakım-onarım giderlerin çalıştığı süreyle doğru orantılıdır (Keskin, 2012).

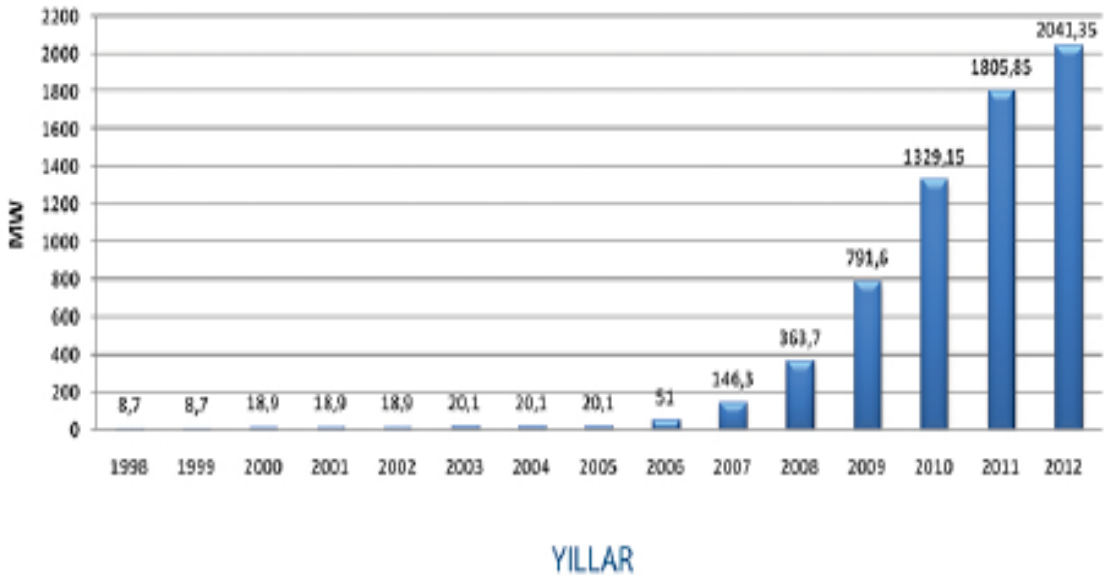
Türbinlerin, işletme maliyetleri oldukça düşüktür. Senelik işletme ve bakım masrafları toplam yatırımın yaklaşık % 2,5' i kadardır (Yerebakan, 2008).

Modern rüzgar türbinleri 20 senede yaklaşık 120,000 saat çalışabilecek şekilde tasarlanırlar (Windpower, b.t.)

### 3.10. Rüzgâr Enerjisi ve Türkiye’ deki Durum

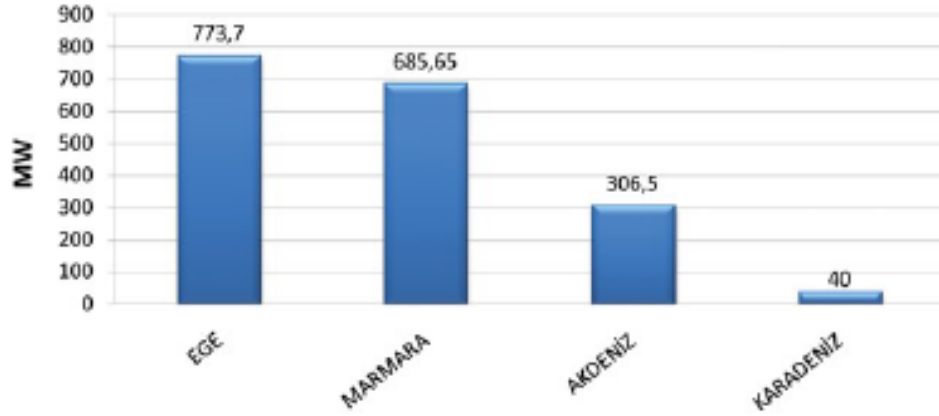
Türkiye’de rüzgar enerjisi çalışmaları, dünyadaki gelişme doğrultusunda, 1990’lı yıllarda yoğunlaştı. Şubat 1998’ de Çeşme’ de kurulan 1,5 MW’ lık rüzgar çiftliği (Otoprodüktör, Demirer) Türkiye’ nin ilk ticari rüzgar yatırımınıdır. Aralık 1998’ de yine Çeşme’ de 7,2 MW’ lık (Yap İşlet Devret-YID, Ares), Haziran 2000’ de ise Bozcaada’ da 10,2 MW’ lık (YID, Demirer) rüzgar santralleri devreye girmiştir (Türkiye’ de ve Dünyada Rüzgar Enerjisinin Durumu, b.t.).

Rüzgar enerjisine verilen resmi önemin kanıtı olarak ilk ciddi girişim ise ancak 2005’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu ile ortaya konulmuştur. Bu kanunun sonrasında Bandırma, Çeşme yarımadası, Hatay Manisa ve Çanakkale’ de gerçekleştirilen 150 MW gücündeki santraller kanunun ilk meyveleridir (Ankara Sanayi Odası, 2011).

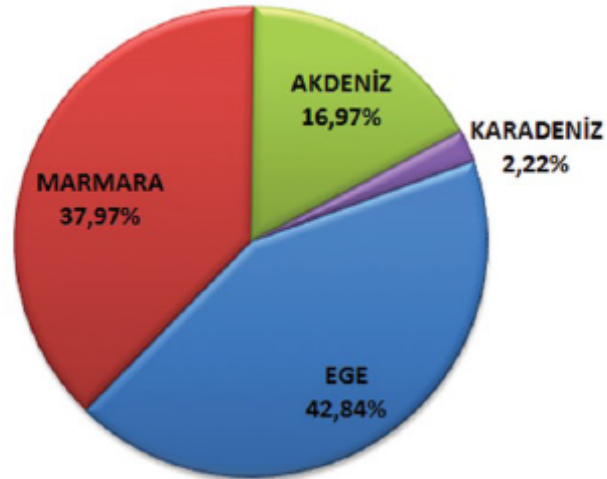


Şekil No 17: Türkiye Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Yıllara Göre Kümülatif Dağılımı (TUREB. 2012).

Şekil 17’ de 1998 yılı ilk kurulan ticari rüzgar yatırımından itibaren 2012 yılı temmuz ayına kadar rüzgar santralleri toplan kurulu güçleri görünmektedir.



Şekil No 18: İşletmede Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Bölgelere Göre Dağılımı (TUREB, 2012).



Şekil No 19: İşletmede Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Bölgelere Göre Yüzdesel Dağılımı ( TUREB. 2012 )

Şekil 18 ve Şekil 19’ da işletmede olan rüzgar enerji santrallerinin kurulu güç bakımından bölgelere göre dağılımı görülmektedir. % 42,84 ile Ege Bölgesi başı çekmekte, % 37,97 oranla Marmara Bölgesi % 16,97 oranla Akdeniz Bölgesi takip etmektedir. En düşük yatırım oranı ise Karadeniz Bölgesinde görülmektedir.

### 3.10.1. Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası ( Repa )

Rüzgâr potansiyeli önemli görülen ve rüzgâr santrali kurulması düşünülen yörelerde, Elektrik İşleri Etüt İdaresi ve özel sektör kuruluşları tarafından enerji amaçlı ölçümler yapılmaktadır. Bu ölçümlerden alınan bazı sonuçlara göre, Türkiye'nin rüzgâr enerjisi haritası çıkarılmıştır.

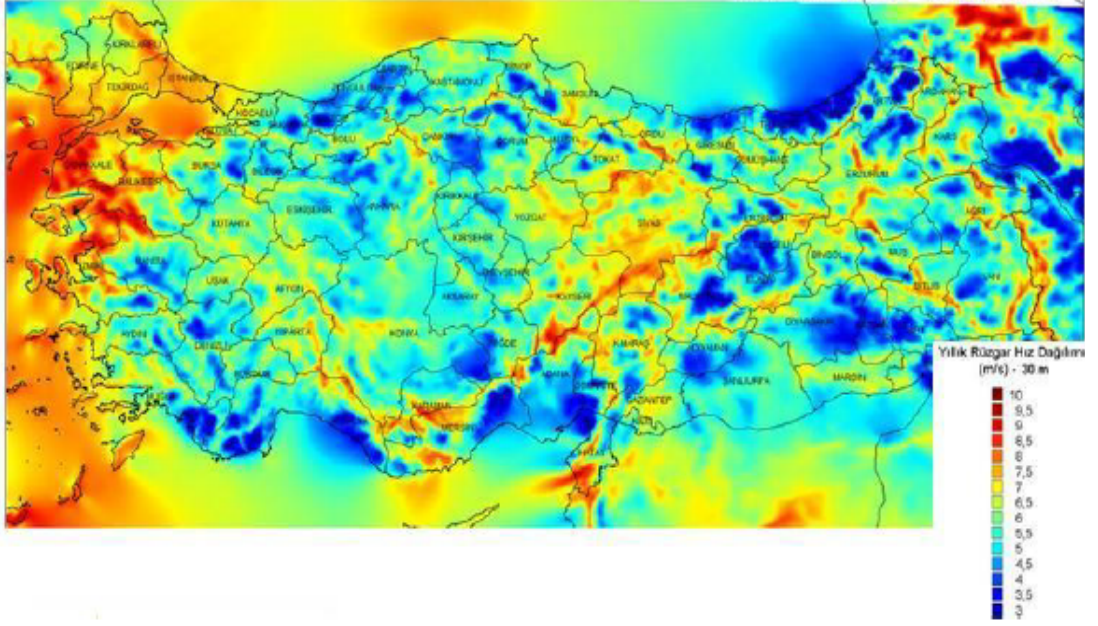
REPA, orta ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro ölçekli rüzgar akış modeli kullanılarak üretilen rüzgar kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası'dır. Bu atlas yardımıyla Türkiye genelinde 200m x 200m çözünürlüğünde;

- 30, 50, 70 ve 100m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik, ve aylık rüzgar güç yoğunlukları,
- 50 ve 100m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik ve aylık rüzgar güç yoğunlukları,
- Referans bir rüzgar türbini için 50m yükseklikteki yıllık kapasite faktörü,
- 50m yükseklikteki yıllık rüzgar sınıfları
- 2 ve 50m yüksekliklerdeki aylık sıcaklık değerleri,
- Deniz seviyesinde ve 50m yüksekliklerdeki aylık basınç değerleri öğrenilebilmektedir.

REPA ile denizlerimizde, kıyılarımızda ve yüksek rakımlı bölgelerimizde daha önce ölçemediğimiz yüksek yoğunluklu potansiyeller görünür hale gelmiştir (Altuntaşoğlu, 2012).

Rüzgâr potansiyeli değerlendirilirken rüzgâr hızının 7-7,5 m/s' den fazla olan yerler seçilmelidir. Bu hızı yakalayabilmek için seçilen türbinlerin yerden ne kadar yüksek olması gerektiği tespit edilmeli ve bu kıstaslara projelendirilmelidir. Şekil 20' de görüldüğü üzere 50 metreden sonra Marmara Bölgesi ve Ege Bölgesinin kıyı kesimlerinde rüzgâr hızı yükselmektedir. Bu koşullar da 50 metreyi asan rüzgâr türbinlerinden oluşan projeler ekonomiktir. Gelişen teknoloji sayesinde yenilenen rüzgâr türbinleri, Türkiye'nin birçok bölgesinde 100 m ve üzeri yüksekliklerde artan rüzgâr hızlarıyla daha verimli ve ekonomik çalışabilir. Bu nedenle hızla gelişen rüzgâr

enerjisi sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak kesinlikle değerlendirilmelidir (Güneş, 2009).



Şekil No 20: Türkiye Rüzgâr Haritası 100 m. (TÜREB, 2012)

Türkiye'nin karasal alanlardaki yıllık rüzgar enerjisi doğal potansiyeli 400 milyar KWh ve teknik potansiyeli de 110 milyar KWh olarak hesaplanmıştır (Özgener, 2012).

Rüzgar kaynak bilgileri, aşağıda belirtilen tematik haritalarla desteklenerek Türkiye geneli, grid, coğrafi bölge, il ve seçilecek herhangi bir alan veya nokta bazında sorgulanabilmektedir. Böylece rüzgar enerji santrali kurulabilecek alanlar kolaylıkla belirlenmekte, ön fizibilite çalışmaları yapılabilmekte, rüzgar kaynağı arama aracıyla yapılan çalışmalar ortadan kaldırılarak tasarruf sağlanmaktadır.



Tablo No 5: REPA' da Kullanılan Tematik Haritalar

1. Arazi Pürüzlülüğü	11. Limanlar
2. Topografya ve Yükseklik	12. Trafo Merkezleri
3. Deniz Derinlikleri	13. Enerji Nakil Hatları
4. Arazi Eğimi	14. Enerji Santralleri
5. Yerleşim Birimleri	15. Deprem Fay Zonları
6. Yerleşim Alanları	16. Arazi Kullanım Şekli
7. Göller	17. RES Başvurularının Yerleri
8. Nehirler	18. Ormanlar
9. Sulak Alanlar	19. Çevre Koruma Alanları
10. Kara-Demir-Hava yolları	20. Kuş Göç Yolları

Tablo 6'ya göre Türkiye' nin en fazla rüzgar alan bölgeleri Marmara, Ege Bölgesi ve sahilleri ile Güneydoğu Anadolu Bölgesidir. Marmara Bölgesinde yıllık ortalama rüzgar hızı 3,29 m/s ve yıllık ortalama rüzgar yoğunluğu 51,91 W/m<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. Bunu yıllık ortalama 2,69 m/s rüzgar hızı ve 29,33 W/m<sup>2</sup> ortalama rüzgar yoğunluğu ile Güneydoğu Anadolu, 2,65 m/s yıllık ortalama rüzgar hızı ve 23,47 W/m<sup>2</sup> ortalama rüzgar yoğunluğu ile Ege Bölgesi takip etmektedir (Bayraç, 2011).

Tablo No 6: Bölgelere Göre Yıllık Ortalama Rüzgar Hızı ve Rüzgar Gücü Yoğunluğu (Bayraç, 2011).

Bölgeler	Yıllık Ortalama Rüzgar Hızı (m/sn)	Yıllık Ortalama Rüzgar Yoğunluğu (w/m <sup>2</sup> )
G.Doğu Anadolu	2,69	29,33
Akdeniz	2,45	21,36
Ege	2,65	23,47
İç Anadolu	2,46	20,14
Doğu Anadolu	2,12	13,19
Marmara	3,29	51,91
Karadeniz	2,38	21,31

Türkiye' nin 2025 yılı hedefi olan 25,2 milyar KWh rüzgar elektriğine ulaşabilmek için, kapasite faktörü % 18 alındığında, 600 KW nominal güçlü 2664 adet rüzgar türbininin kurulması gerekmektedir (Özgener, 2012).

### **3.11. Rüzgâr Enerjisi ve Dünyadaki Durum**

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgâr enerjisi özellikle son yıllarda ilgi görmekte ve gelişmektedir. Örneğin dünya çapında 50' den fazla ülkede enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Son 15 yılda ortalama %25 büyüme hızı göstermiştir (Altuntaşoğlu, 2012).

Rüzgâr enerjisi kurulu gücünde Çin ve ABD'yi Almanya (27,2 GW) ve İspanya (20,7 GW) izlemektedir. 2010 yılında rüzgâr enerjisinden Almanya'da 37 TWh, İspanya' da 43 TWh elektrik üretilmiştir. Avrupa Birliği ülkelerindeki toplam rüzgâr enerjisi kurulu gücü 2010 sonu itibariyle 84 GW' tır (TMMOB, 2012).

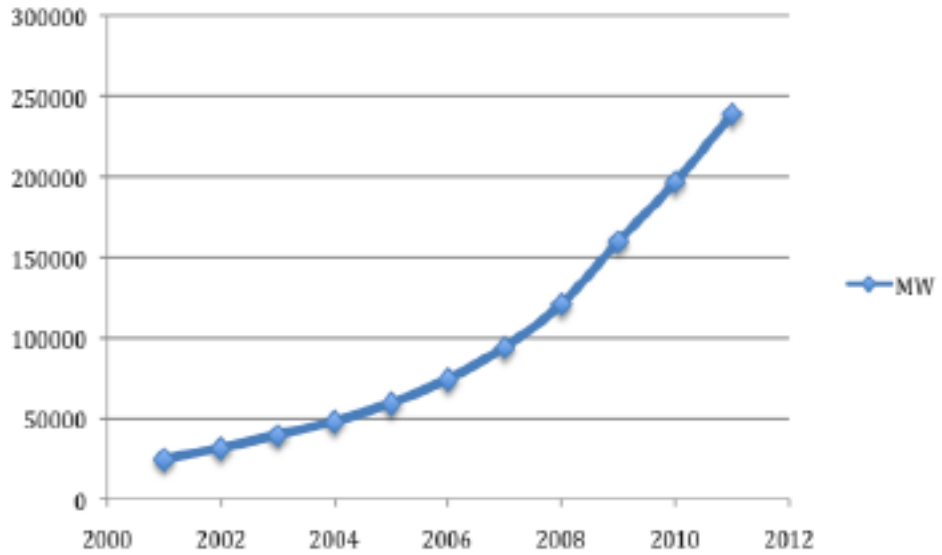
Rüzgar enerjisi, 1990'lı yıllarda ekonomik olarak görülmeye başlanmasından sonra dünyada en hızlı gelişen enerji kaynağı olmuştur. Almanya' da 1990 yılında Elektrik Besleme Kanunu (Electricity Feed Law) ile rüzgar enerjisini desteklemiştir. Almanya rüzgar gücü geliştirmedeki dünya liderliğini 1997' de ABD' ye vermiştir. Diğer önde giden rüzgar enerjisi üreticileri İspanya, Danimarka, Hindistan, İtalya, Birleşik Krallık, İrlanda' dır (Cleveland, 2004).

Avrupa ülkeleri rüzgar enerjisi kurulu gücünde en yüksek kapasiteye sahip olmakla birlikte, Kuzey Amerika ve Asya ülkeleri de kurulu güçlerini hızla arttırmaktadırlar. Birçok ülkede rüzgar gücüne dayalı olarak üretilen elektriğin oranı, geleneksel yakıtlarla üretilmekte olan elektrik oranıyla giderek aynı düzeye yaklaşmaktadır (Bayraç, 2011).

Tablo No 7: Ülkeler Bazında Rüzgar Enerjisi Santralleri Görünümü

Ülkeler	Kurulu Güç (GW)
Amerika	35,6
Almanya	27,215
İspanya	20,676
Fransa	5,66
İngiltere	5,204
Danimarka	3,734
Portekiz	3,6
Hollanda	2,6
Türkiye	2,2

Tablo 7'e göre 2011 senesi itibari ile Amerika,İspanya, Almanya,İngiltere rüzgar enerji santrallerinde en önde gelen ülkeler arasında bulunmaktadır.



Şekil No 21: Dünya Rüzgar Enerjisi, Yıllara Göre Kurulu Güç (MW) (DEKTMK.,b.t.).

Şekil 21’ de Dünya’ da yer alan rüzgar enerjisi kurulu gücünün günümüzde 250,000 MW seviyelerine ulaştığı görülmektedir.

Tablo No 8: Ülkeler Bazında Elektrik Talebinin Rüzgar Enerjisi ile Karşılanma Oranı

Ülke	Karşılama Oranı ( % )
Danimarka	21
Portekiz	18
İspanya	16
Almanya	9
ABD	2
Çin	1,2
Türkiye	2

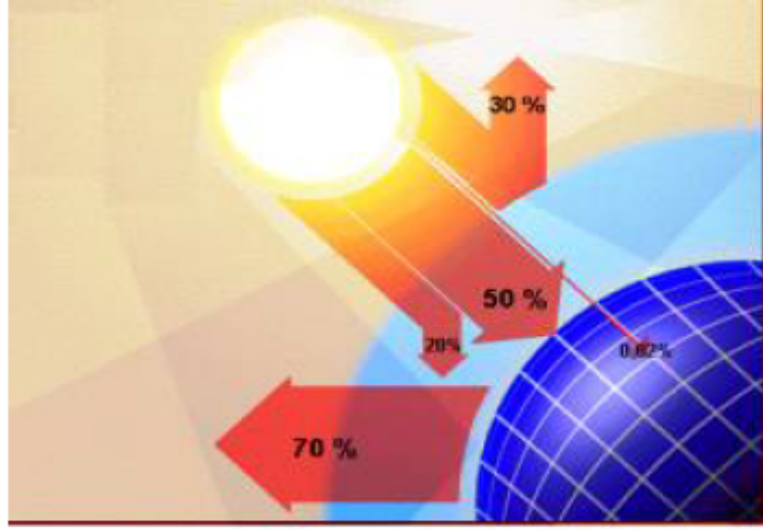
Tablo 8’ de görüldüğü üzere ülkeler bazında elektrik talebini rüzgar enerjisinden karşılamada %21 ile Danimarka başı çekmekte, %18 oranda Portekiz ve %16 oranda İspanya takip etmektedir (DEKTMK, b.t.).

## 4. GÜNEŞ ENERJİSİ

### 4.1. Güneş Hakkında Genel Bilgiler

Güneş, hidrojen ve helyum gazlarından oluşan orta büyüklükte bir yıldızdır. Sıcaklığı merkez de yaklaşık  $(8-40) \times 10^6$  K° yi bulur. Yüzey sıcaklığı ise 6000 K° civarındadır. Bu yüksek sıcaklık nedeniyle elektronlar, atom çekirdeklerinden ayrılırlar. Bu sebeple, güneşte atom ve molekül yerine elektronlar ve atom çekirdekleri bulunur. Bu karışıma "plazma" adı verilir. Dört hidrojen çekirdeği bir helyum çekirdeği yapar. Birleşme çok yüksek sıcaklıkta olur. Füzyon adı verilen bu olay yüksek sıcaklıkta ve atom çekirdeği yardımıyla olduğundan "Termonükleer Reaksiyon" adını alır. Güneş çok yoğun sıcak gazlarla meydana gelmiş olup ve çapı  $1,39 \times 10^9$  m, kütlesi  $1,99 \times 10^{30}$  kg civarında olan bir yıldızdır. Dünyadan Uzaklığı yaklaşık  $1,5 \times 10^8$  km' dir. Dünyamızın kütlesi  $5,97 \times 10^{24}$  kg olduğuna göre güneşin kütleli olarak dünyamızın 332.500 katıdır. Güneşin yaklaşık 4 haftada bir kendi etrafında dönmektedir. Bu dönmeyi ekvator kısmı 27 günde, kutuplar 30 günde tamamlar. Güneşin ortalama yoğunluğu  $1409 \text{ kg/m}^3$ , dünyamızın ortalama yoğunluğu  $5517 \text{ kg/m}^3$ , güneşin yüzeyinde ki çekim ivmesi  $273,98 \text{ m/s}^2$ , dünyamızın  $9,81 \text{ m/s}^2$  dir (Güneş, 2010).

Atmosfere gelen güneş radyasyonunun yaklaşık %17,5' i atmosferi ısıtmak için harcanır. Yaklaşık %35' i bulutlardan ve yerden yansıtılarak tekrar uzaya döner. Güneşten gelen radyasyonun tümü 100 birim kabul edersek atmosferi ısıtmak için harcanan ve yansıtılarak uzaya dönen değerlerin toplamından sonra geriye 47,5 birim kalır ki bu miktar yeryüzüne düşmekte ve burada ısıya dönüşmektedir. Yeryüzüne gelen ortalama güneş ışınımı değeri mevsim ve enleme bağlı olarak yaklaşık 300-1000  $\text{W/m}^2$  dir (Güneş, 2010).



Şekil No 22: Güneş Işınımı (EİE, 2011)

#### 4.2. Güneş Enerjisi ve Tarihçesi

Güneş enerjisinden yararlanma konusunda ilk çalışmalar 17. yüzyılda Galile'nin merceği bulması ile başlamıştır. 18. yüzyılda Fransa'da güneş enerjisi ile çalışan bir pompa geliştirilmiştir. 19. yy.'da John Ericson güneşli sıcak hava motoru yapmıştır. Yine 19. yy.'da güneş enerjisi ile buhar üretilmiş ve buhar makineleri yapılmıştır. Ancak güneş enerjisinin popüler olması diğer alternatif enerji türlerinde olduğu gibi 1970'li yıllara dayanmaktadır. 1973 yılında yaşanan ilk petrol krizinde petrole bağımlı gelişmiş dünya ülkeleri alternatif kaynak arayışına başlamışlardır. Bu çalışmalar sonucunda güneş enerjisinden elektrik üretimi ve diğer ihtiyaçların karşılanması için adımlar atılmıştır. Bu konuda en yoğun çalışmalar Amerika ve Japonya'da yapılmıştır. Bugün yeryüzünde kullanılan solar hücrelerin yarısı bu iki ülkede bulunmaktadır (Aydal, 2008).

Güneş ışınlarının elektriğe dönüştürülmesi ilk olarak 1954'te Bell Telefon Laboratuvarı'ndan Person Chapman ve Fuller tarafından gerçekleştirildi. Sandviç dilimleri gibi birbirlerine yapıştırılmış iki ayrı silikon parçasına tutulan güneş ışınları bir akım oluşturdular. Oluşan devre, silikonların bir sandviç şeklinde yapılmalarından ötürü elektronların geçişini sağlayarak elektrik üretimini sağlamıştır (Bockers, Veziroğlu ve Smith, s.55).

Yapıtışı PV olan santrallere güneş santralleri adı verilir. Güneş pilleri, enerjinin korunumu yasasına uygun olarak, ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır; ancak enerjiyi depolayamazlar. Güneş pilleri İngilizce’ den gelen fotovoltaik hücreler şeklinde de tanımlanmaktadır. Fotovoltaik hücreler Yunanca ‘phos-ışık’ sözcüğünden türetilmiştir. Kuşkusuz burada kullanılan volt Alessandro Volta’ (1745-1827) dan alınmıştır. Bu bakımdan foto-voltaik deyimini, ışık enerjisi veya güneş pilleri ile özdeşdir. Fotovoltaik etkiyi (PV) ilk defa tanımlayan ünlü Fransız fizikçi Edmond Becquerel olmuştur. Becquerel 1839 yılında bazı malzemelerin güneş ışınları ile etkileşime girerek elektrik ürettiklerini ifade etmiştir. Heinrich Hertz, 1870 yıllarında selenyum esaslı hücreler ile % 1-2 verimlilikte elektrik enerjisi üretilmiştir. 1940 ve 1950’ lerde Czochralski tek kristal büyütme teknolojisi ile foto-voltaik hücrelere yönelik çalışmalar yoğunluk kazanmış bu alanda önemli teknolojik yenilikler keşfedilmiştir (Yerebakan, 2008, s.179).

Güneş pilleri başlangıçta daha çok düşük akım şiddetlerine ihtiyaç duyan hesap makinesi, radyo, saat gibi elektronik araçlarda kullanılmaya başlandı.

### **4.3. Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları**

Güneş enerjisinden; tarımda ve seralarda, içme suyu dezenfeksiyonunda, yemek pişirmede, aydınlatmada, sıcak su temininde, konutların ısıtılması ve soğutulmasında, su pompalarında, kurutmada, elektrik enerjisi elde edilmesinde, yapma fotosentez uygulamalarında, ulaşımda ve daha birçok alanda faydalanılır (Karataş, 2009).

Diğer yol olan doğrudan elektrik üretme yöntemi ise, fotoelektrik olay olarak bilinen, fotonların çarptıkları yüzeylerden elektron koparmasına dayanır. Böylelikle bu yüzeylerde bir elektriksel yüklenme, dolayısıyla bir elektrik akımı oluşur. Bu yöntemin önemi, bir önceki termik yöntemde güneş ışınları ile nihai ürün olan elektrik arasına giren tüm termal dönüşüm sistemlerini ortadan kaldırarak muazzam bir basitleşme sağlamasıdır. Bu yöntem, aslında bazı küçük ama yaygın uygulamalarla gündelik hayatımıza girmiş durumdadır. Sıkça karşılaştığımız güneş enerjisiyle çalışan saatler, kameralar vb. irili ufaklı sayısız elektronik cihaz enerjiyi işte bu

yöntemle temin etmektedirler. Fakat gündelik hayatta pek fazla bilinmeyen uygulamalarda vardır. Fotovoltaik (PV) güneş üreteçleri halan haberleşme sistem ve uydularının enerjisini temin ettiği gibi uzay istasyonlarının enerjisinde temin etmekte, ayrıca bazı ulaşılması zor metruk bölgelerin, bazı durumlarda tek tek bağımsız konutların elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamakta ve güneş su pompaları vasıtasıyla tarımsal sulamada kullanılmaktadır (Yerebakan, 2008, s.201).

#### **4.4. Güneş Enerjisi Teknolojileri**

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahip olan güneş enerjisinden pek çok alanda faydalanılmaktadır. Güneş enerjisinden direkt faydalanan sistemler, aktif ve pasif sistemler olarak iki grupta incelenir. Toplayıcılar ve diğer dönüştürücüler aracılığı ile güneş enerjisinden faydalanma aktif faydalanma sistemleridir. Özellikle binaların yön, geometri ve yapı elemanları ile güneş enerjisinden faydalanan sistemler ise pasif sistemlerdir (Karataş, 2009).

Aktif Sistemlerde güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte fotovoltaik teknolojiler ve ısı güneş teknolojileri olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir;

##### **4.4.1. Isıl Güneş Teknolojileri**

Bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Bu ısı doğrudan kullanılabilen gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir (Alaçakır, 2007).

Yoğunlaştırıcı ısı sistemlerle elektrik üretimi, endüstriyeldir, maliyetleri fotovoltaik sistemlere göre daha azdır. Özellikle sıcak su üretiminde kullanılan güneş ısı toplama yönteminin yapımı basit ve ucuzken verimi oldukça yüksektir. Teknolojik gelişmeler iki alan üzerinde yoğunlaşmaktadır:

- Düşük sıcaklık sistemleri
- Yoğunlaştırıcı güneş sistemleri



#### **4.4.1.1. Düşük Sıcaklık Sistemleri ( Aktif Güneş Isıtma Sistemleri )**

Aynı zamanda Güneş Kolektörlü Sıcak Su Sistemleri olarak adlandırılır. Yaygın olarak kullanılan Güneş Kolektörlü Sıcak Su Sistemleri, düzlemsel güneş kolektörlü veya vakumlu güneş kolektörlü sistemlerdir. Düzlemsel Güneş Kolektörleri, güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır. En çok evlerde sıcak su ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Ulaştıkları sıcaklık  $70\text{ C}^0$  civarındadır. Düzlemsel güneş kolektörleri, üstten alta doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban plaka arasında yeterince boşluk metal veya plastik absorban plaka, arka ve yan yalıtım ve bu bölümleri içine alan bir kasadan oluşmuştur. Absorban plakanın yüzeyi genellikle koyu renkte olup bazen seçiciliği artıran bir madde ile kaplanır. Kolektörler, güneşi maksimum alacak şekilde, sabit bir açıyla yerleştirilirler.

Güneş kolektörlü sistemler tabii dolaşım ve pompalı olmak üzere ikiye ayrılır. Bu sistemler evlerin yanında, yüzme havuzları ve sanayi tesisleri içinde de sıcak su sağlanmasında kullanılır. Vakumlu Güneş Kolektörlerinde ise, vakumlu cam borular ve gerekirse absorban yüzeyine gelen enerjiyi arttırmak için metal ya da cam yansıtıcılar kullanılır. Bunların çıkışları daha yüksek sıcaklıkta olduğu için (  $100-120\text{ C}^0$  ), düzlemsel kolektörlerin kullanıldığı yerlerde ve ayrıca yiyecek dondurma, bina soğutma gibi daha geniş bir yelpazede kullanılabilirler.

#### **4.4.1.2. Yoğunlaştırıcı Güneş Sistemler ( YGS )**

Güneş enerjisi uygulamalarında düzlemsel güneş kolektör sistemlerinin yanı sıra daha yüksek sıcaklıklara ulaşmak için kullanılmaktadır. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi teknolojisinde direk güneş ışınımı yansıtılarak toplanmakta, elde edilen yüksek ısı buhara dönüştürülüp buhar türbinine gönderilmekte ve türbinde de elektrik üretilmektedir ( Koltukçu, 2010)

100 – 350 C<sup>0</sup> arasındaki orta sıcaklıklar uygulamalarında güneşi izlemeyen silindirik odaklı toplayıcılar kullanılır. Odaklı toplayıcılar güneş ışınlarını yansıtarak veya kırarak belli bir yerde toplayabilen ayna ve mercek sistemleridir. Yani bunlar, odak düzleminde, ısı iletim akışkanını içeren bir yutucu bulunan ayna veya mercekli sistemlerdir. Aynalardan oluşan odaklı toplayıcılar, güneş ışınlarını tek bir kez veya art arda iki kez yansıtarak yoğunlaştırır. Aynalar, düz silindirik, konik, küresel veya parabolik olabilir. Yoğunlaştırıcı toplayıcı tek bir ayna veya mercekten ibaret olabileceği gibi birçok ayna veya mercekten de oluşabilir. Bu sistemlerde güneş ışınları bir toplama hattı üzerine yoğunlaştırılmaktadır. Su buharı üreten bu sistemlerden bir kısmı Avustralya, Avrupa, ABD ve Japonya’da endüstriyel uygulama bulmuştur (Güneş Enerji Sistemleri, 2008).

En çok kullanılan üç ayrı yoğunlaştırıcı güneş sistemi vardır;

- Parabolik Oluk Kolektörleri
- Merkezi Alıcı Güç Santralleri
- Parabolik Çanak Sistemleri (Ablabekova, 2008).

#### **4.4.2. Fotovoltaik Teknolojiler**

Fotovoltaik, güneş pilleri ya da dizinleri sayesinde ışık kaynağından, çoğu zaman güneşten, elektrik elde etme yöntemidir. Fotovoltaik aynı zamanda bu konuda yapılan çalışmalara verilen genel bir addır (Fotovoltaik, 2012).

Fotovoltaik sistemlerle elektrik enerjisi üretimi, güneş pilleri ile elektrik enerjisi üretimi olarak da bilinir. “Photo” ve “Voltaic” kelimelerinin birleşmesi ile oluşmuştur. “Photo” kelimesi ışığı, “Voltaic” kelimesi ise elektrik enerjisini temsil etmektedir. Fotovoltaik sistem ise güneş enerjisi yardımıyla elektrik enerjisi üretme anlamına gelmektedir (Karataş, 2009).



Şekil No 23: Fotovoltaik Teknoloji

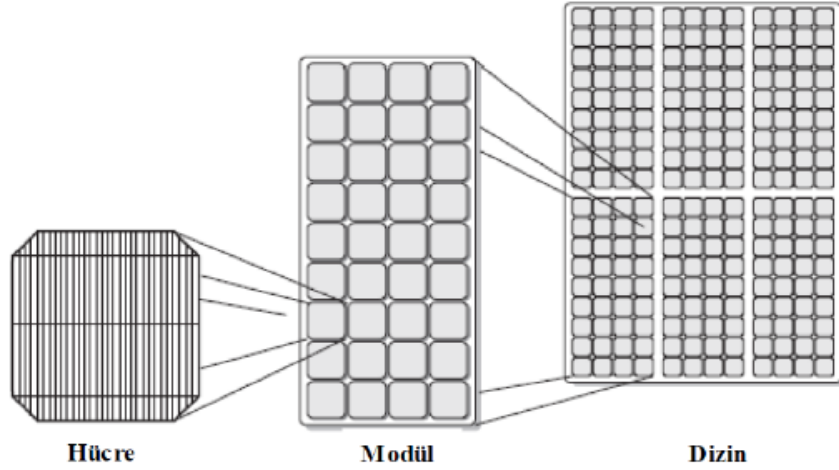
#### 4.4.2.1. Güneş Pilleri ve Özellikleri

Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş pili modülü yada fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak birkaç W' tan MW' lara kadar sistem oluşturulur (Gökpınar, 2010).

Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları genellikle  $100 \text{ cm}^2$  civarında, kalınlıkları ise 0,2–0,4 mm arasındadır. Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışmaktadır, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşmaktadır. Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir.

Sistemin en küçük birimi güneş hücresidir. Güneş hücresi, pozitif ve negatif olmak üzere en az iki yarı iletken katmandan oluşur. Güneş ışınları hücreye girdiğinde, güneş ışınlarına ait fotonlar, yarı iletkenin atomları tarafından emilir. Negatif katmandaki elektronlar serbest kalarak pozitif katmana doğru ilerler, böylelikle elektrik akımı oluşur. Bunun yanında oluşan elektrik akımı çok küçüktür ve

uygulamada kullanım için yeterli değildir. Oluşan elektrik miktarını artırmak için düzinelerce hücre bir araya getirilerek modül oluşturulur. Modüller de bir araya gelerek dizinleri meydana getirir (Karataş, 2009).



Şekil No 24: Hücre – Modül – Dizin, Güneş Panel Birleşimi (Karataş, 2009)

Güneş hücreleri birbirlerine, hava koşullarından etkilenmeyecek ve kapalı bir ortamda bulunacak şekilde bağlanır ve modülleri oluştururlar. İki modül birbirine seri bağlandığında voltajları iki katına çıkar, akım sabit kalır. İki modül birbirine paralel bağlandığında akım iki katına çıkar, voltaj sabit kalır. İhtiyaca göre paralel veya seri bağlanan modüller dizinleri oluşturur (Karataş, 2009).

Güneş pili modülleri uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak oluşturulan güneş pili sistemleri, elektrik enerjisine ihtiyaç duyulan her uygulamada kullanılabilir (Güneş Pilleri, 2008).

Güneş dizinleri ile güneş pil sistemi kurulur ve ilgili elektriksel uygulamada kullanılır. Burada göz önünde bulundurulması gereken konu güneş enerjisi ile üretilen elektriğin doğru akım (DC) olduğudur. Doğru akım, gündelik alanda kullanılan pek

çok elektriksel aparata uygun değildir. Dolayısıyla alternatif akım (AC)' a çevrilmesi gerekebilir (Karataş, 2009).

#### **4.4.2.2. Güneş Pillerinin Yapımında Kullanılan Malzemeler**

Güneş pilleri pek çok farklı maddeden yararlanarak üretilebilir. Günümüz elektronik ürünlerinde kullanılan transistörler, doğrultucu diyotlar gibi güneş pilleri de, yarı-iletken maddelerden yapılırlar. Yarı-iletken özellik gösteren birçok madde arasında güneş pili yapmak için en elverişli olanlar, silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür gibi maddelerdir. Günümüzde en çok silisyum (silikon) kullanılmaktadır. Kristal silisyum; önce büyütülüp daha sonra 200 mikron kalınlıkta ince tabakalar halinde dilimlenen tek kristal silisyum bloklardan üretilen güneş pillerinde laboratuvar şartlarında % 24, ticari modüllerde ise % 15' in üzerinde verim elde edilmektedir. Dökme silisyum bloklardan dilimlenerek elde edilen çok kristal silisyum güneş pilleri ise daha ucuza üretilmekte, ancak verim de daha düşük olmaktadır. Verim, laboratuvar şartlarında % 18, ticari modüllerde ise % 14 civarındadır. Amorf silisyum; kristal yapı özelliği göstermeyen, Si pillerden elde edilen verim % 10 dolayında, ticari modüllerde ise % 5-7 mertebesinde (Sarıkaya, 2010).

Silikon, 14 elektronlu bir atomdur. Elektronlar çekirdek etrafında, 3 halkaya dizilmişlerdir. İlk halka 2 elektron kapasiteli, 2. ve 3. halka 8' er elektron kapasitelidir. 2. halka 8 elektron ile doymuşken son halkada 4 elektron bulunur. Silikon atomu, son halkasına 4 elektron daha ekleyerek toplam elektron sayısını 18' e çıkarmaya çalışır. Her silikon atomu doğal koşullarda bu ihtiyacını yan tarafındaki silikon atomundan karşıladığından, silikon doğada kristal halde bulunur. Saf silikona ısı verildiğinde ise elektronlar hareketli hale geçerek boş bölgelere kayarlar. Ancak bu hareket, elektrik akımı oluşturmak için yeterli değildir. Bu nedenle saf silikon, fosfor ve boron atomları ile zenginleştirilerek hareket yetenekleri artırılır. Katkılandırılmış veya zenginleştirilmiş silikona güneş enerjisi verildiğinde hareket halindeki elektronlar elektrik akımı oluşturur ve bu şekilde, fotovoltaik yöntemle elektrik enerjisi elde edilir (Karataş, 2009).

Genellikle Silisyum ve Germanyum malzemelerin, Galyum ve Arsenit ile katkılanmasıyla oluşturulurlar. Laboratuvar koşullarında farklı güneş pili yapıları oluşturulmuş olsa da, maliyet ve verim açısından ticari anlamda kabul görmüş yapılar, silisyum ve germanyum pillerdir. Günümüzde en çok kullanılan madde yapılarını sıralayacak olursak;

- Kristal Silisyum Güneş Pilleri,
- Monokristal Silisyum Güneş Pilleri,
- Semikristal (Yarıkristal) Silisyum Güneş Pilleri,
- Ribbon Silisyum Güneş Pilleri,
- Polikristal Silisyum Güneş Pilleri,
- İnce Film Güneş Pilleri,
- Amorf Silisyum Güneş Pilleri,
- Bakır İndiyum Güneş Pilleri' dir.

#### **4.4.2.3. Güneş Pillerinin Avantaj ve Dezavantajları**

Elektrik üretimi için pek çok yöntem olmasına karşılık, fotovoltaik hücreler ile elektrik üretiminin bazı yararları vardır. Bunlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

- Mevcut sistemlerden farklı olarak en büyük yararı, herhangi bir fosil yakıt veya bağlantı gerektirmeden bağımsız olarak elektrik üretebilmesidir.
- Kullanılan yakıtı, her yerde ve bedava bulmak mümkündür. Taşıma ve depolama gibi sorunlar yoktur.
- Sistemde kullanılan hareketli parçalar çok az olduğundan çok az bakım gerektirirler. Elektrik üretiminde kullanılan diğer sistemler (jeneratörler, rüzgâr veya hidroelektrik türbinleri vs.) düzenli olarak bakıma gerek duyarlar. Eğer, fotovoltaik sisteminiz karmaşık ise bakım gerektirir ancak, genel olarak bu sistemler için bakım maliyeti yok denecek kadar azdır.
- Diğer elektrik üretim sistemleriyle karşılaştırıldıklarında, belki de en büyük yararları güvenilir olmalarıdır. Hareketli parçaları ya çok azdır ya da yoktur. Şimşekler, güçlü rüzgârlar veya kum fırtınaları, nem ve ısı, kar veya buz gibi

doğa olaylarına dayanıklıdır.

- Enerjiyi kullanmak istendiği yerde üretmek olasıdır. Böylece enerjiyi taşımak gerekmez. Şebekenin ulaşmadığı örneğin, GSM vericilerinin yerleştirildiği yerlerde bu sistemi kullanmak olasıdır.
- Enerji kaynağı ile kullanım yeri arasında, uzun kablolar ve bağların elemanları olmadığından arada oluşabilecek güç kaybından kaçınılmış olur. Bu sistemle, çok sayıda tüketim noktası beslenmek istendiği zaman bile yerel kayıplar yok denecek kadar azdır.
- Modüler bir sistem olduğu için güç çıkışı kolaylıkla arttırılabilir. Mevcut modüllere yenilerinin eklenmesi ile sistem, artan güç gereksinimini karşılayabilecek duruma getirilebilir (Uysal, 2011).

#### Güneş Enerjisinin Avantajları;

- Her şeyden önce, güneş bol ve tükenmeyen enerji kaynağıdır.
- Temiz türüdür, çevreyi kirletici, duman, gaz, karbon monoksit, kükürt ve radyasyon gibi atıkları yoktur.
- Yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerjiye ihtiyaç duyulan, hemen hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Bir çakmağın, bir saatin, bir hesap makinesinin veya bir deniz fenerinin, bir orman gözetleme kulesinin enerji ihtiyacı yerinde karşılanabilir.
- Dışa bağımlı olmadığından, olabilecek ekonomik bunalımdan uzaktır.
- Birçok uygulaması için, karmaşık teknolojiye gerek duyulmamaktadır. İşletme masrafı çok azdır (Akkaya, 2007).

#### Güneş Enerjisinin Dezavantajları;

- Birim yüzeye gelen güneş ısınımı az olduğundan büyük yüzeye ihtiyaç vardır.
- Güneş ısınımı sürekli olmadığından depolama gerektirmektedir. Depolanma imkanları ise sınırlıdır.
- Enerji ihtiyacının çok olduğu kış aylarında güneş ısınımı az ve geceleri de hiç yoktur.

- Güneş ışınlamından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevrenin açık olması, gölgelenmemesi gerekir (Akkaya, 2007).

#### 4.5. PV Panel Elektrik Üretme Gücünün Hesabı

Fotovoltaik panelin üreteceği elektrik güç değeri aşağıdaki formülden hesaplanmıştır.

$$W_{pv} = A_{pv} \cdot I \cdot n S_{pv}$$

Burada  $W_{pv}$ , fotovoltaik sistemin üreteceği elektrik gücü (W),  $A_{pv}$  kullanılan fotovoltaik alanını ( $m^2$ ),  $I$  yatay yüzeye gelen ışınım miktarını ( $W/m^2$ ) ve  $n S_{pv}$  ise PV konulduğu yer çevre sıcaklığı ve diğer faktörleri içeren toplam sistem verimi olarak kabul edilmiştir (Uysal, 2011).

Direkt, difüze ve global güneş ışınımının ölçümünde piranometre (pyranometre) denilen cihazlar kullanılır. Dünya meteoroloji kuruluşu (WMO) piranometreyi 2 steradyanlık bir açı altında düzlemsel bir yüzeye 0,3 ila 3,0 um dalga boyunda gelen güneş radyasyonunu ölçen bir alet olarak tanımlamıştır.

Piranametreler çalışma prensibine göre temelde iki türdür.

1. Temel enerjiyi termopile (termocouple) kullanarak elektrik enerjisine dönüştürenler,
2. Yarı iletken malzeme kullanarak ışınım enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürürler.

Günümüzde yarı iletken teknolojisindeki gelişmeler sayesinde fotometrik ölçüm yapan piranometreler yaygınlaşmaya başlamıştır bunların kalibrasyon sorunları termopile kullanılan tiplere göre çok daha azdır ve fiyatları da daha düşüktür (Barutçu, 2012)

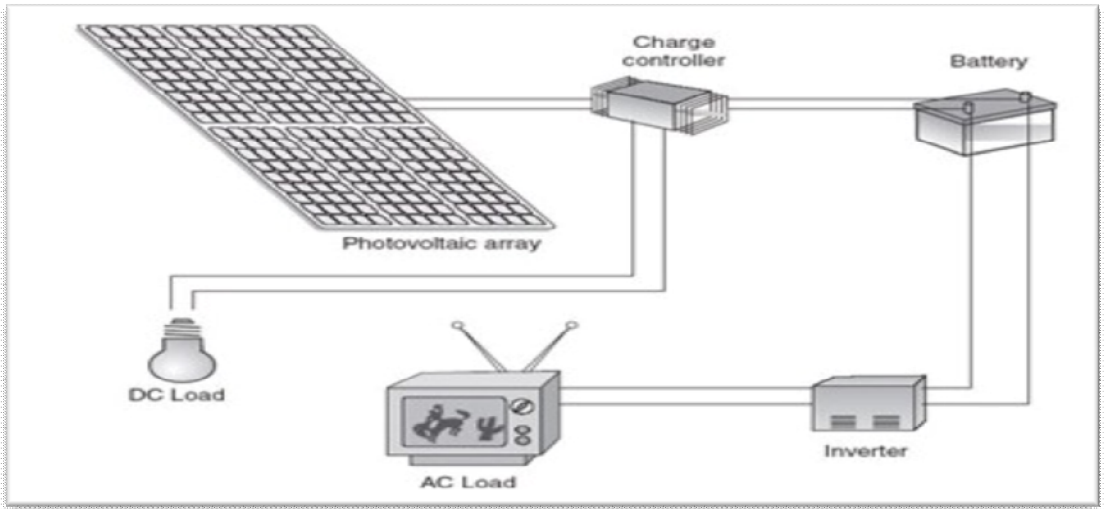


## 4.6. Güneş Enerji Sistemleri

PV sistemleri kullanım şekillerine göre; elektrik üretimde şebeke bağlantılı ve şebeke bağlantısız sistemler olmak üzere iki şekilde inceleyebiliriz.

### 4.6.1.Şebekeden Bağımsız Güneş Enerji Sistemleri

Şebeke bağlantısız PV sistemleri şebekeye bağlantının imkansız olduğu ve ekonomik olmadığı bölgelerde elektrik ihtiyacının karşılanmasında kullanılır. Tipik şebeke bağlantısız PV sistemini oluşturan parçalar; PV modül veya modülleri, pil, akü şarj denetim aygıtıdır. Pil gün içinde üretilen elektriğin depolanmasında kullanılır. Bazı sistemler, şebeke uyumlu alternatif akım (AC) elektriğin gerekli olduğu uygulamalarda üretilen elektriği (DC) AC' ye çeviren inverter içerir. Şebeke bağlantısız PV sistemleri, endüstriyel uygulamalarda (telekominikasyon, su pompalama, sokak aydınlatma vb.) ve kırsal kesimlerde yerel uygulamalarda kullanılabilir.



Şekil No 25: Şebeke Bağlantısız Güneş Enerji Sistemleri

Şebekeden bağımsız güneş enerji sistemleri genel olarak şarj kontrol ünitesi,akü ve invertörden oluşmaktadır. Üretilen elektrik akülerde toplanarak invertör vasıtasıyla AC akıma dönüştürülür.

#### 4.6.2.Şebeke Bağlantılı Güneş Enerji Sistemleri

PV sistemleri yerel elektrik şebekesine de bağlanabilir. PV sistemlerin ürettiği elektrik enerjisi doğrudan (ev ve ticari binalarda) kullanılabilceği gibi elektrik üreticisi firmalara da satılabilir. Satılan elektrik, güneş sisteminin elektrik üretmediği zamanda (gece) şebekeden geri satın alınabilir. Bu şekilde şebeke, PV sistemi için “ enerji depolama sistemi “ rolünü oynayarak, pil ihtiyacını ortadan kaldırır (Ablabekova, 2008).

Güneşten üretilen elektriğin az olduğu veya yetmediği kapalı bulutlu olduğu saatlerde, günlerde veya akşam vakti geceleri, eksik kalan elektrik enerjisini mevcut kamu hattından (otomatik olarak) sağlamak mümkündür. Sistemde kullanılacak iki ayrı sayaç ile tüm elektrik alış-verişi kayıt altına alınabilir, mahsuplaştırılabilir. Sistemi uzaktan izleme, görüntüleme ve haberleşme imkanı da mevcuttur (Opsiyonel). Lokal veya internet üzerinden takip edilebilir, web ve grafikler olarak veri sağlanabilir. GPRS ile data taşıyarak solar sistem montajının yapıldığı yerlere kablo çekilmesine gerek kalmadan uzak ekranlara data taşınabilir. Günlük, haftalık, aylık ve yıllık sistem performansı, üretilen elektrik, kazanç görülebilir ve kaydedilebilir (Güneş Enerjisi Kullanımı, 2012).



Şekil No 26: Şebeke Bağlantılı Güneş Enerji Sistemleri (Güneş Enerji Sistemleri, 2008)

Şebeke bağlantılı güneş enerji sistemlerinde üretilen elektrik invertör vasıtasıyla şebekeye verilebilir istenildiğinde aynı mantıkla güneş ışınlarının olmadığı saatlerde şebekeden alınabilir. Bu şekilde aküye ihtiyaç duyulmadan şehir şebekesi depolama aracı olarak kullanılabilir.

#### 4.7. Güneş Enerjisi Sistem Maliyet Analizi

PV sistemlerde maliyet değişken olup, sistemin büyüklüğü, kurulduğu yer, tüketim tipi, şebeke bağlantısı ve teknik özelliklere bağlıdır (Karataş, 2009).

Tablo No 9: Ortalama PV Sistem Maliyeti

Üretim Maliyet Kalemi	Miktar
Modül	59%
Akım Çevirici	17%
Kurulum	8%
İndirek	17%

PV Sistemlerde maliyetin yaklaşık %59' unu modüller, %17' sini çeviriciler (inverter) , %8' ini kurulum %17' sini ise diğer maliyetler oluşturmaktadır. Güneş enerjisi santralleri yapım-işletme maliyetleri ve verim açısından karlı bir enerji yolu değildir (Yerebakan, 2008).

#### 4.8. Türkiye' de Güneş Enerjisi

Ülkemiz coğrafi konumu nedeni ile yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi potansiyeli yönünden oldukça iyi seviyededir. Ülkemizde güneş enerjisinden faydalanarak sıcak su ihtiyacını gideren ev örnekleri, güney sahillerinde bol miktarda mevcuttur. Güneş enerjisi ile konut ısıtması, konut soğutması, sıcak su

temini, sera ısıtması, elektrik enerjisi üretimi, yüzme havuzu ısıtması ve endüstrinin sıcak su gereksinimi karşılanabilmektedir.

Güneş enerjisi, zirai ürünlerin kurutulması, soğuk mevsimlerde mahal ısıtması, evlerde havalandırma amacıyla ve tüm dünyada, özellikle gelişmiş ülkelerdeki yaygın uygulamaları ile kullanılmaktadır. Ülkemizde 1960' ların başlarında güneş enerjisi ilk defa alternatif enerji kaynağı olarak anlaşılmış ve bazı yatırımcılar konu ile ilgilenmiş ve üniversitelerde yapılan tez çalışmaları ile bu konu da çalışmalar başlamıştır. Bu konudaki ilk bilimsel çalışmalar Orta Doğu Teknik Üniversitesinde ve İstanbul Üniversitesinde gerçekleştirilmiştir (Güneş Enerjisi Kullanımı, 2012).

Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından da 1983 yılından itibaren başlatılan çalışmalar sonucunda ilk güneş pilleri ile çalışan laboratuvar ölçekli güç santrali Didim'deki Araştırma Laboratuvarın da 1998 yılı Haziran ayında tesis edilmiştir. 1990'ların sonuna doğru bu yöndeki çalışmalar artarak devam etmiş ve dört adet güneş pilleri ile çalışan ve yaklaşık olarak toplam kurulu gücü 50 KWp olan sistemler telekomünikasyon amaçlı olarak Afyon, Göcek, Uşak ve Kahramanmaraş'a kurulmuştur (Uysal, 2011).

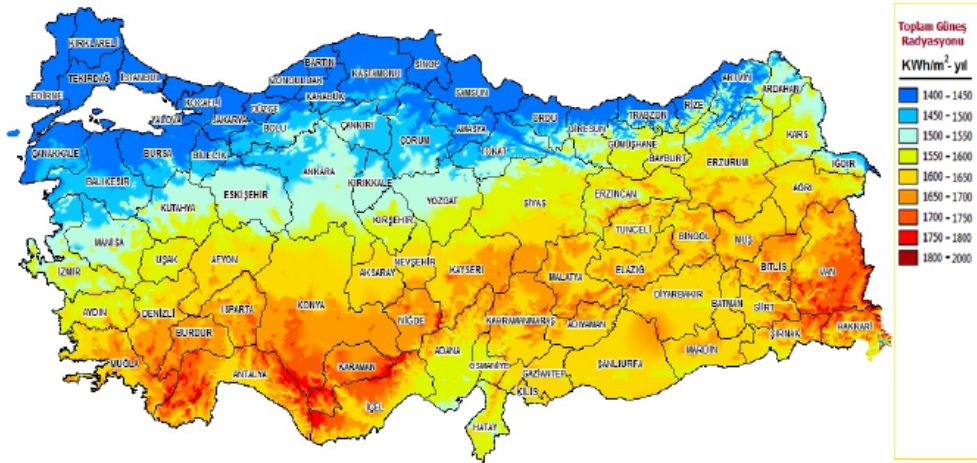
Güneş pillerinin uygulanmasına yönelik özel sektör çalışmaları devam etmektedir. Ayrıca güneş pili ile çalışan araçlar, aydınlatmalar, trafik ışıkları şeklinde de uygulamalar mevcuttur.

Türkiye için Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası, Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından hazırlanmış, yapımında, Coğrafi Bilgi Sisteminde kullanılan "ESRI Solar Radiation Model" ve aşağıdaki temel parametreler kullanılmıştır:

- Eğim,bakı,gölgelenme hesaplamaları için, Türkiye 1/100,000' lik topografik haritadan üretilmiş yatayda 500m x 500m grid boyutlarına sahip Sayısal Yükseklik Modeli (DEM).
- Türkiye 36-42 derece enlem değerlerine ait alanlar.
- Gökyüzü açıklılık indeksi (Sky Size Index).
- 32 yönde zenit ve azimut açıları.
- Açık ve kapalı gökyüzü hesaplama metotları.

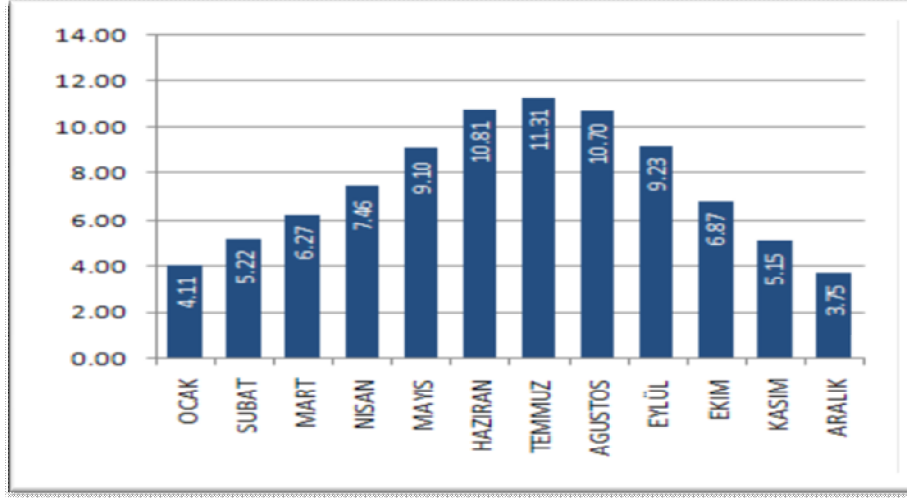
- Modelde kullanılacak parametrelerin hesaplanması ve model kalibrasyonun yapılması için EİE ve DMİ istasyonlarında 1985 - 2006 yıllarına ait ölçüm yapılan 22 yıllık saatlik güneş ölçüm değerleri (GEPA, 2012).
- Gökyüzü ışık iletim katsayısı (Transmittivity) ve gökyüzü açıklığı (Diffuse Proportion).
- Yeryüzü güneş ışını yansıtma değerleri (Surface Albedo).

Modelin kullanılması sonucunda, 12 aya ait günlük değerlerden elde edilen aylık ortalamaları içeren bilgiler 500m x 500m grid haritası olarak elde edilmiştir (Karataş, 2009).



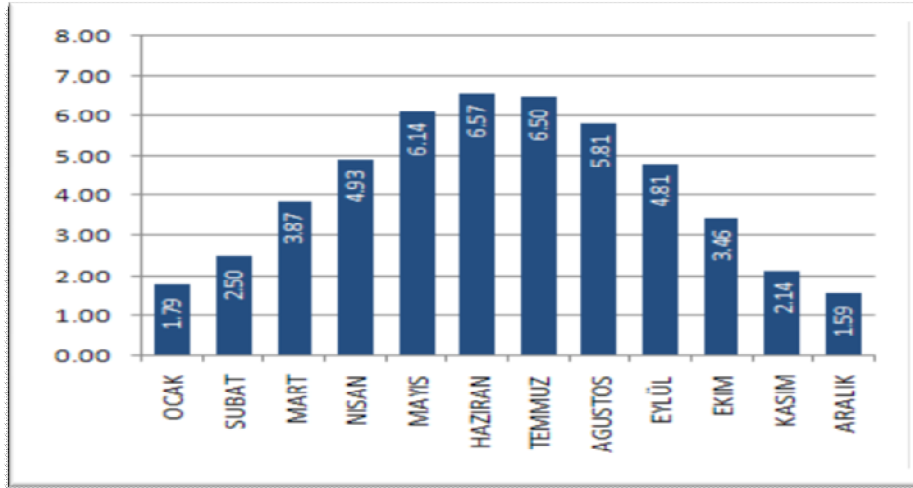
Şekil No 27: Türkiye' nin Güneşlenme Haritası (EİE)

Bu haritaya göre Türkiye' nin güneş enerjisi potansiyelini 3 bölgeye ayırmak mümkündür. Türkiye' nin güney kısımları ile iç Anadolu Bölgesinin ve Ege Bölgesinin orta kısımları ile beraber Doğu Anadolu Bölgesinin üst kısımlarına kadar olan bölge 1. bölge, Karadeniz Bölgesi ile Marmara Bölgesinin güney kısımları ile 1. bölge arası kısım 2. bölge, diğer kısımlar ise 3. bölge olarak nitelendirilebilir.



Şekil No 28: Türkiye Güneşleme Süreleri (Saat) (YEGM)

Şekil 28’ de Türkiye geneli güneşlenme süreleri görülmektedir. Buna göre Aralık ayı 3,75 saat olarak en düşük değere Temmuz ayı ise 11,31 saat olarak en yüksek değere sahiptir.

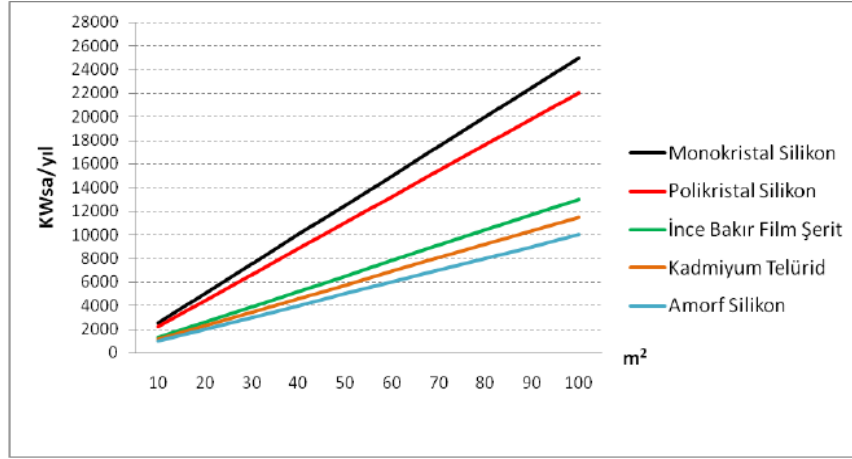


Şekil No 29: Türkiye Global Radyasyon Değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün) (YEGM)

Şekil 29’da Türkiye geneli global radyasyon değerleri görülmektedir. Değerlerin en düşük olduğu Aralık ayında ortalama 1,59 KWh/m<sup>2</sup>, değerlerin en iyi olduğu Haziran ayında ise 6,57 KWh/m<sup>2</sup> olduğu görülmektedir. Aylık değerler

karşılaştırıldığında toplam güneş radyasyonunun da güneşlenme süresine paralel bir yol izlediği görülmektedir.

Bunun dışında, fotovoltaik sistemler için seçilen farklı teknolojilere göre birim alan başına üretilebilecek yıllık enerji miktarı grafiği aşağıda verilmiştir:



Şekil No 30: Türkiye İçin Fotovoltaik Sistem, Alan-Enerji Grafiği (EİE)

Uzun yıllara ait meteorolojik gözlemlerin ortalaması alınarak bulunan Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi 2640 saat olup (günlük toplam 7,2 saat), maksimum değer 362 saat ile temmuz ayında ve minimum değer 98 saat ile aralık ayında gerçekleşmektedir. Ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 KWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3,6 KWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir (Şenol, 2012).

Tablo No 10: Türkiye' nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli (EİE).

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi ( Saat / ay )
	Kcal/cm <sup>2</sup> - ay	KWh/m <sup>2</sup> - ay	
Ocak	4,45	51,75	103
Şubat	5,44	63,26	115
Mart	8,31	96,24	165
Nisan	10,51	122,22	197
Mayıs	13,23	153,85	273
Haziran	14,51	158,74	325
Temmuz	15,08	175,37	365
Ağustos	13,62	158,39	343
Eylül	10,6	123,27	280
Ekim	7,73	89,89	214
Kasım	5,23	60,82	157
Aralık	4,03	46,87	103
<b>Toplam</b>	112,74	1311,08	2640
<b>Ortalama</b>	308,0 Cal/cm <sup>2</sup> -gün	3,6 KWh / m <sup>2</sup> - gün	7,2 saat / gün

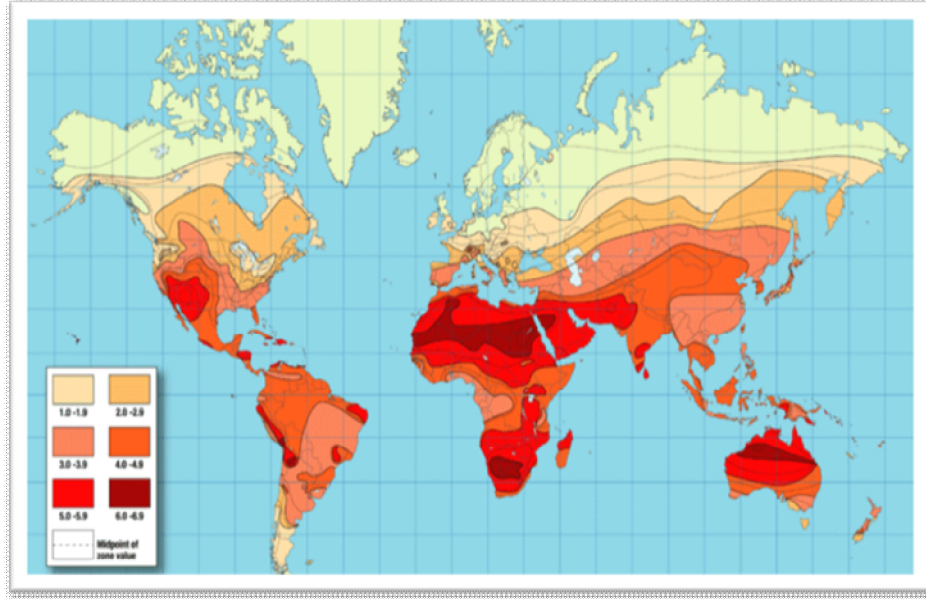
Güneydoğu Anadolu Bölgesi yılda 2993 saat güneşlenme süresiyle ülkemizde en fazla güneş alan ve yıllık toplam güneş enerjisi potansiyeli bakımından birinci sıradadır. Bu bölgeyi 2956 saatle Akdeniz Bölgesi, 2738 saatle Ege Bölgesi, 2664 saatle Doğu Anadolu Bölgesi, 2628 saatle İç Anadolu Bölgesi ve 2409 saatle Marmara Bölgesi takip etmektedir. Karadeniz Bölgesi ise yıllık güneşlenme süresi ve yıllık toplam güneş enerjisi potansiyeli bakımından 1971 saat ve 1120 KWh/m<sup>2</sup> ile son sırada bulunmaktadır.

Tablo No 11: Türkiye' de Güneş Enerjisinin Bölgelere Göre Dağılımı (EİE)

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (KWh/m <sup>2</sup> - yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/yıl)
G.Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971



Bu ışınım şiddetleri ile Türkiye' nin, Güneydoğu ve Akdeniz Bölgeleri içinde kalan ve yüzölçümünün % 17' sini kapsayan bölümünde, güneşli su ısıtıcıları yıl boyunca tam kapasiteli olarak çalışabilmektedir. Türkiye yüz ölçümünün % 63' ünü kapsayan bölümde ise güneşli su ısıtıcıları yıl boyunca çalışma oranı % 90 ve ülkenin % 94' ünü kapsayan bir bölümdeki çalışma oranı ise % 80' dir (Kılıç, 2011).



Şekil No 31: Dünya Güneşlenme Bölgeleri (World Solar Insolation Values)

Türkiye konumu itibariyle en olumsuz güneşlenme koşulunda günde ortalama 2 ile 4 saat arasında güneşlenmektedir. Yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyeli ise  $200 \text{ W/m}^2$  dir (World Solar Insolation Values).

## 5. MUĞLA İLİNDE KURULMASI PLANLANAN RES VE GES YATIRIM FİZİBİLİTESİ

### 5.1. Projeler Hakkında Genel Bilgiler

Türkiye, coğrafi konumu ve yapısı nedeniyle rüzgar ve güneş enerji santrallerinin kurulmasına oldukça elverişli bir ülkedir.

Bu bölümde, Muğla ili Bodrum bölgesine seçilen aynı arazi üzerine önce RES ardından GES yatırım fizibilitesi hazırlanacaktır.

Yatırım fizibilitesinde; teknik analizler, maliyet analizleri ve finansal analizler yapılarak elde edilen verilere göre hangi projenin daha yapılabilir olduğu bulunmaya çalışılacak ve değerlendirmeler yapılacaktır.

Kurulacak olan enerji santralleri sadece üretilen elektriğin satışı amaçlı olup, sistemler şebeke bağlantılı olarak tasarlanacaktır.

Çalışmamızda branşlaşmış firmalardan standartlara uygun teklifler alınmış, ayrıca üretici firmaların kalite sistem belgeleri, modüllerin yeterlilik sertifikaları, detaylı ürün özellik belgeleri ve teknik konfigürasyon bilgileri alınarak analiz edilmiştir.

Fizibilite aşamasına geçmeden önce RES – GES projelerinin planlama, yönetim ve uygulama aşamaları hakkında genel bilgi vermek gerekmektedir.

Her rüzgar ve güneş enerjisi projesi farklı özelliklere sahip olmasına rağmen, bir rüzgar veya güneş projesinin temel özellikleri ve projeyi gerçekleştirmek için uygulanması gereken adımları şu şekilde gerçekleştirmektedir;

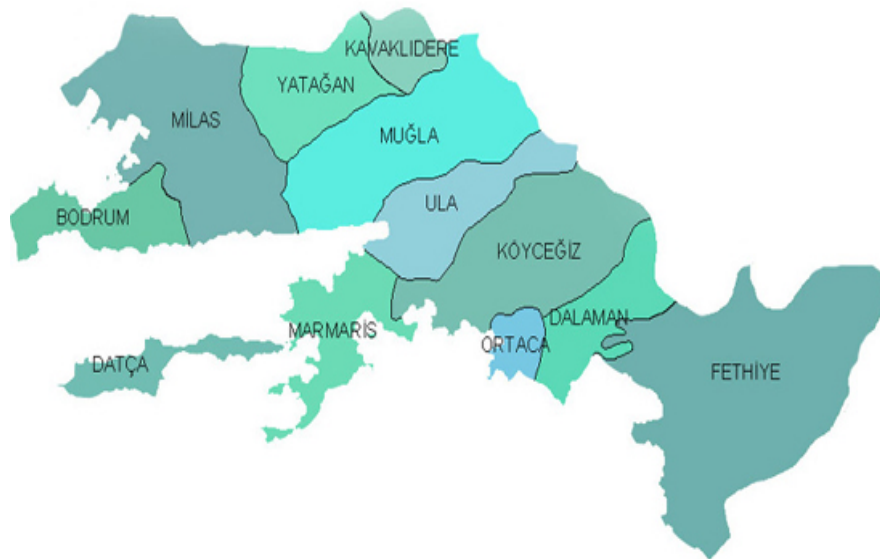
- Yer seçimi (bölge ve arazi),
- Rüzgar-güneş ölçüm verileri,
- Fizibilite (yapılabilirlik),
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'na lisans başvurusu,
- Gerekli onayların ve izinlerin alınması,
- Projenin yapım aşamasından oluşmaktadır. ( Akkaya,2007)

Rüzgar ve güneş enerjisi santrallerinin kurulmasına elverişli Muğla ili Bodrum bölgemizde 2 MW gücünde rüzgar türbini ve aynı güçte fotovoltaik sistem kurulacak olup izin ve onayların alınmasının ardından, malzemelerin saha teslimi itibariyle RES proje tamamlanma süresi 90 iş günü, GES proje tamamlanma süresi de 90 iş günü olarak planlanmıştır.

Rüzgar türbinlerinin ortalama verimli çalışma süresi 20 yıl olup sistem kullanım ömrü en çok 30 yıldır. Rüzgar türbinlerinin işletim becerileri de dikkate alınarak, bakım onarım faaliyetleri düzgün yapılacağı varsayımıyla, bu çalışmamızda işletme ömrü 20 yıl olarak kabul edilecektir. Fotovoltaik sistemlerle kurulu bir güneş enerjisi sisteminin ortalama işletme ömrü 20-25 yıl arasında değişmekte olup çalışmamızda 20 yıl olarak kabul edilmiştir.

### 5.1.1. Muğla İlinin Coğrafi Konumu

Muğla ili Ege Bölgesinde deniz, göl ve dağların bulunduğu Türkiye' nin en uzun deniz kıyısına sahip şehridir. 36° 17' ve 37° 33' kuzey enlemleri ile 27° 13' ve 29° 46' doğu boylamları arasında yer alır. Doğudan Antalya, kuzeydoğudan Burdur ve Denizli, güney ve batıdan Ege Denizi ile çevrilidir (Muğla, bt.).



Şekil No 32: Muğla İlinin Coğrafi Görünümü

Muğla ilinde Akdeniz iklimi hüküm sürer. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Kıyıdan içeriye gidildikçe kara ikliminin tesiri görülür ve ısı düşer. Kıyılarda kar yağışı görülmez. İç kısımlarda ise senede 1-2 gün kar görülebilir. Sıcaklık  $+43,7\text{ C}^0$  ile  $-12,6\text{ C}^0$  arasında seyreder. Yağış miktarı 1180 mm ile 775 mm arasında bölgelere göre değişir (Muğla ili. b.t.).

### 5.1.2. Alt Yapı

Bodrum bölgesinde hem güneş hem rüzgar santralinin kurulacağı arazi düz ve toprak bir zemine sahiptir. Arazinin bir başka önemli özelliği ise trafoya yakınlığıdır. Santral bağlantılarının yapılabileceği trafo ve salt tesisi, araziden yaklaşık 300m uzaklıkta bulunmaktadır. Bu da sistem montajını kolaylaştırması nedeniyle maliyeti azaltan unsurlardan biridir. Özellikle trafoya yakın olması sebebiyle üretilen enerjinin iletim ve dağıtım kayıpları oldukça az olacaktır. Mevcut trafo kullanımını ekstra trafo yapım maliyetini ortadan kaldıracaktır. Arazimiz aynı zamanda Devlet Meteoroloji İstasyonu tarafından yapılan rüzgar ölçüm istasyonuna da yakın mesafededir.



Şekil No 33: Bodrum Bölgesi Santral Kurulacak Arazinin Görünümü

### **5.1.3. RetScreen Temiz Enerji Proje Analiz Yazılımı**

RetScreen Temiz Enerji Proje Analiz Yazılımı, Natural Resources Canada (Kanada Doğal Kaynakları) ve Canmet Energy liderliği ile yürütülmektedir. Hükümetten, sanayiden ve akademik çevrelerden sayısız uzmanın katkısıyla geliştirilmiştir. Ücretsiz elde edilebilen bu yazılım, çeşitli enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji teknoloji türlerinin enerji üretimi ve tasarruflarını, yaşam çevrim maliyetlerini, emisyon azaltımlarını, finansal uygulanabilirliklerini ve risklerini değerlendirmek üzere dünya çapında kullanılmaktadır. Bu yazılım, aynı zamanda, ürün, maliyet ve iklim veritabanları ile detaylı bir on-line kullanıcı rehberini de içermektedir. (RETScreen International )

RetScreen programı, excelde geliştirilmiş ve üç ana modülden oluşmaktadır. Bu modüller, enerji, teçhizat, maliyet analizi ve finansman bilgilerini içermektedir. Bu programla hesaplamalar rüzgar enerjisi, küçük hidrolik, güneş enerjisi, biyokütle enerjisi, güneş ile ısınma, pasif su ısıtma sistemleri için yapılmaktadır.

## **5.2. RES Yatırım Fizibilitesi**

Bu bölümde Bodrum bölgesinde kurulması planlanan rüzgar enerji santrali için rüzgar hızı verileri incelenecek, enerji modeli kurularak sistemimizden üretilen enerji miktarı hesaplanacak ardından yatırımımızın maliyet, finansal ve ekonomik analizleri yapılacaktır.

### **5.2.1. Rüzgar Hızı Verileri ve Ölçüm İstasyonu**

Rüzgâr enerji santrallerinin proje analizleri için noktasal olarak en az bir yıllık ortalama rüzgâr hızı verileri, sıcaklık ve basınç ortalamaları gibi diğer meteorolojik verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Enerji miktarının tespiti için seçilen proje sahasına ait

arazinin topografik yapısı da göz önüne alınarak uygun noktalara rüzgar gözlem istasyonları kurulmaktadır.

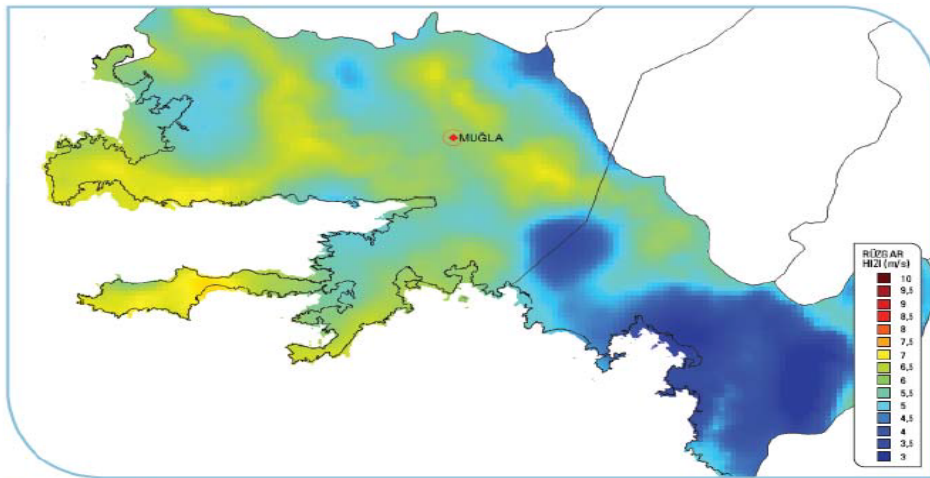
Rüzgar ölçüm istasyonlarının ve rüzgar türbinlerinin doğru yerleştirilmesi, ölçüm almak ve verimli bir enerji üretimi için çok önemlidir. Rüzgar enerji santralının projelendirilmesi ve ekonomikliği, temel olarak seçilen santral sahasından üretilebilecek enerji miktarına bağlı olmaktadır.

Eğer rüzgar verileri o yerin enerji üretimi için ekonomik potansiyele sahip olduğunu gösteriyorsa proje sahibi türbinlerin nereye yapılacağını gösteren mikro yerleştirme planı yapar.

Çalışmamızda genel gözlem olarak Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış olan Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlasından (REPA) yararlanılacak fakat Devlet Meteoroloji İstasyonu (DMİ) tarafından yapılan hassas ölçümler veri olarak alınacaktır.

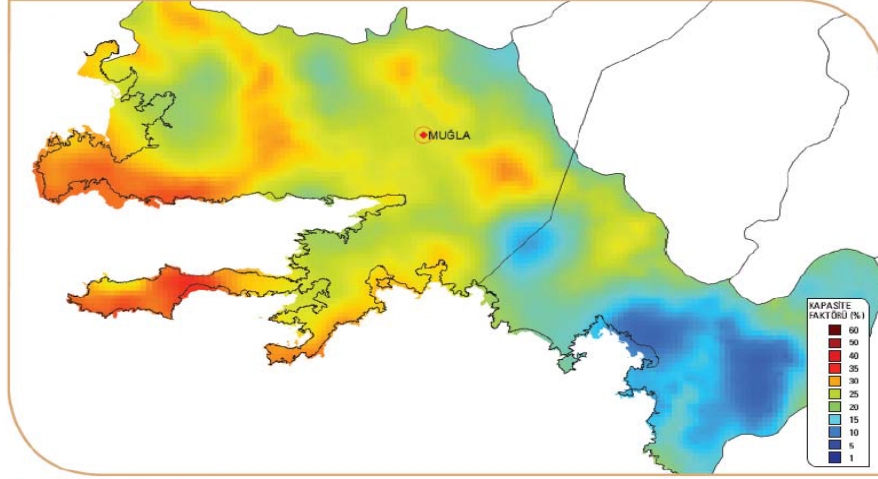
### 5.2.1.1. Muğla İlinin Repa Verileri

Muğla ili Repa verileri; 50m' de rüzgar hızı dağılımı, kapasite faktörü, rüzgar enerji santrali kurulabilecek alanlar, bölgenin trafo merkezleri ve kurulabilecek rüzgar enerji santrali güç kapasiteleri şekillerinden oluşmaktadır.



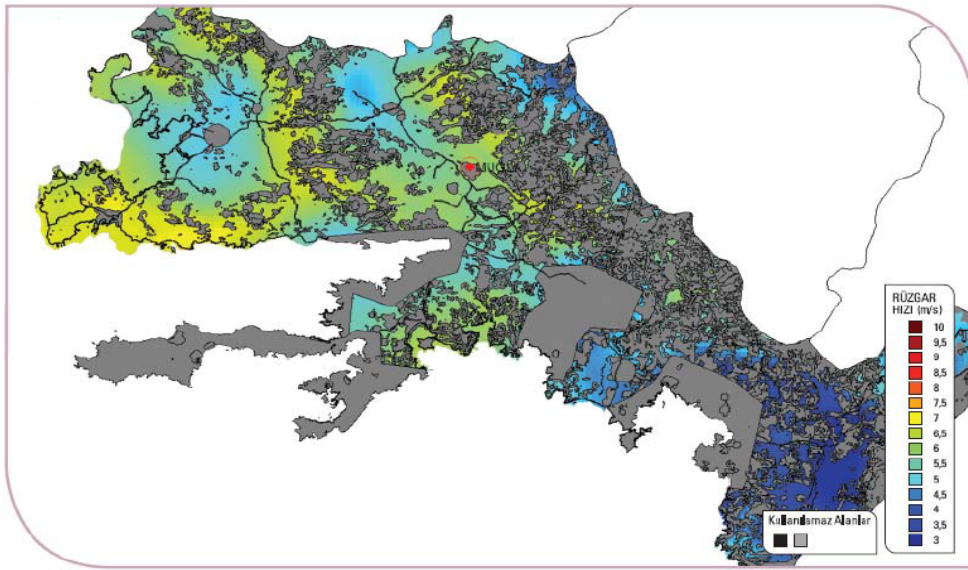
Şekil No 34: Muğla İli Rüzgar Hız Dağılımı 50m (EİE)

Şekil 34’de yer alan atlas, 50 metre yükseklikte Muğla’ nın büyük çoğunluğunda ortalama rüzgâr hızının 5-7 m/sn arasında değiştiğini göstermektedir.



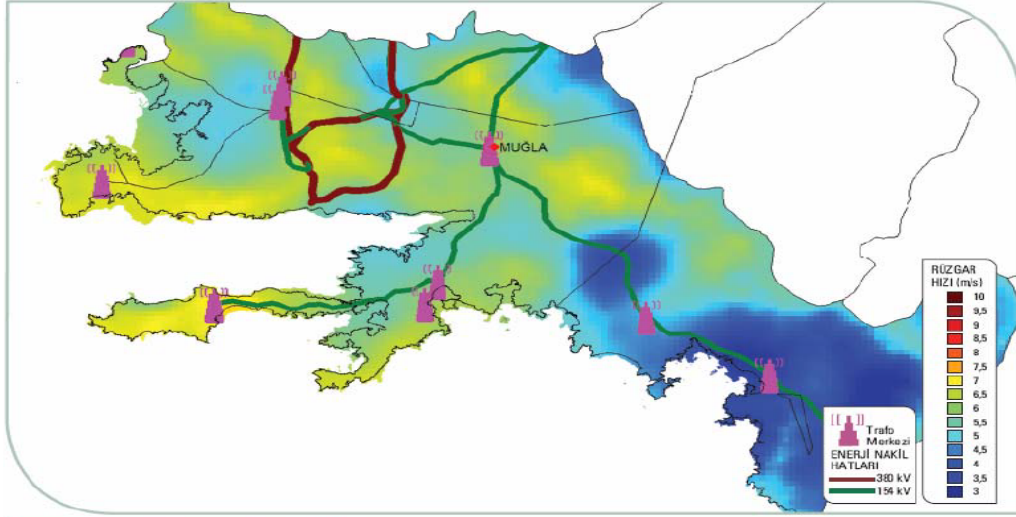
Şekil No35: Muğla İli Kapasite Faktörü 50m (EİE)

Şekil 35’de yer alan atlas, 50 metre yükseklikte Muğla’nın rüzgar santrali yatırımı için kapasite faktörünün %25 - %30 arasında değiştiğini göstermektedir. Yer yer % 35’ lere ulaştığı görülmektedir.



Şekil No 36: Muğla İli Rüzgar Santrali Kurulabilecek Alanlar (EİE)

Şekil 36' da yer alan atlas, Muğla' nın rüzgar santrali yatırımı kurulabilecek alanları göstermektedir. Gri renkli alanlarda rüzgar santrali yapılamayacağı kabul edilmektedir.



Şekil No 37: Muğla İli Trafo Merkezleri ve Enerji Nakil Hatları (EİE)

Şekil 37'de yer alan atlarda bölgenin enerji nakil hatları ve trafo merkezleri görülmektedir. Şekilden de görüleceği üzere Bodrum bölgesine yatırımı planlan santralimiz için mevcut trafo yakın mesafededir.

50 m' de Rüzgar Gücü (W/m <sup>2</sup> )	50 m' de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km <sup>2</sup> )	Toplam Kurulu Güç (MW)
300 - 400	6,8 - 7,5	903,87	4519,36
400 - 500	7,5 - 8,1	130,19	650,96
500 - 600	8,1 - 8,6	0,13	0,64
600 - 800	8,6 - 9,5	0,00	0,00
> 800	> 9,5	0,00	0,00
		<b>1.034,19</b>	<b>5.170,96</b>

Şekil No 38: Muğla İlinde Kurulabilecek Rüzgar Enerji Santrali Güç Kapasitesi (EİE)

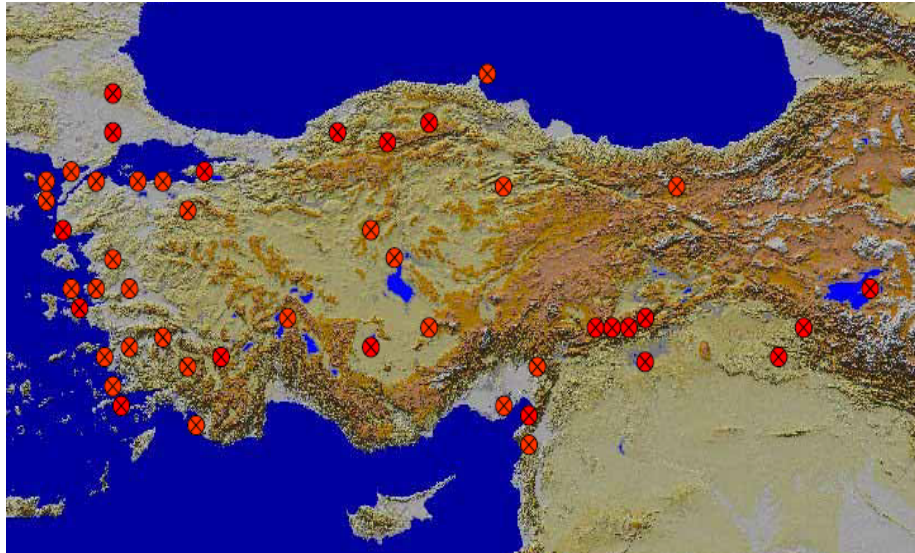


Şekil 38’de yer alan tabloda Muğla’ nın optimum rüzgar hızlarında rüzgar enerji santral kurulabilecek alanlar ve bu alanlarda yer alan kurulu güç kapasiteleri görülmektedir.

Repa’ lardan hiçbirisi rüzgar enerji santrali kurulum amacı ile yapılan ölçümler kadar hassas değildir. Ölçümlerdeki çok ufak gibi görünen bir fark bile yatırımın ekonomikliğini etkileyebilmektedir ve planlanan yatırım için risk getirebilmektedir. Ölçümlerin en az 12 ay boyunca ve sürekli olarak yapılması gerektiği dikkate alınırsa, çok küçük veri kaybı dahi büyük problemlere yol açabilmektedir.

Bütün bir yıl ele alındığında, rüzgar bazen esmez ya da rüzgar türbininin devreye girmesi için gereken rüzgar hızının altında eser. Bu nedenle rüzgar enerji sistemleri, diğer klasik sistemler olan (termik santral, nükleer santral vb.) ile karşılaştırıldığında tüm yıl boyunca devamlı olarak enerji üretmezler. (Özcan, 2009)

Danışman ve üretici şirketlerle rüzgar ölçüm verileri alma amaçlı yapılan görüşmelerde gizlilik sözleşmeleri nedeniyle belirli bölgelere yönelik özel ölçümler verilmek istenmemiştir. Bu nedenle Devlet Meteoroloji İşleri tarafından Bodrum bölgesinde 1997 ve 2000 yılları arasında 10 m ölçüm direği ile yapılan rüzgar hızı ölçümleri aylara göre ortalamaları alınarak kullanılmıştır. İncelenen veriler aşağıda gösterilmektedir.



Şekil No 39: Türkiye Geneli Ölçüm İstasyonları (EİE)

Şekil 39’da Türkiye geneli 10m ve 30m yükseklikte ölçüm yapılan istasyonlar görülmektedir.

Tablo No 12: Aylara Göre Ortalama Rüzgar Hızı Ölçümleri Tablosu (10m)

Aylar	Ortalama Rüzgar Hızları (m/s)
Ocak	5,60
Şubat	6,80
Mart	7,10
Nisan	6,50
Mayıs	6,00
Haziran	6,40
Temmuz	6,10
Ağustos	6,40
Eylül	6,30
Ekim	6,30
Kasım	5,30
Aralık	6,60
<b>Ortalama</b>	<b>6,30</b>

Tablo 12’ de Bodrum bölgesinde 1997 - 2000 tarihleri arasında 48 ay boyunca ölçümleri yapılan rüzgar hızları, aylık ortalamalar şeklinde gösterilmektedir. Tabloya göre aylık ortalama rüzgar hızı 7,1 m/s ile Mart ayı yılın en yüksek, aylık ortalama rüzgar hızı 5,3 m/s ile Kasım ayı yılın en düşük hızlarına sahiptir.

Rüzgar hızı yerden yüksekliğe bağlı olarak belirgin bir değişiklik gösterir. Bilinen belirli bir yükseklikteki rüzgar hızını kullanarak herhangi bir yükseklikteki rüzgar hızı bulunabilir. Çalışmamızda 10 m’ den elde ettiğimiz rüzgar ölçüm verilerininin 80m’ deki rüzgar hızları Hellman yükseltme bağıntısı kullanarak hesaplanacaktır.

Hellmann yükseltme bağlantısı;

$$V_{ist} = V_{ölç} \left( \frac{H_{ist}}{H_{ölç}} \right)^{\alpha}$$

Burada;

$V_{ist}$  : İstenen yükseklikteki rüzgar hızı (m/s)

$V_{ölç}$  : Ölçüm yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/s)

$H_{ist}$  : İstenen yükseklik

$H_{ölç}$  : Ölçüm yapılan yükseklik

$\alpha$  : Hellmann katsayısını belirtmektedir.

Burada  $\alpha$  yüzey farklılıklarının rüzgar hızına etkisini belirleyen katsayıdır ve değişik arazi yapısına göre 0,1 ile 0,4 arasında değerler alır.

Tablo No 13: Yüzey Farklılıklarının Rüzgar Hızına Etkisi

<b>Durum</b>	<b><math>\alpha</math> (Hellmann Katsayısı)</b>
Açık Deniz ve Kıyı Şeridi	0,10 - 0,13
Yeşil ve Ekili Alan	0,13 - 0,20
Ağaçlı Alan	0,20 - 0,27
Yüksek Bina ve Kentsel Alan	0,27 - 0,40

Denklemdaki Hellmann katsayısı Tablo 13' den Bodrum için 0,15 olarak seçilmiştir. Burada katsayı seçilirken arazilerin çevresindeki pürüzlülükler dikkate alınmıştır.

$$V_{ist} = V_{ölç} \left( \frac{80}{10} \right)^{0,15}$$

$$V_{ist} = V_{ölç} \cdot 1.36$$

Ölçüm noktasındaki çevresel pürüzlülükler dikkate alınarak; 10 m yükseklikte ölçülen aylık ortalama rüzgar hızı değerlerinin 1,36 ile çarpılması gerekmektedir. Hellmann yükseltme bağlantısı ile oluşan yeni tablomuz Tablo 14' de görülmektedir.

Tablo No 14: Aylara Göre Yükseltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı Ölçümleri Tablosu (80m)

Aylar	Ortalama Rüzgar Hızları (m/s)
Ocak	7,62
Şubat	9,25
Mart	9,66
Nisan	8,84
Mayıs	8,16
Haziran	8,70
Temmuz	8,30
Ağustos	8,70
Eylül	8,57
Ekim	8,57
Kasım	7,21
Aralık	8,98
<b>Ortalama</b>	<b>8,55</b>

### 5.2.2. Enerji Modeli

Çalışmamızda ilk olarak üreteceğimiz güce göre ideal olan rüzgar türbin modeli araştırması yapılmıştır. Türkiye pazarında hakim paya sahip olan yabancı türbin üreticileri ile yapılan görüşmeler neticesinde istenilen güçte türbin fiyatlarının birbirine yakın olduğu bu nedenle pazar payı liderliği ve hizmet kalitesi nedeniyle Vestas V90 2.0 MW modeli tercih edilmiştir.



Şekil No 40: Vestas V90 2.0 MW Model Türbin Görünümü ( EK 3)

Tablo 15' de türbin karakteristik özellikleri görülmektedir. Vestas V90 2.0 MW türbin modeli 2000 KW güç üreten, 80 m türbin yüksekliğine, 90 m rotor çapına sahiptir. Avantajlı özelliklerinden biriside 4 m/s gibi düşük hızlarda devreye girebilmesi ve süpürme alanı genişliğidir. (EK 4)

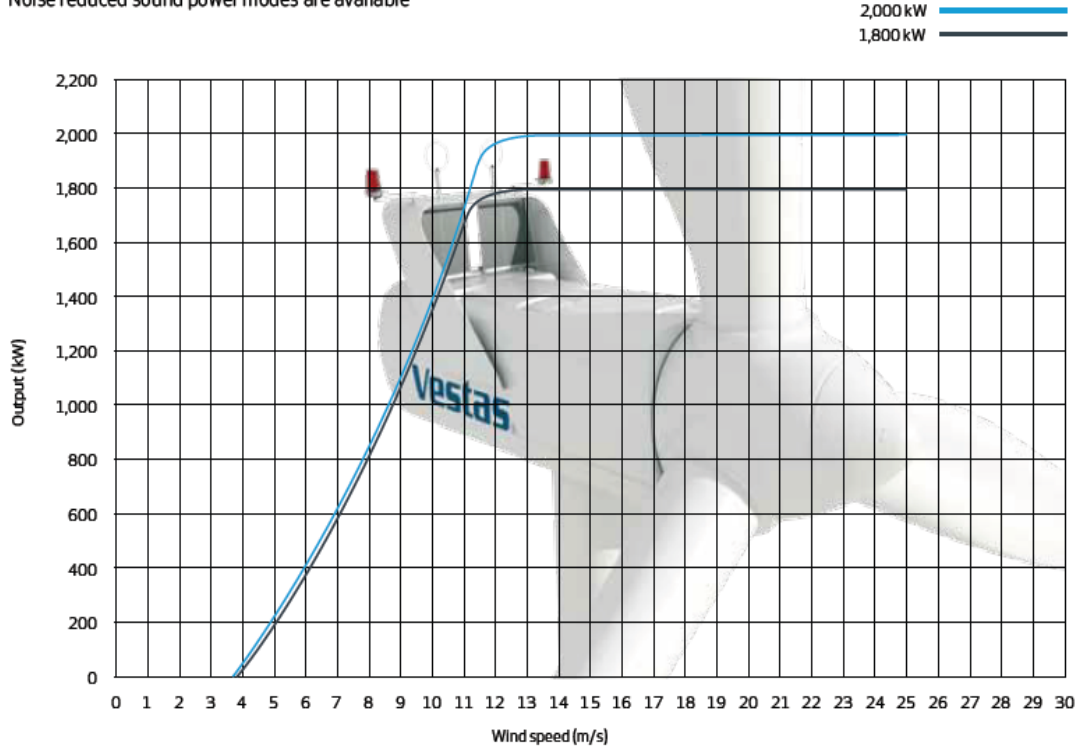
Tablo No 15: Vestas V90 2.0 MW Model Türbin Karakteristik Özellikleri

Rüzgar Gücü (KW)	2000
Göbek Yüksekliği (m)	80
Rotor Çapı (m)	90
Süpürme Alanı (m <sup>2</sup> )	6362
Devreye Girme Hızı	4 m/s
Optimum Çalışma Hızı	12 m/s
Devreden Çıkma Hızı	25 m/s

Şekil 41’de Vestas V90 2.0 MW rüzgar türbini güç eğrileri görülmektedir.

**POWER CURVE V90-1.8/2.0 MW (50 Hz)**

Noise reduced sound power modes are available



Şekil No 41: Vestas V90 2.0 MW Güç Eğrisi Grafiği

Tablo 16' da Vestas V90 türbininin rüzgar hızlarına göre ürettiği güç eğrisi verileri görünmektedir. Türbinimiz 4 m/s rüzgar hızında 56,00 KW güç üretmeye başlayıp 12 m/s' de optimum çalışma hızı olan 2000 KW güce ulaşır 25 m/s hızın üzerinde devreden çıkmaktadır.

Tablo No 16: Vestas V90 2.0 MW Güç Eğrisi Verileri Tablosu

<b>Rüzgar Hızı (m/s)</b>	<b>Güç Eğrisi Verileri (KW)</b>
0	0,0
1	0,0
2	0,0
3	0,0
4	56,0
5	165,0
6	339,0
7	570,0
8	863,0
9	1.215,0
10	1.606,0
11	1.878,0
12-30	2.000,0

#### 5.2.2.1. Üretilen Enerji Miktarı ve Kapasite Faktörü

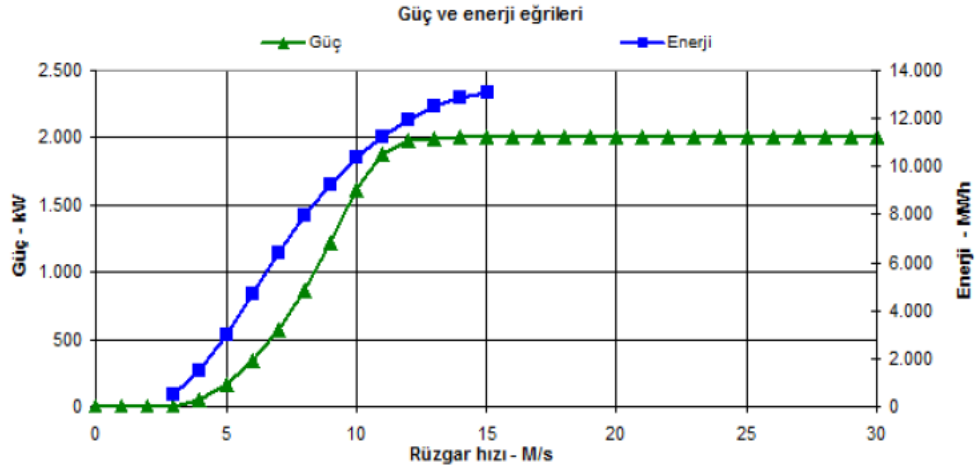
Kapasite faktörü ve rüzgar türbininden elde edilecek net enerji üretimi, projenin ekonomik açıdan uygulanabilirliğinin belirlenmesinde anahtar faktörlerdir. Güç eğrilerinin değerlendirilmesi sonucunda türbinin hangi hızlarda ne kadar enerji ürettiği bulunabilmektedir.

Uygulamamızda RetScreen programı ile, türbin yüksekliğinde ölçümleri hesaplanmış olan aylık ortalama rüzgar hızları kullanılarak, türbininin enerji eğrisi verileri oluşturulacak ardından kapasite faktörü hesaplanarak şebekeye verilecek yıllık elektrik miktarı bulunacaktır.

Tablo No 17: Türbin Güç ve Enerji Eğrileri Tablosu

Rüzgar Hızı (m/s)	Güç Eğrisi Verileri (KW)	Enerji Eğrisi Verileri (MWh)
0	0,0	
1	0,0	
2	0,0	
3	0,0	517,1
4	56,0	1.526,1
5	165,0	3.014,7
6	339,0	4.724,9
7	570,0	6.411,8
8	863,0	7.938,9
9	1.215,0	9.258,5
10	1.606,0	10.367,1
11	1.878,0	11.274,5
12	2.000,0	11.990,6
13	2.000,0	12.524,9
14	2.000,0	12.888,5
15	2.000,0	13.096,0
16-30	2.000,0	

Tablo 17' de RetScreen programına girilen güç verileri ile oluşturulan enerji verileri görülmektedir.



Şekil No 42: Bodrum Santrali Türbin Güç ve Enerji Eğrileri Grafiği

Şekil 42' de RetScreen uygulama programımız ile oluşturulan güç ve enerji eğrileri grafiksel gösterimi görülmektedir.



Tablo No 18: Şebekeye Verilecek Enerji Miktarı

Aylar	Rüzgar Hızı (m/s)	Şebekeye Verilen Elektrik (MWh)
Ocak	7,6	532
Şubat	9,3	625
Mart	9,7	716
Nisan	8,8	611
Mayıs	8,2	565
Haziran	8,7	580
Temmuz	8,3	556
Ağustos	8,7	592
Eylül	8,6	574
Ekim	8,6	608
Kasım	7,2	462
Aralık	9,0	667
<b>Yıllık</b>	<b>8,6</b>	<b>7.086</b>

Tablo 18’de Retscreen programı ile yapılan simülasyon sonucunda mevcut rüzgar hızlarına bağlı yıllık toplam 7.086 MWh elektrik şebekeye verilecektir.

Kapasite faktörü türbinin bir yılda ürettiği enerjinin, aynı türbinin üretebileceği maksimum enerjiye bölünmesi ile ortaya çıkmaktadır. Kurulacak rüzgar türbini kapasite faktörü % 40 olacaktır.

$$\text{Kapasite Faktörü} = \text{YÜE} / \text{TTKÜE}$$

YÜE : Yıllık üretilen enerji

TTKÜE: Türbinin tam kapasite ürettiği enerji

$$\text{Kapasite Fakörü} = \frac{7.086,000 \text{ KWs}}{2000 \text{ KW} \cdot 24 \text{ Saat} \cdot 365 \text{ Gün}} = 40\%$$

Kapasite faktörü teorik olarak 0 - %100 arasında değişebilmekte ise de en çok karşılaşılan kapasite faktörleri %20 – %30 arasındadır. Bu aralığın alt limitleri eski rüzgâr türbinlerini ve düşük rüzgârlı alanları temsil etmekte iken üst limitleri ise rüzgâr rejiminin kuvvetli olduğu yerlerde kurulan yeni teknoloji üretimi rüzgâr türbinlerini temsil etmektedir (Özcan, H. 2009).

### **5.2.3. Yatırımın Maliyet Analizi**

Bu bölümde kurulması planlanan rüzgar enerji santralinin maliyet adımları detaylarıyla hesaplanacaktır. Projenin maliyet analizini iki kısımda inceleyebiliriz. Bu maliyetler; ilk yatırım maliyetleri ve yıllık işletme giderlerinden oluşmaktadır.

#### **5.2.3.1. İlk Yatırım Maliyetleri**

Geçmiş 20 yılda rüzgâr enerjisi yatırımları için katlanılan maliyetlerde % 90' lara varan azalışlar görülmektedir. Tüm bu olumlu gelişmelere rağmen, halen rüzgâr enerji santrallerinin yapımı maliyetler açısından yüksek olarak değerlendirilmektedir. Bunun başlıca nedenleri yurtdışından sağlanan teçhizatın fiyatlarındaki yüksekliğidir.

İlk yatırım maliyetleri projenin çalışır vaziyete getirilmesi için katlanması gereken maliyetlerdir. Bu maliyetler her projede değişiklik gösterse de projemizde ilk yatırım maliyetleri; şirket kurulumu, proje etüdü, lisans başvurusu, mühendislik tasarım, elektrik sistemi, inşaat ve diğer gider kalemlerinden oluşacaktır.

##### **5.2.3.1.1. Şirket Kurulumu**

Lisans başvurularının yapılabilmesi için yatırımcının lisans başvurusu yapacak bir şirket kurması gerekmektedir. Şirket kurulumu için yaklaşık öngörülen tutar 2500\$ civarındadır.

### 5.2.3.1.2. Proje Etüdü

Proje Etüdü; saha incelemesi, rüzgar hızı ölçüm istasyonu, çevresel değerlendirme, ön proje, ayrıntılı maliyet tahmini, rapor hazırlama, proje yönetimi, seyahat ve konaklama giderleri, proje finansman maliyetlerini kapsamaktadır.

#### Saha İncelemesi:

Projenin genel olarak uygulanacağı alan belirlendikten sonra proje sahasına uzmanlarca ziyaretlerin yapılması gerekir. Bir rüzgâr enerjisi uzmanı ve beraberinde bir meteoroloji uzmanının sahanın karakteristik özelliklerini ve türbinin kurulacağı en uygun noktayı tespit etmeleri gerekmektedir. Fizibilite çalışmalarında kullanılacak ilk verilerin tespiti bu uzmanlarca yapılır.

#### Rüzgar Hızı Ölçüm İstasyonu:

Kurulacak rüzgâr enerjisi ölçüm istasyonunun maliyeti istenen verilerin çeşitliliğine ve ölçüm yapılacak yüksekliğe göre değişmektedir. Çalışmamızda rüzgar hızı verileri Devlet Meteoroloji Müdürlüğünden alındığından dolayı bir bedel ayrılmamıştır. İstenildiği takdirde sektörde faaliyet gösteren özel ölçüm yapan firmaların talep ettiği bedel bu büyüklükte sistemler için 40.000–50.000 USD arası değişmektedir.

#### Çevresel Değerlendirme:

Bu çalışmanın amacı ses, görünümsel değerlendirmeler ve projenin bitki örtüsü ve hayvanlar üzerine yapacağı etkinin araştırılmasıdır.

#### Ön proje:

Fizibilite çalışmasının bulgularını ve önerileri içeren özet bir raporun hazırlanması gerekmektedir. Bu rapor verileri, tabloları ve şekilleri içeren, projeyi detaylı olarak açıklayan bir rapor olmalıdır.

#### Ayrıntılı Maliyet Tahmini:

Bu çalışma danışmanlık hizmeti veren firmalar tarafından gerçekleştirilmekte olup kurulacak olan sistemin genel olarak tüm maliyet aşamalarını kapsayacaktır.

#### Proje Yönetimi:

Fizibilite çalışmalarının ve ilgili çevrelerle ilişkilerin yönetimidir.

#### Rapor Hazırlama:

Fizibilite çalışmalarının bulguları ve önerilerini içeren genel rapordur.

#### Seyahat ve Konaklama:

Fizibilite etüdü çalışmasının tamamında görev alacak uzmanların seyahat ve konaklama maliyetini içermektedir.

#### Proje Finansman:

Uygun finansmanın bulunması için yapılan çalışmalardır. Çalışmamızda yatırımını planlamakta olduğumuz projemizin %50'si özkaynak, % 50 si kredi fonundan karşılanacaktır.

Çalışmamızda proje etüdü çalışmalarının tamamı danışmanlık hizmeti aldığımız danışman şirketi tarafından yapılacak olup hizmetin bedeli 15,000\$ olacaktır.

#### **5.2.3.1.3. Lisans Başvurusu**

Resmi Kurumlarla yapılacak görüşmeleri ve alınacak onay, izinleri ve sözleşmeleri kapsamaktadır. Lisans başvurusu giderleri içerisinde hem başvuru esnasında gerekli bilgi ve belgelerin toplanması için danışman firmaya verilecek giderler hem de EPDK' nın üretim lisansı için belirlemiş olduğu lisans alma bedeli ve yıllık lisans bedelleri dâhildir. Çalışmamızda bu maliyet kalemi için ayrılan tutar 3000 \$' dır.

#### **5.2.3.1.4. Mühendislik Tasarım**

Mühendislik tasarım; mekanik tasarım, elektrik tasarımı ve inşaat tasarımı maliyetlerinden oluşmaktadır.

Mekanik Tasarım:

Projenin bir takım aşamalarında mekanik tasarım konusunda gerektirdiğinde yardım alınması gereken makine mühendisliği hizmettir.

Elektrik Tasarımı:

Sistemin şebekeye bağlantı ve dizaynı konusunda alınması gereken elektrik mühendisliği hizmetidir.

İnşaat Tasarımı:

Projenin inşaat mühendisliği hizmetleri ile ilgili sahanın, temelin, yapılacak olan yolların planlama ve dizayn işleri ile ilgili maliyet kalemidir.

Çalışmamızda elektrik-inşaat-mekanik tasarımı projeleri; türbin temelleri, yol yapım çalışmaları, elektrik altyapısı ve iletim hatları uygulamalarını yapacak olan bu alanda uzmanlaşmış seçilen mühendislik firması tarafından hazırlanacaktır. Tasarım maliyetleri uygulama fiyatlarıyla birlikte değerlendirilmiştir.

#### **5.2.3.1.5. Elektriksel Sistem**

Elektrik sistemi maliyetleri; rüzgar türbini, elektrik altyapısı ve iletim hattı, rüzgâr türbini kurulumu ve devreye alınması maliyetlerinden oluşmaktadır.

Rüzgâr Türbini:

Çalışmamızda 1 adet Vestas V90 2MW türbin kullanılacaktır. Sayaç ve veri izleme-kayıt sistemi, türbinle birlikte paket halinde satın alınacak olup saha teslim fiyatı 2,864,000 \$ olacaktır.

Elektrik Altyapısı ve İletim Hattı:

Üretilen elektrik enerjisinin türbin çıkışından itibaren son kullanıcı olan tüketicilere ulaştırılmasında iletim hatlarına gereksinim duyulur. İletim maliyetlerini en aza indirmek için rüzgâr türbininin kurulduğu yerin elektrik sağlayacağı bölgeye yakın olması gerekir. Çalışmamızda malzeme ve uygulama dahil mühendislik firması tarafından yapılacak iletim hattı ve elektrik altyapısı maliyeti 35.000 \$ olacaktır.

Rüzgâr Türbini Kurulumu ve Devreye Alma:

Türbinin kurulumu ve devreye alınması hizmeti türbin tedarikçimiz Vestas tarafından sağlanan hizmet olup tutarı türbin maliyetinin içindedir. Bu maliyet kalemi için ayrı bir bedel ödenmeyecektir.

#### **5.2.3.1.6. İnşaat Giderleri**

İnşaat Maliyet kalemi; yol yapımı ve rüzgar türbin temeli maliyetlerinden oluşmaktadır.

Yol Yapımı:

Rüzgar santralının inşa edileceği alanı ulaşım ve taşıma faaliyetlerine uygun olmak zorundadır. Rüzgar türbinleri oldukça büyüktür ve yerleştirilmeleri için vinçlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple inşa alanının vinçlerin girebileceği özellikte olması gerekir ya da en kötü ihtimalle alanın elverişli hale getirilmesi gerekmektedir. Arazinin inşaata hazır hale getirilmesi için yapılacak düzenlemelerde bu maliyetlerde bu kaleme yer alacaktır. Mühendislik firması tarafından yapılacak yol yapımı ve düzenleme için ayrılacak tutar 35,000\$ olacaktır.

Rüzgar Türbin Temeli:

Rüzgâr türbini temeli maliyetleri, kullanılan malzeme(demir ve beton) ve uygulama giderlerinden oluşmaktadır. Rüzgar türbin temeli yapımı için mühendislik firmasına 75,000 \$ ödenecektir.

### 5.2.3.1.7. Diğer Giderler

Diğer giderler, genel anlamda sistemi destekleyici maliyetleri kapsamaktadır. Bu giderler; sistem odası, inşaat kontrolörlüğü, şantiye giderleri, genel ve idari giderler, nakliye giderleri, öngörülmeleyen giderler ve sigorta giderlerinden oluşmaktadır.

#### Sistem Odası:

Rüzgar enerji santralimizin elektriksel aksamının yer alacağı ve aynı zamanda çalışan personelinin barınacağı sistem odası için konteyner alımı yapılacaktır. Sistem odası için 30,000\$ ödenecektir.

#### İnşaat Kontrolörlüğü:

İnşaat kontrolörlüğü giderleri, projenin plan dahilinde yapıldığının kontrolü için katlanılan maliyettir. İnşaat kontrolörlüğü hizmeti bağımsız bir firma tarafından veya malzeme tedarikçisi firma tarafından yapılabileceği gibi istihdam edilebilecek proje yöneticisi tarafından da yapılabilir. Çalışmamızda inşaat kontrolörlüğü proje çalışır hale gelesiyeye kadar bağımsız denetleme amacıyla tarafımızdan sağlanan proje yöneticisi mühendis tarafından yapılacaktır. İnşaat kontrolörlüğü için 15,000\$ ödenecektir.

#### Şantiye Giderleri:

Proje yapımı sırasında gerekli olabilecek ihtiyaç giderlerinden oluşmaktadır. Verilerin izlenmesi ve idari işler için sistem odasına PC kurulacaktır. Bu gider kalemi şantiye giderleri içinde yer almıştır. Çalışmamızda bu gider kalemi için 10.000 \$ ayrılacaktır.

#### Nakliye Giderleri:

Nakliye masrafları kuruluş yerine taşınan malzeme ve ekipmanları ifade eder. Çalışmamızda gümrük ve nakliye bedelleri türbin fiyatının içinde olup tedarikçimiz tarafından saha telsim şeklinde olacak ve bunun için ayrı bir bedel ödenmeyecektir.

#### Öngörülemeyen Giderler:

Maliyetlere sağlanan toleransı ifade etmektedir. Bu gider kalemi için 20,000 \$ ayrılacaktır.

#### Sigorta Giderleri:

Sigorta maliyetleri, projemizin çalışır vaziyete gelene kadar tüm ekipman ve uygulamaların genel sigortasını kapsamaktadır. Bu gider kalemi için 25.000 \$ ayrılmıştır.

#### Genel ve İdari Giderler:

Projeyi çalışır hale getirmek için harcanan yönetsel giderler. Seyahatler, idari giderler, görünmeyen diğer giderler bu maliyet kalemi içinde ele alınacaktır. Çalışmamızda bu gider kalemi 10.000 \$ olarak alınacaktır.

Tablo No 19: İlk Yatırım Maliyetleri Toplamı

<b>İlk Yatırım Maliyetleri</b>	
Şirket Kurulumu	2,500\$
Proje Etüdü	15,000\$
Lisans Başvurusu	3,000\$
Mühendislik Tasarım	X
Elektriksel Sistem	2,899,000\$
İnşaat Giderleri	110,000\$
Diğer Giderler	110,000\$
<b>Toplam</b>	<b>3,139,500\$</b>

#### 5.2.3.2. Yıllık İşletme Giderleri

Yıllık işletme giderleri, projenin çalışır durumunu korumak için belli aralıklarla katlanması gereken giderlerdir. Bu giderler; arazi kirası, parçalar ve bakım, personel giderleri, genel ve idari giderler, öngörülemeyen giderler ve sigorta



giderlerinden oluşmaktadır. Yıllık işletme giderlerimizin tamamı yıllık enflasyon oranı doğrultusunda artış gösterecektir.

#### Arazi Kirası:

Arazi hakları ile ilgili giderler olup, arazinin mülkiyetinin kime ait olduğunu kapsar. Proje alanının satın alma veya kiralama giderleri bu gider kalemi içerisinde. Ülkemizde, rüzgâr enerjisi santrallerinin uygun bulunacak ve onayı verilecek devlet arazisine yapılması durumunda arazi tahsisi de uygulanmaktadır. Çalışmamızda konumu belirlenmiş arazi yatırımcı firma adına 20 yıllığına kiralanacaktır. Arazi sahiplerine ödenecek yıllık kira bedeli ihtiyacımız olan 6000 m<sup>2</sup> alan için 15,000 \$'dır.

#### Parçalar ve Bakım:

Rüzgâr türbinlerinin işletilmeye başlandıktan sonra da ekonomik ömürleri boyunca periyodik bakımları yapılmalıdır. Çalışmamızda bu gider proje ömrü boyunca yıllık 6,000 \$ alınacaktır.

#### Genel ve İdari Giderler:

Proje ömrü boyunca şirkete ait olan giderleri ifade eder. Bu gider kalemi için proje ömrü boyunca yıllık 5,000 \$ ayrılacaktır.

#### Öngörülmeleyen Giderler:

Yıllık giderlerimizin tahminimizden daha yüksek çıkma olasılığına karşılık yıllık giderlerin belli bir yüzde oranında sağlanan toleransı ifade eder. Bu gider kalemi için yıllık 5,000 \$ ayrılacaktır.

#### Personel Giderleri:

Proje ömrü boyunca idari ve denetimsel işlerden sorumlu tek personel yeterli olacaktır. Diğer ihtiyaç duyulacak personel istihdamı ise güvenlik ve temizlik hizmeti alanlarında olacaktır. İstihdam edilecek 3 personel vardiyalı çalışacak olup aynı zamanda güvenlikten sorumlu olacaktır. Tüm personellerin senelik giderleri sigortaya ödenecek bedeller dahil 29,000 \$ olacaktır.

#### Sigorta Gideri:

Genel önlem amaçlı sistemin proje ömrü boyunca yıllık sigorta bedeli 6,000\$ olacaktır.

Tablo No 20: Yıllık İşletme Giderleri Toplamı

<b>Yıllık İşletme Giderleri</b>	
Arazi Kirası	15,000\$
Parçalar ve Bakım	6,000\$
Genel ve İdari Giderler	5,000\$
Öngörülmeven Giderler	5,000\$
Personel Giderleri	29,000\$
Sigorta Gideri	6,000\$
<b>Toplam</b>	<b>66,000\$</b>

#### 5.2.4. Yatırımın Finansal Analizi

Rüzgar enerji santralleri mevcut üretim teknolojileri ile KW başına yüksek sermaye gerektiren ancak yakıt maliyeti olmayan ve işletme maliyetleri düşük olan bir enerji kaynağıdır. Yapılmış olan teknik analizler ve maliyet analizleri neticesinde elde edilen sonuç ve değerlendirmeler sadece bir projenin kabul edilip edilmemesi için

yeterli değildir. Her yatırım gibi rüzgar enerjisi santrallerinin kârlılığını da öz sermaye ve kredi finansman koşulları etkilemektedir.

Bu bölümde öncelikle yatırımın finansal tabloları oluşturulacak ve tabloların değerlendirilmesinde kullanılacak olan bazı finansal parametrelere değinilerek bu parametrelerle yatırımcının karar verme sürecinde önemli karar kriterlerini içeren özkaynak geri ödeme süresi, getiri oranları, net bugünkü değer analizi ve iç karlılık oranı yöntemi gibi sonuçlar alınarak yatırımın ekonomik analizi yapılacaktır.

Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemleri dinamik ve statik yöntemler olmak üzere iki kategoride sınıflandırılabilir. Statik yöntemler paranın zaman değerini dikkate almazken; dinamik yöntemler paranın zaman değerini dikkate alan yöntemlerdir.

Paranın zaman değerini dikkate almayan statik yöntemlerin temel özellikleri, değerlendirmenin bir dönemlik muhasebe kayıtları ile sınırlandırılması, maliyet ve gelirlere dayandırılması olarak özetlenebilir (Gedik, Akyüz, 2005).

Paranın zaman değerini dikkate alan dinamik yöntemlerin temel özellikleri ise; yapılacak bir yatırım projesi için yapılan tüm harcamalar genellikle bir yıl içinde gerçekleşmez, projenin yapımı sırasında dönem dönem ortaya çıkar. Bunun yanında yapılan projeden beklenen gelirlerde dönem dönem tahsil edilecektir. Farklı dönemlerde elde edilen bu gelir ve yapılan giderler aynı değerlerde olmazlar. Bu yüzden bu değer farkları türdeş zaman dilimlerinde incelenmelidir. Dinamik değerlendirme yöntemlerinde, proje için yapılacak tüm maliyetler ve hurda değeri hesaba katılmaktadır. Bu nedenle projenin ekonomik ömrünün ve bu ekonomik ömrü içinde elde edilecek hâsılat ve yapılacak maliyetlerin tahmin edilmesi gerekmektedir (Gedik, Akyüz 2005).

Ülkemizde yenilenebilir enerji yatırımları ve enerji verimliliği projeleri Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (TURSEFF) tarafından desteklenmektedir. TURSEFF, enerji verimlilik ya da yenilenebilir enerji projelerine yatırım yapmak isteyen endüstriyel firmalar, ticari girişimciler ve özel konut sahiplerine yönelik kredi fırsatıdır.

Avrupa Kalkınma Bankası ve Dünya Bankası bünyesindeki Temiz Teknoloji Fonu ile Avrupa Birliği programının finansörleridir. Programın hedeflediği müşteri

profili, KOBİ ve kısmen KOBİ ölçeğindeki firmalardır. Program kapsamındaki kredi imkanları anlaşma yapılmış bankalar aracılığıyla kullanılmaktadır. Destekten

faйдalanmak için başvuran projelerin teknik incelemesi TURSEFF tarafından yapıp, kredilerin teminat, faiz ve vade gibi koşulları ise katılımcı bankalar tarafından belirlenmektedir (Tursef, 2013).

Yatırım tutarının %50'si öz kaynaklarımızla %50' si ise dış kaynaklardan kredi kullanılarak finanse edilecektir. Projemiz için TURSEFF kapsamındaki anlaşma yapılmış bankalarla görüşmeler yapılmış istediğimiz tutar için borç faiz oranı (dolar kuru olarak) %5, borç ödeme vadesi 10 sene olarak teklif alınmıştır. Borç ödemeleri 1. senenin sonu itibariyle başlamaktadır.

Tablo 21' de yatırımımız için hazırlanan finansman kaynak tablosu görülmektedir. Tablomuzaya göre ilk yatırım maliyetimiz 3,139,500 \$ olup %50' si kredi kullanılarak % 5 faiz oranı 10 yıl süreyle 203,290 \$ geri ödeme planımız olacaktır.

Tablo No 21: Finansman Kaynak Tablosu

Yatırım Miktarı	3,139,500\$
Borç Oranı	50%
<b>Özkaynaklar</b>	<b>1,569,750\$</b>
<b>Yabancı Kaynaklar</b>	<b>1,569,750\$</b>
Borç Faiz Oranı	5%
Borç Vadesi	10 Yıl
Borç Ödemeleri	203,290 \$/yıl

Enflasyon Oranı:

Enflasyon, fiyatlar genel düzeyinin sürekli ve hızlı olarak yükselmesi olarak tanımlanabilir, Aynı zamanda fiyatlar genel düzeyindeki devamlı bir artış sürecinin yanında paranın değerindeki sürekli bir düşmeyi de ifade eder (Muhasebe Dersleri, 2013). Çalışmamızda enflasyon oranı %5 alınacaktır.

#### İskonto Oranı:

Yatırımı yapan kişi veya kurumun yatırımdan elde etmeyi beklediği minimum karlılık oranıdır. Projemizde bu oran %12 olarak alınacaktır.

#### Gelir Vergisi Oranı:

Çalışmamızda gelir vergisi oranı olarak 2013 yılı kurumlar vergisi oranı alınmıştır. 2013 yılı kurumlar vergisi oranı %20' dir (Kurumlar Vergisi Oranı, 2013).

#### Hurda Değeri:

Rüzgar türbinleri uzun ömürlü olan ekipmanlardır. Üretici firmalar bu ekipmanlara artık 25 sene performans garantisi vermektedirler. Bu garantinin ardından de sistemler çalışmaya daha da devam etmektedirler. Bu sebeple proje ömrünü tamamlaması ardından yani 20 sene sonra bu sistemlerin yine bir parasal karşılığı olacaktır.

Hurda değeri bir varlığın ya da yatırımın ekonomik ömrünü tamamladığında (firma tarafından elden çıkarıldığında) getireceği gelir miktarını ifade etmektedir (Keser, 2010).

Çalışmamızda hurda değeri rüzgar türbini maliyetinin %10'u alınacak olup, bu bedel 286,400 \$ olacaktır.

#### Yeniden Değerleme ( Amortisman ) Oranı:

Amortisman tabi maddi duran varlıkların enflasyon nedeniyle elde etme maliyetleri ile piyasa değeri arasında bir fark oluşmaktadır. Bu farkın, bilançoların sağlıklı şekilde değerlendirilebilmesi için Maliye Bakanlığı tarafından her sene belirlenen oranlar dâhilinde yükseltilmesine yeniden değerlendirme denir (Keser, 2010).

Çalışmamızda sabit yüzdeli basit amortisman yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntemde amortisman varlık maliyet bedeli ile hurda değeri farkının varlığın ömrüne bölünmesi ile belirlenen miktar amortisman payı olarak ayrılır. Her yıl ayrılan amortisman payları aynıdır.

$$\text{Yıllık Amortisman Payı} = \frac{\text{Varlık Değeri} - \text{Hurda Değeri}}{\text{Ekonomik Ömür}}$$

$$\text{Yıllık Amortisman Payı} = \frac{2,864,000\$ - 286,400 \$}{20} = 128,880\$ \text{ olacaktır.}$$

Tablo 22’ de rüzgar enerji santral yatırımımızın proje ömrü boyunca yıllık nakit çıkışları görülmektedir. Tablomuzaya göre yıllık çıkışları hesaplamış olduğumuz yıllık işletme giderleri kaleminden, borç ödemelerinden ve hesaplanan amortismandan oluşmaktadır. Yıllık işletme giderleri belirlenen enflasyon oranında artış göstererek artacak, 20. yıl sonu itibariyle toplam 4.201.080 \$ nakit çıkışı olacaktır.

Tablo No 22: Yıllık Nakit Çıkışları

Yıllar	1	2	3	4	5
Saha Maliyeti	\$15.000	\$15.750	\$16.500	\$17.300	\$18.100
Parçalar ve Bakım	\$6.000	\$6.300	\$6.600	\$6.900	\$7.200
Genel ve İdari Maliyetler	\$5.000	\$5.200	\$5.500	\$5.700	\$6.000
Öngörülmeven Giderler	\$5.000	\$5.250	\$5.500	\$5.700	\$6.000
Personel Maliyeti	\$29.000	\$30.450	\$31.900	\$33.500	\$35.200
Sigorta Bedeli	\$6.000	\$6.300	\$6.600	\$6.900	\$7.200
<b>Yıllık Giderler Toplamı</b>	<b>\$66.000</b>	<b>\$69.250</b>	<b>\$72.600</b>	<b>\$76.000</b>	<b>\$79.700</b>
Senelik Borç Tutarı	\$203.290	\$203.290	\$203.290	\$203.290	\$203.290
Amortisman	\$128.880	\$128.880	\$128.880	\$128.880	\$128.880
<b>Toplam Yıllık Nakit Çıkışı</b>	<b>\$269.300</b>	<b>\$272.500</b>	<b>\$275.900</b>	<b>\$279.300</b>	<b>\$283.000</b>
<b>Kümülatif Toplam Nakit Çıkışı</b>	<b>\$269.300</b>	<b>\$541.800</b>	<b>\$817.700</b>	<b>\$1.097.000</b>	<b>\$1.380.000</b>
Yıllar	6	7	8	9	10
Saha Maliyeti	\$19.000	\$20.000	\$21.000	\$22.000	\$23.000
Parçalar ve Bakım	\$7.500	\$7.800	\$8.400	\$8.800	\$9.200
Genel ve İdari Maliyetler	\$6.300	\$6.600	\$6.900	\$7.300	\$7.600
Öngörülmeven Giderler	\$6.300	\$6.600	\$6.900	\$7.300	\$7.600

Personel Maliyeti	\$36.900	\$38.800	\$40.800	\$42.800	\$44.900
Sigorta Bedeli	\$7.500	\$7.800	\$8.200	\$8.600	\$9.100
<b>Yıllık Giderler Toplamı</b>	<b>\$83.500</b>	<b>\$87.600</b>	<b>\$92.200</b>	<b>\$96.800</b>	<b>\$101.400</b>
Senelik Borç Tutarı	\$203.290	\$203.290	\$203.290	\$203.290	\$203.290
Amortisman	\$128.880	\$128.880	\$128.880	\$128.880	\$128.880
<b>Toplam Yıllık Nakit Çıkışı</b>	<b>\$286.800</b>	<b>\$290.900</b>	<b>\$295.500</b>	<b>\$300.000</b>	<b>\$304.700</b>
<b>Kümülatif Toplam Nakit Çıkışı</b>	<b>\$1.666.800</b>	<b>\$1.957.700</b>	<b>\$2.253.200</b>	<b>\$2.553.200</b>	<b>\$2.857.900</b>
<b>Yıllar</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
Saha Maliyeti	\$24.150	\$25.300	\$26.500	\$27.800	\$29.200
Parçalar ve Bakım	\$9.700	\$10.300	\$10.700	\$11.300	\$11.800
Genel ve İdari Maliyetler	\$8.100	\$8.500	\$8.900	\$9.200	\$9.700
Öngörülme-yen Giderler	\$8.100	\$8.500	\$8.900	\$9.200	\$9.700
Personel Maliyeti	\$47.200	\$49.500	\$52.000	\$54.600	\$57.400
Sigorta Bedeli	\$9.600	\$10.200	\$10.700	\$11.300	\$11.800
<b>Yıllık Giderler Toplamı</b>	<b>\$106.850</b>	<b>\$112.300</b>	<b>\$117.700</b>	<b>\$123.400</b>	<b>\$129.600</b>
Senelik Borç Tutarı	\$0	0	0	0	0
Amortisman	\$128.880	\$128.880	\$128.880	\$128.880	\$128.880
<b>Toplam Yıllık Nakit Çıkışı</b>	<b>\$106.850</b>	<b>\$112.300</b>	<b>\$117.700</b>	<b>\$123.400</b>	<b>\$129.600</b>
<b>Kümülatif Toplam Nakit Çıkışı</b>	<b>\$2.964.750</b>	<b>\$3.077.050</b>	<b>\$3.194.750</b>	<b>\$3.318.150</b>	<b>\$3.447.750</b>
<b>Yıllar</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
Saha Maliyeti	\$30.600	\$32.130	\$33.700	\$35.300	\$37.000
Parçalar ve Bakım	\$12.400	\$13.000	\$13.700	\$14.400	\$15.100
Genel ve İdari Maliyetler	\$10.400	\$10.900	\$11.400	\$12.000	\$12.600
Öngörülme-yen Giderler	\$10.400	\$10.900	\$11.400	\$12.000	\$12.600
Personel Maliyeti	\$60.200	\$63.300	\$66.400	\$69.700	\$73.200
Sigorta Bedeli	\$12.400	\$13.000	\$13.700	\$14.400	\$15.100
<b>Yıllık Giderler Toplamı</b>	<b>\$136.400</b>	<b>\$143.230</b>	<b>\$150.300</b>	<b>\$157.800</b>	<b>\$165.600</b>
Senelik Borç Tutarı	\$0	0	0	0	0
Amortisman	\$128.880	\$128.880	\$128.880	\$128.880	\$128.880
<b>Toplam Yıllık Nakit Çıkışı</b>	<b>\$136.400</b>	<b>\$143.230</b>	<b>\$150.300</b>	<b>\$157.800</b>	<b>\$165.600</b>
<b>Kümülatif Toplam Nakit Çıkışı</b>	<b>\$3.584.150</b>	<b>\$3.727.380</b>	<b>\$3.877.680</b>	<b>\$4.035.480</b>	<b>\$4.201.080</b>

#### 5.2.4.1. Yatırımın Getirisi

Yapılmış olan bu yatırımın getirisi; her sene üretilmiş olan elektrik enerjisinin satılması ile elde edilen gelirdir. Devletin vermeyi öngördüğü teşvike göre rüzgar enerjisinden üretilen elektriğin alış fiyatı 73 \$/MWh' dir. Bu durumda yıllık gelirimiz,

$7.086 \text{ MWh} \times 73 \text{ \$/MWh} = \mathbf{517,278 \text{ \$}}$  olacaktır.

Tablo 23'de yatırımımızın proje ömrü boyunca yıllık nakit girişleri görülmektedir. Tablomuza göre yıllık net 517.278 \$ gelir elde edilecek, 20.yıl sonu itibariyle hesaplanan hurda değerimizde eklenerek proje ömrü boyunca toplam 10.631.960 \$ gelir elde edilecektir.



Tablo No 23: Yıllık Nakit Girişleri

<b>Yıllar</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Satılan Enerji Geliri	\$517.278	\$517.278	\$517.278	\$517.278	\$517.278
Hurda Değeri	0	0	0	0	0
<b>Nakit Girişi</b>	<b>\$517.278</b>	<b>\$517.278</b>	<b>\$517.278</b>	<b>\$517.278</b>	<b>\$517.278</b>
<b>Kümülatif Toplam Nakit Girişi</b>	<b>\$517.278</b>	<b>\$1.034.556</b>	<b>\$1.551.834</b>	<b>\$2.069.112</b>	<b>\$2.586.390</b>
<b>Yıllar</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Satılan Enerji Geliri	\$517.278	\$517.278	\$517.278	\$517.278	\$517.278
Hurda Değeri	0	0	0	0	0
<b>Nakit Akışı</b>	<b>\$517.278</b>	<b>\$517.278</b>	<b>\$517.278</b>	<b>\$517.278</b>	<b>\$517.278</b>
<b>Kümülatif Toplam Nakit Girişi</b>	<b>\$3.103.668</b>	<b>\$3.620.946</b>	<b>\$4.138.224</b>	<b>\$4.665.502</b>	<b>\$5.172.780</b>
<b>Yıllar</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
Satılan Enerji Geliri	\$517.278	\$517.278	\$517.278	\$517.278	\$517.278
Hurda Değeri	0	0	0	0	0
<b>Nakit Akışı</b>	<b>\$517.278</b>	<b>\$517.278</b>	<b>\$517.278</b>	<b>\$517.278</b>	<b>\$517.278</b>
<b>Kümülatif Toplam Nakit Girişi</b>	<b>\$5.690.058</b>	<b>\$6.207.336</b>	<b>\$6.724.614</b>	<b>\$7.241.892</b>	<b>\$7.559.170</b>
<b>Yıllar</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
Satılan Enerji Geliri	\$517.278	\$517.278	\$517.278	\$517.278	\$517.278
Hurda Değeri	0	0	0	0	\$286.400
<b>Nakit Akışı</b>	<b>\$517.278</b>	<b>\$517.278</b>	<b>\$517.278</b>	<b>\$517.278</b>	<b>\$803.678</b>
<b>Kümülatif Toplam Nakit Girişi</b>	<b>\$8.276.448</b>	<b>\$8.793.726</b>	<b>\$9.311.004</b>	<b>\$9.828.282</b>	<b>\$10.631.960</b>

#### 5.2.4.2. Kümülatif Net Nakit Akışları

Yukarıdaki tablolarda, proje ömrü boyunca (20 yıl) oluşacak nakit giriş ve çıkışları gösterilmiştir. Bu tabloları birleştirip amortisman ve gelir vergisine tabi tuttuğumuzda net nakit akışlarını gösteren tablo ortaya çıkar. Yapılacak yatırımların

beklentimizi karşılayıp karşılamayacağı bu son oluşturulacak net nakit akışı tablosu vasıtasıyla da değerlendirilebilir. Aşağıdaki tabloda rüzgar enerji santral yatırımımızın proje ömrü boyunca net nakit akışları görülmektedir.

Tablo No 24: Net Nakit Akış Tablosu

Yıl	Nakit Girişleri	Nakit Çıktıları	Faiz	Vergi Öncesi Nakit Akışı	Gelir Vergisi	Vergi Sonrası Nakit Akışı	Kümülatif Net Nakit Akışı
0		<b>-\$1.569.750</b>					<b>-\$1.569.750</b>
1	\$517.728	-\$194.880	-\$203.290	\$119.108	\$23.822	<b>\$224.166</b>	<b>-\$1.345.584</b>
2	\$517.728	-\$198.130	-\$203.290	\$115.858	\$23.172	<b>\$221.566</b>	<b>-\$1.124.018</b>
3	\$517.728	-\$201.480	-\$203.290	\$112.508	\$22.502	<b>\$218.886</b>	<b>-\$905.132</b>
4	\$517.728	-\$204.880	-\$203.290	\$109.108	\$21.822	<b>\$216.166</b>	<b>-\$688.966</b>
5	\$517.728	-\$208.580	-\$203.290	\$105.408	\$21.082	<b>\$213.206</b>	<b>-\$475.760</b>
6	\$517.728	-\$212.380	-\$203.290	\$101.608	\$20.322	<b>\$210.166</b>	<b>-\$265.594</b>
7	\$517.728	-\$216.480	-\$203.290	\$97.508	\$19.502	<b>\$206.886</b>	<b>-\$58.708</b>
8	\$517.728	-\$221.080	-\$203.290	\$92.908	\$18.582	<b>\$203.206</b>	<b>\$144.498</b>
9	\$517.728	-\$225.680	-\$203.290	\$88.308	\$17.662	<b>\$199.526</b>	<b>\$344.024</b>
10	\$517.728	-\$230.280	-\$203.290	\$83.708	\$16.742	<b>\$195.846</b>	<b>\$539.870</b>
11	\$517.728	-\$235.730	0	\$281.548	\$56.310	<b>\$354.118</b>	<b>\$893.988</b>
12	\$517.728	-\$241.180	0	\$276.098	\$55.220	<b>\$349.758</b>	<b>\$1.243.746</b>
13	\$517.728	-\$246.580	0	\$270.698	\$54.140	<b>\$345.438</b>	<b>\$1.589.184</b>
14	\$517.728	-\$252.280	0	\$264.998	\$53.000	<b>\$340.878</b>	<b>\$1.930.062</b>
15	\$517.728	-\$258.480	0	\$258.798	\$51.760	<b>\$335.918</b>	<b>\$2.265.980</b>
16	\$517.728	-\$265.280	0	\$251.998	\$50.400	<b>\$330.478</b>	<b>\$2.596.458</b>
17	\$517.728	-\$272.110	0	\$245.168	\$49.034	<b>\$325.014</b>	<b>\$2.921.472</b>
18	\$517.728	-\$279.180	0	\$238.098	\$47.620	<b>\$319.358</b>	<b>\$3.240.830</b>
19	\$517.728	-\$286.680	0	\$230.598	\$46.120	<b>\$313.358</b>	<b>\$3.554.188</b>
20	\$803.678	-\$294.480	0	\$509.198	\$101.840	<b>\$536.238</b>	<b>\$4.090.426</b>

Tablo 24' de görüldüğü gibi, proje yatırımı 1.569.750 \$ özkaynak yatırımıyla başlamaktadır. Vergi sonrası oluşan kümülatif net nakit akışlarımıza göre, projemiz 8. yıl itibarıyla pozitif geçmektedir.

## 5.2.5. Yatırımın Ekonomik Analizi

Çalışmamızın bu bölümünde projelerinin değerlendirilmesi için dinamik ve statik yöntemler uygulanarak yatırım kararı alınıp alınamayacağı değerlendirilecektir.

### 5.2.5.1. Geri Ödeme Süresi Yöntemi

Projenin geri ödeme süresi yönteminde, yatırım projeleri; ilk yatırım tutarının ne kadar süre içinde geri alınabileceği açısından değerlendirilmektedir. Başlangıçta yatırılan paranın ileriki yıllarda elde edilecek gelirler ile kaç yılda geri alınacağını ölçer. Yatırım projelerinin geri ödeme süreleri kısaltıkça yatırımın daha az riskli olacağı ve likiditesinin artacağı düşünülür. Basit yöntemde, paranın zaman değeri dikkate alınmaz (Kavak 2013).

Hesaplanan geri ödeme süresi yatırımcının beklediği yıl kadar veya daha kısa ise yatırım projesi kabul edilir, aksi halde red edilir. Buna göre, geri ödeme süresi yöntemi temelde projenin karlılığından ziyade projenin likiditesini göstermektedir (Gedik, Akyüz 2005).

Projenin alternatif projeler arasında bir seçim yapıldığında ise geri ödeme süresinden kısa olan projeye öncelik verilmesi hususunda bilgi sahibi olunabilir. Geri ödemeyi tespit etmek için, yatırımcı ilk önce ilk yatırım maliyetini, yıllık enerji gelirini ve yıllık işletme giderlerini tahmin eder (Akkaya 2007).

Özsermaye geri ödeme süresini bulmak için Tablo 24'de oluşturduğumuz Net Nakit Akış Tablolarından yararlanabiliriz.

Yıl	Vergi Sonrası Nakit Akışı	Kümülatif Net Nakit Akışı	Yıl	Vergi Sonrası Nakit Akışı	Kümülatif Net Nakit Akışı
0		-\$1.569.750			
1	\$224.166	-\$1.345.584	11	\$354.118	\$893.988
2	\$221.566	-\$1.124.018	12	\$349.758	\$1.243.746
3	\$218.886	-\$905.132	13	\$345.438	\$1.589.184
4	\$216.166	-\$688.966	14	\$340.878	\$1.930.062
5	\$213.206	-\$475.760	15	\$335.918	\$2.265.980
6	\$210.166	-\$265.594	16	\$330.478	\$2.596.458
7	\$206.886	-\$58.708	17	\$325.014	\$2.921.472
8	\$203.206	\$144.498	18	\$319.358	\$3.240.830
9	\$199.526	\$344.024	19	\$313.358	\$3.554.188
10	\$195.846	\$539.870	20	\$536.238	\$4.090.426

Vergi sonrası kümülatif net nakit akışlarımıza göre özsermaye yatırımı 7. yılın sonunda kendini ödeyecektir.

Genellikle bu tarz yatırımların kendisini ilk 10 sene içerisinde muhakkak amorti etmesi beklenir. Burada elde edilen sonuç ise 10 senenin altında bir rakam olduğu seklindedir. Rüzgar enerji santral yatırımımız için kendisini 8 senede amorti ediyor bundan sonraki senelerde ise kara geçmeye başlıyor seklinde yorumlayabiliriz. Hesaplamış olduğumuz geri ödeme süresi kabul edilebilir ve olumlu bulunmuştur.

#### 5.2.5.2. Yatırımın ve Özsermayenin Getiri Oranı Yöntemi ( ROİ – ROC)

Yatırımın Getiri Oranı ( Return On Investment);

Özellikle büyük ölçekli projelerde sadece kaba bir fikir edinmek için kullanılır. Yatırımın getiri oranı, net kârın toplam yatırıma oranını ifade etmektedir.

$$\text{Yatırımın Getiri Oranı} = \frac{\text{Net Kâr}}{\text{Toplam Yatırım}}$$

Yatırımın Getiri Oranı = 0,09 yani %9 olacaktır.

Çalışmamızda yatırımın getiri oranını yorumlayacak olursak, yatırılan 3,139,500\$ toplam yatırıma karşılık %9 oranında kar edildiği anlaşılmaktadır.

Sermayenin Getiri Oranı (Return On Capital)

Sermayenin Getiri Oranı, net kârın özkaynağa oranını ifade etmektedir.

$$\text{Sermayenin Getiri Oranı} = \frac{\text{Net Kâr}}{\text{Sermaye (Özkaynak)}}$$

Sermayenin Getiri Oranı = 0,18 yani %18 olacaktır.

Çalışmamızda sermayenin getiri oranını yorumlayacak olursak, yatırılan 1.569.750\$ özsermaye karşılık %18 oranında kar edildiği anlaşılmaktadır. Projeler arasında seçim yapılırken de getiri oranı büyük olan projeye öncelik verilmesi gerekmektedir.

### 5.2.5.3. Net Bugünkü Değer Yöntemi

Yatırımların ekonomik analizlerinde farklı zaman dilimlerindeki yatırım ve işletme maliyetleri ile gelirlerin karşılaştırılması gerekmektedir. Paranın zaman değerini göz önüne alan farklı yöntemler projelerin değerlendirilmesinde kullanılabilir. Bu yöntemler içinde en çok tercih edilenler ise, net bugünkü değer ve iç karlılık oranıdır. Paranın zaman değerinin hesaba katıldığı yöntemlerde kullanılan ortak kavram, gelecekteki nakit akımlarının bugünkü değerini hesaplamak için gereken indirgeme oranıdır. Enerji yatırımlarının uzun ömürlü olmaları nedeniyle başlangıç yatırımından sonra ortalama 20 yıl nakit akışı sağlanmaktadır. Yoğun

sermaye gerektiren enerji yatırımları ve karşılığında alınacak olan nakit akışları paranın zaman değeriyle hesaplanır (Güneş 2009).

Bir yatırımın Net Bugünkü Değeri (NBD), belirli bir iskonto oranına göre indirgenmiş gelirlerinin toplamı ile indirgenmiş giderlerinin toplamı arasındaki farktır. Bu fark pozitif ise proje kabul edilir. Yani  $NBD > 0$  olmalıdır. Birden fazla proje olması durumunda NBD' i yüksek olan proje tercih edilmelidir. Eğer  $NBD = 0$  olursa yıllık hâsılat akımlarının işletme maliyetlerini ve yıllık yatırım maliyetlerini anca karşıladığı anlaşılır (Kayapınar 2008).

$$NBD = \sum_{t=0}^n A_t / (1+r)^t$$

formülü yardımı ile hesaplanabilir.

At: t'nci yıldaki net nakit akımı

: Projenin yaşam devrini ( $t=0,1,2,\dots,n$ )

n= 1,2,3,...,n yılı

r: İskonto Oranını ifade etmektedir

Yatırımımızın NBD analizi için hazırlamış olduğumuz net nakit akım tablosundan yararlanılacaktır.

Projenin Yaşam Devri	Kuruluş	İşletme Dönemi				
		0	1	2	3	4
Net Nakit Akımı	\$1.569.750	\$224.166	\$221.566	\$218.886	\$216.166	\$213.206
		6	7	8	9	10
		\$210.166	\$206.886	\$203.206	\$199.526	\$195.846
		11	12	13	14	15
		\$354.118	\$349.758	\$345.438	\$340.878	\$335.918
		16	17	18	19	20
		\$330.478	\$325.014	\$319.358	\$313.358	\$536.238

$$NBD = \$1.847.696 - \$1.569.750 = \$ 277.884$$

NBD  $\geq$  0 olduğu için proje kabul edilmiş olup yatırım kararı alınabilir.

#### 5.2.5.4. İç Karlılık Oranı (IRR)

İç karlılık oranı, bir yatırım projesinin net bugünkü değerini sıfıra eşitleyen iskonto oranı olarak tanımlayabiliriz. (Kayapınar 2008).

$$NBD = \sum_{t=0}^n A_t / (1+r)^t = 0$$

Formülü yardımı ile “r” iskonto oranı deneme yanılma metodu ile bulunur. Yani NBD’i sıfır yapan değer bulunmaya çalışılır. Bunun için önce tahmini bir “r” iskonto oranı alınır ve formülde yerine konularak sıfıra eşitlemeye çalışılır. Bulunan “r” iskonto oranı pozitif ise “r” değeri arttırılarak denemeye devam edilir. Eğer değer negatif çıkarsa o zaman “r” iskonto oranı azaltılmalıdır. Sonuç olarak NBD = 0 oluncaya kadar denemeye devam edilmelidir. Bulunan pozitif değer veren “r” iskonto oranı ile pozitif değeri ve negatif değer veren “r” iskonto oranı ile negatif değeri arasında enterpolasyon yapılarak da gerçek “r” iskonto oranı bulunabilir. Ancak günümüz gelişen teknolojileri, örneğin; yöneylem araştırması tekniklerinden doğrusal

programlama, amaç programlama gibi çeşitli yöntemler ile “r” iskonto oranını bulmak çok daha basitleşmiştir. İRR’ nin değerlendirilmesinde çözümüne ulaşıldıktan sonra bulunan “r” iskonto oranı yatırımcının yatırım projesinden beklediği karlılık oranından büyük olması durumunda proje kabul edilir. Aksi bir durum olması durumunda proje reddedilir. Eğer birden fazla proje varsa ve İKO ile seçim yapılırsa o zaman İKO yüksek olandan düşük olana doğru bir sıralama izlenmeli ve İKO yüksek olan proje tercih edilmelidir (Gedik, Akyüz 2005).

İç karlılık oran ne kadar büyük ise yatırımın o kadar karlı olduğu söylenebilir. Aslında fizibilite çalışmalarında iç karlılık oranını belirlerken ilk yatırım maliyeti olarak tüm yatırım bedelini ya da özsermaye bedelini baz alabilir ve hesabı bu değere göre yapabiliriz. Yine iç karlılık oranını vergi öncesi ve vergi sonrası olarak iki şekilde hesaplamak mümkündür (Keser 2010).

Çalışmamızda iç karlılık oranı özsermaye bedeli baz alınarak vergi sonrası hesaplama yapılmıştır.

RES yatırımımız için IRR analizi,

İskonto oranı % 12 iken projenin net bugünkü değeri \$ 277.884 çıkmıştır.

$$NBD_{0,12} = \$ 277.884$$

İskonto oranını %18’e yükseltirsek bu durumda net bugünkü değer ;

$$NBD = \$1.267.763 - \$1.569.750 = - \$ 301,987 \text{ olacaktır.}$$

$$NBD_{0,18} = - \$ 301,987$$

Buna göre net bugünkü değeri sıfır yapan iskonto oranı %12 ile %18 arasında olacaktır. Gerçek değeri bulabilmek için enterpolasyon yöntemi uygulanmalıdır.

$$r = r_{0,12} + [ NBD_{0,12} / ( NBD_{0,12} + |NBD_{0,18}| ) ] \times (r_{0,18} - r_{0,12})$$



$$= 0,12 + [ 277.884 / ( 277.884 + 301,987 ) ] \times ( 0,18 - 0,12 ) = 0,15 \text{ olacaktır.}$$

Vergi sonrası özsermaye iç karlılık oranı: **% 15**

Hesaplamış olduğumuz iç karlılık oranına baktığımız zaman daha önceden belirlediğimiz %12'lik iskonto oranından yüksek olduğu görülmektedir. Sonuç olarak iç karlılık oranı yöntemine göre yatırım kararı alınabileceğini söyleyebiliriz.

### **5.3. GES Yatırım Fizibilitesi**

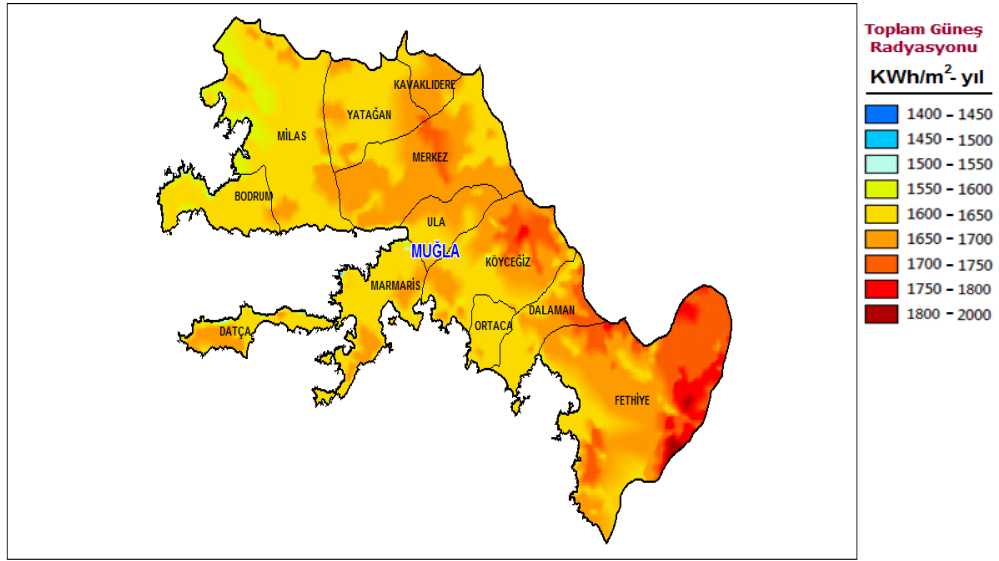
Bu bölümde Bodrum bölgesinde kurulması planlanan güneş enerji santrali için kullanılacak güneş radyasyon verileri incelenecek, enerji modeli kurularak sistemimizden üretilen enerji miktarı hesaplanacak ardından yatırımımızın maliyet, finansal ve ekonomik analizleri yapılacaktır.

#### **5.3.1. Güneş Radyasyon Verileri ve Ölçüm İstasyonu**

Büyük çaplı güneş enerji santrali yatırımlarında lisans başvurularının ardından yatırım yapılacak bölgede net verilere ulaşılabilmesi açısından en az 6 aylık güneş radyasyon ölçümleri yapılması gerekmektedir. Ölçüm istasyonu kurulumu günümüz piyasa koşullarında 15,000€–20,000€ tutarında özel şirketlerce yapılmaktadır. Çalışmamızda Bodrum bölgesine ait Enerji Bakanlığı tarafından ölçümleri yapılmış Gega verilerinden yararlanılacaktır.

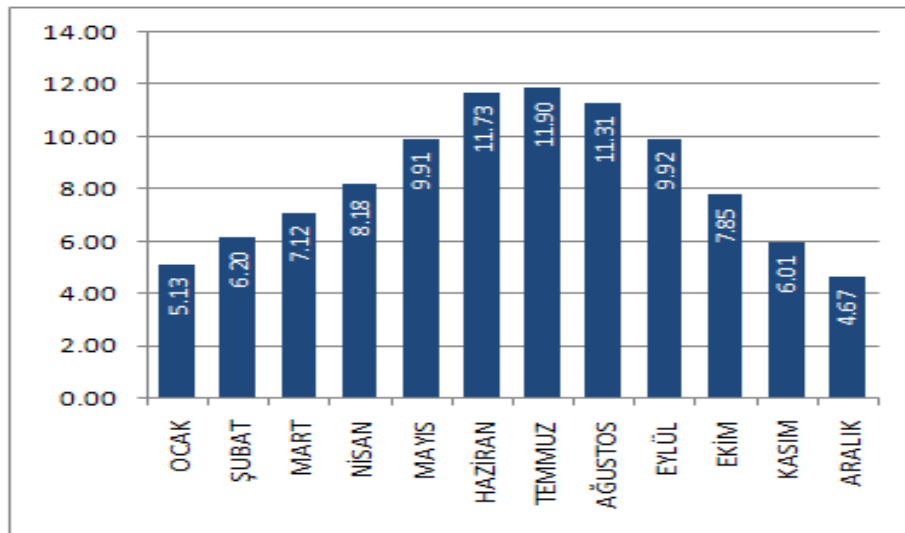
##### **5.3.1.1. Muğla İlinin Gega Verileri**

36° 17' ve 37° 33' kuzey enlemleri ile 27° 13' ve 29° 46' doğu boylamları arasında bulunan Muğla ilinin yılın tüm ayları için yatay düzlemde günlük güneş radyasyon verileri aşağıda gösterilmektedir.



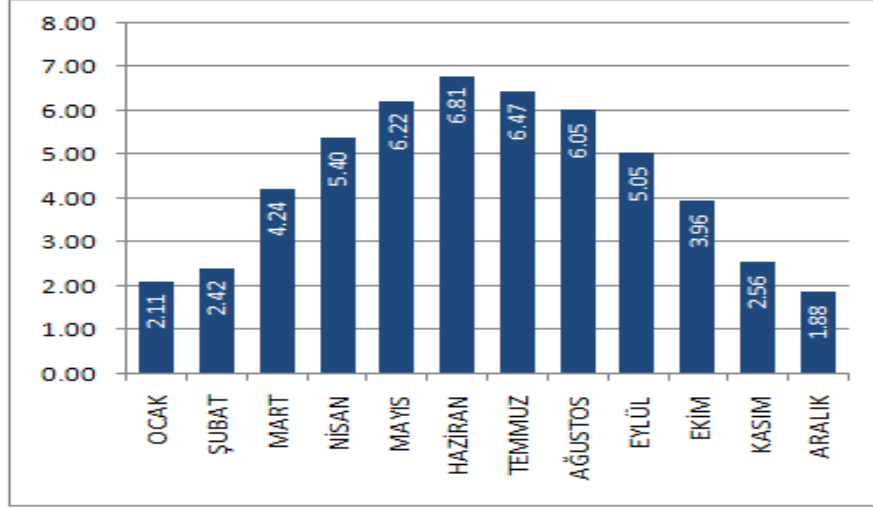
Şekil No 43: Muğla İli Toplam Güneş Radyasyon Görünümü (EİE)

Şekil 43' de Muğla iline ait toplam güneş radyasyonu değerleri görünmektedir. Şekilden görüleceği üzere tüm bölgelerinde oldukça yüksek güneş enerjisi potansiyeli vardır. İlin genelinde 1650 KWh/m<sup>2</sup> ile 1700 KWh/m<sup>2</sup> arasında değerler hakimdir. Özellikle güney-doğu kısımlarında 1,800 KWh/m<sup>2</sup>' ye ulaşan radyasyon değerleri görülmektedir.



Şekil No 44: Muğla İli Geneli Güneşlenme Süreleri ( Saat ), (EİE)

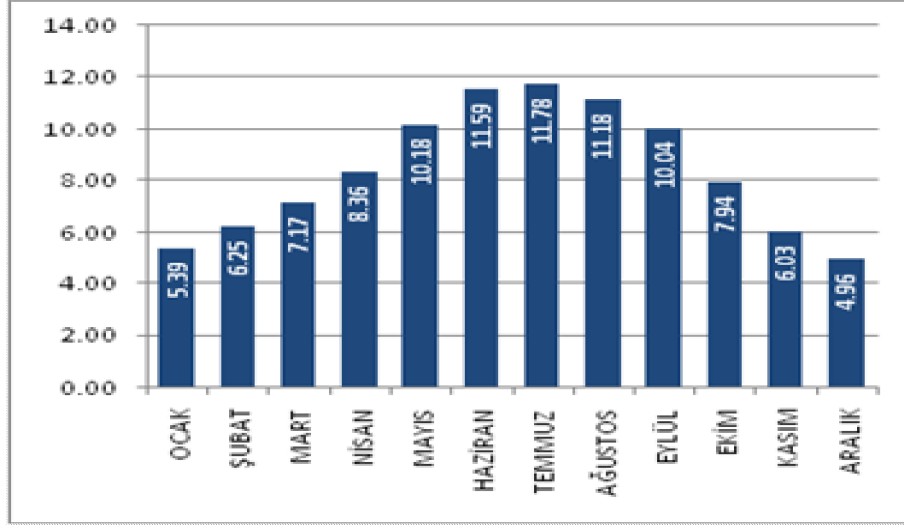
Şekil 44’ de Muğla ili geneli güneşlenme sürelerine görülmektedir. Buna göre Aralık ayı 4,67 saat olarak en düşük değere, Temmuz ayı ise 11,90 saat olarak en yüksek değere sahiptir.



Şekil No 45: Muğla İli Geneli Global Radyasyon Değerleri (Kwh/m<sup>2</sup> – Gün), (EİE)

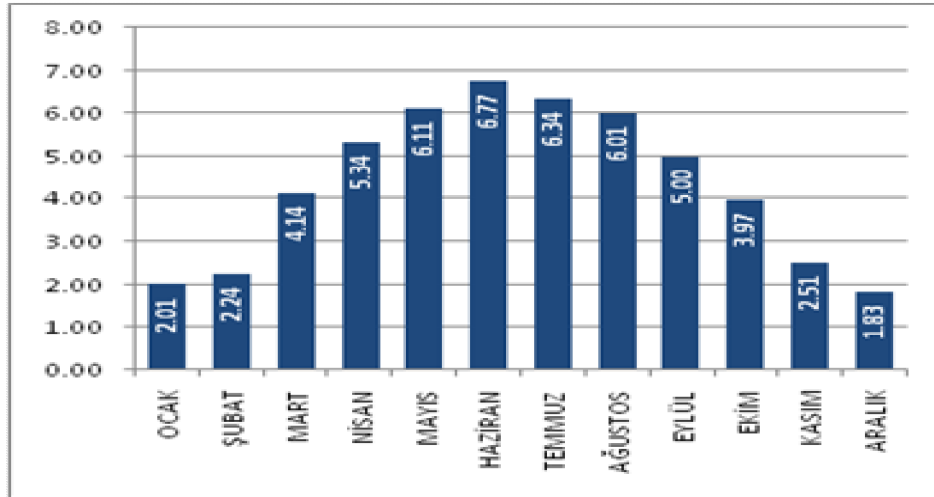
Şekil 45’ de Muğla ili geneline ait global radyasyon değerleri görülmektedir. Değerlerin en düşük olduğu Aralık ayında ortalama 1,88 KWh/m<sup>2</sup>, değerlerin en iyi olduğu Haziran ayında ise 6,81 KWh/m<sup>2</sup> olduğu görülmektedir. Aylık değerler

karşılaştırıldığında toplam güneş radyasyonunun da güneşlenme süresine paralel bir yol izlediği görülmektedir.



Şekil No 46: Bodrum Bölgesi Güneşlenme Süreleri ( Saat ), (EİE)

Şekil 46’ da Bodrum bölgesinin güneşlenme süreleri görülmektedir. Buna göre Aralık ayı 4,96 saat olarak en düşük değere Temmuz ayı ise 11,78 saat olarak en yüksek değere sahiptir. Mayıs ayında 10 saatin biraz üstünde olmakla birlikte, Mayıs - Eylül döneminde ortalama güneşlenme süresinin 11 saate yakın olduğu görülmektedir.



Şekil No 47: Bodrum Bölgesi Global Radyasyon Değerleri (Kwh/m<sup>2</sup> – Gün), (EİE)

Şekil 47’ de Bodrum bölgesine ait global radyasyon değerleri görülmektedir. Değerlerin en düşük olduğu Aralık ayında ortalama 1,83 KWh/m<sup>2</sup>, değerlerin en iyi olduğu Haziran ayında ise 6,77 KWh/m<sup>2</sup> olduğu görülmektedir. Aylık değerler

karşılaştırıldığında toplam güneş radyasyonunun da güneşlenme süresine paralel bir yol izlediği görülmektedir.

### 5.3.2. Enerji Modeli

Enerji modelimiz; güneş paneli, invertör, panel sehпасı ve elektriksel aksam parçalarının birleşenlerinden oluşmaktadır.

Fotovoltaik modüller hava koşullarına açık kullanım için üretilmiştir. Deniz şartları, tropikal şartlar, çöl şartları gibi durumlara dayanıklıdır. Bir fotovoltaik modül sistemi, istenilen akım ve gerilimi sağlayacak adette PV panelinin ve tamamlayıcı ekipmanlarının bir araya getirilmesi ile oluşturulur (Çolak,2010).



Şekil No 48: Doğrudan Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemlerin Şematik Gösterimi (Çolak 2010).

#### 5.3.2.1. Güneş Paneli

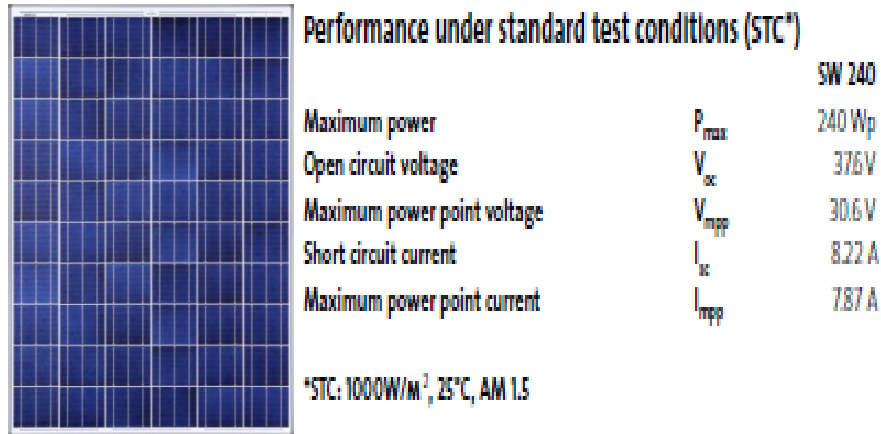
Güneş paneli, sistemin güç kaynağıdır. Fotovoltaik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler. Kurulu gücümüzün fazla olmasından dolayı, panel sayısını azaltmak için anlık güç değeri yüksek paneller kullanılacaktır.

Tablo No 25 : Fotovoltaik Panellerin Verimliliklerinin Karşılaştırılması (Çolak,2010).

Teknoloji	İnce Film				Kristal Levha Bazlı	
	Amorf Silikon (a-si)	Kadmiyum Tellurit (CdTe)	Cl(G)S	a-Si/m-Si	Tek Kristalli	Çok Kristalli
Pil Verimi (STK)	%5-7	%8-11	%7-11	8%	%16-19	%14-15
Modül Verimi					%13-15	%12-14
Her kW için gerekli alan(modüller için)	15 m <sup>2</sup>	11 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>	12 m <sup>2</sup>	≈ 7 m <sup>2</sup>	≈ 8 m <sup>2</sup>

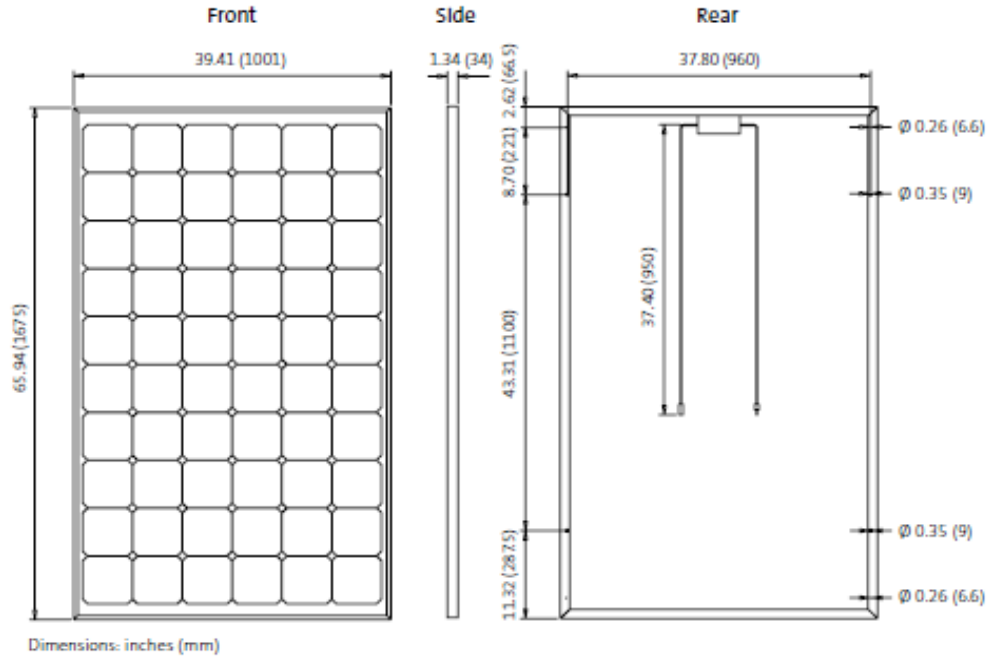
Piyasada en çok satılan ve kullanılan tip hücreler kristal silikon piller olup, ince film pillere göre daha yüksek verimlilik değerlerine sahiptirler. Mono kristal piller, polikristal pillere göre daha yüksek verimliliğe sahipken, polikristal panellerin üretim maliyeti daha düşüktür. (Çolak,2010).

Çalışmamızda fiyat ve kalite açısından tek çeşit güneş paneli kullanılacak olup, **ABD üretimi Sunmodule SW 240 Poly** marka güneş paneli tercih edilmiştir (**EK 5**).



Şekil No 49: Sunmodule SW 240 Görünüşü ve Teknik Dökümantasyon

Şekil 50' de Sunmodule SW 240 Poly teknik çizimi görülmektedir.



Şekil No 50: Sunmodül SW 240 Poly Teknik Çizimi

Sunmodule SW 240 Poly yüksek performanslı güneş pilleri %14 üzerinde verimliliğe ulaşmaktadır. Genişliği 951 mm, uzunluğu 1675 mm olup toplam ağırlığı 21,2 kg dır. Polikristal yapıya sahip olan panelin her birinde 60 adet modül bulunmaktadır. Her bir modül ise dikdörtgen şeklinde olup 156x156 mm boyutlarındadır.

Polikristal güneş panellerinin yapısındaki silisyum hücrenin üretimi daha kolay olduğundan, maliyetleri de düşüktür. Kurulmak istenen sistemin voltajı, çok çeşitli şekillerde ve geniş aralıklarda, belirlenecek güneş paneline göre seri yada paralel bağlantılarla kolaylıkla ayarlanabilir (Çolak,2010).

Polikristal paneller de mukavemet, rüzgar dayanımı ve kolay montaj için alüminyum çerçevesi olarak üretilmektedir. -40 C<sup>0</sup> ve + 85 C<sup>0</sup> dereceleri arasında sorunsuzca çalışmakta olan güneş panellerinin korozyon ve UV ışınlarına karşı özel koruması vardır. Bir güneş panelinin etiketindeki değerler her zaman STC (Standart Test Condition) standart test koşullarında yapılmış değerlerdir (Köse,2010).

Çalışmamızda üreticiden alınan teknik verilere göre, sistemimiz için toplam 8336 adet panel kullanılacak olup, kapladığı alan yaklaşık 20,000 m<sup>2</sup> olacaktır.

Güneş panelleri kullanmış olduğumuz invertörlerle uyumlu olması için 16 grup şeklinde bağlanacaktır. Her grup güneş tarlası  $8336 / 16 = 521$  adet panelden oluşacaktır.

### **5.3.2.2. Panel sehpa**

Güneş santrali kurulumunda kullanılacak panel sehpaları hareketli veya hareketsiz sistemler şeklinde olabilir. Ayaklar güneşe bakacak şekilde sabit olabileceği gibi yatay ve dikey hareket ederek güneşi takip eden türlerden seçilebilir. Güneş enerjisini daha verimli kullanmak için güneşi takip eden hareketli sehpaların kullanılması avantajlıdır fakat bu gibi ekipmanlar maliyetimizi arttıracaktır. Bu nedenle çalışmamızda zemine ankraji yapılmış beton kalıplar üzerine sabit panel sehpa seçilecektir.

Güneş panellerinin 20 sene performans süresi olması sebebiyle kurulacak olan konstrüksiyonun proje ömrü boyunca panelleri taşıyabilmesi gerekmektedir. Bu sebeple uzun süreli dayanım açısından dünya genelinde de benzer santral projelerinde kullanılan alüminyum panel sehpa tercih edilmiştir.

Çalışmamızda bir adet sehpa 2 adet güneş panelini taşımakta olup, yaklaşık 4168 adet panel sehpa kullanılması öngörülmektedir. Kullanılacak sehpalar yerli imalatçıda üretilecek olup saha teslim fiyat alınmıştır.

Şekil 51' de çalışmamızda kullanılacak olan panel sehpa detayı görülmektedir.





Şekil No 51: Panel Sehpaası Görünümü

Güneş panellerinin verimini arttırmak amacıyla bölgenin bulunduğu enlem derecesi ile panellerin yerleştirilme açısı arasındaki ilişki oldukça önemli rol oynamaktadır. Çalışmamızda bu eğim açısı her iki bölgede Türkiye için optimum değer olan  $32^0$  alınacaktır.

#### **5.3.2.3. İnvörtör (Evirici)**

Çalışmamızda en çok tercih edilen %98 kapasite ile çalışabilen Danimarka üretimi Danfoss TLX Series (15 KW) marka 140 adet invörtör kullanılacaktır. Kullanılan invörtörün amacı güneş panellerinden üretilen elektrik enerjisini, bağlı buldukları AC şebekeye aktarmaktır. **(EK 6)**

#### **5.3.2.4. Sayaç ve Veri İzleme**

Çalışmamızda invörtörlerimiz ile uyumlu 1 adet Data logger yazılım programı ve 1 adet çift yönlü sayaç sistemi kurulacaktır. Güneş panelleri tarafından üretilen enerji dataları, invörtörlere bağlı modem tarafından GPRS ya da GSM network kullanılarak bir bilgisayara aktarılır. Kullanılan data logger programı ile aktarılan datalar toplanır ve kayıt altına alınır.

### 5.3.2.5. Elektriksel Aksam

Güneş panellerinin birbirine bağlanması ve enerjinin bağlantı noktalarından invertöre taşınmasında özel DC kablolar; invertörden trafoya enerji taşınmasında ise özel enerji taşıma kabloları kullanılmıştır.

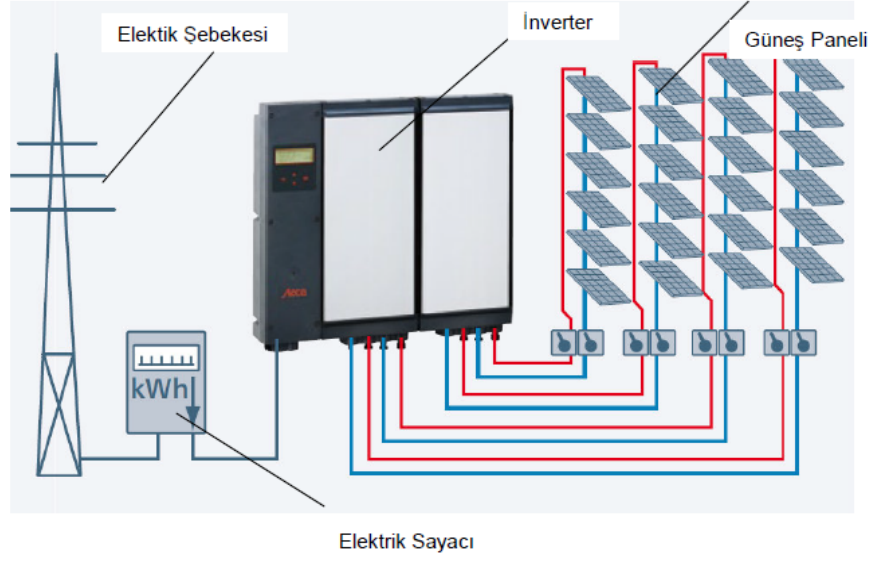


Şekil No 52: PV Panel Kablo Bağlantısı



Şekil No 53: PV Panel Yeraltı Kablo Bağlantısı

Şekil 52' de ve Şekil 53' de panellerin kablolama sistemleri görülmektedir.



Şekil No 54: Güneş Enerjisi Sistem Şeması (Keser, 2010).

Şekil 54' de sistemin çalışma mantığı şematize edilmiştir. Güneş panelleri ile üretilen elektrik enerjisi ilk etapta invertöre gelerek burada şebekeye uygun voltaj ve frekansa dönüştürülür. Ardından bir sayaç üzerinden trafo ile bağlantısı sağlanarak dağıtıma verilir.

### 5.3.3. Üretilen Enerji Miktarı

Bir güneş enerjisi santralinden ne kadar elektrik enerjisi elde edebileceğimizi hesaplamak için öncelikle kullanılacak PV panellere gelen güneş radyasyonunun ne kadarının elektrik enerjisine dönüştürülebileceğini hesaplamamız gerekir. Güneş pillerinin ya da sistemlerinin verimlilikleri soğurma verimi, korucuyu camın geçirgenliği, atmosfer etkileri, eklem verimi, bağlantı düzeneklerinin verimi ve güneş ışınlarının geliş açısı gibi diğer birçok ekipman ya da düzeneğin verimliliğine bağlıdır (Çolak,2010).

PV sistemini oluşturan temel elemanlarda enerji kayıpları ve çevresel kayıplarından da söz edilmelidir. Bu nedenle PV sisteminin tüm temel elemanlarının verimlilikleri ve çevresel faktör kayıpları hesaplanmalıdır.

Bu bölümde Retscreen programı ile şebekeye verilecek elektrik miktarı hesaplanacaktır. Programda PV sistem ve çevresel koşullar göz önünde bulundurularak çeşitli kayıplar %7, invertörde oluşacak kayıplar ise %10 olarak alınmıştır.

Retscreen programı ile yapılan simülasyon sonucunda aylar itibariyle şebekeye verilecek elektrik miktarları Tablo 26’da gösterilmiştir.

Tablo No 26: Şebekeye Verilen Elektrik Miktarı

<b>Aylar</b>	<b>Günlük Güneş Radyasyonu ( KWh/M<sup>2</sup>/Gün)</b>	<b>Günlük Güneş Radyasyonu ( Eğimli ) ( KWh/M<sup>2</sup>/Gün)</b>	<b>Şebekeye Verilen Elektrik Miktarı (MWh)</b>
Ocak	2,01	2,91	149,9
Şubat	2,24	2,75	128,1
Mart	4,14	4,81	241,2
Nisan	5,34	5,53	263,0
Mayıs	6,11	5,79	278,3
Haziran	6,77	6,16	279,6
Temmuz	6,34	5,88	272,4
Ağustos	6,01	6,00	277,0
Eylül	5,00	5,61	255,0
Ekim	3,97	5,21	251,3
Kasım	2,51	3,68	178,8
Aralık	1,83	2,76	141,5
<b>Yıllık</b>	<b>4,37</b>	<b>4,77</b>	<b>2.716,3</b>

Tablo 26’ya göre yaptığımız simülasyon sonucu yıllık 2.716,3 MWh elektrik şebekeye verilecektir.

### **5.3.4. Yatırımın Maliyet Analizi**

Bu bölümde kurulması planlanan güneş enerji santralının maliyet adımları detaylarıyla hesaplanacaktır. Projenin maliyet analizini iki kısımda inceleyebiliriz. Bu maliyetler; ilk yatırım maliyetleri ve yıllık işletme giderlerinden oluşmaktadır.

#### **5.3.4.1. İlk Yatırım Maliyetleri**

İlk yatırım maliyetleri; şirket kurulumu, proje etüdü, lisans başvurusu, mühendislik tasarım, elektrik sistemi, inşaat ve diğer gider kalemlerinden oluşacaktır.

##### **5.3.4.1.1. Şirket Kurulumu**

Lisans başvurularının yapılabilmesi için yatırımcının lisans başvurusu yapacak bir şirket kurması gerekmektedir. Şirket kurulumu için yaklaşık öngörülen tutar 2500\$ civarındadır.

##### **5.3.4.1.2. Proje Etüdü**

Yapılacak olan proje etüdü çalışması ve de diğer hizmetler için danışman firmayla ortak hareket edilecektir. Burada danışman firmadan alacağımız hizmetler şunlardır.

- Santralin kurulması planlanan sahanın durum kontrolü ile çevresel değerlendirmenin yapılması,
- Sahanın uygun olması durumunda koordinatlara göre gerekli verilerin toplanması, bu verilerle analiz yapılması,

- Yapılan analizler sonucunda ön projenin hazırlanması ve ayrıntılı maliyet tahmini,
- Raporların hazırlanması,
- Proje yönetimi,

Bu hizmetin alımı karşılığında danışman firmaya ödeyeceğimiz bedel 15,000 \$ olacaktır.

#### **5.3.4.1.3. Lisans Başvurusu**

Resmi Kurumlarla yapılacak görüşmeleri ve alınacak onay, izinleri ve sözleşmeleri kapsamaktadır. Lisans başvurusu giderleri içerisinde hem başvuru esnasında gerekli bilgi ve belgelerin toplanması için danışman firmaya verilecek giderler hem de EPDK' nın üretim lisansı için belirlemiş olduğu lisans alma bedeli ve yıllık lisans bedelleri dâhildir. Çalışmamızda bu maliyet kalemi için ayrılan tutar 3000 \$' dır.

#### **5.3.4.1.4. Mühendislik Hizmetleri**

Bu hizmetler; mekanik tasarım, elektrik tasarımı ve inşaat tasarımından oluşmaktadır. Bu hizmet için danışmanlık firmasına ödenecek tutar 30,000 \$ olacaktır.

#### **5.3.4.1.5. Makine ve Teçhizat Giderleri**

Makine ve teçhizat giderleri; güneş paneli, invertör, data logger programı, sayaç, konstrüksiyon, kablo ve elektriksel teçhizat maliyet kalemlerinden oluşmaktadır.

#### **5.3.4.1.5.1. Güneş Paneli Maliyetleri**

Güneş paneli üreticisi Sunmodule SW 240 firmasının Türkiye distribütöründen alınan fiyat teklifine göre 1 adet 240 W güneş panelinin saha teslim maliyeti 170\$'dır. Belirtilen fiyat içerisinde ürünlerin sigorta bedelleri de eklenmiştir. Kullanılacak toplam güneş paneli 8336 adettir. Buna göre toplam güneş paneli maliyeti;

$$8336 \text{ adet} \times 170 \$ = 1,414,120 \$ \text{ olacaktır.}$$

#### **5.3.4.1.5.2. İnvvertör, Data Logger ve Sayaç Maliyetleri**

İnvvertör üreticisi Danfoss firmasından alınan fiyat teklifine göre 1 adet 15 KW TLX Series invvertör saha teslim maliyeti 3,000 \$'dır. Belirtilen fiyat içerisinde ürünlerin sigorta bedelleri de eklenmiştir. Projede toplam 140 adet invvertör kullanılacaktır. Bu durumda invvertör maliyeti;

$$3,000 \$ \times 140 \text{ adet} = 420,000 \$ \text{ olacaktır.}$$

Verilerin izlenmesi ve kayıt altına alınması için Data Logger yazılımı ile ilgili olarak üretici firmadan alınan fiyat 4,000 \$'dır. Veriler aynı zamanda invvertör üzerinden de izlenebilecektir.

Çift yönlü sayaç ile ilgili olarak üretici firmadan alınan fiyat; aksesuarları, yazılım ve modemi ile birlikte toplam 2,900 \$'dır.

Sistemin ve verilerin izlenmesi için sistem odasına PC kurulacaktır. Bu maliyet kalemi öngörülemez maliyet kalemi içinde yer almıştır.

#### **5.3.4.1.5.3. Konstrüksiyon Maliyetleri**

Çalışmamızda zemine ankraji yapılmış beton kalıplar üzerine sabit panel sehpa seçilmiş olup yaklaşık 4168 adet panel sehpa kullanılacağı öngörülmektedir.

Kullanılacak sehpalar yerli imalatçıda alüminyum profillerden üretilecek olup saha teslim fiyatı 65 \$ / adet olacaktır. Bu durumda panel sehpa maliyeti; 65 \$ x 4168 adet = 270,920 \$ olacaktır.

#### **5.3.4.1.5.4. Kablo ve Elektriksel Teçhizat Maliyetleri**

Genellikle GES projelerinde toplam sistem maliyetinin % 1-3 miktarı kullanılan kablo ve elektriksel teçhizat oluşturmaktadır. Bu varsayım ile sistem kablo ve elektrik teçhizat maliyeti yaklaşık olarak 40.000 \$ olacaktır.

#### **5.3.4.1.6. Diğer Giderler**

Diğer giderler; gümrük ve nakliye giderleri, sistem montajı ve inşaat giderleri, öngörülemeyen giderler, sistem montajı ve inşaat giderleri, sistem odası, kalemlerinden oluşmaktadır.

Gümrük ve Nakliye Giderleri:

Çalışmamızda sistemimizi oluşturan parçaların tümü yurtiçinden tedarik edilecek olup, satın alımları yapılan firmalardan saha teslim olarak alınmıştır. Bu nedenle bu kalem için herhangi bedel ayrılmayacaktır.

Sistem Montajı ve İnşaat Giderleri:

Bu gider kaleminde, panel konstrüksiyonun saha üzerine yerleştirilebilmesi için ankrajların hazırlanması, hazırlanan ankrajlara beton dökümünün yapılması, konstrüksiyonun belirli aralıklar ile saha üzerine monte edilmesi, güneş panellerinin panel konstrüksiyonları üzerine montajının yapılması, panel kablo bağlantılarının yapılması, bağlantıların ortak bağlantı noktalarında toplanması, ortak bağlantı noktasından enerji kablolarının sistem odasına taşınması ve invertörlere girişinin yapılması, invertör çıkışlarından kabloların trafoya bağlanması ve devreye alınması uygulamalarını kapsamaktadır.



Panel sehпасı için 12504 adet ankrajlı beton ayak kullanılacaktır. Alınacak olan İnvertör odası hem sistem hem de personel barınma odası olarak kullanılacaktır.

Bu maliyet kalemi için panellerin alımı yapılacak firmadan fiyat teklifi alınmış olup, sarf malzemeler, ankrajlar ve beton firmaya ait diğer tüm sistem parçaları ve elektriksel teçhizat tarafımıza ait olmak üzere tüm sistem montajını ve inşaat uygulamalarını kapsayacaktır. Firma tarafından talep edilen fiyat 430,000 \$'dır.

#### Sistem Odası:

Santralimizin elektriksel aksamının yer alacağı ve aynı zamanda çalışan personelinin barınacağı sistem odası için konteyner alımı yapılacaktır. Sistem odası için 30,000\$ ödenecektir.

#### Öngörülemeyen Giderler:

Hesaplarda göz önünde tutulmamış ya da dikkat edilmemesi sonucunda ekstradan ortaya çıkabilecek giderleri ifade etmektedir. Bu giderler 25.000 \$ ayrılacaktır.

Tablo No 27: İlk Yatırım Maliyetleri

<b>İlk Yatırım Maliyetleri</b>	
Şirket Kurulumu	2,500\$
Proje Etüdü	15,000\$
Lisans Başvurusu	3,000\$
Mühendislik Hizmetleri	30,000\$
Makine ve Teçhizat Giderleri	2,151,940\$
Diğer Giderler	485,000\$
<b>Toplam</b>	<b>2,687,440\$</b>

### 5.3.4.2. Yıllık İşletme Giderleri

Yıllık işletme giderleri; arazi kirası, bakım ve onarım giderleri, personel giderleri, genel ve idari giderler, öngörülemeyen giderler ve sigorta giderlerinden

oluşmaktadır. Yıllık işletme giderlerimizin tamamı yıllık enflasyon oranı doğrultusunda artış gösterecektir.

#### Arazi Kirası:

Çalışmamızda konumu belirlenmiş arazi yatırımcı firma adına 20 yıllığına kiralanacaktır. Arazi sahiplerine ödenecek yıllık kira bedeli ihtiyacımız olan 25,000 m<sup>2</sup> alan için 38,000 \$'dır.

#### Bakım ve Onarım Giderleri:

Güneş enerjisi sistemleri hareketli parça bulundurmamaları sebebiyle herhangi bir bakım ihtiyacı olmayan sistemlerdir. Bunun haricinde kimi zaman çeşitli sorunlarla karşılaşılabilir. İşletme sırasında çıkabilecek arızaların giderilmesi ve güneş panellerin belli sürelerde bakımlarının yapılması da gerekmektedir.

Bu kalem içerisinde konstrüksiyonda ya da inverterde meydana gelebilecek olası aksaklıkların giderilmesi için senelik 5,000 \$ ayrılacaktır.

#### Personel Giderleri:

Güneş panelleri yüzeyi, sistemin kurulduğu yere bağlı olarak kimi zaman ciddi miktarda toz ile kaplanmaktadır. Panel yüzeyinin toz ile kaplanması ve kuş pislikleri sebebiyle enerji üretiminde verim düşmektedir.

Proje ömrü boyunca idari ve denetimsel işlerden sorumlu tek personel yeterli olacaktır. Diğer ihtiyaç duyulacak personel istihdamı ise güvenlik ve temizlik hizmeti alanlarında olacaktır. İstihdam edilecek 3 personel vardiyalı şekilde çalışacak olup temizlikten aynı zamanda güvenlikten sorumlu olacaktır. Tüm personellerin senelik giderleri sigortaya ödenecek bedeller dahil 29,000 \$ olacaktır.

### Sigorta Gideri

Genel önlem amaçlı santralin proje ömrü boyunca yıllık sigorta poliçe bedeli 6,000\$ olacaktır.

### Genel ve İdari Giderler

Proje ömrü boyunca şirkete ait olan giderleri ifade eder. Bu gider kalemi için proje ömrü boyunca yıllık 5,000 \$ ayrılacaktır.

### Öngörülmeyen Giderler

Yıllık giderlerimizin tahminimizden daha yüksek çıkma olasılığına karşılık yıllık giderlerin belli bir yüzde oranında sağlanan toleransı ifade eder. Bu gider kalemi için yıllık 4,000 \$ ayrılacaktır.

Tablo No 28: Yıllık İşletme Giderleri

<b>Yıllık İşletme Giderleri</b>	
Arazi Kirası	38,000\$
Bakım ve Onarım Giderleri	5,000\$
Personel Giderleri	29,000\$
Sigorta Gideri	6,000\$
Genel ve İdari Giderler	5,000\$
Öngörülmeyen Giderler	4,000\$
<b>Toplam</b>	<b>87,000\$</b>

### 5.3.5. Yatırımın Finansal Analizi

Yapılmış olan teknik analizler ve maliyet analizleri neticesinde elde edilen sonuç ve değerlendirmeler sadece bir projenin kabul edilip edilmemesi için yeterli değildir.

Bu bölümde öncelikle projelerin finansal tabloları oluşturulacak ve tabloların değerlendirilmesinde kullanılacak olan bazı finansal parametrelere değinilecek ve bu parametrelerle yatırımcının karar verme sürecinde önemli karar kriterlerini içeren özkaynak geri ödeme süresi, getiri oranları, net bugünkü değer analizi ve iç karlılık oranı yöntemi gibi sonuçlar alınarak yatırımların ekonomik analizi yapılacaktır.

Yatırım tutarının %50'si öz kaynaklarımızla %50' si ise dış kaynaklardan kredi kullanılarak finanse edilecektir. Projemiz için TURSEFF kapsamındaki anlaşma yapılmış bankalarla görüşmeler yapılmış istediğimiz tutar için borç faiz oranı (dolar kuru olarak) %5, borç ödeme vadesi 10 sene olarak teklif alınmıştır. Borç ödemeleri 1. senenin sonu itibariyle başlamaktadır.

Tablo 29'da yatırımımız için hazırlanan finansman kaynak tablosu görülmektedir. Tablomuzaya göre ilk yatırım maliyetimiz 2,687,440 \$ olup %50' si için kredi kullanılarak % 5 faiz oranı 10 yıl süreyle 174,018 \$ geri ödemelerimiz olacaktır.

Tablo No 29: Finansman Kaynak Tablosu

Yatırım Miktarı	2,687,440 \$
Borç Oranı	50 %
<b>Özkaynaklar</b>	<b>1,343,720 \$</b>
<b>Yabancı Kaynaklar</b>	<b>1,343,720 \$</b>
Borç Faiz Oranı	5 %
Borç Vadesi	10 Yıl
Borç Ödemeleri	174,018 \$/yıl

Enflasyon Oranı:

Çalışmamızda enflasyon oranı rüzgar enerji yatırımında kullandığımız oran olan %5 alınacaktır.

İskonto Oranı:

Yatırımdan elde etmeyi beklediği minimum karlılık oranı olan iskonto oranı %12 olarak alınacaktır.

Gelir Vergisi Oranı:

Gelir vergisi oranı olarak 2013 yılı kurumlar vergisi oranı olan %20 alınmıştır.

Hurda Değeri

Güneş panelleri oldukça uzun ömürlü olan ekipmanlardır. Üretici firmalar bu ekipmanlara 20 sene performans garantisi vermektedirler. Proje ömrünü tamamlaması ardından 20 sene sonra bu sistemlerin yine bir parasal karşılığı hurda değeri olacaktır. Hurda değeri bir varlığın ya da yatırımın ekonomik ömrünü tamamladığında (firma tarafından elden çıkarıldığında) getireceği gelir miktarını ifade etmektedir. Fizibilite çalışmamızda hurda değeri olan ekipmanlar güneş panelleri, inverter, data kayıt sistemi, panel konstrüksiyonu ve kablajlardan oluşmaktadır. Bu ekipmanların hurda değeri, daha önceden güneş enerjisi santralleri için yapılmış olan bazı hesaplamalara dayanarak ilk yatırım maliyetinin %30'u civarında olduğunu söyleyebiliriz (Keser, 2010).

Çalışmamızda bu değerler Tablo 30'da görüldüğü gibi toplam 645,582 \$ olacaktır.

Tablo No 30: Hurda Değerleri Tablosu

<b>Ekipman</b>	<b>Yatırım Maliyeti</b>	<b>Hurda Değeri</b>
Güneş Paneli	1,414,120 \$	424,236 \$
İnvertör	426,900 \$	128,070 \$
Konstrüksiyon Maliyeti	270,920 \$	81,276 \$
Kablaj ve Elektrik Tesisat	40,000 \$	12,000 \$
	<b>Toplam Hurda Değeri</b>	<b>645,582 \$</b>

Yeniden Değerleme ( Amortisman ) Oranı:

Çalışmamızda sabit yüzdeli basit amortisman yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntemde amortisman varlık maliyet bedeli ile hurda değeri farkının varlığın ömrüne bölünmesi ile belirlenen miktar amortisman payı olarak ayrılır. Her yıl ayrılan amortisman payları aynıdır.

$$\text{Yıllık Amortisman Payı} = \frac{\text{Varlık Değeri} - \text{Hurda Değeri}}{\text{Ekonomik Ömür}}$$

$$\text{Yıllık Amortisman Payı} = \frac{2,151,940 \$ - 645,582 \$}{20} = 75,317 \$$$

Tablo 31' de güneş enerji santral yatırımımızın proje ömrü boyunca yıllık nakit çıkışları görülmektedir. Tablomuzaya göre nakit çıkışları hesaplamış olduğumuz yıllık gider kalemlerinden, borç ödemelerinden ve hesaplanan amortismandan oluşmaktadır. Yıllık işletme giderleri belirlenen enflasyon oranında artış göstererek artacak, 20. yıl sonu itibariyle toplam 4.616.918 \$ nakit çıkışı olacaktır.

Tablo No 31: Yıllık Nakit Çıkışları

Yıllar	1	2	3	4	5
Saha Maliyeti	\$38.000	\$39.900	\$41.895	\$43.990	\$46.189
Parçalar ve Bakım	\$5.000	\$5.250	\$5.513	\$5.788	\$6.078
Genel ve İdari Maliyetler	\$5.000	\$5.250	\$5.513	\$5.788	\$6.078
Öngörülmeleyen Giderler	\$4.000	\$4.200	\$4.410	\$4.631	\$4.862
Personel Maliyeti	\$29.000	\$30.450	\$31.973	\$33.571	\$35.250
Sigorta Bedeli	\$6.000	\$6.300	\$6.615	\$6.946	\$7.293
<b>Yıllık Giderler Toplamı</b>	<b>\$87.000</b>	<b>\$91.350</b>	<b>\$95.918</b>	<b>\$100.713</b>	<b>\$105.749</b>
Senelik Borç Tutarı	\$174.018	\$174.018	\$174.018	\$174.018	\$174.018
Amortisman	\$75.317	\$75.317	\$75.317	\$75.317	\$75.317
<b>Toplam Yıllık Nakit Çıkışı</b>	<b>\$261.018</b>	<b>\$265.368</b>	<b>\$269.936</b>	<b>\$274.731</b>	<b>\$279.767</b>
<b>Kümülatif Toplam Nakit Çıkışı</b>	<b>\$261.018</b>	<b>\$526.386</b>	<b>\$796.322</b>	<b>\$1.071.053</b>	<b>\$1.350.820</b>
Yıllar	6	7	8	9	10

Saha Maliyeti	\$48.499	\$50.924	\$53.470	\$56.143	\$58.950
Parçalar ve Bakım	\$6.381	\$6.700	\$7.036	\$7.387	\$7.757
Genel ve İdari Maliyetler	\$6.381	\$6.700	\$7.036	\$7.387	\$7.757
Öngörülme-yen Giderler	\$5.105	\$5.360	\$5.628	\$5.910	\$6.205
Personel Maliyeti	\$37.012	\$38.863	\$40.806	\$42.846	\$44.989
Sigorta Bedeli	\$7.658	\$8.041	\$8.443	\$8.865	\$9.308
<b>Yıllık Giderler Toplamı</b>	<b>\$111.036</b>	<b>\$116.588</b>	<b>\$122.418</b>	<b>\$128.539</b>	<b>\$134.966</b>
Senelik Borç Tutarı	\$174.018	\$174.018	\$174.018	\$174.018	\$174.018
Amortisman	\$75.317	\$75.317	\$75.317	\$75.317	\$75.317
<b>Toplam Yıllık Nakit Çıkışı</b>	<b>\$285.054</b>	<b>\$290.606</b>	<b>\$296.436</b>	<b>\$302.557</b>	<b>\$308.984</b>
<b>Kümülatif Toplam Nakit Çıkışı</b>	<b>\$1.635.874</b>	<b>\$1.926.481</b>	<b>\$2.222.916</b>	<b>\$2.525.473</b>	<b>\$2.834.457</b>
<b>Yıllar</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
Saha Maliyeti	\$61.898	\$64.993	\$68.243	\$71.655	\$75.237
Parçalar ve Bakım	\$8.144	\$8.552	\$8.979	\$9.428	\$9.900
Genel ve İdari Maliyetler	\$8.144	\$8.552	\$8.979	\$9.428	\$9.900
Öngörülme-yen Giderler	\$6.516	\$6.841	\$7.183	\$7.543	\$7.920
Personel Maliyeti	\$47.238	\$49.600	\$52.080	\$54.684	\$57.418
Sigorta Bedeli	\$9.773	\$10.262	\$10.775	\$11.314	\$11.880
<b>Yıllık Giderler Toplamı</b>	<b>\$141.714</b>	<b>\$148.800</b>	<b>\$156.240</b>	<b>\$164.051</b>	<b>\$172.254</b>
Senelik Borç Tutarı	\$0	0	0	0	0
Amortisman	\$75.317	\$75.317	\$75.317	\$75.317	\$75.317
<b>Toplam Yıllık Nakit Çıkışı</b>	<b>\$141.714</b>	<b>\$148.800</b>	<b>\$156.240</b>	<b>\$164.051</b>	<b>\$172.254</b>
<b>Kümülatif Toplam Nakit Çıkışı</b>	<b>\$2.976.170</b>	<b>\$3.124.970</b>	<b>\$3.281.210</b>	<b>\$3.445.261</b>	<b>\$3.617.515</b>
<b>Yıllar</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
Saha Maliyeti	\$78.999	\$82.949	\$87.097	\$91.452	\$96.024
Parçalar ve Bakım	\$10.395	\$10.914	\$11.460	\$12.033	\$12.635
Genel ve İdari Maliyetler	\$10.395	\$10.914	\$11.460	\$12.033	\$12.635
Öngörülme-yen Giderler	\$8.316	\$8.731	\$9.168	\$9.626	\$10.108
Personel Maliyeti	\$60.289	\$63.303	\$66.469	\$69.792	\$73.282
Sigorta Bedeli	\$12.474	\$13.097	\$13.752	\$14.440	\$15.162
<b>Yıllık Giderler Toplamı</b>	<b>\$180.867</b>	<b>\$189.910</b>	<b>\$199.406</b>	<b>\$209.376</b>	<b>\$219.845</b>
Senelik Borç Tutarı	\$0	0	0	0	0
Amortisman	\$75.317	\$75.317	\$75.317	\$75.317	\$75.317

Toplam Yıllık Nakit Çıkışı	\$180.867	\$189.910	\$199.406	\$209.376	\$219.845
Kümülatif Toplam Nakit Çıkışı	\$3.798.382	\$3.988.292	\$4.187.697	\$4.397.073	\$4.616.918

### 5.3.5.1. Yatırımın Getirisi

Yapılmış olan bu yatırımın getirisi; her sene üretilmiş olan elektrik enerjisinin satılması ile elde edilen gelirdir. Devletin vermeyi öngördüğü teşvike göre güneş enerjisinden üretilen elektriğin alış fiyatı 133 \$/MWh' dir. Buna ek olarak 6094 sayılı

kanununun 2. numaralı cetvelinde yer alan hususlar kapsamında yerli konstrüksiyon kullanmamız nedeniyle 0.8 \$ /KWh ek ödenek almaya hak kazanacağız. Bu durumda elektrik satış fiyatımız 141 \$/MWh olacaktır. Bu durumda yıllık gelirimiz;

$2.716 \text{ MWh} \times 141 \text{ \$/MWh} = 382,956 \text{ \$}$  olacaktır.

Tablo 32' de proje ömrü boyunca yıllık nakit girişleri görülmektedir. Tablomuzaya göre yıllık net 382.956 \$ gelir elde edilecek, 20. yıl sonu itibariyle hesaplanan hurda değerimizde eklenerek proje ömrü boyunca toplam 8.304.702 \$ gelir elde edilecektir.



Tablo No 32: Yıllık Nakit Girişleri

Yıllar	1	2	3	4	5
Satılan Enerji Geliri	\$382.956	\$382.956	\$382.956	\$382.956	\$382.956
Hurda Değeri	0	0	0	0	0
<b>Net Nakit Girişi</b>	<b>\$382.956</b>	<b>\$382.956</b>	<b>\$382.956</b>	<b>\$382.956</b>	<b>\$382.956</b>
<b>Kümülatif Toplam Nakit Girişi</b>	<b>\$382.956</b>	<b>\$765.912</b>	<b>\$1.148.868</b>	<b>\$1.531.824</b>	<b>\$1.914.780</b>
Yıllar	6	7	8	9	10
Satılan Enerji Geliri	\$382.956	\$382.956	\$382.956	\$382.956	\$382.956
Hurda Değeri	0	0	0	0	0
<b>Net Nakit Akışı</b>	<b>\$382.956</b>	<b>\$382.956</b>	<b>\$382.956</b>	<b>\$382.956</b>	<b>\$382.956</b>
<b>Kümülatif Toplam Nakit Girişi</b>	<b>\$2.297.736</b>	<b>\$2.680.692</b>	<b>\$3.063.648</b>	<b>\$3.446.604</b>	<b>\$3.829.560</b>
Yıllar	11	12	13	14	15
Satılan Enerji Geliri	\$382.956	\$382.956	\$382.956	\$382.956	\$382.956
Hurda Değeri	0	0	0	0	0
<b>Net Nakit Akışı</b>	<b>\$382.956</b>	<b>\$382.956</b>	<b>\$382.956</b>	<b>\$382.956</b>	<b>\$382.956</b>
<b>Kümülatif Toplam Nakit Girişi</b>	<b>\$4.212.516</b>	<b>\$4.595.472</b>	<b>\$4.978.428</b>	<b>\$5.361.384</b>	<b>\$5.744.340</b>
Yıllar	16	17	18	19	20
Satılan Enerji Geliri	\$382.956	\$382.956	\$382.956	\$382.956	\$382.956
Hurda Değeri	0	0	0	0	\$645.582
<b>Net Nakit Akışı</b>	<b>\$382.956</b>	<b>\$382.956</b>	<b>\$382.956</b>	<b>\$382.956</b>	<b>\$1.028.538</b>
<b>Kümülatif Toplam Nakit Girişi</b>	<b>\$6.127.296</b>	<b>\$6.510.252</b>	<b>\$6.893.208</b>	<b>\$7.276.164</b>	<b>\$8.304.702</b>

### 5.3.5.2. Kümülatif Net Nakit Akışları

Yukarıdaki tablolarda proje ömrü boyunca (20 yıl) oluşacak nakit giriş ve çıkışları gösterilmiştir. Bu tabloları birleştirip amortisman ve gelir vergisine tabi tuttuğumuzda net nakit akışlarını gösteren tablo ortaya çıkar.Yapılacak yatırımların

beklentimizi karşılayıp karşılamayacağı bu son oluşturulacak net nakit akışı tablosu vasıtasıyla da değerlendirilebilir.

Tablo No 33: Net Nakit Akış Tablosu

Yıl	Nakit Girişleri	Nakit Çıktıları	Faiz	Vergi Öncesi Nakit Akışı	Gelir Vergisi	Vergi Sonrası Nakit Akışı	Kümülatif Nakit Akışı
0		<b>-\$1.343.720</b>					<b>-\$1.343.720</b>
1	\$382.956	-\$162.317	-\$174.018	\$46.621	\$9.324	<b>\$112.614</b>	<b>-\$1,231,106</b>
2	\$382.956	-\$166.667	-\$174.018	\$42.271	\$8.454	<b>\$109.134</b>	<b>-\$1,121,972</b>
3	\$382.956	-\$171.235	-\$174.018	\$37.703	\$7.541	<b>\$105.479</b>	<b>-\$1,016,493</b>
4	\$382.956	-\$176.030	-\$174.018	\$32.908	\$6.582	<b>\$101.643</b>	<b>-\$914,850</b>
5	\$382.956	-\$181.066	-\$174.018	\$27.872	\$5.574	<b>\$97.615</b>	<b>-\$817,235</b>
6	\$382.956	-\$186.353	-\$174.018	\$22.585	\$4.517	<b>\$93.385</b>	<b>-\$723,850</b>
7	\$382.956	-\$191.905	-\$174.018	\$17.033	\$3.407	<b>\$88.943</b>	<b>-\$634,907</b>
8	\$382.956	-\$197.735	-\$174.018	\$11.203	\$2.241	<b>\$84.279</b>	<b>-\$550,628</b>
9	\$382.956	-\$203.856	-\$174.018	\$5.082	\$1.016	<b>\$79.383</b>	<b>-\$471,245</b>
10	\$382.956	-\$210.283	-\$174.018	-\$1.345	0	<b>\$73.972</b>	<b>-\$397,273</b>
11	\$382.956	-\$217.031	0	\$165.925	\$33.185	<b>\$208.057</b>	<b>-\$189,216</b>
12	\$382.956	-\$224.117	0	\$158.839	\$31.768	<b>\$202.388</b>	<b>\$13,172</b>
13	\$382.956	-\$231.557	0	\$151.399	\$30.280	<b>\$196.436</b>	<b>\$209,608</b>
14	\$382.956	-\$239.368	0	\$143.588	\$28.718	<b>\$190.187</b>	<b>\$399,795</b>
15	\$382.956	-\$247.571	0	\$135.385	\$27.077	<b>\$183.625</b>	<b>\$583,420</b>
16	\$382.956	-\$256.184	0	\$126.772	\$25.354	<b>\$176.735</b>	<b>\$760,155</b>
17	\$382.956	-\$265.227	0	\$117.729	\$23.546	<b>\$169.500</b>	<b>\$929,655</b>
18	\$382.956	-\$274.723	0	\$108.233	\$21.647	<b>\$161.903</b>	<b>\$1,091,558</b>
19	\$382.956	-\$284.693	0	\$98.263	\$19.653	<b>\$153.927</b>	<b>\$1,245,485</b>
20	\$1.029.924	-\$295.162	0	\$733.376	\$146.675	<b>\$662.018</b>	<b>\$1,907,503</b>

Tablo 33' de görüldüğü gibi, proje yatırımı 1.343.720 \$ özkaynak yatırımıyla başlamaktadır. Vergi sonrası oluşan kümülatif net nakit akışlarımıza göre, projemiz 12. yıl itibarıyla pozitif geçmektedir.

### 5.3.5.6. Yatırımın Ekonomik Analizi

Çalışmamızın bu bölümünde projelerimizin değerlendirilmesi dinamik ve statik yöntemler uygulanarak yatırım kararı alınıp alınmayacağı irdelenecektir.

#### 5.3.6.1. Geri Ödeme Süresi Yöntemi

Özsermaye geri ödeme süresini bulmak için Tablo 33'de oluşturduğumuz Net Nakit Akış Tablosundan yararlanabiliriz.

Yıl	Vergi Sonrası Nakit Akışı	Kümülatif Net Nakit Akışı	Yıl	Vergi Sonrası Nakit Akışı	Kümülatif Net Nakit Akışı
0		-\$1.343.720			
1	\$112.614	-\$1,231,106	11	\$208.057	-\$189,216
2	\$109.134	-\$1,121,972	12	\$202.388	\$13,172
3	\$105.479	-\$1,016,493	13	\$196.436	\$209,608
4	\$101.643	-\$914,850	14	\$190.187	\$399,795
5	\$97.615	-\$817,235	15	\$183.625	\$583,420
6	\$93.385	-\$723,850	16	\$176.735	\$760,155
7	\$88.943	-\$634,907	17	\$169.500	\$929,655
8	\$84.279	-\$550,628	18	\$161.903	\$1,091,558
9	\$79.383	-\$471,245	19	\$153.927	\$1,245,485
10	\$73.972	-\$397,273	20	\$662.018	\$1,907,503

Vergi sonrası kümülatif net nakit akışlarımıza göre özsermaye yatırımı 11. yılın sonunda kendini ödeyecektir.

Genellikle bu tarz yatırımlarda sistemin kendisini ilk 10 sene içerisinde amorti etmesi beklenir. Burada elde edilen sonuç ise 10 senenin üzerinde bir rakam olduğu

seklindedir. Projemizde özsermaye yatırımını kendini 11 senede amorti ediyor bundan sonraki senelerde ise kara geçmeye başlıyor seklinde yorumlayabiliriz. Hesaplamış olduğumuz geri ödeme süreleri beklenen yılın üzerinde ve yüksek bulunmuştur.

### 5.3.6.2. Yatırımın ve Özsermayenin Getiri Oranı Yöntemi ( ROİ – ROC)

Yatırımın Getiri Oranı ( Return On İnvesment);

Özellikle büyük ölçekli projelerde sadece kaba bir fikir edinmek için kullanılır. Yatırımın getiri oranı, net kârın toplam yatırımına oranını ifade etmektedir.

$$\text{Yatırımın Getiri Oranı} = \frac{\text{Net Kâr}}{\text{Toplam Yatırım}}$$

Yatırımın Getiri Oranı = 0,06 yani %6 olacaktır.

Çalışmamızda yatırımın getiri oranını yorumlayacak olursak, yatırılan 2,687,440\$ toplam yatırıma karşılık %6 oranında kar edildiği anlaşılmaktadır.

Sermayenin Getirisi Oranı (Return On Capital);

Sermayenin Getiri Oranı, net kârın özkaynağa oranını ifade etmektedir.

$$\text{Sermayenin Getiri Oranı} = \frac{\text{Net Kâr}}{\text{Sermaye (Özkaynak)}}$$

Sermayenin Getiri Oranı = 0,12 yani %12 olacaktır.

Çalışmamızda sermayenin getiri oranını yorumlayacak olursak, yatırılan \$1.343.720 özkaynağa karşılık %12 oranında kar edildiği anlaşılmaktadır. Projeler arasında seçim yapılırken de getiri oranı büyük olan projeye öncelik verilmesi gerekmektedir.

### 5.3.6.3. Net Bugünkü Değer Yöntemi

Bir yatırımın Net Bugünkü Değeri (NBD), belirli bir iskonto oranına göre indirgenmiş gelirlerinin toplamı ile indirgenmiş giderlerinin toplamı arasındaki farktır. Bu fark pozitif ise proje kabul edilir. Yani  $NBD > 0$  olmalıdır. Birden fazla proje olması durumunda NBD' i yüksek olan proje tercih edilmelidir. Eğer  $NBD = 0$  olursa yıllık hâsılat akımlarının işletme maliyetlerini ve yıllık yatırım maliyetlerini anca karşıladığı anlaşılır.

$$NBD = \sum_{t=0}^n A_t / (1+r)^t$$

formülü yardımı ile hesaplanabilir.

At: t'nci yıldaki net nakit akımı

n: Projenin yaşam devrini ( $t=0,1,2,\dots,n$ )

n= 1,2,3,...,n yılı

r: İskonto Oranını ifade etmektedir (Kayapınar 2008).

Muğla ili güneş enerji santrali yatırımımız için NBD analizi;

Projenin Yaşam Devri	Kuruluş	İşletme Dönemi				
	0	1	2	3	4	5
Net Nakit Akımı	\$1,343,720	\$112.614	\$109.134	\$105.479	\$101.643	\$97.615
		6	7	8	9	10
		\$93.385	\$88.943	\$84.279	\$79.383	\$74.241
		11	12	13	14	15
		\$208.057	\$202.388	\$196.436	\$190.187	\$183.625
		16	17	18	19	20
	\$176.735	\$169.500	\$161.903	\$153.927	\$662.018	

$$NBD = \$948.534 - \$1,343,720 = - 395,186 \$$$

Projemizde hesaplanan net bugünkü değer negatif çıkmıştır. Bu sonuç projemizin seçilen iskonto oranında ekonomik olmadığını göstermektedir.

#### 5.3.6.4. İç Karlılık Oranı (IRR)

İç karlılık oranını, bir yatırım projesinin net bugünkü değerini sifıra eşitleyen iskonto oranı olarak tanımlamıştık,

$$NBD = \sum_{t=0}^n A_t / (1+r)^t = 0$$

Formülü yardımı ile “r” iskonto oranı deneme yanılma metodu ile bulunur. Yani NBD’ i sıfır yapan değer bulunmaya çalışılır.

İç karlılık oran ne kadar büyük ise yatırımın o kadar karlı olduğu söylenebilir. Aslında fizibilite çalışmalarında iç karlılık oranını belirlerken ilk yatırım maliyeti olarak tüm yatırım bedelini ya da özsermaye bedelini baz alabilir ve hesaplar bu değere göre yapılabilir. Yine iç karlılık oranını vergi öncesi ve vergi sonrası olarak iki şekilde hesaplamak mümkündür (Keser 2010).

Çalışmamızda iç karlılık oranı özsermaye bedeli baz alınarak vergi sonrası hesaplama yapılmıştır.

GES yatırımımız için IRR analizi,

İskonto oranı % 12 iken iki projemizin de net bugünkü değeri negatif çıkmıştır. Bu nedenle iç karlılık oranını hesaplayabilmemiz için net bugünkü değeri pozitif yapan iskonto oranımızı revize etmemiz gerekmektedir.

$$NBD_{0,12} = - \$ 395,186$$

Yatırımdan beklediğimiz iskonto oranını %7 indirecek olursak, bu durumda oluşacak net bugünkü değer;

$$NBD = \$1.470.698 - \$1,343,720 = \$126,978 \text{ olacaktır.}$$

$$NBD_{0,07} = \$ 126,978$$

Buna göre net bugünkü değeri sıfır yapan iskonto oranı %7 ile %12 arasında olacaktır. Gerçek değeri bulabilmek için enterpolasyon yöntemi uygulanmalıdır.

$$r = r_{0,07} + [ NBD_{0,07} / ( NBD_{0,07} + |NBD_{0,12}| ) ] \times ( r_{0,12} - r_{0,07} )$$

$$= 0,07 + [ 126,978 / ( 126,978 + 395,186 ) ] \times ( 0,12 - 0,07 ) = 0,08 \text{ olacaktır.}$$

Vergi sonrası özsermaye iç karlılık oranı: **% 8**

Bu iç karlılık oranına baktığımız zaman daha önceden belirlediğimiz %12' lik iskonto oranından düşük olduğu görülmektedir. Sonuç olarak projemiz hesaplanan iç karlılık oranı değerlerine göre beklentimizin altında olmaktadır.

## SONUÇLAR

Çalışmamızda öncelikle enerji kavramı üzerinde durulmuş, yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları hakkında genel olarak bilgiler verilerek Türkiye'deki genel görünümü ve ilgili yasalar incelenmiştir. Her geçen gün hızla artan enerji ihtiyacı ve bu enerjiyi karşıladığımız fosil kökenli yakıtların günden güne azalmakta olması tüm dünya ülkelerinin yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgisini artmıştır.

Üçüncü ve dördüncü bölümde rüzgar ve güneş enerjisi detaylı olarak tanıtılmış, sistem bileşenleri ve teknolojileri hakkında teorik bilgiler verilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en çok umut veren rüzgar ve güneş enerjisidir. Türbin teknolojileri ve fotovoltaik teknolojiler günden güne hızla gelişmektedir. Ayrıca bu enerji kaynaklarının kullanılması tüm dünyayı tehdit eden çevre kirliliğinin azalmasına da katkıda bulunmaktadır.

Ülkemizin rüzgar ve güneş enerjisi potansiyeli verilerle ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu verilere baktığımızda ülkemizin hem rüzgar açısından hem de güneş açısından önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir ancak bu önemli değerler ülkemizde elektrik enerjisi amaçlı olarak çok fazla kullanılamamaktadır.

Yapılan araştırma sonucunda ülkemizde rüzgar santralleri kurulması en uygun bölgelerin başında Marmara, Ege ve Akdeniz bölgeleri gelmektedir. Özel sektör yatırımları çoğunlukla bu üç bölgede toplanmıştır. Güneş enerjisi kurulabilecek en uygun bölgeler ise Akdeniz, Güney Doğu Anadolu ve Ege bölgeleridir. Kuzey'e doğru gidildikçe güneş radyasyon değeri ile orantılı bir şekilde üretilen elektrik miktarı düşecek, net gelirler azalacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının bakım maliyetlerinin çok düşük olması ve hiç hammaddeye ihtiyaç duymamaları bu kaynaklardan üretilen enerjiyi ekonomik hale getirirse de, üretim ve montaj tekniklerindeki zorluklar nedeniyle, ulaşması zor kaynaklardır.

Uygulama bölümünde Muğla ili Bodrum bölgesinde aynı arazi üzerine 2 MW gücünde şebeke bağlantılı GES veya RES kurulumu için nasıl bir sistem izleneceği, yaklaşık maliyetlerinin ne kadar olacağı ve sistemlerden elde edebileceğimiz yaklaşık gelirler hesaplanmıştır.



Kurmayı planladığımız rüzgar enerji santralının maliyet analizinde, ölçümleri yapılan rüzgar hızları verilerine göre sistemimizin yılda 7.086 MWh elektrik üretilbileceği, kapasite faktörünün %40 olacağı bulunmuştur. İlgili yasa doğrultusunda devlet alım fiyatı 73 \$/MWh olacaktır. Sistemimizin çalışır duruma gelmesi için toplam yatırım maliyetlerimiz 3,139,500\$ ,yıllık işletme giderlerimiz ise 66.000 \$ olacak her sene enflasyon oranında artış gösterecektir. Yatırımımızın yarısı özkaynaklarımız ile yarısı ise kredilerle finanse edilecektir. Özsermayenin ise kendini 8 yıl içerisinde geri ödeyeceği hesaplanmıştır. Paranın zaman değerini hesaba katan dinamik yöntemlerle yaptığımız analizlerimizde net bugünkü değerimizin pozitif olduğu, vergi sonrası özsermaye iç karlılık oranımızın ise %15 olduğu görülmektedir. Analizlerimizin sonucunda yatırımın yapılabilir olduğu ortaya çıkmaktadır.

Kurmayı planladığımız güneş enerji santralının maliyet analizinde, ölçümleri yapılan güneş radyasyon değerlerine göre sistemimizin yılda 2.716 MWh elektrik üretilbileceği bulunmuştur. İlgili yasa doğrultusunda devlet alım fiyatı yerli ek malzeme kullanım farkı da eklenerek 141 \$/MWh olacaktır. Sistemimizin çalışır duruma gelmesi için toplam yatırım maliyetlerimiz 2,687,440 \$ , yıllık işletme giderlerimiz ise 87.000 \$ olacak her sene enflasyon oranında artış gösterecektir. Yatırımımızın yarısı özkaynaklarımız ile yarısı ise kredilerle finanse edilecektir. Özsermayenin ise kendini 12 yıl içerisinde geri ödeyeceği hesaplanmıştır. Paranın zaman değerini hesaba katan dinamik yöntemlerle yaptığımız analizlerimizde net bugünkü değerimizin negatif olduğu, vergi sonrası özsermaye iç karlılık oranımızın ise %8 olduğu görülmektedir. Analizlerimizin sonucunda yatırımımızın beklentilerimizi karşılamadığı ortaya çıkmaktadır.

Çalışmamızda projelerin ömrü boyunca üretilen elektriğin satış fiyatı sabit tutulmuştur ilerleyen yıllarda devlet tarafından elektrik alım fiyatlarında yapılacak artışlar yatırımcıların değerlendirmesi açısından yatırım fizibilitemizi daha yapılabilir hale getirebilecektir.

Yapmış olduğumuz fizibilite çalışmaları ile yatırımları karşılaştıracak olursak; rüzgar enerjisinin Türkiye’de hakimiyetini koruduğu görünmektedir. Güneş enerjisi sistemlerinin ilk yatırımları daha uygun olduğu halde düşük verimliliklerinden dolayı rüzgar sistemleri tercih edilmektedir. Çalışmamızda da yapılan yatırım fizibiliteleri neticesinde aynı sonuca ulaşılmış rüzgar enerjisi yatırımı hem karlılık hem geri ödeme süresi olarak avantajlı ve tercih sebebi olarak görülmektedir.

Yapmış olduğumuz literatür çalışmalarında geçmiş yıllar incelendiğinde güneş enerjisi yatırım fizibilite geri dönüş sürelerinin çok uzun ve karlılıklarının da düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Günümüze gelindiğinde yine optimum yatırım kararı alınamayacak da olsa bu faktörlerin hızla değiştiği, yatırımın geri dönüş sürelerinin ciddi oranda kısaldığı, karlılıklarında hızla yükseldiği görülmektedir. Diğer yandan bu farkların kapanmasını yenilenebilir teknolojilerin hızla gelişmesine dolayısıyla maliyetlerin düşmesine, devletin uyguladığı teşviklerin artmasına ve finansman koşullarının gelişmesine şeklinde de yorumlayabiliriz.

Ancak ilerleyen yıllarda gelişen teknoloji ve pazardaki rekabet ile panel fiyatlarının daha da düşeceği ve verimliliklerinin artacağı tahmin edilmektedir. Avrupa' daki yatırımcının da kar ediyor olmasının sebebi devletlerin uyguladığı destekleme politikaları ve alım maliyetlerinin altında yatmaktadır. Ülkemizde de teşviklerin daha da artırılması projelerin daha yapılabilir kılacaktır.

## EK 1

### YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ AMAÇLI KULLANIMINA İLİŞKİN KANUN

**Kanun No. 5346**

**Kabul Tarihi : 10.5.2005**

#### BİRİNCİ BÖLÜM

##### Amaç, Kapsam, Tanımlar ve Kısaltmalar

###### Amaç

**MADDE 1.** - Bu Kanunun amacı; yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesidir.

###### Kapsam

**MADDE 2.** - Bu Kanun; yenilenebilir enerji kaynak alanlarının korunması, bu kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisinin belgelendirilmesi ve bu kaynakların kullanımına ilişkin usul ve esasları kapsar.

###### Tanımlar ve kısaltmalar

**MADDE 3.** - Bu Kanunda geçen;

1. Bakanlık : Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığını,
  2. EPDK : Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunu,
  3. DSİ : Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünü,
  4. EİE : Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğünü,
  5. TEİAŞ : Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketini,
  6. MTA : Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünü,
  7. TETAŞ : Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketini,
  8. Yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) : Hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynaklarını,
  9. Biyokütle : Organik atıkların yanı sıra bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat artıkları dahil olmak üzere, tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtları,
  10. Jeotermal kaynak : Yer kabuğundaki doğal ısı nedeniyle sıcaklığı sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan, erimiş madde ve gaz içerebilen doğal su, buhar ve gazlar ile kızgın kuru kayalardan elde edilen su, buhar ve gazları,
  11. Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynakları: Rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git ile kanal veya nehir tipi veya rezervuar alanı onbeş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi kurulmasına uygun elektrik enerjisi üretim kaynaklarını,
  12. Türkiye ortalama elektrik toptan satış fiyatı: Yılı içerisinde ülkede uygulanan ve EPDK tarafından hesap edilen elektrik toptan satış fiyatlarının ortalamasını,
- İfade eder.

## İKİNCİ BÖLÜM

### Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanlarının Belirlenmesi, Korunması, Kullanılması ile Yenilenebilir Kaynaklardan Elde Edilen Elektrik Enerjisinin Belgelendirilmesi

#### **Kaynak alanlarının belirlenmesi, korunması ve kullanılması**

**MADDE 4.** - Bu Kanunun yürürlük tarihinden sonra kamu veya Hazine arazilerinde yenilenebilir enerji kaynak alanlarının kullanımını ve verimliliğini etkileyici imar planları düzenlenemez. Elektrik enerjisi üretimine yönelik jeotermal kaynak alanlarının belirlenmesi, korunması ve kullanılmasına ilişkin usul ve esaslar yönetmelikle düzenlenir.

#### **YEK belgesi**

**MADDE 5.** - Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisinin iç piyasada ve uluslararası piyasalarda alım satımında kaynak türünün belirlenmesi ve takibi için üretim lisansı sahibi tüzel kişiye EPDK tarafından "Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi" (YEK Belgesi) verilir.

YEK Belgesi ile ilgili usul ve esaslar yönetmelikle düzenlenir.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üretiminde Uygulanacak Usul ve Esaslar

#### **Uygulama esasları**

**MADDE 6.** - (Değişik: 18/4/2007-5627/17 md.) Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretim ve ticaretinde, lisans sahibi tüzel kişiler aşağıdaki uygulama esaslarına tâbidirler:

a) Perakende satış lisansı sahibi tüzel kişiler, bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten YEK Belgeli tesislerin işletmede on yılını tamamlamamış olanlarından, bu maddede belirlenen esaslara göre elektrik enerjisi satın alırlar.

b) Bu Kanun kapsamındaki uygulamalardan yararlanabilecek YEK Belgeli elektrik enerjisi miktarına ilişkin bilgiler her yıl EPDK tarafından yayınlanır. Perakende satış lisansı sahibi tüzel kişilerin her biri, bir önceki takvim yılında sattıkları elektrik enerjisi miktarının ülkede sattıkları toplam elektrik enerjisi miktarına oranı kadar, YEK Belgeli elektrik enerjisinden satın alırlar.

c) Bu Kanun kapsamında satın alınacak elektrik enerjisi için uygulanacak fiyat; her yıl için, EPDK'nın belirlediği bir önceki yıla ait Türkiye ortalama elektrik toptan satış fiyatıdır. Ancak uygulanacak bu fiyat 5 Euro Cent/kWh karşılığı Türk Lirasından az, 5,5 Euro Cent/kWh karşılığı Türk Lirasından fazla olamaz. Ancak 5,5 Euro Cent/kWh sınırının üzerinde serbest piyasada satış imkânı bulan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı lisans sahibi tüzel kişiler bu imkândan yararlanırlar.

Bu madde kapsamındaki uygulamalar 31/12/2011 tarihinden önce işletmeye giren tesisleri kapsar. Ancak Bakanlar Kurulu uygulamanın sona ereceği tarihi, 31/12/2009 tarihine kadar Resmî Gazetede yayımlanmak şartıyla en fazla 2 yıl süreyle uzatılabilir.

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### Yatırım Dönemine İlişkin Uygulama Esasları

#### Yatırım dönemi uygulamaları

**MADDE 7.** - Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak sadece kendi ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla azami bin kilovatlık kurulu güce sahip izole elektrik üretim tesisi ve şebeke destekli elektrik üretim tesisi kuran gerçek ve tüzel kişilerden kesin projesi, planlaması, master planı, ön incelemesi veya ilk etüdü DSİ veya EİE tarafından hazırlanan projeler için hizmet bedelleri alınmaz.

Bu Kanun kapsamında;

- a) Enerji üretim tesis yatırımları,
- b) Kullanılacak elektro-mekanik sistemlerin yurt içinde imalat olarak temini,
- c) Güneş pilleri ve odaklayıcı üniteler kullanan elektrik üretim sistemleri kapsamındaki yapılacak AR-GE ve imalat yatırımları,
- d) Biyokütle kaynaklarını kullanarak elektrik enerjisi veya yakıt üretimine yönelik AR-GE tesis yatırımları,

Bakanlar Kurulu kararı ile teşviklerden yararlandırılabilir.

Yeterli jeotermal kaynakların bulunduğu bölgelerdeki valilik ve belediyelerin sınırları içinde kalan yerleşim birimlerinin ısı enerjisi ihtiyaçlarını öncelikle jeotermal ve güneş termal kaynaklarından karşılamaları esastır.

#### Arazi ihtiyacına ilişkin uygulamalar

**MADDE 8.** - (Değişik: 18/4/2007-5627/18 md.) (Değişik: 9/7/2008-5784/23. md.) Orman vasıflı olan veya Hazinesinin özel mülkiyetinde ya da Devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan taşınmazlardan bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi yapılmak amacıyla tesis, ulaşım yolları ve şebekeye bağlantı noktasına kadarki enerji nakil hattı için kullanılacak olanlar hakkında Çevre ve Orman Bakanlığı veya Maliye Bakanlığı tarafından bedeli karşılığında izin verilir, kiralama yapılır, irtifak hakkı tesis edilir veya kullanma izni verilir.

Bu maddenin birinci fıkrasında belirtilen amaçlarda kullanılacak olan taşınmazların 25/2/1998 tarihli ve 4342 sayılı Mera Kanunu kapsamında bulunan mera, yaylak, kışlak ile kamuya ait otlak ve çayır olması halinde, 4342 sayılı Mera Kanunu hükümleri uyarınca bu taşınmazlar, tahsis amacı değiştirilerek Hazine adına tescil edilir. Bu taşınmazlara ilişkin olarak, Maliye Bakanlığı tarafından bedeli karşılığında kiralama yapılır veya irtifak hakkı tesis edilir.

31/12/2012 tarihine kadar devreye alınacak bu tesislerden, ulaşım yollarından ve şebekeye bağlantı noktasına kadarki enerji nakil hatlarından yatırım ve işletme dönemlerinin ilk on yılında izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedellerine yüzde seksenbeş indirim uygulanır. Orman Köylüleri Kalkındırma Geliri, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Geliri alınmaz.

Bu Kanun kapsamındaki hidroelektrik üretim tesislerinin rezervuar alanında bulunan Hazinesinin özel mülkiyetindeki ve Devletin hüküm ve tasarrufu altındaki taşınmaz mallar için Maliye Bakanlığı tarafından bedelsiz olarak kullanma izni verilir.

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### Çeşitli Hükümler

#### Uygulamaların koordinasyonu

**MADDE 9.** - Bakanlık, bu Kanunda belirtilen temel ilkelerin ve yükümlülüklerin uygulanması, yönlendirilmesi, izlenmesi, değerlendirilmesi ve alınacak tedbirlerin planlanmasında koordinasyonu sağlar.

#### Yaptırımlar

**MADDE 10.** - Bu Kanunun 6 ncı maddesi hükümlerine aykırı faaliyet gösteren perakende satış lisans sahibi tüzel kişilere EPDK tarafından ikiyüzelli milyar TL idari para cezası verilir ve aykırılığın altmış gün içinde giderilmesi ihtar edilir.

Yukarıdaki para cezasını gerektiren fiillerin ihtarla rağmen düzeltilmemesi veya tekrarlanması halinde para cezaları her defasında bir önceki cezanın iki katı oranında artırılarak uygulanır. Bu cezaların verildiği tarihten itibaren iki yıl içinde idarî para cezası verilmesini gerektiren aynı fiil işlenmediği takdirde önceki cezalar tekrarda esas alınmaz. Ancak aynı fiil iki yıl içinde işlendiği taktirde artırılarak uygulanacak para cezasının tutarı cezaya muhatap tüzel kişinin bir önceki mali yılına ilişkin bilançosundaki gayrisafi gelirinin yüzde onunu aşamaz. Cezaların bu düzeye ulaşması halinde EPDK, lisansı iptal edebilir.

#### Yönetmelikler

**MADDE 11.** - Bu Kanunun yürürlük tarihinden itibaren dört ay içerisinde, bu Kanunun 5 inci maddesine ilişkin yönetmelik EPDK tarafından, diğer yönetmelikler Bakanlık tarafından hazırlanarak yürürlüğe konulur.

**MADDE 12.** - 18.12.1953 tarihli ve 6200 sayılı Devlet Su İşleri Umum Müdürlüğü Teşkilat ve Vazifeleri Hakkında Kanuna 20.2.2001 tarihli ve 4628 sayılı Kanunun 18 inci maddesi ile eklenen ek l inci maddesi aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

Ek Madde 1. - Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından inşa edilmiş, işletmeye alınmış ve işletmeye alınacak hidroelektrik santrallerinin enerji üretimiyle ilgili kısımları ve bunların mütemmim cüzleri olan taşınmazlar; yapım maliyetleri, işletmede buldukları süre, bu tesisler tamamlandıktan sonra Kamu Ortaklığı Fonuna aktarılan geri ödemeler ile bu tesisler için Hazine Müsteşarlığı tarafından temin edilerek Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne tahsis edilen dış kaynaklı proje kredilerinden doğan malî yükümlülükler dikkate alınarak tespit edilecek bedeller üzerinden, herhangi bir ödeme yapılmaksızın Elektrik Üretim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğüne devredilir. Bu tesisler için sağlanmış olan dış kredilerin enerji maksadına tekabül eden kısmına ilişkin olarak devir tarihini izleyen yıllarda Hazine Müsteşarlığı tarafından yapılacak ödemelerin Elektrik Üretim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü tarafından üstlenilmesini teminen Hazine Müsteşarlığı ile Elektrik Üretim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü arasında ikraz anlaşması yapılır.

Devre ilişkin usul ve esaslar; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve Hazine Müsteşarlığı tarafından hazırlanacak ve Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe girecek bir yönetmelikle belirlenir.

Devir işlemleri her türlü vergi, resim ve harçtan muafır.

**MADDE 13.** - 4.12.1984 tarihli ve 3096 sayılı Kanunun Kamulaştırma başlıklı 11 inci maddesi aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

Madde 11. - Görevli şirketlerin yapacağı üretim, iletim ve dağıtım tesislerinin onaylanmış tatbikat projelerine göre, kamulaştırma ihtiyacı ortaya çıktığında; rezervuarlı tesisler hariç kamulaştırma bedeli görevli şirket tarafından ödenmek kaydıyla Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca 4650 sayılı Kanun hükümlerine göre yapılır. Rezervuarlı tesislerin kamulaştırma bedelleri ilgili Bakanlığın bütçesine konulacak ödenek marifetiyle Hazine tarafından ödenir.

Bu madde ile değiştirilen hüküm 3096 sayılı Kanun kapsamında sözleşmesi imzalanmış ancak işletmeye geçmemiş olan projelere uygulanır.

**GEÇİCİ MADDE 1.** - 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu kapsamında tanımlanan mevcut sözleşmeler arasında yer alan ve bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim yapacak olan işletmeye girmemiş yap-işlet-devret modeli kapsamındaki tüzel kişiler, mevcut sözleşmelerinden doğan haklarından feragat etmek şartıyla, bu Kanun kapsamındaki uygulamalardan yararlanırlar. EPDK tarafından bu projelere üretim lisansı verilir.

**GEÇİCİ MADDE 2.** - Perakende satış lisansı sahibi kamu dağıtım şirketleri Bakanlık ve EPDK'nın mevcut mevzuatı ve uygulamaları dışında, bu Kanunun 6 ncı maddesi kapsamındaki alım yükümlülüklerinden 1.1.2007 tarihine kadar muafır. Ancak bu Kanunun yürürlük tarihinden sonra kendilerine müracaat eden YEK belgeli üretim lisansı sahibi tüzel kişilerle alım yükümlülüğü 1.1.2007 tarihinden geçerli olacak elektrik satış anlaşmalarını yaparlar.

**GEÇİCİ MADDE 3.** - Bu Kanunun 6 ncı maddesinde belirtilen projeksiyon, bu Kanunun yürürlüğe girdiği tarihten itibaren c ay içerisinde Bakanlık tarafından yayımlanır. Ancak bu projeksiyon, Kanunun yürürlük tarihinden önce EPDK tarafından üretim lisansları verilmiş projeleri ve geçici 1 inci maddede tanımlanan mevcut sözleşmeli projelerden bu Kanun kapsamında üretim lisansı alacak olan projeleri de kapsar.

**GEÇİCİ MADDE 4.** - Mevcut sözleşmeleri çerçevesinde faaliyet gösteren ve DSİ katılım payları tarife yoluyla TETAş tarafından ödenen işletmedeki Yap-İşlet-Devret modeli hidroelektrik santrallerin sözleşmelerinde ABD Doları cinsinden yer alan DSİ enerji katılım payları, sözleşmede yer aldığı miktarda ödeme tarihindeki Merkez Bankası döviz kuru üzerinden her işletme yılının sonunda DSİ'ye ödenir.

4628 sayılı Kanun kapsamında kurulmuş veya kurulacak olan hidroelektrik santraller için belirlenecek ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne denecek olan enerji hissesi katılım payının hesabında esas alınacak ortak tesis bedeli, TEFE ile su kullanım anlaşmasının yapıldığı tarihe getirilmiş olan ihaleye esas ilk keşif bedelinin % 30'undan fazlasını geçemez. Proje ile ilgili kamulaştırmalar için yapılmış ve yapılacak olan demelerin TEFE ile su kullanım anlaşması tarihine getirilmiş bedelinin enerji hissesine düşen miktarının tamamı şirket tarafından ödenir.

#### **Yürürlük**

**MADDE 14.** - Bu Kanun yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

#### **Yürütme**

**MADDE 15.** - Bu Kanun hükümlerini Bakanlar Kurulu yürütür.

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ  
AMAÇLI KULLANIMINA İLİŞKİN KANUNDA DEĞİŞİKLİK YAPILMASINA  
DAİR KANUN**

**Kanun No. 6094**

**Kabul Tarihi:**  
**29/12/2010**

**MADDE 1-** 10/5/2005 tarihli ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanununun 3 üncü maddesinin birinci fıkrasının (8), (9) ve (11) numaralı bentleri aşağıdaki şekilde değiştirilmiş, birinci fıkraya aşağıdaki bentler ve maddeye aşağıdaki fıkra eklenmiştir.

“8.Yenilenebilir enerji kaynakları (YEK): Hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynaklarını,

9.Biyokütle: Organik atıkların yanı sıra bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat artıkları dâhil olmak üzere, tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen kaynakları,”

“11.Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynakları: Rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git ile kanal veya nehir tipi veya rezervuar alanı onbeş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi kurulmasına uygun elektrik enerjisi üretim kaynaklarını,”

“13.Çöp gazı: Çöp dâhil diğer atıklardan enerji elde edilmesi amacıyla üretilen gazı,

14.YEK Destekleme Mekanizması: Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim faaliyeti gösterenlerin faydalanabileceği fiyat, süreler ve bunlara yapılacak ödemelere ilişkin usul ve esasları içeren destekleme mekanizmasını,

15.PMUM: Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezini,

16.YEK toplam bedeli: YEK Destekleme Mekanizmasına tabi olanların her biri tarafından iletim veya dağıtım sistemine verilen elektrik enerjisi miktarı ile YEK listesindeki fiyatların çarpılması suretiyle, enerjinin sisteme verildiği tarihteki Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası döviz alış kuru üzerinden Türk Lirası olarak hesaplanan bedellerin toplamını,

17.Ödeme yükümlülüğü oranı: Tüketicilere elektrik enerjisi satışı yapan tedarikçilerin ödemekle yükümlü olacağı tutarın hesaplanmasında kullanılacak olan, her bir tedarikçinin tüketicilerine sattığı elektrik enerjisi miktarının, bu tedarikçilerin tamamının tüketicilere sattığı toplam elektrik enerjisi miktarına bölünmesi suretiyle hesaplanan oranı,”

“Bu Kanunda geçmekle birlikte tanımlanmamış diğer terim ve kavramlar, 20/2/2001 tarihli ve 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunundaki anlama sahiptir.”

**MADDE 2-** 5346 sayılı Kanununun 4 üncü maddesinin birinci fıkrasının ikinci cümlesi aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

“Elektrik enerjisi üretimine yönelik yenilenebilir kaynak alanlarının ilgili kurum ve kuruluşların görüşü alınarak belirlenmesi, derecelendirilmesi, korunması ve kullanımına ilişkin usul ve esaslar yönetmelikle düzenlenir. Belirlenen yenilenebilir kaynak alanları imar planlarına resen işlenmek üzere Bakanlık tarafından ilgili mercilere bildirilir.”

**MADDE 3-** 5346 sayılı Kanununun 6 ncı maddesi başlığı ile birlikte aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

“YEK Destekleme Mekanizması

**MADDE 6-** Bu Kanunun yürürlüğe girdiği 18/5/2005 tarihinden 31/12/2015 tarihine kadar işletmeye girmiş veya girecek YEK Destekleme Mekanizmasına tabi üretim lisansı sahipleri



için, bu Kanuna ekli I sayılı Cetvelde yer alan fiyatlar, on yıl süre ile uygulanır. Ancak, arz güvenliği başta olmak üzere diğer gelişmeler doğrultusunda 31/12/2015 tarihinden sonra işletmeye girecek olan YEK Belgeli üretim tesisleri için bu Kanuna göre uygulanacak miktar, fiyat ve süreler ile kaynaklar Cetveldeki fiyatları geçmemek üzere, Bakanlar Kurulu tarafından belirlenir.

YEK Destekleme Mekanizmasına bir sonraki takvim yılında tabi olmak isteyenler YEK Belgesi almak ve 31 Ekim tarihine kadar EPDK'ya başvurmak zorundadır.

YEK Destekleme Mekanizmasında öngörülen süreler; tesislerden işletmedekiler için işletmeye girdiği tarihten, henüz işletmeye girmemiş olanlar için işletmeye girecekleri tarihten itibaren başlar. YEK Destekleme Mekanizmasına tabi olanlar, uygulamaya dâhil oldukları yıl içerisinde uygulamanın dışına çıkamaz.

YEK Destekleme Mekanizmasına tabi olanların listesi ile bunlara ait tesislerin işletmeye giriş tarihlerine, yıllık elektrik enerjisi üretim kapasitelerine ve yıllık üretim programına ilişkin bilgiler, kaynak türlerine göre her yıl 30 Kasım tarihine kadar EPDK tarafından yayımlanır.

Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerindeki aksamın sağlanması gereken standartlar ve denetimlerde uygulanacak test yöntemleri ile birlikte, bu tesislerde ve hibrit üretim tesislerinde üretilen elektrik enerjisi içerisindeki güneş enerjisine dayalı üretim miktarlarının denetimine ilişkin usul ve esaslar EPDK'nın görüşü alınarak Bakanlık tarafından çıkarılacak yönetmelikle belirlenir.

PMUM, her fatura dönemi için YEK toplam bedelini ilan eder ve her bir tedarikçinin ödeme yükümlülüğü oranını belirler. Ödeme yükümlülüğü oranının belirlenmesi sırasında, bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilerek YEK Destekleme Mekanizmasına tabi olmaksızın serbest piyasada satışı yapılan elektrik enerjisi miktarı bu Kanun kapsamındaki hesaplamalara dâhil edilmez. Tüketicilere elektrik enerjisi sağlayan her bir tedarikçinin ödemekle yükümlü olduğu tutar belirlenerek ilgili tedarikçiye fatura edilir ve yapılan tahsilat YEK Destekleme Mekanizmasına tabi tüzel kişilere payları oranında ödenir. Bu fıkra kapsamındaki PMUM dâhil uygulamalara ilişkin usul ve esaslar, EPDK tarafından çıkarılacak yönetmelikte düzenlenir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten tesislerin lisanslarına derç edilecek yıllık üretim miktarı, bu tesislerin kaynağına göre mevcut kurulu gücü ile üretebileceği yıllık azami üretim miktarıdır. Bu maddenin yürürlüğe girdiği tarihte mevcut olan lisanslar da ilgililerin müracaatı ile üç ay içinde bu doğrultuda tadil edilir.

Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten ve bu madde hükmüne tabi olmak istemeyen tüzel kişiler, lisansları kapsamında serbest piyasada satış yapabilirler.”

**MADDE 4-** 5346 sayılı Kanuna 6 ncı maddesinden sonra gelmek üzere aşağıdaki maddeler eklenmiştir.

“Muafiyetli üretim

**MADDE 6/A-** 4628 sayılı Kanununun 3 üncü maddesinin üçüncü fıkrası kapsamında kurulacak yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri için başvuru yapılması, izin verilmesi, denetim yapılması ile teknik ve mali usul ve esaslar, Bakanlık, İçişleri Bakanlığı ve DSİ'nin görüşleri alınarak EPDK tarafından çıkartılacak bir yönetmelikle düzenlenir. Hidroelektrik üretim tesisleri için su kullanım hakkının verilmesine, DSİ'nin ilgili taşra teşkilatının su rejimi açısından üretim tesisinin yapımında sakınca bulunmadığına ve bağlantının yapılacağı dağıtım şirketinden dağıtım sistemine bağlantı yapılabileceğine dair görüş alınmak kaydıyla, tesisin kurulacağı yerdeki il özel idareleri yetkilidir.

Bu madde kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten gerçek ve tüzel kişiler; ihtiyaçlarının üzerinde ürettikleri elektrik enerjisini dağıtım sistemine vermeleri halinde, I sayılı Cetveldeki fiyatlardan on yıl süre ile faydalanabilir. Bu kapsamda dağıtım sistemine verilen elektrik enerjisinin perakende satış lisansını haiz ilgili dağıtım şirketi tarafından satın alınması zorunludur. İlgili şirketlerin bu madde gereğince satın aldıkları elektrik enerjisi, söz konusu dağıtım şirketlerce YEK Destekleme Mekanizması kapsamında üretilmiş ve sisteme verilmiş kabul edilir.”

“Yerli ürün kullanımı

MADDE 6/B- Lisans sahibi tüzel kişilerin bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı ve 31/12/2015 tarihinden önce işletmeye giren üretim tesislerinde kullanılan mekanik ve/veya elektro-mekanik aksamın yurt içinde imal edilmiş olması halinde; bu tesislerde üretilerek iletim veya dağıtım sistemine verilen elektrik enerjisi için, I sayılı Cetvelde belirtilen fiyatlara, üretim tesisinin işletmeye giriş tarihinden itibaren beş yıl süreyle; bu Kanuna ekli II sayılı Cetvelde belirtilen fiyatlar ilave edilir.

II sayılı Cetvelde yer alan yurt içinde imalatın kapsamının tanımı, standartları, sertifikasyonu ve denetimi ile ilgili usul ve esaslar, Bakanlık tarafından çıkarılacak yönetmelikle düzenlenir.

31/12/2015 tarihinden sonra işletmeye girecek olan YEK Belgeli üretim tesisleri için yerli katkı ilavesine ilişkin usul ve esaslar, Bakanlığın teklifi üzerine Bakanlar Kurulu tarafından belirlenerek ilan edilir.”

“Diğer uygulamalar

MADDE 6/C- Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi yapmak üzere lisans alan tüzel kişiler, lisanslarında belirlenen sahaların dışına çıkılmaması ve işletme anında sisteme verilen gücün lisanslarında belirtilen kurulu gücü aşmaması kaydıyla ek kapasite kurabilirler.

Bu Kanunun yürürlüğe girdiği tarihten itibaren altı ay içerisinde, 31/12/2015 tarihine kadar her yıl güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin bağlanabileceği trafo merkezleri ve bağlantı kapasiteleri, E.İ.E. İdaresi'nin ve TEİAŞ'ın teknik görüşleri alınarak Bakanlık tarafından belirlenir ve yayımlanır. 31/12/2015 tarihinden sonraki yıllara ait bağlantı kapasiteleri ve trafo merkezleri, ilki 1/4/2014 tarihinde olmak üzere her yıl Bakanlık tarafından belirlenir ve yayımlanır.

EPDK tarafından lisans başvuruları değerlendirilirken bağlantı görüşünün oluşturulması aşamasında, bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerine öncelik tanınır.

Güneş enerjisine dayalı lisans başvurularında standardına uygun ölçüm bulundurulması zorunludur. Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurulması için yapılan lisans başvurularında, tesis sahasının malikinin lisans başvurusunda bulunması halinde aynı sahaya başka başvuru yapılamaz. Aynı bölge ve/veya aynı trafo merkezi için birden fazla başvurunun bulunması halinde, başvurular arasından ilan edilen kapasite kadar sisteme bağlanacak olanı belirlemek için TEİAŞ tarafından bu Kanunda belirlenen süreler boyunca uygulanmak üzere, I sayılı Cetvelde öngörülen fiyatların eksiltilmesi usulü ile yarışma yapılır. Yarışma ile ilgili usul ve esaslar Bakanlık, EPDK ve E.İ.E. İdaresi'nin görüşleri alınarak TEİAŞ tarafından çıkarılacak yönetmelikte düzenlenir.

31/12/2013 tarihine kadar iletim sistemine bağlanacak YEK Belgeli güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin toplam kurulu gücü 600 MW'dan fazla olamaz. 31/12/2013 tarihinden sonra iletim sistemine bağlanacak YEK Belgeli güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin toplam kurulu gücünü belirlemeye Bakanlar Kurulu yetkilidir.

Bu Kanun kapsamındaki üretim tesisleri ile elektrik üretim ve dağıtım yapılan diğer tesislerin lisansı kapsamındaki inceleme ve denetimi EPDK tarafından yapılır veya gerektiğinde masrafları ilgililerine ait olmak üzere EPDK tarafından yetkilendirilecek denetim şirketlerinden hizmet satın alınarak EPDK tarafından yaptırılabilir. Denetim şirketleri ile ilgili uygulamaya ilişkin usul ve esaslar, Bakanlık görüşü alınmak kaydıyla EPDK tarafından çıkarılacak yönetmelikle düzenlenir.”

**MADDE 5-** 5346 sayılı Kanununun 8 inci maddesinin üçüncü fıkrasının ilk cümlesi aşağıdaki şekilde değiştirilmiş, maddenin sonuna aşağıdaki fıkralar eklenmiştir.

“Bu Kanunun yayımı tarihi itibarıyla işletmede olanlar dâhil, 31/12/2015 tarihine kadar işletmeye girecek bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinden, ulaşım yollarından ve lisanslarında belirtilen sisteme bağlantı noktasına kadarki TEİAŞ ve dağıtım şirketlerine devredilecek olanlar da dâhil enerji nakil hatlarından yatırım ve işletme dönemlerinin ilk on yılında izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedellerine yüzde seksenbeş indirim uygulanır.”

“Milli park, tabiat parkı, tabiat anıtı ile tabiatı koruma alanlarında, muhafaza ormanlarında, yaban hayatı geliştirme sahalarında, özel çevre koruma bölgelerinde ilgili Bakanlığın, doğal sit alanlarında ise ilgili koruma bölge kurulunun olumlu görüşü alınmak kaydıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim tesislerinin kurulmasına izin verilir.

Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi üretim tesisleri için 29/6/2001 tarihli ve 4706 sayılı Hazineye Ait Taşınmaz Malların Değerlendirilmesi ve Katma Değer Vergisi Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanunun ek 2 nci maddesi hükümleri uygulanmaz.”

**MADDE 6-** 5346 sayılı Kanununun 10 uncu maddesi aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

“MADDE 10- Bu Kanununun 6 ve 6/A maddelerine aykırı faaliyet gösterdiği tespit edilenler hakkında, 4628 sayılı Kanununun 11 inci maddesi hükümleri uygulanır.”

**MADDE 7-** 5346 sayılı Kanuna aşağıdaki geçici madde eklenmiştir.

“GEÇİCİ MADDE 5- Bu Kanununun 6, 6/A, 6/B ve 6/C maddelerinde çıkarılması öngörülen yönetmelikler, bu maddenin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren 3 ay içerisinde yayımlanır. YEK Destekleme Mekanizmasına 2011 yılında tabi olmak isteyenler, YEK Belgesi almak ve 6, 6/A, 6/B ve 6/C maddelerinde çıkarılması öngörülen yönetmeliklerin yayımlanmasını takip eden 1 ay içerisinde EPDK’ya başvurmak zorundadır. YEK Destekleme Mekanizmasına 2011 yılında tabi olanların listesi, başvuruların alınmasını takip eden 1 ay içerisinde EPDK tarafından yayımlanır.”

**MADDE 8-** Bu Kanun yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

**MADDE 9-** Bu Kanun hükümlerini Bakanlar Kurulu yürütür.

I Sayılı Cetvel	
Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/kWh)
a. Hidroelektrik üretim tesisi	7,3
b. Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5
d. Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı)	13,3

dahil)	
e. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3

II Sayılı Cetvel		
Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi (ABD Doları cent/kWh)
A- Hidroelektrik üretim tesisi	1- Türbin	1,3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
B- Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Kanat	0,8
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
	3- Türbin kulesi	0,6
	4- Rotor ve nasel gruplarındaki mekanik aksamın tamamı (Kanat grubu ile jeneratör ve güç elektroniği için yapılan ödemeler hariç.)	1,3
C- Fotovoltaik güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
	2- PV modülleri	1,3
	3- PV modülünü oluşturan hücreler	3,5
	4- İnvörtör	0,6
	5- PV modülü üzerine güneş ışınımı odaklayan malzeme	0,5
D- Yoğunlaştırılmış güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Radyasyon toplama tüpü	2,4
	2- Yansıtıcı yüzey levhası	0,6
	3- Güneş takip sistemi	0,6
	4- Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1,3
	5- Kulede güneş ışınımı toplayarak buhar üretim sisteminin mekanik aksamı	2,4
	6- Stirling motoru	1,3
	7- Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekaniği	0,6
E- Biyokütle enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Akışkan yataklı buhar kazanı	0,8

	2- Sıvı veya gaz yakıtlı buhar kazanı	0,4
	3- Gazlaştırma ve gaz temizleme grubu	0,6
	4- Buhar veya gaz türbini	2,0
	5- İçten yanmalı motor veya stirling motoru	0,9
	6- Jeneratör ve güç elektroniği	0,5
	7- Kojenerasyon sistemi	0,4
F- Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Buhar veya gaz türbini	1,3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	0,7
	3- Buhar enjektörü veya vakum kompresörü	0,7

## EK 3

### CoolerTop®

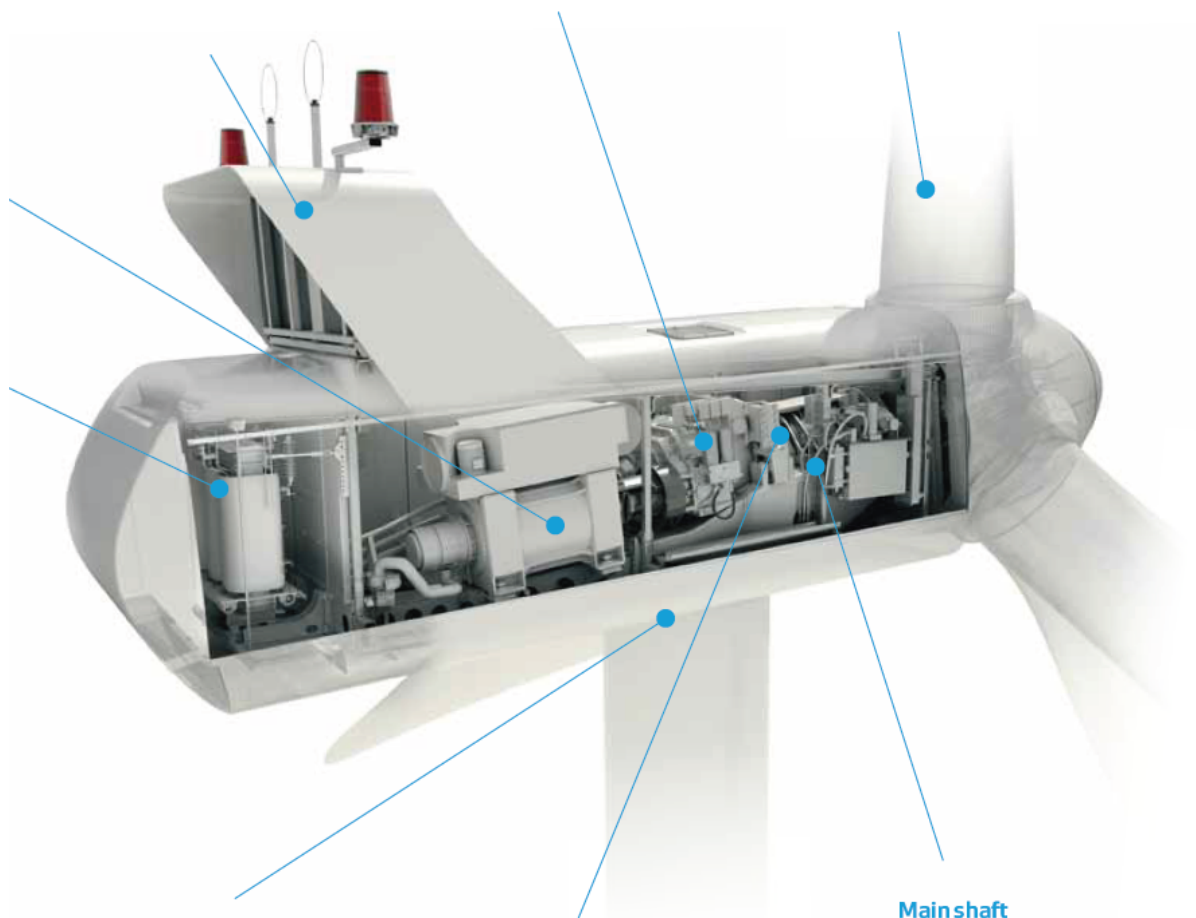
- Innovative design maximises power production by efficiently regulating component temperatures

### Gearbox

- Conventional configuration with single planetary and double helical stages

### Blade

- Market-leading aerodynamic design
- Glass and carbon fiber combination
- Single point greasing system reduces service time



### Yaw system

- Six yaw gears
- Automatic lubrication
- Less downtime and higher energy production

### Main bearing housing

- One piece
- Stronger construction to absorb higher loads from rotor

### Main shaft

- Forged for robustness
- All rotating parts shielded for safety

# V90-1.8/2.0 MW

## Facts and figures

---

### POWER REGULATION

pitch regulated with variable speed

---

### OPERATING DATA

Rated power	IEC IIA - 50 Hz: 1,800/2,000 kW IEC IIA - 60 Hz: 1,815 kW
Cut-in wind speed	4.0 m/s
Rated wind speed	12 m/s
Cut-out wind speed	25 m/s
Wind class	IEC IIA (V90-1.8 MW) IEC IIIA (V90-2.0 MW)
Operating temperature range	standard turbine: -20°C to 40°C low temperature turbine: -30°C to 40°C

---

### SOUND POWER

	3 m/s: 92.6
	4 m/s: 95.6
	5 m/s: 99.8
	6 m/s: 102.8
	7 m/s: 103.7
	8 m/s: 104.0
Mode 0, 10 m above ground, hub height 80 m, air density 1,225 kg/m <sup>3</sup>	

---

### ROTOR

Rotor diameter	90 m
Swept area	6,362 m <sup>2</sup>
Air brake	full blade feathering with 3 pitch cylinders

---

### ELECTRICAL

Frequency	50/60 Hz
Generator type	4-pole (50 Hz)/6-pole (60 Hz) doubly fed generator, slip rings
Nominal output	50 Hz: 1,800 kW / 2,000 kW 60 Hz: 1,815 kW

---



---

### GEARBOX

Type one planetary stage and two helical stages

---

### TOWER

Type	tubular steel tower
Hub heights	
V90-1.8 MW - 50 Hz	80 m, 95 m and 105 m (IEC IIA)
V90-1.8 MW - 60 Hz	80 m and 95 m (IEC IIA)
V90-2.0 MW	80 m, 95 m, 105 m and 125 m (IEC IIIA)
V90-2.0 MW	95 m, 105 m and 125 m (DIBt II)

---

### BLADE DIMENSIONS

Length	44 m
Max. chord	3.5 m

---

### NACELLE DIMENSIONS

Height for transport	4 m
Height installed (incl. CoolerTop*)	5.4 m
Length	10.4 m
Width	3.4 m

---

### HUB DIMENSIONS

Max. diameter	3.3 m
Max. width	4 m
Length	4.2 m

---

 Max. weight per unit for transportation 70 metric tonnes
 

---

# Sunmodule<sup>+</sup>™

## SW 240 poly

Version 2.0 and 2.5 Frame



### WORLD CLASS QUALITY

Fully-automated production lines and seamless monitoring of the process and material supply ensure high standards worldwide.



### SOLARWORLD PLUS SORTING

Plus-sorting guarantees the highest system efficiency. Only modules that achieve the designated nominal performance or greater in performance tests are dispatched.



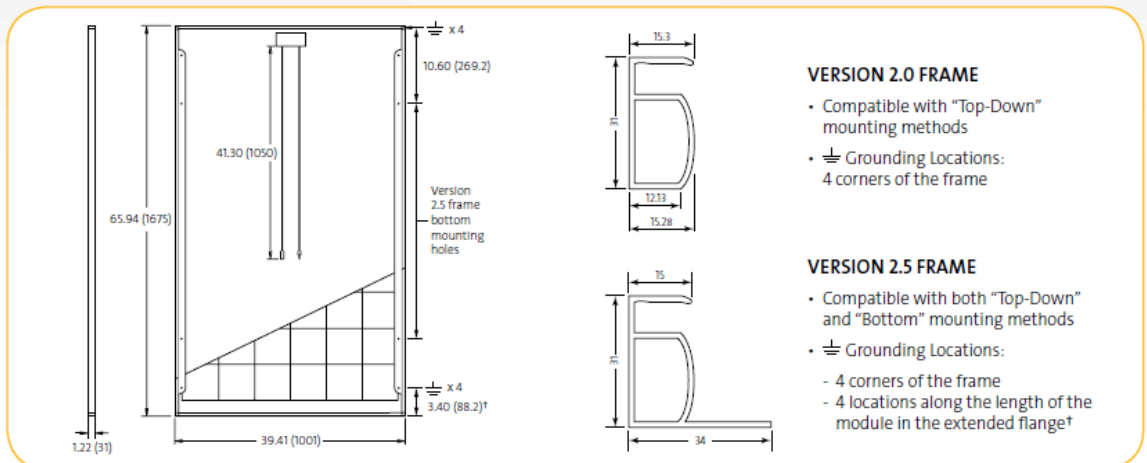
### 25-YEAR LINEAR PERFORMANCE GUARANTEE\*

SolarWorld guarantees a maximum degeneration in performance of 0.7% per year for more than 25 years – a clear additional benefit compared with the conventional two-step industry guarantees. In addition there is a product workmanship warranty that covers 5 years.

### PHYSICAL CHARACTERISTICS

Cells per module	60
Cell type	Poly crystalline
Cell dimensions	6.14 in x 6.14 in (156 mm x 156 mm)
Front	Tempered glass (EN 12150)

Frame	Clear anodized aluminum
Weight	46.7 lbs (21.2 kg)
UL Maximum Test Load**	50 psf (2.4kN/m <sup>2</sup> )
IEC Maximum Snow Test Load**	113 psf (5.4kN/m <sup>2</sup> )



\* In accordance with the applicable SolarWorld Limited Warranty at purchase. [www.solarworld.com](http://www.solarworld.com)

\*\*Please apply the appropriate factors of safety according to the test standard and local building code requirements when designing a PV system.





# Sunmodule<sup>+</sup>™

## SW 240 poly

Version 2.0 and 2.5 Frame

SW-01-5010US 03-2011

### PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)\*

		SW 240
Maximum power	$P_{max}$	240 Wp
Open circuit voltage	$V_{oc}$	37.2 V
Maximum power point voltage	$V_{MPP}$	30.2 V
Short circuit current	$I_{sc}$	8.44 A
Maximum power point current	$I_{MPP}$	7.96 A

\*STC: 1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1.5

### PERFORMANCE AT 800 W/m<sup>2</sup>, NOCT, AM 1.5

		SW 240
Maximum power	$P_{max}$	174.2 Wp
Open circuit voltage	$V_{oc}$	33.7 V
Maximum power point voltage	$V_{MPP}$	27.4 V
Short circuit current	$I_{sc}$	6.80 A
Maximum power point current	$I_{MPP}$	6.37 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25° C: at 200 W/m<sup>2</sup>, 95% (+/-3%) of the STC efficiency (1000 W/m<sup>2</sup>) is achieved.

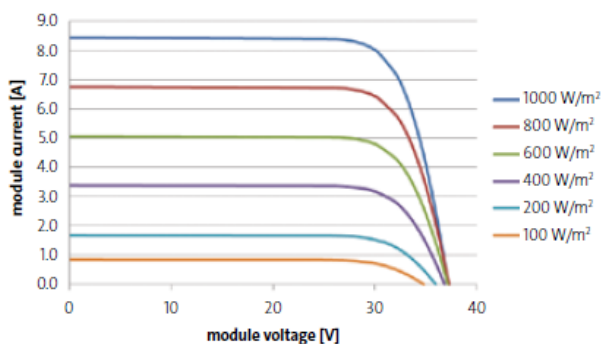
### THERMAL CHARACTERISTICS

NOCT	46° C
TC $I_{sc}$	0.034 %/K
TC $V_{oc}$	-0.34 %
TC $P_{MPP}$	-0.48 %
Operating range	-40°C to 90°C

### SYSTEM INTEGRATION PARAMETERS

Maximum system voltage SC II	1000 V
Maximum system voltage USA NEC	600 V
Maximum series fuse rating	16 A
Number of bypass diodes	3

### I-V CURVE AT 25°C CELL TEMPERATURE



### ADDITIONAL DATA

Measuring tolerance <sup>2)</sup>	+/- 3%
SolarWorld Plus-Sorting <sup>1)</sup>	$P_{Flash} \geq P_{max}$
Junction box	IP65
Connector	MC4
Module efficiency	14.61%
Fire rating (UL 790)	Class C

### GROUNDING

We recommend using the following components:

#### FRAME 2.0/2.5 (CORNERS)

Item	Manufacturer/Description	Tightening torque
Grounding lug	ILsco GBL-4DBT	35 lbf-in, 4-6 AWG str 25 lbf-in, 8 AWG str 20 lbf-in, 10-14 AWG sol/str
Socket head cap screw	#10-24, 5/8", SS 18-8	62 lbf-in (7.0 Nm)

#### FRAME 2.5 (FLANGE)

Item	Manufacturer/Description
Grounding lug	ILsco GBL-4DBT
Bolt	#10-32, SS
Serrated Washer	#10, SS
Washer	ID 13/64", OD 7/16"
Nut	#10-32, SS

Any PV grounding method and components listed to meet NEC grounding requirements are also acceptable.



1) The output identified by SolarWorld ( $P_{Flash}$ ) is always higher than the nominal output ( $P_{max}$ ) of the module.  $P_{Flash}$  is the power rating flashed at a SolarWorld manufacturing facility.

2) Depending on the market.

3) Measuring tolerance is used in conjunction with the SolarWorld Limited Warranty. SolarWorld AG reserves the right to make specification changes without notice.



# TLX Inverter Series

## Three phase transformerless inverter series from 6-15 kW

The TLX series includes TLX, TLX+, TLX Pro and TLX Pro+



**35 kg**

The weight of 6-15 kW

Ensuring easy and troublefree installation of high performance inverters

The high performance transformerless three-phase TLX inverter series, with efficiency of 98 % deliver maximum energy in all conditions.

### Flexibility

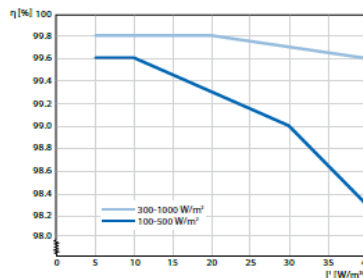
Integrating 1000 V<sub>DC</sub> input range, 250-800 V MPP range and multiple DC inputs with each their own individually regulated MPP tracker, allows for more modules in a series and longer strings, while providing greater flexibility in the PV setup.

### Simplicity

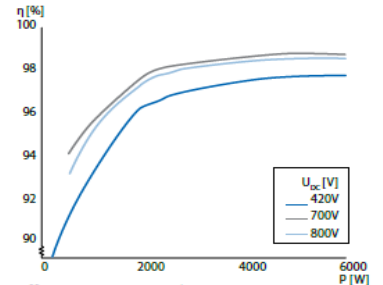
The TLX Pro series includes master inverter technology capable of controlling up to 100 inverters from a single inverter. Likewise, the integrated webserver, allows you to control, monitor and adjust your PV system from any online device.

### 1.6 Billion hours of Experience

The TLX series has been installed all over the world in both residential 6 kW systems to over 100 MW utility plants.



MPP efficiency



Efficiency TLX Series 15k

- η98 %
- 1000 V<sub>DC</sub>
- 250-800 V<sub>MPP</sub>
- 3×230 V<sub>AC</sub>
- 6-15 kW
- PV Sweep
- Compact dimensions
- 12 pcs per pallet place
- 35 days integrated data storage
- 35 kg
- Full built-in monitoring
- 2-3 independant MPP trackers
- SMS via GSM option
- Replication of setting to 100 inverters
- Multiple languages and grid-codes
- ConnectSmart compliant

## KAYNAKÇA

Ablabekova, A. (2008). İktisadi Etkinlik Açısından Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Fosil Yakıtlar İle Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Akkaya, S. (2007). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi ve Bir Rüzgar Enerjisi Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Akkuş, M.S. (2010). Türkiye' nin Enerji Kaynakları ve Alternatif Bir Kaynak Olarak Rüzgar ve Güneş Enerjisinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Konya.

Alaçakır, B. (04 Nisan 2007). Türkiye' de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve EİE' deki Çalışmalar. 06 Ekim 2012, <http://www.nukte.org/node/163>

Altuntaşoğlu, Z.T. (2012). Türkiye' de Rüzgar Enerjisi, Mevcut Durum, Sorunlar. Mühendis ve Makine, Cilt 52 (617), 56.

Ankara Sanayi Odası (2011). Ankara' da Yenilenebilir Enerji Konusunda Kümelenme Analizi. Ankara, Ankara Sanayi Odası, s.83-84, s.27.

Arsoy, K.F. (2011) Bilecik İli Pazaryeri İlçesi Karaköy Mevkiinde Rüzgar Enerjisi Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.

Aydal, D. (2008). Petrolsüz Dünya. İstanbul: Truva Yayınları.

Aydın, İ. (2008). Küçük Güçlü Bir Otonom Rüzgar Enerjisi Çevrim Sistemi İle Elektrik

Eldesi. Yüksek Lisans Tezi. Dumlupınar Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.

Barutçu, B. İTÜ Enerji Enstitüsü Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı. Mayıs 2012

Bayraç, H.N. (2011). Küresel Rüzgar Enerjisi Politikaları ve Uygulamaları. Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fak. Dergisi, XXX (1), 37-57

Botaş (2008). Botaş Boru Hatları İle Petrol Taşıma A.Ş. 2008 YILI SEKTÖR RAPORU. BİLKENT-ANKARA

Bockırs O'm, Veziroğlu J. ve Smith D. Cep Üniversitesi Güneş Enerjisi. İletişim Yayınları, s.55

Cleveland, C., (2004), Encyopedia of Energy, Boston, Elsevier Academic Press.

Coğrafya. (b.t.). (16 Aralık 2012), 22 Aralık 2012,  
<http://istanbul.e-sehir.com/cografya.php>

Çalışkan, M. (2011.27. Mayıs). Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Mevcut Yatırımlar.

Çakıroğlu, M.A. (2012). Türkiye' de Enerji Yatırım Projelerinin Finansmanı, Değerlendirilmesi ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı.

Çengel, Y.A., Boles, M.A. (1996). Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik (T.Derbentli, Çeviri). İstanbul: Literatür Yayıncılık. (1989).

Çolak, Ş.Ç. (2010) Fotovoltaik Paneller Yardımı İle Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretiminin Maliyet Analizi Ve Gelecekteki Projeksiyonu, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı.

Danish Wind History (1999). “Danish Wind Turbine Manufacturers Association WindPower” Danimarka.

Dinçer, M.Z. ve Aslan, Ö. (2008) Sürdürülebilir Kalkınma, Yenilenebilir Eneji Kaynakları ve Hidrojen Enerjisi: Türkiye Değerlendirmesi (51.baskı). İstanbul Ticaret Odası Yayınları s.238, s.83-84, s. 62. , s.88,

Dünya enerji konseyi türk milli komitesi (b.t.). 11 Kasım 2012, <http://www.dektmk.org.tr/>

EIA (2011). ABD Enerji Bilgi İdaresi (EIA), “International Energy Outlook 2011”, Eylül 2011.

E.M.O. (Elektrik Mühendisleri Odası) Enerji verimliliği raporu Ocak 2012 – Ankara

Enerji Genel Müdürlüğü. (b.t.). 26 Ağustos 2012, [www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr)

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (20 Mayıs 2009). Fosil Yakıtlar Genel Bilgi 13 Ağustos 2012, <http://www.enerji.gov.tr/index.php?sf=webpages&b=fosilyakitlar>

EÜAŞ (2011). (Elektrik Üretim Anonim Şirketi) Elektrik Üretim Sektör Raporu. s.21

Fotovoltaik. (11 Aralık 2012). 13 Aralık 2012, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Fotovoltaik>

Gedik, T. Akyüz, K.C. Akyüz, İ. (2005) ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi, Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi Cit: 7 Sayı:7

Gensed (2012) (Güneş Enerjisi Sanayicileri ve Endüstrisi Derneği). Türkiye Güneş Enerjisi Sektöründe GENSED’in Rolü ve Mevzuata İlişkin Beklentiler.

- Güneş. (11 Ağustos 2010). 26 Ekim 2012, <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=gunes&bn=233&hn=&nm=384&id=40695>
- Güneş Enerjisi Kullanımı. (07 Temmuz 2012). 11 Kasım 2012, <http://www.gunder.org.tr/gunes-enerjisi-kullanimi/>
- Güneş Enerji Sistemler. (2008). 03 Aralık 2012, <http://www.gunessistemleri.com>
- Güneş Enerji Sistemleri. (2008). 09 Ekim 2012, <http://www.solarbazaar.com/gunes.asp?id=115>
- Güneş Panelleri. (b.t.). 17 Kasım 2012, <http://www.performansenerji.net/gunes.html>
- Güneş Pilleri. (2008). 09 Ekim 2012, <http://www.gunessistemleri.com/gunespilleri.php>
- Güneş, M.A. (2009). Türkiye' nin Enerji Sorunu İçin Alternatif Çözüm Önerileri ve Rüzgar Enerjisinin Önemi. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Güneşin Yapısı. (2008). 19 Eylül 2012, <http://www.gunessistemleri.com/gunes.php>
- Gökpinar, N. (2010). Yenilenebilir Enerji Ekonomisi: Türkiye (Modelleme), İsrail ve İspanya Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Greenpeace, Rüzgar Enerjisi. (b.t.). 06 Aralık 2012, <http://www.greenpeace.org/turkey/tr/photosvideos/photos/ruzgar-enerjisi-tirbunu>

Girişimcilik ve Yenilik. (13.05.2012). 09 Ekim 2012,

<http://www.girisimcilikveyenilik.com/yazarlar/itemlist/tag/G%C3%BCne%C5%9F%0Enerjisinin%20%C3%9Cst%C3%BCnl%C3%BCkleri%20ve%20Dezavantajlar%C4%B1.htm>

Hansu, L. (25 Nisan 2013). Yatırım Kararını Belirleyen Faktörler.

<http://leventhansu.com/tag/yatirim-geri-odeme-suresi/>

Harp Akademileri Komutanlığı Stratejik Araştırmalar Enstitüsü. (2006). Sempozyum Türkiye' nin Enerji Stratejisi Ne olmalıdır? İstanbul: Harp Akademileri Basım Evi, s.155.

IEA (2011). Uluslar Arası Enerji Ajansı "World Energy Outlook 2011".

İnternet: AltE University "World Solar Insolation Values"

<http://www.altestore.com/howto/Reference-Materials/Solar-Insolation-Map->

Karataş, S. (2009). Türkiye' de Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçerisinde Rüzgar ve Güneş Enerjilerinin Yeri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi İktisat Anabilim Dalı.

Kartal, B. (2010). Eskişehir ve Yöresinde Enerji Üretimi Amaçlı Rüzgar Hızlarının Tespiti ve Kullanıma Uygunluğunun Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.

Kavak, K. (2004). Dünya ve Türkiye' de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiide Enerji Verimliliğinin İncelenmesi (500 ad.). Ankara Devlet Planlama Teşkilatı.

Kavak, K. (02 Nisan 2013). Proje Analizinde Kullanılan Teknikler.

<http://www.dektmk.org.tr/upresimler/KKAVAK-1.pdf>

- Kayapınar, Ö. (2008). Heykel Sempozyumlarının Kurumsallaşması ve Fizibilite Etüdü, Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kaynaklı, Ö., Özdemir, S. ve Karamangil, M. (2012) Güneş Işınımı ve Duvar Yönü Dikkate Alınarak Optimum Isıl Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 27 (2), 367-374.
- Keser, U. (2010). Elektrik Üretiminde Güneş Enerjisi Kullanımı Yatırımlarının Finansal Modellemesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı.
- Keskin K. (2012). Çevre Mühendisliğinde AR-GE Uygulamalarının Araştırılması “Yenilenebilir Enerji Örneği”. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kılıç, F.Ç. (17 Mart 2011). Türkiye’deki Yenilenebilir Enerjilerde Mevcut Durum ve Teşviklerindeki Son Gelişmeler. Mühendis ve Makina, 52 (614)
- Koltukçu, H. (2010). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Swot Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Köse, G. (2010). Enerji Sisteminden Elektrik Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kömür. (16 Ekim 2012). 14 Kasım 2012,  
<http://tr.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6m%C3%BCr>,
- Köse, G. (2010). Hibrit (Güneş + Rüzgar) Enerji Sisteminden Elektrik Üretimi. Yüksek Lisans Tezi. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.



Kurumlar Vergisi Oranı. ( 16 Nisan 2013).

<http://www.kpmgvergi.com/trtr/PratikBilgiler/vergimevzuatibilgileri/oranlar/Pages/KurumlarVergisiOrani.aspx>

Muğla (b.t.). 10 Kasım 2012 <http://www.turkcebilgi.com/ansiklopedi/muğla>

Muğla ili (b.t.). 10 Kasım 2012 <http://www.cografya.gen.tr/tr/mugla/iklim.html>

Muğla İli Rüzgar Hız Dağılımı (b.t.).

[http://www.eie.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru\\_01.html](http://www.eie.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html)

Muhasebe Dersleri. (b.t.). (25 Nisan 2013).

<http://www.muhasabedersleri.com/ekonomi/enflasyon.html>

Dogalgaz Enerjisi (2012), Nükleer Teknoloji Bilgi Platformu, 23 Ekim 2012,

<http://www.nukte.org/dogalgazenerjisi>

Önal, E. ve Yarbay, R.Z. (2010). Türkiye’ de Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Potansiyeli ve Geleceği Kaynakları Potansiyeli ve Geleceği (sayı 19). S.77-96.

Özcan, H. (2009). Rüzgar Enerjisi Yatırımları ve Isparta İlinde Kurulabilecek Rüzgar

Enerjisi Santralinin Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel

Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Özdemir, C. (2011). Kırsal Bir Evin Enerji İhtiyacını Karşılacak Yenilenebilir

Üretim Yöntemlerinin Tasarımı ve Karşılaştırması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özdemirli, T. (2010). Petrol Arama ve Üretim Anlaşmalarının Finansal Yapısı ve

Yatırım Kararlarının Değerlendirilmesi. Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı.

Özgener, Ö. (2012). DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi  
Türkiye’de ve Dünya’ da Rüzgar Enerjisi Kullanımı.

RETScreen International, <http://www.etscreen.net>, 11 Ekim 2012

Pozitif Sistemler. (b.t.). 13 Aralık 2012, <http://www.pozitif.info.tr/ruzgar-jeneratoru>

Rüzgar Enerjisi. (b.t.). 12 Eylül 2012,  
[http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgarruzgar\\_enerjisi.aspx](http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgarruzgar_enerjisi.aspx)

Rüzgar Enerjisi. (b.t.). 16 Ağustos 2012, [http://www.alternaturk.org/ruzgar\\_teknik.php](http://www.alternaturk.org/ruzgar_teknik.php)

Rüzgar Enerjisi, Nükte. (04 Nisan 2007). 14 Kasım 2012,  
<http://www.nukte.org/ruzgarenerji>

Rüzgar Türbini (26 Temmuz 2012). 17 Eylül 2012,  
<http://www.unienerji.com/?p=3007#more-3007>

Rüzgar Türbini. (12 Aralık 2012). 15 Aralık 2012,  
[http://tr.wikipedia.org/wiki/R%C3%BCzg%C3%A2r\\_t%C3%BCrbin](http://tr.wikipedia.org/wiki/R%C3%BCzg%C3%A2r_t%C3%BCrbin)

Rüzgar Türbini Türkiye. (06 Nisan 2010). 23 Ağustos 2012,  
[www.ruzgarturbiniturk.com](http://www.ruzgarturbiniturk.com)

Rüzgarsan. (b.t.). 02 Aralık 2012, [http://www.ruzgarsan.com/elektrik\\_enerjisi.html](http://www.ruzgarsan.com/elektrik_enerjisi.html)

RETScreen International. (11.10.2012) <http://www.etscreen.net>, (18 Kasım 2012)

Sabah Gazetesi (03.06.2012) Türkiye’nin Kaç Yıllık Petrolü Doğalgazı Kaldı (23  
Kasım2012)

<http://www.sabah.com.tr/Ekonomi/2012/06/03/turkiyede-192-yillik-petrolu-9-yillik-dogalgazi-kaldi>

Sarıkaya, U. (2010). Niğde İli Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Şenkal, A. ve Çetin N.S. (2009). Ege Bölgesi Enerji Forumu - Türkiye' de Kurulu Olan Büyük Güçlü Rüzgar Santrallerinin Kapasite Faktörlerine Genel Bir Bakış (12-13 Ekim 2009). Denizli.

Şenol, R. (2012). Tarımsal Sulama ve Güneş Enerjisi. Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, Sayı 27 (3), 519-526

TEİAŞ ( Türkiye Elektrik İletim A.Ş.) (b.t). <http://www.teias.gov.tr/>

Temsan (2011). (Türkiye Elektromekanik Sanayi Genel Müdürlüğü). 2011 Sektör Raporu

Termik. (2007). Nükleer Teknoloji Bilgi Platformu. 23 Ekim 2012, <http://www.nukte.org/dogalgazenerjisi>

Tez Proje. (02 Aralık 2012). 18 Aralık 2012 <http://www.tezproje.8m.com/noname/icindekiler.htm>

TMMOB (18 Ocak 2012). (Elektrik Mühendisleri Odası). Enerji verimliliği raporu. Ankara. 09 Ekim 2012, <http://www.emo.org.tr>

Toprak, A. (2011) Elektrik Üretimi İçin Düşük Güçlü Rüzgar Enerji Sistemi Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.

TUREB (21 Kasım 2009). Rüzgar Enerjisinin Türkiye'deki Durumu ve Çanakkale'nin Yeri. 16 Eylül 2012 <http://www.tureb.com.tr>

TUREB Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TUREB). (b.t.). 16 Eylül 2012,  
<http://www.tureb.com.tr>

TURSEF (b.t.). (09 Nisan 2013) [www.turseff.org](http://www.turseff.org)

TÜBAV. (2008). Türkiye' nin Enerji Geleceği. C:1, sayı:2, s.36-44

T.P.A.O (Türkiye Petrolleri Genel Müdürlüğü) 2008 petrol ve doğalgaz sektör raporu

Türkiye Rüzgar Atlası. (b.t.). 4 Eylül 2012,  
<http://www.ruzgarenerji.com/default.asp?nid=55055>

Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TUREB). (b.t.). 16 Eylül 2012,  
<http://www.tureb.com.tr>

Türkiye' de ve Dünyada Rüzgar Enerjisinin Durumu. (b.t.). 23 Eylül 2012,  
<http://www.ruzgarenerji.com/default.asp?NID=55068>

Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Sektör Raporu (TKİK). (2009)

Türkmen, T.T. (2005), Lokal bir Rüzgar Santrali Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ.

Uğur, A. (2005) Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun Tasarısı. TMMOB Elektrik Mühendisliği Dergisi, Sayı 425.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), “World Energy Outlook 2011”.

Uysal, N. (2011) Konya İli İçin Güneş ve rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretimi ve Kullanımının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ünalın, S. (2003). Alternatif Enerji Kaynakları (Ders Notları). 23 Kasım 2012,  
<http://me.erciyes.edu.tr/sunalan/alt-ener-kay.pdf>

Windpower. (b.t.). 12 Aralık 2012, <http://www.windpower.org>

Yalçın, Y. (2010) İstanbul Terkos Bölgesi' nde Kurulması Planlanan Bir Rüzgar Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Potansiyeli, Kurulum Maliyeti ve Geri Ödeme Süresinin Belirlemesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü.

Yaman, Y. (2007). Enerji Tasarrufu ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları. İstanbul: Birsen Yayınevi. s.238

YEGM (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü) (b.t) 13.01.2013, 28.03.2013, 08.01.2013, 06.02.2013, 19.01.2013, 22.02.2013, 16.01.2013, 18.01.2013, 18.01.2013, 26.02.2013, 07.03.2013, 08.04.2013, 23.03.2013, 16.02.2013.  
<http://www.eie.gov.tr/>

Yerebakan, M. (2008). Mikro Enerji Santralleri (39. Baskı). İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları , s.116, s.99, s.179, s. 184

Yeşilata, B., Bulut, H., Çetiner, C. ve Ersavaş, A. (2011). Termal Güneş Enerjisi Teknolojileri ve Gap Bölgesine Yönelik Fırsatlar. Mühendis ve Makine (13.10.2011 s.47-56). Şanlıurfa.

Yılmaz, S. (Ed.). (2010). Enerji Güvenliği. İstanbul: Beykent Üniversitesi Yayınları. s.318.

